

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية  
فرنسيس جانسون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson



## Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

## Thème

**ETUDE EN APD D'UN TRONCON  
AUTOROUTIER DE LA PENETRANTE  
RELIANT LE PORT D'ORAN A  
L'AUTOROUTE EST-OUEST du PK 0+600  
AU PK 9+010 AVEC LA CONCEPTION  
D'UNE DIGUE MARITIME**

Présenté par :

M. ABES Yacine

M. ERROUANE Mohamed

Encadré par :

Mme. KHOUAS Zohra

Mr. MAHTOUR Tarek

Mr. LAKHDARI Boudjemaa

Promotion 2022 /2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

The image features a large, stylized calligraphic design. The central element is a large, flowing 'S' shape that curves from the top left towards the bottom right. To the right of this 'S' is a large, stylized number '3' or a similar character. The design is composed of thick black lines. There are several small, solid black squares scattered around the main forms: two on the left side of the 'S' and one on the right side of the '3'. Additionally, there are various small, thin lines and decorative flourishes, including a small '3' at the top left and a small '5' near the top of the '3' character. The entire composition is set against a plain white background and enclosed within a thin black rectangular border.

## ملخص

الغرض من أطروحة نهاية الدراسة هذه هو إجراء دراسة APD جزء من مشروع الطريق الذي يربط ميناء وهران بالطريق السريع شرق-غرب على مسافة 8 كم من النقطة الكيلومترية 600.00 إلى 9040.00 مع تصميم جدار بحري من النقطة الكيلومترية 1000.00 إلى 2425.00.

بعد توسيع ميناء وهران وقدرته على استقبال المزيد من البضائع، مما يؤدي إلى زيادة كبيرة في حركة مرور المركبات الثقيلة، يمثل هذا الطريق جزءاً مهماً في التنمية الاقتصادية للجزائر، ولهذا من الضروري مراقبته وصيانته من أجل الحفاظ عليه لأطول فترة ممكنة؛ ولهذا بدأنا هذه الأطروحة ببحث بيبليوغرافي حول مخاطر تدهور الطريق بالإضافة إلى مقارنة بين أنواع الطرقات وتقنيات الصيانة. بعد ذلك، قمنا بدراسة حركة المرور على الطرق وتطورها على 20 إلى 25 عامًا من خلال الاعتماد على العديد من المتغيرات لأبعاد هيكل الطريق، لذلك قمنا بعمل تقرير جيوتقني لمعرفة خصائص التربة الداعمة لدينا، وبعد دراسة مقارنة، اخترنا هيكلًا صلبًا.

ثم باستخدام برنامج CIVIL 3D، قمنا بعمل تخطيط هندسي لمحور المسار ثم تطوير المقطع الطولي والمقطع العرضي مع احترام قواعد التصميم المشار إليها في ICTAAL. بعد هذه الخطوات، أجرينا دراسة هيدروليكية وهيدرولوجية والصرف الصحي من أجل تصميم واختيار أمثل الهياكل لتصريف المياه النظيفة والملوثة.

أخيرًا، أنهينا الأطروحة بدراسة الأثر البيئي ودراسة اقتصادية ومالية لتبرير هذا الاستثمار.

## RÉSUMÉ

L'objet de ce mémoire de fin d'étude consiste à faire une étude en APD d'une section de la pénétrante autoroutière reliant le port d'Oran à l'autoroute Est-Ouest sur 8 km, du PK 0+600.00 au PK 9+040.00 avec la conception d'une digue maritime du PK 1+000.00 au PK 2+425.00.

Suite à l'extension du port d'Oran et sa capacité à recevoir plus de navires et de cargaisons ce qui induit une augmentation considérable du trafic de poids lourds, ce projet routier représente une partie très importante dans le développement économique de l'Algérie, c'est pourquoi il est très nécessaire de bien l'entretenir afin de le préserver le plus longtemps possible; c'est pourquoi nous avons commencé ce mémoire par une recherche bibliographique sur les dégradations de la chaussée ainsi qu'une étude comparative entre les types de chaussées et les techniques d'entretien. Suite à ça, nous avons fait une étude de trafic routier et son extrapolation de 20 à 25 ans en considérant plusieurs variantes de dimensionnement du corps de chaussée, pour ça, nous avons effectué un rapport géotechnique pour connaître les caractéristiques de notre sol support, et après une étude comparative nous avons choisi une chaussée rigide pour le dimensionnement du corps de chaussée. Par la suite en utilisant le logiciel CIVIL 3D nous avons fait le tracé géométrique de l'axe en plan puis l'élaboration du profil en long et le profil en travers en respectant les règles de conception indiquées à l'ICTAAL.

Après ces étapes, nous avons effectué une étude hydraulique, hydrologique et d'assainissement afin de délimiter les bassins versants de la région et faire un choix optimal d'ouvrages à dimensionner pour le drainage des eaux propres et polluées.

Enfin, on a terminé par une étude d'impact sur l'environnement et par une étude économique et financière afin de justifier cet investissement.

## **ABSTRACT**

The purpose of this final dissertation is to carry out an APD study of a section of the highway that connects the port of Oran to the East-West highway over 8 km, from PK 0+600.00 to PK 9+040.00 with the design of an embankment dam from PK 1+000.00 to PK 2+425.00.

Following the extension of the port of Oran and its capacity to receive more cargoes, which induces a considerable increase in the traffic of large goods vehicles, this road project represents a very important part in the economic development of Algeria, it is why it is very necessary to maintain it well in order to preserve it as long as possible; this is why we started this dissertation with a bibliographical research on the degradation of the pavement as well as a comparative study between the types of pavements and the maintenance techniques. Following this, we carried out a study of road traffic and its extrapolation from 20 to 25 years by considering several variants of dimensioning of the body of the roadway, for this, we carried out a geotechnical report to know the characteristics of our support soil, and after a comparative study, we chose a rigid pavement for the dimensioning of the pavement body.

Then by using the CIVIL 3D software we made the geometric layout of the axis in plan then the development of the profile in length and cross section respecting the design rules indicated at ICTAAL.

After these steps, we carried out a hydraulic, hydrological and sanitation study to delimit the watersheds of the region and make an optimal choice of structures to be sized for the drainage of clean and polluted water.

Finally, we ended with an environmental impact study and an economic and financial study to justify this investment.

## Remerciement

On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Au terme de ce travail de recherche et d'élaboration de mon mémoire de fin d'études, on tient à exprimer notre profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Tout d'abord, on souhaite exprimer nos reconnaissances à nos encadrants Madame **KHOUS Zohra** enseignante à l'E.N.S.T.P, Monsieur. **TAREK MEHTOUR** responsable du bureau d'étude CRCPM, Monsieur. **BOUDJEMAA LAKHDARI** qui a longtemps travaillé au Laboratoire d'Etudes Maritime L.E.M, qui nous ont permis de réaliser ce travail sous leurs directions. Nous remercions aussi monsieur **STAOUTI Fouad** directeur du projet à l'ADA Oran, **BERRACHED Abdelmalek** chef section tunnel et **BOUNOUARA Houari** ingénieur chef à l'ADA, qui nous ont donné l'opportunité d'intégrer l'équipe de réalisation de ce projet et de valider notre stage. On les remercie pour leur soutien, leurs conseils avisés et leur expertise précieuse tout au long de cette aventure académique. Leur disponibilité et leur patience ont été d'une grande aide dans l'élaboration de ce travail.

On tient également à remercier chaleureusement l'ensemble du corps professoral du département DIB pour la qualité de l'enseignement dispensé et les connaissances qu'ils ont partagées. Leurs enseignements nous ont permis d'acquérir les compétences nécessaires à la réalisation de ce mémoire.

On adresse également nos profondes gratitudees à au personnel pédagogique, au chef de département et directeur des études, et en particulier madame **MAKOUDI**, madame **MAHDIA** et madame **NASSIMA**.

Nos remerciements s'adressent également à tous les professionnels du domaine des Travaux Publics et du génie civil qui ont accepté de partager leur expertise et leurs expériences lors des entretiens et des rencontres. Leurs connaissances et leurs conseils ont été précieux pour approfondir notre compréhension des enjeux liés à la réalisation d'une autoroute reliant le port d'Oran à l'autoroute est-ouest en Algérie.

On tient à exprimer notre reconnaissance envers nos familles et nos amis pour leur soutien inconditionnel tout au long de nos études. Leurs encouragements et leur confiance ont été une source d'inspiration et de motivation essentielle dans la réalisation de ce travail.

Enfin, on tient à exprimer notre gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, notamment nos collègues de promotion et toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à ce projet.

## Dédicace

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Je souhaite dédier ce mémoire à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à mon parcours académique et professionnel, ainsi qu'à celles qui ont soutenu et encouragé mes aspirations dans le domaine des Travaux Publics.

A ma chère maman et mon cher papa, à ma sœur **Lydia** et à mon frère **Amine**, qui ont toujours été présents à chaque étape de ma vie, je vous dédie ce travail. Votre amour, votre soutien inconditionnel et vos encouragements constants ont été les piliers qui m'ont permis d'atteindre ce jalon important de ma formation. Je vous suis profondément reconnaissant pour votre soutien indéfectible.

À ma chère amie, **Nadine**, qui a toujours cru en moi et à mes compétences, qui m'a soutenu à toujours aller au-delà de mes limites, à mes amis **Chafik, Mehdi, Abdelkader, Abdelhadi, Billel, Mohamed, Abderahman, Lyes, Cylia** qui ont partagé avec moi les hauts et les bas de cette aventure tant académique et personnel, je vous dédie ce mémoire. Vos encouragements, votre compréhension et votre amitié ont rendu cette expérience d'autant plus enrichissante et mémorable. Merci d'avoir été là à chaque étape du chemin.

À mes encadrants de mémoire, **Madame KHOUAS, M.MAHTOUR, M. LAKHDARI** je tiens à exprimer ma gratitude pour votre encadrement attentif et vos conseils éclairés tout au long de ce travail. Votre expertise, votre disponibilité et votre soutien constant ont été essentiels pour mener à bien ce projet. Je vous suis extrêmement reconnaissant pour votre contribution précieuse.

À tous les enseignants et professionnels du domaine des Travaux Publics qui ont partagé leurs connaissances et leur passion, je vous dédie ce mémoire. Vos enseignements, vos conseils et vos expériences partagées ont grandement enrichi ma formation et ma compréhension des enjeux liés à la réalisation d'une autoroute.

Enfin, à toutes les personnes qui ont croisé ma route pendant cette période d'études, je vous dédie ce mémoire. Que vous ayez été mes collègues de promotion, des experts rencontrés lors de mes recherches ou des personnes qui ont contribué de quelque manière que ce soit, votre apport a été précieux et a contribué à l'aboutissement de ce travail.

Que cette dédicace soit l'expression de ma reconnaissance envers toutes les personnes qui ont fait partie de ce voyage et qui ont contribué à ma croissance personnelle et professionnelle. Votre impact restera gravé dans mon parcours.

**ABES Yacine.**

## Dédicace

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Je remercie tout d'abord Dieu le Tout Puissant de m'avoir donné courage, santé, force et volonté pour terminer ce modeste travail.

Je dédie ce modeste travail À la plus belle mère au monde, qui m'a transmise la vie, l'amour et le courage.

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer l'amour, et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit des sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation. Puisse Dieu, le Tout Puissant, te préserver et t'accorder Santé, longue vie et bonheur.

À mon père qui m'a soutenu à toujours aller au-delà de mes limites

À mon cher frère ERROUANE Zakaria que j'aime beaucoup, qui est présent dans tous mes moments d'exams par son soutien moral, je te souhaite un avenir plein de joie et de bonheur.

À tous mes enseignants et professeurs durant mon parcours d'étude.

À toute ma famille ERROUANE et SEFFAHI

A tous mes oncles et mes cousins et cousines

À MARIA qui a toujours été à mes côtés et m'a toujours soutenu.

À mes meilleurs amis : CHAKIB, ALI , MOHAMED , REDA, IHEB ,NABIL ,  
RAHIM,HABIBOU,

À mon binôme YACINE ABES

A mes chers amis d'enfance et mes camarades à l'ENSTP.

Enfin, à tous ceux qui m'aiment.

**ERROUANE Mohamed.**

## Sommaire

<b>LISTE DES ABREVIATIONS .....</b>	<b>i</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>ii</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>iii</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>2</b>
<b>I.1 Dégradation et entretien des routes : .....</b>	<b>2</b>
<b>I.1.1 Types de chaussées : .....</b>	<b>2</b>
<b>I.1.1.1. Chaussée souple : .....</b>	<b>2</b>
<b>I.1.1.2. Chaussée Semi-rigide : .....</b>	<b>3</b>
<b>I.1.1.3. Chaussée rigide : .....</b>	<b>3</b>
<b>I.1.2. Les familles de dégradations de surfaces de chaussées: .....</b>	<b>4</b>
<b>I.1.2.1 Famille 1 : Les déformations .....</b>	<b>4</b>
<b>I.1.2.2. Famille 2 : Les fissures .....</b>	<b>5</b>
<b>I.1.2.3. Famille 3 : Les arrachements .....</b>	<b>5</b>
<b>I.1.2.4. Famille 4 : Les remontées .....</b>	<b>5</b>
<b>I.1.3. Les problématiques sur l'entretien de la route : .....</b>	<b>6</b>
<b>I.1.3.1. Des enjeux environnementaux conséquents : .....</b>	<b>6</b>
<b>I.1.3.2. Durée des travaux et gêne occasionnée : .....</b>	<b>6</b>
<b>I.1.4. Les Causes principales des dégradations de la route : .....</b>	<b>6</b>
<b>I.1.5. Techniques d'entretien et de réhabilitation des chaussées : .....</b>	<b>6</b>
<b>I.1.5.1. Renforcement : .....</b>	<b>6</b>
<b>I.1.5.2. Reconstruction : .....</b>	<b>7</b>
<b>I.1.5.3. Recyclage : .....</b>	<b>7</b>
<b>I.1.5.4. Traitement : .....</b>	<b>8</b>
<b>I.2. Dégradations et entretien sur les digues à talus : .....</b>	<b>10</b>
<b>I.2.1. Types de dégradations : .....</b>	<b>10</b>
<b>I.2.2. Entretien des digues à talus : .....</b>	<b>10</b>
<b>I.2.3. Suivi de l'état des digues à talus : .....</b>	<b>11</b>
<b>CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET</b>	
<b>II.1. Introduction : .....</b>	<b>12</b>
<b>II.1.1. Système utilisé et coordonnées : .....</b>	<b>12</b>
<b>II.2. Contexte géographique : .....</b>	<b>13</b>

<b>II.3. Description de la zone d'étude :</b>	<b>13</b>
<b>II.3.1 Relief :</b>	<b>13</b>
<b>II.3.2 Climat et pluviométrie :</b>	<b>13</b>
<b>II.3.3. Données topographiques :</b>	<b>14</b>
<b>II.3.4. Données sismiques :</b>	<b>14</b>
<b>II.4. Description du projet :</b>	<b>16</b>
<b>II.4.1. Section 01 : du PK 0+600.00 au PK 9+010.00 (8km)</b>	<b>16</b>
<b>II.4.2. Section 02 : PK 9+010.00 au PK 22+000.00 (7km)</b>	<b>16</b>
<b>II.4.3. Localisation et analyse des différents réseaux de services d'utilités publiques :</b>	<b>17</b>
<b>CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC</b>	
<b>III.1. Introduction :</b>	<b>18</b>
<b>III.2. Généralités sur le trafic routier :</b>	<b>18</b>
<b>III.2.1. Analyse du trafic existant :</b>	<b>18</b>
<b>III.2.2. Les différents types de trafic :</b>	<b>18</b>
<b>III.2.3. Les indicateurs du trafic :</b>	<b>19</b>
<b>III.2.4. Modèles de présentation du trafic :</b>	<b>19</b>
<b>III.3. Calcul de la capacité :</b>	<b>20</b>
<b>III.3.1. Principaux résultats de l'étude de trafic :</b>	<b>20</b>
<b>III.3.2. Calcul du Trafic Moyen Journalier (TJMA) horizon :</b>	<b>20</b>
<b>III.3.3. Calcul des trafic effectifs :</b>	<b>21</b>
<b>III.3.4. Débit de pointe horaire normale :</b>	<b>21</b>
<b>III.3.5. Débit horaire admissible :</b>	<b>22</b>
<b>III.3.6. Calcul du nombre de voies :</b>	<b>22</b>
<b>III.3.7. Calcul de l'année de saturation :</b>	<b>22</b>
<b>III.3.8. Conclusion :</b>	<b>23</b>
<b>CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE</b>	
<b>IV.1. Introduction :</b>	<b>24</b>
<b>IV.2. Tracé en plan :</b>	<b>25</b>
<b>IV.2.1 Définition :</b>	<b>25</b>
<b>IV.2.2. Réglementation du tracé en plan :</b>	<b>25</b>
<b>IV.2.3. Les éléments du tracé en plan :</b>	<b>26</b>
<b>IV.2.3.1. L'alignement droit</b>	<b>26</b>
<b>IV.2.3.2. Les courbes :</b>	<b>27</b>

IV.2.3.3. Courbe de raccordement progressives : .....	28
IV.2.4. Application au projet : .....	28
IV.2.5. Enchaînement des éléments du tracé en plan : .....	29
IV.3. Profil en long : .....	30
IV.3.1. Introduction : .....	30
IV.3.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long : .....	30
IV.3.3. Les éléments géométriques du profil en long : .....	31
IV.3.3.1. Les alignements : .....	31
IV.3.3.2. Déclivités : .....	31
IV.3.3.3. Raccordement : .....	31
IV.3.3.4. Valeurs limites : .....	32
IV.3.4. Coordination du tracé en plan et du profil en long : .....	32
IV.4. Profil en travers : .....	33
IV.4.1. Introduction : .....	33
IV.4.2. Les éléments du profil en travers : .....	33
IV.4.3. La structure du corps de chaussée : .....	35
IV.4.4. Classification du profil en travers : .....	35
IV.4.5. Notion de dévers : .....	36
IV.4.5.1. Dévers en alignement et en courbe non déversée : .....	36
IV.4.5.2. Dévers en courbe déversée : .....	36
IV.4.6. Application au projet : .....	37
IV.5. Cubature : .....	38
IV.5.1. Introduction : .....	38
IV.5.2. Définition : .....	38
IV.5.3. Méthode de calcul des cubatures : .....	38
1)Méthode de GULDEN : .....	39
2)Méthode Linéaire : .....	39
3)Formule de Mr SARRAUS simplifié (méthode de la moyenne des aires) .....	39
IV.5.4. Calcul des cubatures de terrassement : .....	39
<b>CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE</b>	
V.1.Introduction: .....	40
V.2.Travaux de reconnaissance : .....	40
V.2.1. Étude des archives et documents existants : .....	40

V.2.2. Visites sur site et essais « in-situ » : .....	40
V.2.2.1. Travaux de chantier : .....	41
V.2.2.2. Données géologiques : .....	42
V.2.3. Essais en laboratoire.....	42
V.2.3.1. Description et caractéristiques des sols :.....	42
V.3. Classification des sites : .....	43
V.4. Sensibilité du sol à la liquéfaction .....	43
V.5. Géologie du fond marin : .....	44
V.6. Matériaux : .....	44
V.6.1. Zone d'emprunt : .....	44
V.6.2. Réemploi des matériaux de terrassement : .....	44
<b>CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE</b>	
VI.1. Introduction : .....	45
VI.1.1. Chaussée : .....	45
VI.1.2. Définition : .....	45
VI.1.3. Différents types de chaussée : .....	45
VI.1.4. Différents facteurs déterminants pour le dimensionnement de la chaussée : ....	45
a) Trafic : .....	45
b) Environnement : .....	46
c) Sol Support : .....	46
d) Matériaux : .....	46
VI.1.5. Méthodes de dimensionnement des chaussées : .....	46
VI.1.5.1. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)	
VI.1.5.2. Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio): .....	60
VI.1.6. Conclusion : .....	62
<b>CHAPITRE VII : ETUDE HYDRAULIQUE, HYDROLOGIQUE, ET D'ASSAINISSEMENT</b>	
VII.1. Introduction : .....	64
VII.2. Drainage de la route : .....	64
VII.3. Etude hydrologique : .....	64
VII.3.1. Réseau de drainage des eaux propres : .....	65
VII.3.1.1. Délimitation des bassins versants .....	65
VII.3.1.2. Coefficients de ruissellement : .....	65
VII.3.1.3. Paramètres pluviométriques .....	66

VII.3.1.4. Temps de concentration : .....	67
VII.3.1.5. Intensités de pluies .....	67
VII.3.1.6. Débits de pointe .....	68
VII.3.1.7. Domaines d'application des différentes méthodes : .....	69
VII.4. Etude Hydraulique : .....	71
VII.4.1. Dimensionnement des ouvrages majeurs .....	71
VII.4.1.1. Choix des ouvrages d'assainissement : .....	71
VII.4.1.2. Vitesse de l'écoulement à pleine section: .....	71
VII.4.1.3. Condition d'auto curage : .....	72
VII.4.1.4. Application au projet : .....	73
VII.5. Etude d'assainissement : .....	75
VII.5.1. Dimensionnement des ouvrages d'assainissement : .....	75
VII.5.2. Dimensionnement des fossés : .....	76
V5.2.1. Calcul de débit d'apport $Q_a$ : .....	76
V5.2.2. Calcul du débit de saturation $Q_s$ : .....	76
VII.5.2.3. Application au projet : .....	77
<b>CHAPITRE VIII : CONCEPTION DE LA DIGUE MARITIME</b> .....	<b>80</b>
VIII.1. Introduction générale : .....	80
VIII.1.1. Généralités sur les mouvements de la mer : .....	80
VIII.1.1.1. Les mouvements ondulatoires : .....	80
VIII.1.1.2. Les courants généraux : .....	83
VIII.1.1.3. Propriétés physiques de l'eau de mer : .....	83
VIII.2.1.1.1. Principaux types d'ouvrages maritimes : .....	84
VIII.2.1.1. Dignes : .....	84
VIII.3. Présentation du projet .....	86
VIII.3.1. Localisation du site : .....	86
VIII.3.2. Collecte de données : .....	86
VIII.3.2.1. Géologie du fond marin : .....	86
VIII.3.2.2. Donnée de la Bathymétrie : .....	86
VIII.3.3. Caractéristiques des vagues .....	88
VIII.3.3.1. Le modèle SWAN .....	88
VIII.3.3.2. Les fonctions des enrochements naturels : .....	90
VIII.3.3.3. Critère de choix entre enrochements naturels et blocs artificiels .....	91

VIII.6. Prédimensionnement de la digue à talus : .....	91
CHAPITRE IX : OUVRAGES D'ART .....	94
IX.1.Ouvrage 1 : Viaduc .....	94
IX.1.1.Les données de projet:.....	94
IX.1.1.1.Les données fonctionnelles: .....	94
IX.1.1.2.Données géologiques:.....	94
IX.1.1.3.Sismicité : .....	94
IX.1.2.Variante de conception retenue : .....	94
IX.1.2.1.Les avantages et les inconvénients de la variante :.....	95
IX.1.2.2.Caractéristiques de l'ouvrage: .....	95
IX.2.Ouvrage 2 : Tunnel .....	96
IX.2.1.Localisation de la section tunnel :.....	96
IX.2.2.Présentation de section tunnel :.....	96
IX.2.3.Caractéristiques du tunnel : .....	96
CHAPITRE X : DESCRIPTION DES INSTALLATIONS AUXILIAIRES .....	98
X.1.Signalisation :.....	98
X.1.1.Introduction .....	98
X.1.2.Règle à respecter pour la signalisation routière :.....	98
X.1.3.Objectif de la signalisation : .....	98
X.1.4.Types de signalisation.....	98
X.1.5.Application au projet.....	102
X.1.5.1.Signalisation verticale :.....	102
X.1.5.2.Signalisation horizontale : .....	102
X.2.Dispositifs de retenue : .....	103
X.2.1.Application au projet : .....	104
X.2.1.1.Glissières sur bandes dérasées de droite :.....	104
X.2.1.2.Glissières sur bandes dérasées de gauche .....	104
X.2.1.3.Glissières de sécurité sur les tabliers du viaduc :.....	104
X.3.Éclairage.....	104
X.3.1.Introduction .....	104
X.3.1.1.Catégories d'éclairages publics : .....	104
X.3.1.2.Paramètres de l'implantation des luminaires.....	105
X.3.2.Application au projet : .....	105

<b>CHAPITRE XI : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT .....</b>	<b>106</b>
<b>XI.1.Introduction : .....</b>	<b>106</b>
<b>XI.2.Objectif de l'étude d'impact sur l'environnement : .....</b>	<b>106</b>
<b>XI.3.Les sources d'impacts :.....</b>	<b>106</b>
<b>XI.3.1.Phase de construction : .....</b>	<b>106</b>
<b>XI.3.2.Phase d'exploitation : .....</b>	<b>107</b>
<b>XI.4.Composantes environnementales et enjeux locaux : .....</b>	<b>107</b>
<b>XI.4.Mesures d'atténuation et de compensation .....</b>	<b>107</b>
<b>XI.4.1.Milieu physique.....</b>	<b>107</b>
<b>XI.4.1.1.Protection des sols et du milieu hydrique.....</b>	<b>107</b>
<b>XI.4.2.Milieu biologique.....</b>	<b>108</b>
<b>XI.4.2.1.Végétation terrestre.....</b>	<b>108</b>
<b>XI.4.2.2.Faune et flore aquatique .....</b>	<b>109</b>
<b>XI.4.2.3.Faune terrestre et avienne et leurs habitats .....</b>	<b>109</b>
<b>XI.4.3.Milieu humain .....</b>	<b>109</b>
<b>XI.4.3.1.Milieu bâti, infrastructures publiques et circulation routière.....</b>	<b>109</b>
<b>XI.4.3.2.Activités agricoles : verger de figuiers.....</b>	<b>109</b>
<b>XI.4.3.3.Climat sonore .....</b>	<b>109</b>
<b>XI.4.3.4.Paysage .....</b>	<b>110</b>
<b>XI.5.Conclusion : .....</b>	<b>110</b>
<b>CHAPITRE XII : ETUDE ECONOMIQUE ET FINANCIERE .....</b>	<b>111</b>
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>114</b>

## **BIBLIOGRAPHIE**

## **WEBOGRAPHIE**

## **ANNEXES**

**Annexe I : Axe en plan**

**Annexe II : Profil en long**

**Annexe III : Profil en travers**

**Annexe IV : Rapport sur les volumes matériaux et Déblai/ Remblai**

**Annexe V : Rapport géotechnique**

**Annexe VI : Étude comparative entre les trois variantes de dimensionnement**

**Annexe VII : Profil type de la digue à talus.**

**Annexe VIII : Analyse multicritères entre les différents types de digue.**

**Annexe IX : Signalisation verticale du projet.**

**Annexe X : Données et paramètres du calcul de rentabilité**

## LISTE DES ABREVIATIONS

- **APD** : Avant-Projet Sommaire.
- **RN** : Route nationale.
- **SDRA** : Schéma directeur routier et autoroutier.
- **TPC** : Terre-plein central.
- **DUP**: Déclaration d'utilité publique.
- **BAU** : Bande d'arrêt d'urgence.
- **PL** : poids lourds.
- **TJ MA** : Trafic journalier moyen annuel.
- **VB** : Vitesse de base.
- **BM** : Bande médiane.
- **CBR** : California Bearing Ratio
- **SPT** : Standard pénétration test.
- **SC**: Sondage carotté.
- **GTR** : Guide du terrassement routier,
- **BB** : Béton bitumineux.
- **GB** : Grave bitume.
- **GC** : Grave concassée.
- **CTTP** : Contrôle technique des travaux publics.
- **LCPC** : Laboratoire central des ponts et chaussées.
- **RPI** : Réseau principal I.
- **TPL** : Trafic de poids lourds.
- **CDF** : Couche de forme.
- **GNT** : Grave non traitée.
- **PST** : Partie supérieure des terrassements.
- **Qadm** : Capacité portante admissible.
- **LEM** : Laboratoire d'études maritimes
- **no** : Dénivellation due au vent
- **hmoy** : Profondeur moyenne
- **Uave,10**: vitesse du vent
- **F**: Le fetch
- **Hs0**: Hauteur des vagues significative en eau profonde
- **Ts** : Période des vagues significatives en eau profonde
- **Tp** : Période de pointe des vagues
- **h** : profondeur d'eau
- **H'0**: Changement du niveau d'eau
- **Kr** : Coefficients de réfraction
- **Ks** : Coefficients de profondeur
- **Hs**: Hauteur de la houle incidente
- **W** : poids du bloc
- **e** : épaisseur de la carapace

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1 – Coefficients d'accélération de zone "A" .....	16
Tableau III.1 – Coefficient d'équivalence du poids lourd B40.....	21
Tableau IV.1 – Longueurs limites des alignements droits.....	27
Tableau IV.2 – Valeurs minimales des rayons du tracé en plan.....	27
Tableau IV.3 – Caractéristiques du tracé en plan.....	28
Tableau IV.4 – Localisation et valeurs des rayons en courbes.....	29
Tableau IV.5 - les valeurs limites selon ICTAAL.....	32
Tableau IV.6 - Profil en travers type de notre projet. ....	37
Tableau V.1 - Caractéristique du pénétromètre dynamique : .....	41
Tableau V.2 - Récapitulatif des résultats "Essai pénétromètre dynamique" .....	41
Tableau VI.1 - Choix des températures équivalentes. ....	47
Tableau VI.2 - Classification des réseaux principaux.....	48
Tableau VI.3 - Classes TPLi pour RP1 .....	49
Tableau VI.4 - Facteur d'agressivité de poids lourds .....	49
Tableau VI.5 - Valeurs de risque de calcul (R).....	50
Tableau VI.6 - Présentation des classes de portance des sols.....	50
Tableau VI.7 - Classes de portance de sols supports pour le dimensionnement. ....	51
Tableau VI.8 - Sur classement avec couche de forme en matériaux non traités. ....	51
Tableau VI.9 - Épaisseurs représentatives des couches et type de liaison (Variante 1) .	52
Tableau VI.10 - Performances mécaniques des matériaux bitumineux.....	53
Tableau VI.11 - Valeurs de $t = f(r\%)$ .....	54
Tableau VI.12 - Résultats de calcul par Alizé lpc.....	54
Tableau VI.13 -Épaisseurs représentatives des couches et type de liaison (Variante 2)	56
Tableau VI.14 - Résultats de calcul par Alizé lpc. (Variante 2) .....	57
Tableau VI.15 - Épaisseurs représentatives des couches et type de liaison (variante 3)	59
Tableau VI.16 - Résultats de calcul par Alizé lpc. (Variante 3) .....	59
Tableau VI.17 - comparaison entre les trois variantes .....	60
Tableau VI.18 - Coefficients d'équivalence pour chaque matériau. ....	61
Tableau VI.19- résumés des différentes variantes.....	62
Tableau VII.1 - Coefficient de ruissellement des bassins versants .....	66
Tableau VII.2 - Coefficient de Montana de la région d'Oran.....	66
Tableau VII.3 – Précipitations journalières de la région d'Oran.....	67
Tableau VII.4 - Calcul d'intensité de pluie .....	68
Tableau VII.5 - Plage d'utilisation pour chacune des trois formules .....	69
Tableau VII.6 - Calcul pour le BV 1 pour une période de retour de $t=10$ ans .....	70
Tableau VII.7 - Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s) pour différentes périodes de retour.....	70
Tableau VII.8 - Coefficients de rugosité K dans les ouvrages d'assainissement .....	72
Tableau VII.9 - Résultat et vérification de dimensionnement des buses.....	75
Tableau VII.10 - Sous versants concernées.....	77
Tableau VII.11 - Les coefficients de ruissellement.....	78
Tableau VII.12 - Le débit équivalent des bassins versants.....	78
Tableau VII.13 - Le débit équivalent des bassins versants.....	79

<b>Tableau VIII.1 - Les caractéristiques des vagues.....</b>	<b>88</b>
<b>Tableau VIII.2 - Les caractéristiques des vagues pour tout les directions .....</b>	<b>89</b>
<b>Tableau VIII.3 - La variation de niveau d'eau selon différents facteurs. ....</b>	<b>90</b>
<b>Tableau VIII.4 - Les caractéristiques des vagues.....</b>	<b>91</b>
<b>Tableau VIII.5 - Matériaux utilisés pour la digue à talus .....</b>	<b>91</b>
<b>Tableau VIII.6 - Calcul de dimensionnement de la digue .....</b>	<b>92</b>
<b>Tableau X.1- Modulation des lignes discontinue.....</b>	<b>101</b>
<b>Tableau X.2 - Planche type de marquage .....</b>	<b>103</b>
<b>Tableau X Plage d'utilisation pour chacune des trois formules I.1- Les différentes composantes environnementales du projet. ....</b>	<b>107</b>
<b>Tableau XII.1 - Tableau quantitatif et estimatif du projet .....</b>	<b>111</b>
<b>Tableau V.3 - Récapitulatifs des essais SPT</b>	
<b>Tableau V.4 - Essais en laboratoire</b>	
<b>Tableau V.5 - Description des caractéristiques du faciès sableux</b>	
<b>Tableau V.6 - Description des caractéristiques du faciès gréseux</b>	

## LISTE DES FIGURES

Figure I.3 – Préconisations de mise en oeuvre de la méthode de recyclage des chaussées	8
Figure I.3 – Ampleur de réduction de l'épaisseur du corps de chaussée, pour un trafic T3	9
Figure I.4 – Préconisations de mise en oeuvre de la méthode de traitement des sols.	9
Figure II.1 – Évolution de la pluviométrie et des températures de l'ouest Algérien, station d'Oran Es-Senia, modifié de Bessaoud, 2008	13
Figure II.2 – Carte pluviométrique pour l'Algérie du Nord (source : ANRH 1993)	14
Figure II.3 – Carte du risque sismique en Méditerranée (source : IUEN 2003)	15
Figure II.4 – Carte de zonage sismique de l'Algérie (Réf : RPOA 2008)	16
Figure II.5 – Localisation la première section du projet : PK 0+600.00 au PK 9+010.00	17
Figure II.7 – Localisation des différents réseaux de services d'utilités publiques	17
Figure IV.1 – Eléments du tracé en plan	26
Figure IV.2 – les différents types de courbes.	27
Figure IV.4 - Zone de sécurité en déblai.	33
Figure IV.5 - Eléments constitutifs du profil en travers en section courante	34
Figure IV.3 - les sections pour le calcul de cubatures.	38
Figure IV.4 - Schématisation des déblais et remblais sur le profil en long	39
Figure V.1 - coupe stratigraphique de la route corniche -EST Oran-	42
Figure VI.1- la carte climatique de l'Algérie.	47
Figure VI.2 - structure de chaussée (variant 01)	52
Figure VI.3 - Résultats de vérification de calcul par Alizé (Variante 1)	55
Figure VI.4 - la structure de la chaussée	56
Figure VI.5 - Résultats de vérification de calcul par Alizé (variante 2)	57
Figure VI.6 - la structure de chaussée en BCR.	58
Figure VI.7 - Résultats de vérification de calcul par Alizé (Variante 3)	59
Figure VII.1 - Délimitation des bassins versants en fonction du tracé autoroutier proposé.	65
Figure VIII.2 - Section transversale d'un ouvrage d'assainissement	72
Figure VII.3 - Valeurs des coefficients K2 et K4	74
Figure VII.4 - Dimensions du fossé	79
Figure VIII.1 - Caractéristiques principales d'une houle	81
Figure VII.2 - Les éléments constitutifs d'une digue à talus	85
Figure VIII.3 - Carte bathymétrique ombrée de la région d'Oran	87
Figure VIII.4 - Distribution de la direction du vent en (%)	87
Figure VII.5 - La zone numérisée utilisée dans les simulations SWAN	88
Figure IX.1 - Profil en travers du viaduc	96
Figure IX.2 - Portail d'entrée ainsi que l'intérieur du tunnel	96
Figure IX.3 - Section transversale finale du tunnel	97
Figure X.1- Flèches de sélection	101
Figure X.2 - Modulation des lignes discontinue	102
Figure X.3 - Les lignes continue et les lignes discontinue	102
Figure X.4 – Planche type de marquage	103
Figure X.5 - Les paramètres de l'implantation des luminaires	105

## INTRODUCTION GENERALE

L'industrie des Travaux Publics occupe une place prépondérante dans le développement des infrastructures et dans l'amélioration des systèmes de transport. Dans ce contexte, la réalisation d'une autoroute reliant le port d'Oran à l'autoroute Est-Ouest en Algérie représente un projet d'envergure qui vise à faciliter les échanges commerciaux, à renforcer la connectivité régionale et à stimuler le développement économique du pays.

Le port d'Oran, situé sur la côte nord-ouest de l'Algérie, constitue une voie d'accès stratégique pour le commerce international et les échanges commerciaux avec d'autres pays méditerranéens. Cependant, malgré son potentiel, la connectivité terrestre entre le port d'Oran et le réseau routier national nécessite des améliorations significatives pour optimiser les flux logistiques et faciliter le transport des marchandises vers les régions intérieures de l'Algérie.

L'autoroute Est-Ouest, un axe majeur du réseau routier algérien, relie les deux côtés du pays, de Tlemcen à Annaba, en traversant des villes et des régions clés. Cependant, l'absence d'une liaison directe entre le port d'Oran et cette autoroute limite l'efficacité du transport de marchandises et crée des contraintes logistiques pour les acteurs économiques locaux et internationaux.

Ainsi, la réalisation d'une autoroute reliant le port d'Oran à l'autoroute Est-Ouest représente un défi d'ingénierie et un enjeu stratégique majeur. Ce projet vise à combler le vide existant dans l'infrastructure routière algérienne, à améliorer la fluidité du transport des marchandises et à stimuler le développement économique de la région en favorisant les échanges commerciaux.

Dans ce mémoire, nous examinerons en détail les différentes dimensions de ce projet ambitieux, en élaborant une étude APD pour le premier tronçon de la pénétrante sur 8 km du PK 0+600.00 au PK 9+010.00. Nous aborderons les aspects techniques de la conception de l'autoroute, les enjeux environnementaux et sociaux liés à sa réalisation.

En conclusion, la réalisation d'une pénétrante reliant le port d'Oran à l'autoroute Est-Ouest en Algérie revêt une importance capitale pour le développement économique et l'amélioration des systèmes de transport du pays. Ce mémoire se propose d'explorer en profondeur les différentes dimensions de ce projet, en mettant l'accent sur les aspects techniques, environnementaux et économiques. En fournissant une analyse approfondie de cette réalisation, nous espérons contribuer à une meilleure compréhension des enjeux et des opportunités associés à la construction de cette autoroute stratégique.

**CHAPITRE I :**  
**RECHERCHE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

### CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Le réseau routier en ALGÉRIE est estimé à 129 000 km dont plusieurs tronçons d'autoroutes structurantes et majeures (ligne importante), ce réseau ne doit pas être défaillant, il doit être à un niveau d'exploitation et d'utilisation optimal pour qu'il soit performant et accessible à des fins : Tourisme, transport des marchandises, travail...

C'est pourquoi il est important de s'intéresser au volet **Pathologie des chaussées** afin de suivre et d'entretenir les chaussées à temps durant leur durée de vie qui est entre 5 et 20 ans, une durée de vie qui est en fonction de plusieurs paramètres :

- Le trafic
- Les conditions climatiques
- Fiabilité des matériaux, des essais au laboratoire et de la mise en œuvre
- Dimensionnement de la structure de chaussée et le drainage des eaux pluviales

Dans notre projet, qui porte principalement sur l'étude de conception et dimensionnement du premier tronçon de 8 km. Nous allons nous intéresser au volet entretien de la route et la digue maritime.

#### I.1 Dégradation et entretien des routes :

##### I.1.1 Types de chaussées :

Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les trois différents types de structures suivants :

##### I.1.1.1. Chaussée souple :

Considérées comme les chaussées les plus utilisées, les chaussées souples sont constituées par des couches superposées des matériaux de résistance notable à la traction. Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformables que les couches inférieures. Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini. En principe une chaussée peut avoir dans l'ordre, du haut vers le bas, les 04 couches suivantes :

- Couche de roulement.
- Couche de base.
- Couche de fondation.
- Couche de forme.

### I.1.1.2. Chaussée Semi-rigide :

La chaussée à assise traitée aux liants hydrauliques comporte une couche de surface bitumineuse qui repose sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques. Présentant un fort risque de retraites thermiques, des fissures peuvent apparaître et remonter jusqu'à la couche de surface, entraînant une perte d'étanchéité.

### I.1.1.3. Chaussée rigide :

La chaussée rigide en Béton Routier est une solution de revêtement routier, autoroutier et d'aménagement de voiries urbaines.

Le revêtement en Béton Routier peut être en :

- Dalles courtes non armées et non goujonnées,
- Dalles courtes non armées et goujonnées
- Béton armé continu
- BCR (Béton Compacté Routier).

La structure repose directement sur une couche de fondation en béton maigre, grave traitée au Liant Hydraulique routier, ou sur l'ancienne chaussée dans le cas d'un renforcement. Ce type de structure est adapté au trafic d'engins spéciaux, fort trafic, exposition à des climats exigeants et au trafic lourds.

#### Avantages :

- Le bilan économique à long terme est très favorable du fait de la longévité de la chaussée béton et de son entretien réduit.
- Limitation des travaux d'entretien et maintenance.
- Solution 100% matériaux locaux.
- Résiste parfaitement à l'orniérage et au poinçonnement ce qui va limiter les travaux d'entretien et maintenance.
- Vision lumineuse => Économie d'énergie lié à l'éclairage
- Le béton apporte aux chaussées ses performances, notamment sa durabilité (résistance à la chaleur, au froid et au gel), et sa solidité (résistance aux charges, à l'érosion et aux agressions chimiques).
- Le béton permet de réaliser des chaussées intégrées à l'environnement en employant des granulats, des colorants et des traitements de surface qui offrent de nombreuses possibilités décoratives.
- Le béton est un matériau simple à réaliser et à mettre en œuvre.

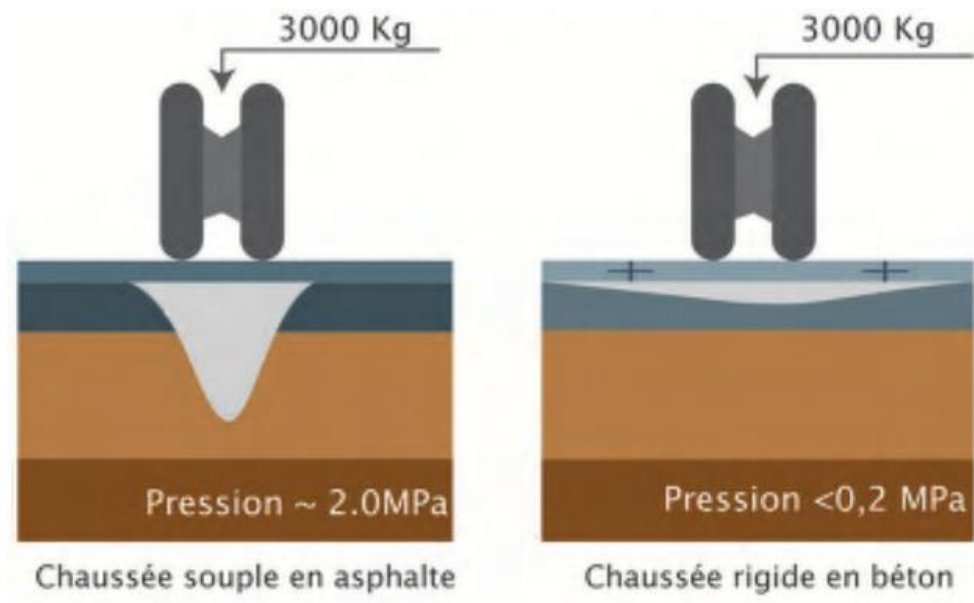


Figure I.1 - Répartition des charges d'un essieu standard

### I.1.2. Les familles de dégradations de surfaces de chaussées :

#### I.1.2.1 Famille 1 : Les déformations

- **Bourrelets** : Les bourrelets routiers sont des bosses ou des vagues qui se forment sur les routes asphaltées au fil du temps. Ils sont souvent causés par l'usure de la chaussée due au trafic routier et à l'exposition aux éléments, tels que les fluctuations de température et les intempéries. Les bourrelets routiers peuvent causer des vibrations et des secousses dans les véhicules qui circulent sur la route, ce qui peut rendre la conduite plus difficile et moins confortable. Ils peuvent également augmenter le risque d'accidents, en particulier pour les motocyclistes et les cyclistes, qui peuvent perdre l'équilibre lorsqu'ils traversent ces bosses. Il est important que les autorités routières effectuent régulièrement des travaux d'entretien et de réparation pour prévenir l'apparition de bourrelets routiers et maintenir la sécurité des usagers de la route.
- **Affaissement** : est un phénomène dans lequel une section de la chaussée d'une route s'enfonce ou s'affaisse, généralement en raison d'une défaillance de la structure de la route ou de la couche de support sous la chaussée. Les causes courantes d'affaissement routier comprennent l'érosion des sols, les fuites d'eau souterraines, les charges excessives sur la chaussée, les variations de température et les défauts de construction.
- **Orniérages** : L'orniérage des chaussées est un phénomène dans lequel des traces ou des sillons se forment sur la surface de la route en raison de l'usure et des dommages causés par la circulation routière et les conditions météorologiques. L'orniérage peut être particulièrement problématique dans les zones de trafic intense où de nombreux poids lourds circulent régulièrement, tels que les routes de transport de marchandises ou les routes principales reliant les ports et les centres logistiques.

## CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

---

- **Tôles ondulées** : Ces déformations, gênantes, voire dangereuses pour les automobilistes, se forment à la suite du passage répété de véhicules sur une chaussée meuble.
- **Flashes** : Une flache est un type de déformation d'une chaussée qui est caractérisé par une dépression superficielle de forme arrondie

### I.1.2.2. Famille 2 : Les fissures

- **Fissurations longitudinales** : sont des fissures qui se forment parallèlement à l'axe de la chaussée, généralement dans le sens de la circulation des véhicules. Ces fissures peuvent être causées par divers facteurs tels que les fluctuations de température
- **Fissurations transversales** : sont des fissures qui se forment perpendiculairement à la direction de la chaussée. Elles peuvent être causées par une variété de facteurs, tels que les cycles de gel et de dégel, l'humidité excessive, le trafic lourd
- **Faiçnage** : Ensemble de fissures, plus ou moins rapprochées, formant un maillage caractéristique de la fatigue d'un revêtement en enrobés à la suite d'usure ou de faiblesse des sous-couches.

### I.1.2.3. Famille 3 : Les arrachements

- **Peignage (Gravillon arrachée...)** : les gravillons ou les petits cailloux utilisés pour recouvrir la surface de la chaussée se détachent et se dispersent, laissant la route avec une surface inégale et dangereuse pour les véhicules et les piétons.
- **Pelade (Plaque...)** : Dégradation d'une surface de chaussée (enrobés ou enduit superficiel) se traduisant par des effritements plus ou moins diffus.
- **Plumage (Ponctuel...)** : l'arrachement progressif des gravillons d'enduit superficiel sous l'action du passage des véhicules.
- **Nids de poule (Revêtement)** : est une cavité dans la chaussée aux bords découpés qui se crée lorsque le revêtement routier s'effrite et que les matériaux constitutifs du revêtement (enrobés bitumineux) se dispersent.

### I.1.2.4. Famille 4 : Les remontées

- **Ressuage** : est une remontée de liant (bitume) sur les routes gravillonnées quand celui-ci est présent en trop grande quantité. Ce phénomène se rencontre pendant les périodes de fortes chaleurs et notamment lorsque la température de la chaussée est supérieure à 40°C.
- **Remontés de fissures** : est due à la propagation d'une fissure existante dans une couche de structure inférieure à la couche de roulement (couche de base et/ou couche de liaison).

### **I.1.3. Les problématiques sur l'entretien de la route :**

#### **I.1.3.1. Des enjeux environnementaux conséquents :**

La réfection d'une chaussée engendre des déchets ainsi que la production de quantités imposantes de matériaux, ayant un impact écologique considérable.

Outre ces aspects quantitatifs, la gestion d'éléments polluants comme les Hydrocarbures sont des facteurs aggravants.

#### **I.1.3.2. Durée des travaux et gêne occasionnée :**

Les opérations de réfection / renforcement sont synonymes de perturbation du trafic.

En considérant la part de danger associée à ces événements, les gestionnaires de réseaux routiers attendent des solutions permettant de limiter la durée des travaux, ainsi que le risque qu'ils représentent.

### **I.1.4. Les Causes principales des dégradations de la route :**

- Sous dimensionnement
- Défaut de mise en œuvre
- Mauvaise qualité des matériaux
- Mauvais drainage
- Fatigue de la structure
- Surdosage / sous-dosage des matériaux.

### **I.1.5. Techniques d'entretien et de réhabilitation des chaussées :**

- 1) Renforcement
- 2) Reconstruction
- 3) Retraitement

#### **I.1.5.1. Renforcement :**

1. Apport d'une couche épaisse de matériaux
2. Couche de surfaces
3. Apport sur les accotements

##### **I.1.5.1.1. Inconvénients :**

- Transport pour les matériaux
- Réduction de la largeur de la chaussée
- Rehaussement de tous les ouvrages annexes (fossés, trottoirs)
- Réduction du gabarit sous les Ouvrages d'Art

### I.1.4.2. Reconstruction :

1. Fraisage et mise en décharge de l'ancienne chaussée
2. Apport des matériaux élaborés
3. Couche de surface

### I.1.5.2.1. Inconvénients :

- Transport des déchets et des matériaux, de km parcourus considérable.
- Raréfaction des ressources en granulats
- Nuisances générées par les transports

### I.1.5.3. Recyclage :

Cette technique permet de recycler en place à froid les chaussées et plateformes détériorées pour réaliser de nouvelles couches de bases et couches d'assises moyennant un traitement au Liant Hydraulique Routier [LHR].

Le traitement des chaussées en place à froid au Liant Hydraulique Routier est une solution alternative aux méthodes classiques de renforcement ou d'entretien des chaussées dégradées. Cette technique consiste à recréer à partir de la chaussée existante, une nouvelle structure homogène et adaptée au trafic. L'ancienne chaussée dégradée est fraisée, malaxée au Liant Hydraulique Routier puis compactée. Une finition de surface peut être appliquée par-dessus en fonction du dimensionnement.

Le traitement des sols en place est une technique d'amélioration et de stabilisation des remblais, de la partie supérieure des terrassements de la couche de forme et des couches d'assise. Cette technique permet de conférer à des matériaux inutilisables en remblai (argiles, limons, marnes, craies, ...) des performances largement supérieures à celles des matériaux granulaires naturels traditionnellement réservés à la réalisation des couches de forme. Les sols en place sont malaxés avec le Liant Hydraulique Routier et compactés pour former un matériau rigide et imperméable.

Conformément au Guide Technique : Retraitement en place à froid des anciennes chaussées, SETRA, Juillet 2003.

### I.1.5.3.1. Avantage :

- Revalorisation de la chaussée dégradée (limitation de l'exploitation de gîtes d'emprunt et de la mise en décharge).
- Dimensionnement : optimiser les épaisseurs des couches supérieures
- Coût réduit de 30 à 50% Æ Délais divisé par deux ou plus (3500 m<sup>2</sup>/jour minimum par poste de travail et par atelier)
- Durabilité accrue > 20 ans minimum
- Travaux à l'intérieur de l'emprise du chantier
  - Moins de camions sur la route
  - Préservation du réseau routier

## CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

- Travail sous circulation possible (en demi-chaussées)
  - Réouverture au trafic : Rc (résistance à la compression) > 1,5 MPa suivant NF EN 13286-41
- Processus respectueux de l'environnement
- Solution 100% Locale

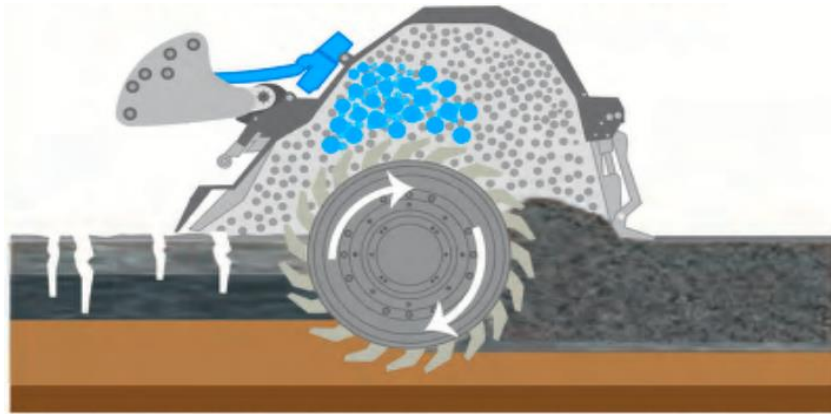


Figure I.2 – Recyclage et traitement de la chaussée au liant hydraulique



Figure I.3 – Préconisations de mise en œuvre de la méthode de recyclage des chaussées

### I.1.5.4. Traitement :

Le traitement des sols en place est une technique d'amélioration et de stabilisation des remblais, partie supérieure des remblais, couche de forme et les couches d'assises.

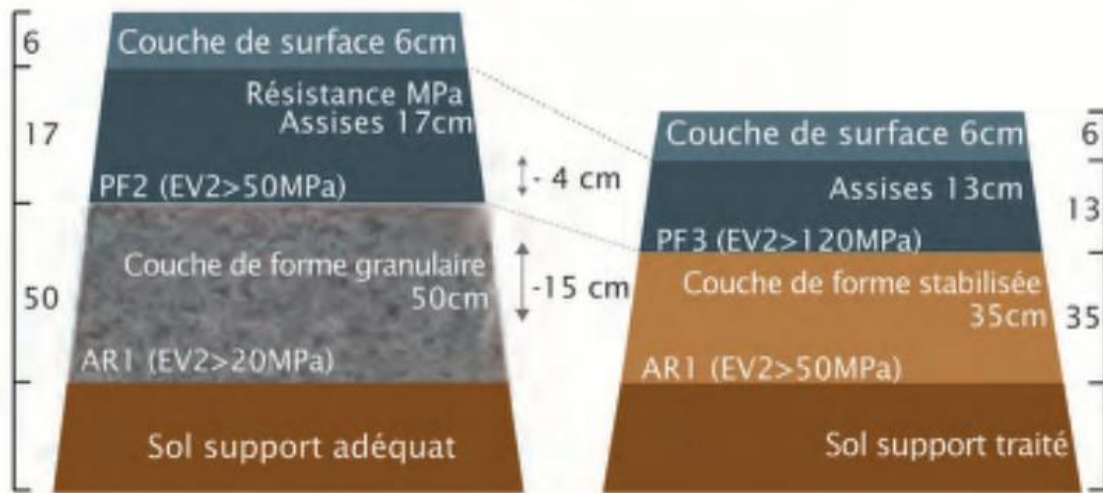
Cette technique permet de conférer à des matériaux inutilisables en remblai (argiles, limons,, marnes, craies, des performances largement supérieures à celles des matériaux granulaires naturels traditionnellement réservés à la réalisation des couches de forme.

Les sols en place sont malaxés avec le Liant Hydraulique Routier et compactés pour former un matériau rigide et imperméable.

## CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

### I.1.5.4.1. Avantage :

- Diminution des épaisseurs de la structure de chaussée (jusqu'à 25%)
- Valorisation des matériaux en place (limitation de l'exploitation de gîtes d'emprunt et de la mise en décharge)
- Réduction des risques et coûts inhérents au transport (1 camion Liant vs 70 camions granulats)



**Figure I.3** – Ampleur de réduction de l'épaisseur du corps de chaussée, pour un trafic T3



**Figure I.4** – Préconisations de mise en œuvre de la méthode de traitement des sols.

### I.2. Dégradations et entretien sur les digues à talus :

Les dégradations sur une digue à talus peuvent être préoccupantes. Les digues à talus sont des structures de protection côtière ou fluviale qui utilisent un talus naturel ou artificiel pour renforcer la résistance de la digue contre l'érosion causée par l'eau.

#### I.2.1. Types de dégradations :

Les dégradations les plus courantes sur une digue à talus incluent :

1. **Érosion du talus** : Cela se produit lorsque les vagues, le courant ou les fluctuations du niveau de l'eau provoquent l'érosion des matériaux constituant le talus de la digue.
2. **Glissement de terrain** : Des mouvements de terrain peuvent se produire si le talus de la digue est mal consolidé ou si des forces externes telles que les fortes pluies exercent une pression excessive sur la structure.
3. **Fissures ou affaissement** : Des fissures peuvent apparaître sur la digue en raison de la déformation du talus ou de la détérioration des matériaux de construction. Un affaissement peut également survenir si le talus perd de sa stabilité.
4. **Défaillance des systèmes de drainage** : Si les systèmes de drainage de la digue sont obstrués ou défectueux, cela peut entraîner une accumulation d'eau qui peut affaiblir la structure.

La réparation des dégradations sur une digue à talus peut impliquer des travaux de renforcement du talus, de réfection des matériaux, de stabilisation du sol, de réparation des systèmes de drainage, ou d'autres techniques adaptées à la situation spécifique de la digue.

Il est important de traiter rapidement les dégradations sur une digue à talus pour éviter tout risque d'effondrement ou de rupture de la structure, ce qui pourrait entraîner des inondations et des dommages importants.

#### I.2.2. Entretien des digues à talus :

Pour remédier aux dégradations sur une digue à talus, voici quelques solutions possibles :

1. **Renforcement du talus** : Si l'érosion est présente sur le talus, il peut être nécessaire de renforcer sa stabilité. Cela peut être réalisé en ajoutant des matériaux de remblai ou en utilisant des techniques de génie civil telles que la pose de géotextiles, de gabions (structures en treillis métallique remplis de pierres), ou la construction de murs en béton ou en enrochement.
2. **Réfection des matériaux** : Si les matériaux du talus sont endommagés, il peut être nécessaire de les réparer ou de les remplacer. Cela peut impliquer l'enlèvement des matériaux dégradés et la mise en place de nouveaux matériaux appropriés pour assurer la stabilité du talus.
3. **Stabilisation du sol** : Si des glissements de terrain se produisent, des mesures de stabilisation du sol peuvent être nécessaires. Cela peut inclure l'injection de produits chimiques pour améliorer la cohésion du sol, la construction de palplanches ou de murs

de soutènement pour retenir le sol, ou l'utilisation de techniques de consolidation du sol telles que le jet grouting.

4. **Réparation des systèmes de drainage** : Les systèmes de drainage défectueux doivent être réparés ou améliorés pour éviter les accumulations d'eau qui pourraient affaiblir la digue. Cela peut nécessiter le nettoyage des canaux de drainage, la réparation des conduits ou l'installation de nouveaux systèmes de drainage efficaces.
5. **Surveiller et entretenir régulièrement** : Il est important de mettre en place un programme de surveillance et d'entretien régulier de la digue à talus pour détecter rapidement toute dégradation future. Cela peut inclure des inspections visuelles, l'utilisation de capteurs pour surveiller les mouvements du sol ou les niveaux d'eau, et la mise en place d'un plan d'entretien pour effectuer les réparations nécessaires au fur et à mesure.

Il est recommandé de faire appel à des experts en génie civil, en géotechnique ou en protection côtière pour évaluer spécifiquement les dégradations de votre digue à talus et recommander les solutions appropriées. Chaque situation peut être unique, et les mesures à prendre dépendent des caractéristiques de la digue, de l'environnement local et des conditions hydrologiques.

### I.2.3. Suivi de l'état des digues à talus :

L'entretien régulier d'une digue à talus est essentiel pour assurer sa stabilité et sa fonctionnalité à long terme. Voici quelques mesures courantes pour l'entretien d'une digue à talus :

1. **Surveillance visuelle** : Effectuez régulièrement des inspections visuelles de la digue à talus pour détecter tout signe de dégradation ou de dommage. Recherchez les fissures, les affaissements, les zones d'érosion ou tout autre problème potentiel.
2. **Surveillance des niveaux d'eau et des mouvements du sol** : Utilisez des capteurs ou des instruments de surveillance appropriés pour surveiller les niveaux d'eau autour de la digue ainsi que les mouvements du sol. Cela peut aider à détecter les variations significatives qui pourraient indiquer des problèmes potentiels.
3. **Entretien des systèmes de drainage** : Assurez-vous que les systèmes de drainage de la digue à talus sont en bon état de fonctionnement. Nettoyez régulièrement les canaux de drainage pour éviter les obstructions et vérifiez le bon écoulement de l'eau.
4. **Végétalisation et entretien des talus** : La végétation sur les talus peut contribuer à renforcer la stabilité du sol en réduisant l'érosion. Veillez à maintenir une couverture végétale saine et appropriée sur les talus de la digue. Effectuez la taille et l'élagage réguliers des arbres et des arbustes pour éviter tout affaiblissement des talus.
5. **Réparation des dommages mineurs** : Si des dommages mineurs tels que des fissures ou des érosions locales sont détectés, effectuez les réparations nécessaires rapidement. Cela peut impliquer la réfection des matériaux, le comblement des fissures ou la stabilisation des zones érodées.
6. **Suivi et documentation** : Tenez un registre précis de toutes les inspections, des travaux d'entretien effectués et des mesures prises. Cela aidera à suivre l'évolution de l'état de la digue et à planifier les actions futures.

# **CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET**

### CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

#### II.1. Introduction :

La Wilaya d'Oran fait présentement face à une multitude de défis reliés à des fortes croissances tant démographique, sociale qu'économique. À elle seule, la ville d'Oran englobe près de la moitié de la population de la Wilaya, ce qui souligne son rôle de pôle économique. Près de 80 % de la population de la Wilaya est concentrée dans les secteurs urbanisés des 26 communes qui la composent (ONS, 2009a; DPSB-Oran, 2010 b). Cependant, sa croissance démographique élevée, combinée à un taux de chômage plus élevé que la moyenne nationale, met en relief le besoin pour la ville d'Oran de développer ses activités économiques et touristiques. Selon les données issues de l'Office National des Statistiques (ONS), la ville d'Oran quant à elle comptait en 2008 près de 609 940 habitants pour un territoire de 64 km<sup>2</sup>, soit une densité de 9530 hab./km<sup>2</sup>

Dans le même ordre d'idée, la construction d'un nouveau pôle d'éducation universitaire est planifiée dans le secteur Canastel ainsi que l'aménagement de nouvelles infrastructures sportives, afin de dynamiser l'essor économique de la Wilaya.

C'est dans cette conjoncture que les activités reliées au port d'Oran sont présentement en pleine expansion et différentes phases d'agrandissement sont prévues dans les prochaines années. Les installations actuelles comprennent entre autres : un plan d'eau de 122 hectares, 24 quais dont 16 commerciaux, sept bassins, un espace d'entreposage de 35 000 m<sup>2</sup>, un parc routier de 23 000 m<sup>2</sup>, un parc pour véhicules légers de 5000 m<sup>2</sup>, dont 3000 m<sup>2</sup> couverts et 10 magasins.

L'expansion engendrera une augmentation du trafic des poids lourds, occasionnant ainsi de l'encombrement au seul accès du port qui est déjà saturé. En 2020, la capacité d'accueil du port a été graduellement accrue en atteignant 1 300 000 EVP (équivalent vingt pieds). Par ailleurs, il faut aussi considérer dans l'équation l'accroissement du trafic lié à l'urbanisation de ce secteur.

Le réseau routier de la Wilaya d'Oran totalise 1052,3 km de routes nationales, chemins de Wilaya et chemins communaux. Plus de 98 % de ces routes et chemins sont goudronnés ou asphaltés (DPSB, 2010c). Ce réseau routier est complété par **la nouvelle liaison autoroutière d'Oran qui relie la RN-4 à l'autoroute Est-Ouest**, permettant une interconnexion de l'agglomération de la Wilaya d'Oran aux autres principales villes du pays.

#### II.1.1. Système utilisé et coordonnées :

Conformément à l'arrêté du 25 février 2003 publié sur le journal officiel du 30 avril 2003 fixant les systèmes de coordonnées en Algérie, le système de référence géodésique WGS84 approprié au GPS est un système officiel en Algérie.

#### Système géodésique :

Ellipsoïde : WGS84.

Demi grand axe :  $a = 6\,378\,137$  m.

Aplatissement :  $f = 1/298.257\,223\,563$

## CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

**Projection :** UTM zone 30 Nord.  
Latitude Origine : 00°00'00.0000 N.  
Longitude Origine : 03°00'00.0000 O (zone 30).  
Facteur d'échelle à l'origine : 0.9996000000.  
Constante Nord : 0.0000 m  
Constante Est : 500 000.0000 m.

### II.2. Contexte géographique :

Oran, appelé localement « Wahran El Bahia » est la deuxième plus grande ville d'Algérie et est une métropole importante de la Méditerranée. Située au nord-ouest de l'Algérie, à environ 430 km de la capitale Alger, la ville est le chef-lieu de la wilaya d'Oran

La superficie de la Wilaya d'Oran est de 2.121 km<sup>2</sup>, elle est bordée au nord par la mer Méditerranée, à l'est par la wilaya de Mostaganem, au sud-est par la wilaya de Mascara, au sud-ouest par la wilaya de Sidi-Bel-Abbès et à l'ouest par la wilaya d'Aïn Temouchent.

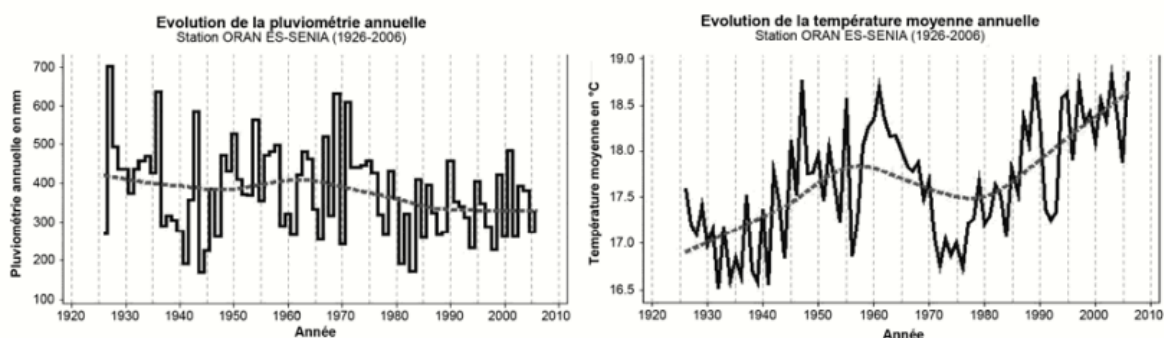
### II.3. Description de la zone d'étude :

#### II.3.1 Relief :

Le site à l'étude s'étend sur près de 250 hectares, borné à l'est par le port d'Oran, au nord par la mer Méditerranée, à l'ouest par le carrefour de Canastel et au sud par le chemin de Wilaya CW-75. La zone à l'étude est par ailleurs caractérisée par une morphologie étagée et accidentée, fortement sensible à l'érosion et un relief marqué par une ligne littorale escarpée, les hautes falaises du plateau d'Oran-Canastel et les terrains vallonnés qui s'étirent en contrebas.

#### II.3.2 Climat et pluviométrie :

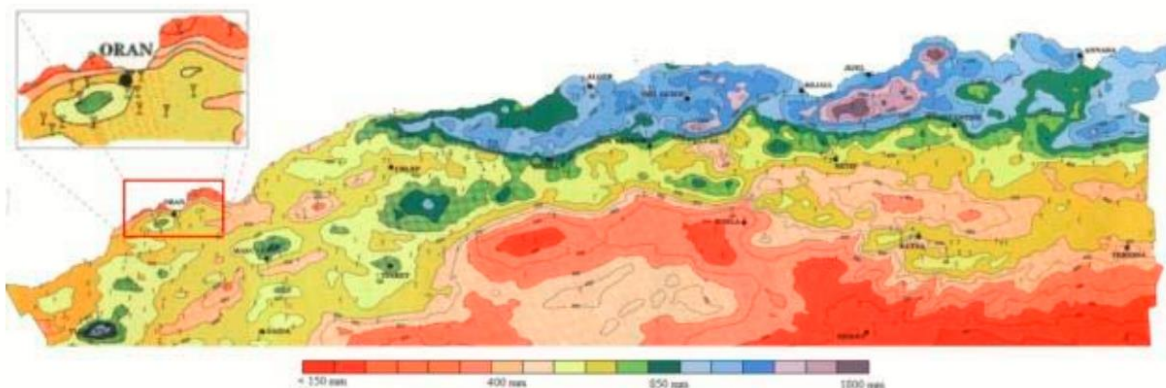
Localisée dans une région semi-aride bordée au sud par le désert du Sahara et au nord par la mer Méditerranée, la ville d'Oran est caractérisée par un climat xérothermique de type méditerranéen, aux hivers doux et aux étés secs et chauds. Il est par ailleurs caractérisé par une longue période de sécheresse estivale de 3 à 4 mois. Les températures s'y échelonnent en moyenne entre 15 °C et 30 °C en été, 5 °C et 15 °C en hiver et les précipitations sont concentrées entre les mois d'octobre et de mai.



**Figure II.1** – Evolution de la pluviométrie et des températures de l'ouest Algérien, station d'Oran Es-Senia, modifié de Bessaoud, 2008

## CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

Les vents sont dominants pendant les saisons automnales et hivernales et de direction presque perpendiculaire à la côte. En outre, la pluviométrie est relativement faible avec, pour la période 1877-1998, une moyenne annuelle égale à 378,9 mm à la station d'Oran. Les précipitations sont également marquées par une grande variabilité inter et intra-annuelle et un gradient spatial est-ouest. À noter qu'entre 1926 et 2006, la quantité moyenne des précipitations annuelles a baissé de 15 %.



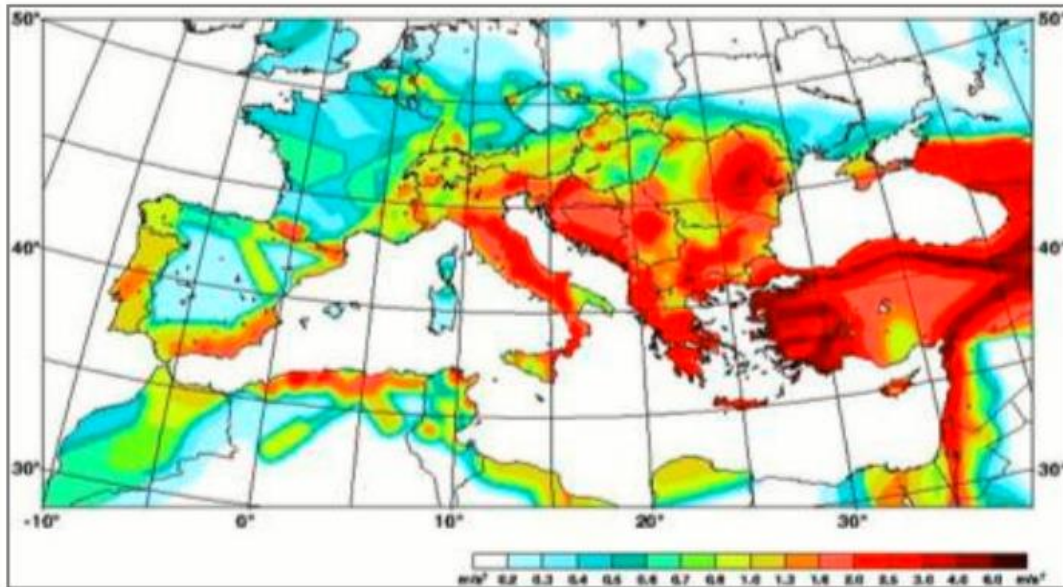
**Figure II.2** – Carte pluviométrique pour l'Algérie du Nord (source : ANRH 1993)

### II.3.3. Données topographiques :

Les relevés topographiques ont été effectués à l'échelle 1/1000, sur une bande de terrain de 200 à 300 mètres de largeur, entre le port d'Oran et le carrefour Canastel. Avec les modifications et les optimisations du tracé proposé, il a été nécessaire d'effectuer trois campagnes complémentaires de relevés ; la surface totale des levés dépasse ainsi les 500 hectares. Il faut noter que l'accès était impossible pour le tronçon constituant les 1200 premiers mètres de la liaison autoroutière, à l'est du port d'Oran, ainsi que pour plusieurs autres tronçons présentant de très fortes déclivités et adossés à la falaise de la Corniche d'Oran. Dans ces cas, le levé topographique a été exécuté au laser avec un équipement spécial, dédié pour ce type d'application.

### II.3.4. Données sismiques :

En ce qui a trait à la tectonique et la sismicité, le pourtour méditerranéen constitue un domaine tectonique très complexe où se manifeste une activité sismique régulière. La Wilaya d'Oran est toutefois fréquemment secouée par des séismes d'intensités variables, et dont les magnitudes moyennes s'échelonnent de 2 à 5 degrés sur l'échelle ouverte de Richter (Anonyme, 2012b; CRAAG, 2012). La région d'Oran a notamment été touchée en 1790, 1889, 1912 et 1959 et plus récemment en 2008 et 2012. Les formations du pliocène et du miocène sont au demeurant marquées par la présence de failles orientées de deux directions différentes et qui soulignent le caractère sismique de la région d'Oran.



**Figure II.3** – Carte du risque sismique en Méditerranée (source : IUEN 2003)

Le site est situé dans une région qui a été soumise à une activité modérée. Les tremblements de terre importants, qui ont eu lieu par le passé, sont éloignés de 40 à 50 km du site. L'intensité de ces chocs fut cependant suffisamment élevée pour entraîner des dégâts structuraux significatifs.

L'action sismique dépend de la zone sur laquelle le site est localisé et du type de construction. Le document technique réglementaire, divise le territoire algérien en cinq (05) zones de sismicité croissante, soit :

- **Zone 0** : sismicités négligeables ;
- **Zone I** : sismicité faible ;
- **Zone IIa** : sismicités moyenne ;
- **Zone IIb** : sismicités élevées ;
- **Zone III** : sismicité très élevée.

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

- **Groupe 1** : pont stratégique ;
- **Groupe 2** : pont important ;
- **Groupe 3** : pont d'importance moyenne ;

D'après le document des Règles Parasismique Applicables au domaine des ouvrages d'art (RPOA 2008), la wilaya d'Oran est classée zone à sismicité moyenne « Zone IIa ».

Les coefficients d'accélération (A) à prendre en considération dans les calculs selon le type de l'ouvrage sont donnés dans le tableau suivant :

## CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

Tableau II.1 – Coefficients d'accélération de zone "A"

Groupe	ZONE			
	I	IIa	IIb	III
1	0.15	0.25	0.30	0.40
2	0.12	0.20	0.25	0.30
3	0.10	0.15	0.20	0.25

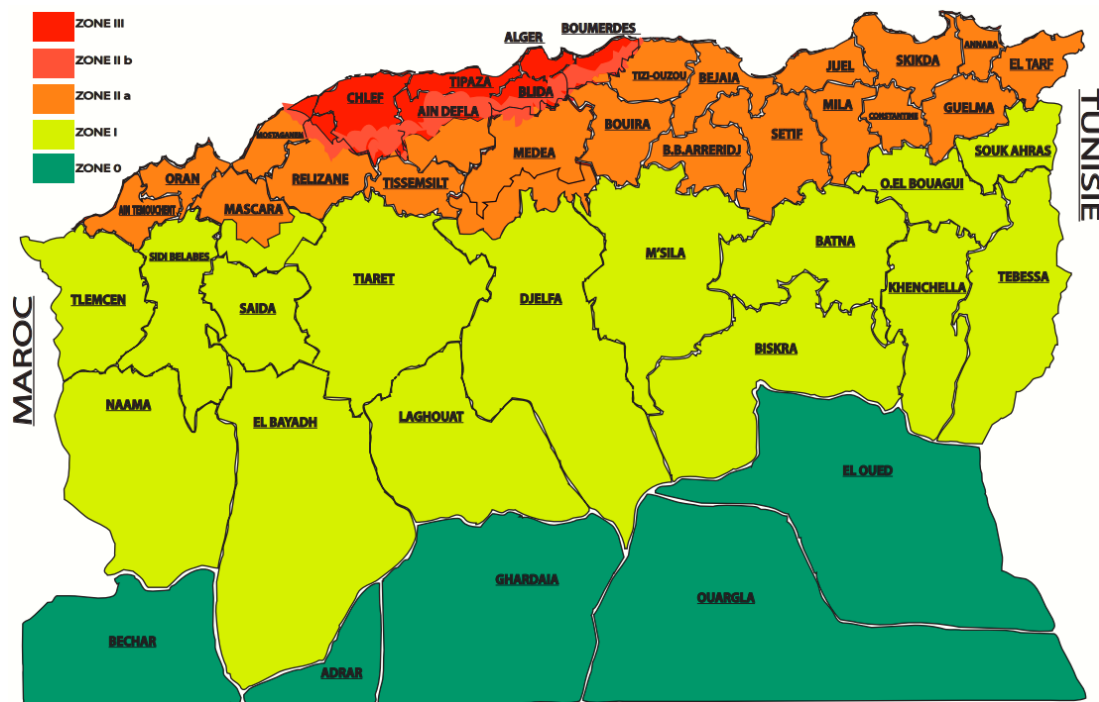


Figure II.4 – Carte de zonage sismique de l'Algérie (Réf : RPOA 2008)

### II.4. Description du projet :

#### II.4.1. Section 01 : du PK 0+600.00 au PK 9+010.00 (8km)

Le projet a pour objet la réalisation d'une liaison autoroutière reliant le port d'Oran et la 1ère Rocade Sud, au niveau du carrefour Canastel (sur 8 km)

#### II.4.2. Section 02 : PK 9+010.00 au PK 22+000.00 (7km)

La réalisation d'une liaison autoroutière projetée entre l'échangeur Canastel et la 2e Rocade Sud, au niveau du douar Belgaid (sur 7 km). Cette liaison vise à aménager un accès efficace entre le port d'Oran et les 4e et 5e périphériques, soit la 1ère Rocade Sud et la future 2e Rocade Sud d'Oran.

## CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

Dans le présent mémoire, notre étude portera sur la première section sur 8km ; Le site à l'étude se trouve au pied de la falaise de la Corniche Est d'Oran.

Le tracé de la liaison autoroutière se trouve inséré entre la falaise et la mer Méditerranée, avec des passages très étroits nécessitant l'aménagement d'ouvrages d'art importants, tels : murs de soutènement, viaduc, tunnel, etc. La bande littorale, en pied de falaise, est assez plate entre le port d'Oran et la 1ère Rocade Sud. Plusieurs sections de la falaise présentent aussi des risques d'instabilité à des degrés variables, notamment concernant la première section de 1200 mètres, à partir du port d'Oran, qui présente des parois relativement instables et est caractérisée par des chutes de blocs fréquentes.

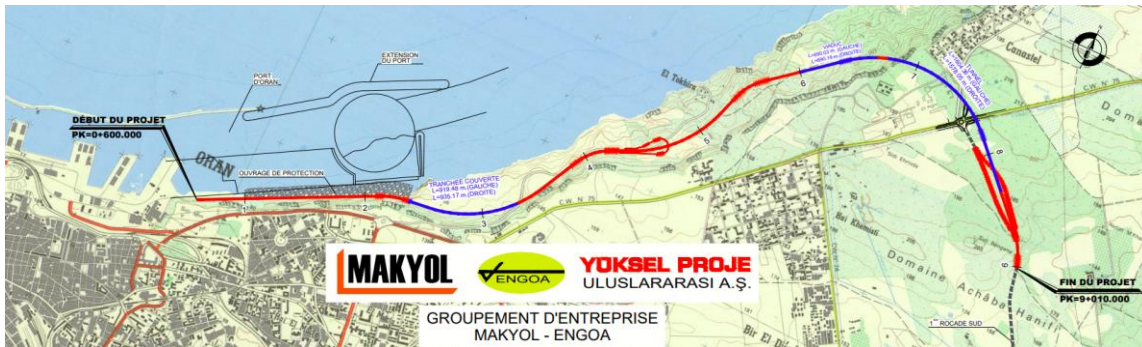


Figure II.5 – Localisation la première section du projet : PK 0+600.00 au PK 9+010.00

### II.4.3. Localisation et analyse des différents réseaux de services d'utilités publiques :

La construction de la liaison autoroutière, reliant le port d'Oran au carrefour Canastel et à la future 2e Rocade Sud, a très peu d'impacts sur les services d'utilités publiques existants. Toutefois, à l'intérieur de l'emprise des travaux, nous retrouvons des conduites de refoulement du réseau d'assainissement de la ville d'Oran sont présentes en bordure de falaise et croisent le tracé retenu aux chaînages 1+400 ainsi que 3+600. Par ailleurs, une conduite d'égout sanitaire croise, au chaînage 6+850, l'entrée de la tranchée couverte Canastel.

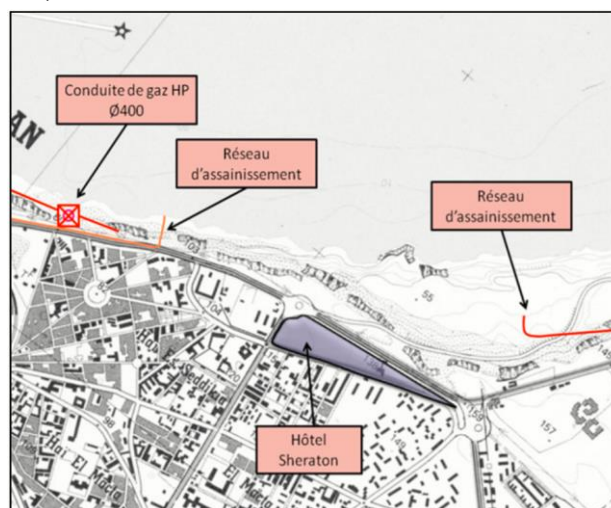


Figure II.7 – Localisation des différents réseaux de services d'utilités publique

# **CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC**

### CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC

#### III.1. Introduction :

L'étude de trafic est essentielle dans la planification et la conception des systèmes de transport, des infrastructures de transport, des zones de développement urbain et des stratégies de mobilité. Elle permet de déterminer l'intensité du trafic et son agressivité (poids lourds), elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et, au-delà, les caractéristiques à lui donner depuis le nombre voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

Cette conception est basée sur des prévisions des trafics sur les réseaux routiers nécessaires

On peut citer des choix possibles :

- Nécessité ou non d'une déviation d'agglomération.
- Choix du tracé par rapport aux zones bâties.
- Position des échangeurs.
- Géométrie des carrefours.
- Dimensionnement des chaussées en fonction des trafics poids lourds cumulés.

#### III.2. Généralités sur le trafic routier :

##### III.2.1. Analyse du trafic existant :

Différentes méthodes permettent de recueillir des informations relatives au trafic. Ces méthodes sont classées en deux catégories :

1. **Les comptages** : Ils permettent d'obtenir des données quantitatives sur le trafic, on distingue deux types de comptage :
  - Les comptages manuels.
  - Les comptages automatiques.
2. **Les enquêtes** : elles permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs. Il faut donc connaître tous les flux de circulation existant sur le réseau, leurs origines et leurs destinations.

##### III.2.2. Les différents types de trafic :

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

L'origine et déplacement des véhicules nous permettent de classer le trafic selon ces trois catégories :

- **Trafic de transit** : origine et destination en dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'une déviation)

## CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC

---

- **Trafic d'échange** : l'origine est à l'intérieur de la zone étudiée et la 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.

Par ailleurs, on distingue quatre types de trafic :

- **Trafic normal** : C'est le trafic existant sur l'ancien aménagement.
- **Trafic dévié** : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant d'autres routes ayant la même destination.
- **Trafic induit** : C'est le nouveau trafic résultant :
  - Des déplacements des usagers suite à la requalification de l'ancien aménagement routier
  - L'augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de ces derniers ayant été facilitée par le nouvel aménagement routier.
- **Trafic total** : C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit, du trafic dévié, et du trafic normal.

### III.2.3. Les indicateurs du trafic :

On désigne 5 indicateurs :

- **Le trafic journalier moyen annuel** : égal au trafic de l'année divisé par le nombre de jours 365, on l'exprime en (Véh/j).
- **Les trafics aux heures de pointe** : avec les heures de pointe du matin (HPM) et les heures de pointe du soir (HPS).
- **Le trafic journalier de fin de semaine** :
- **Le trafic journalier moyen d'été** : important pour les régions estivales.
- **Le trafic effectif** : qui se traduit en unités de véhicules particuliers (MVP/j).

### III.2.4. Modèles de présentation du trafic :

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

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

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

**Remarque** : La méthode choisie est la méthode « **prolongation de l'évolution passée** » au vu de sa simplicité ainsi qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

## CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC

---

### III.3. Calcul de la capacité :

La capacité est le débit horaire maximum à saturation pour un maximum de véhicules qui peuvent passer par une route durant une période précise. C'est le trafic horaire au-delà duquel le plus petit incident risque d'entraîner la formation de congestion.

Le calcul de la capacité dépend de :

- la distance de sécurité (en milieu urbain ce facteur est favorable.)
- Des conditions de trafic.
- Des caractéristiques géométriques de la route.

#### III.3.1. Principaux résultats de l'étude de trafic :

Dans le cadre de l'Étude de faisabilité. Une étude de trafic a été réalisée par **INGÉROP** qui a comme données :

- TJMA 2023 = 13427 véhicules/J ;
- TPL 2023 = 5506 PL/J

Calcul du trafic de mise en service à partir de TJMA 2023 pour un horizon de 2ans :

- Année de mise en service : 2025
- TJMA mise en service 2025 = 14579 véhicules/J ;
- TPL = 5978 PL/J
- Pourcentage de poids lourds : Z = 41% ;
- Taux d'accroissement annuel du trafic : T = 4,2%
- Durée de vie considérée : 20 ans

#### III.3.2. Calcul du Trafic Moyen Journalier (TJMA) horizon 20ans :

On utilise la méthode “ **Prolongation de l'évolution passée** ” qui consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé. J'établis en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic  $T_n$  à l'année n sera :

$$T_n = T_0(1+T)^n$$

**Avec :**

- $T_n$  : Le trafic à l'année horizon
- $T_0$  : est le trafic à l'arrivée pour Origine.
- T : est le taux de croissance (T=4,2 %)

Pour une durée de vie de 20 ans, le trafic journalier moyen annuel projeté est :

$$TJMA\ 2045 = TJMA_{2025}(1+T)^n$$

$$TJMA\ 2045 = 14579(1+0,042)^{20}$$

$$TJMA\ 2045 = 33196\ Véhicules/J$$

### III.3.3. Calcul des trafic effectifs :

Le trafic effectif traduit le trafic journalier moyen annuel en unités de véhicules particuliers. Il est fonction du type de la route et de son environnement. Il s'exprime par unité de véhicules particuliers. Il est donné par la relation suivante :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + (P \times Z)] \times T_{\text{JMA}_n}$$

Avec :

- **Teff** : trafic effectif à l'horizon, en (UVP/J) .
- **Z** : pourcentage de poids lourds.
- **P** : coefficient d'équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route.

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

**Tableau III.1** – Coefficient d'équivalence du poids lourd B40.

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-10
Route étroite ou à visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

Environnement E1 car selon la classification du terrain il est plat avec une dénivelée cumulée <1.5%, donc pour une route à bonne caractéristique on prend : P=3

$$T_{\text{eff}2025} = [(1 - 0.41) + (3 \times 0.41)] \times 14579$$

$$T_{\text{eff}2025} = 26534 \text{ UVP/J}$$

$$T_{\text{eff}2045} = [(1 - 0.41) + (3 \times 0.41)] \times 33196$$

$$T_{\text{eff}2045} = 60417 \text{ UVP/J}$$

### III.3.4. Débit de pointe horaire normale :

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon h.

Il est donné par la formule suivante :

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

Avec :

**Qn** : Débit de pointe horaire, exprimé en UVP/h

1/n : Coefficient de pointe, en général on le prend à 0.12 (B40)

Teff : Trafic effectif

$$Q_{2025} = 0,12 \times 26524 = 3183 \text{ UVP/h}$$

$$Q_{2045} = 0,12 \times 60417 = 7250 \text{ UVP/h}$$

## CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC

---

### III.3.5. Débit horaire admissible :

Selon l'ICTAAL le débit horaire de la voie la plus chargée ne doit pas dépasser le débit de saturation, estimé à 1 800 UVP/h,

### III.3.6. Calcul du nombre de voies :

- **Cas d'une chaussée bidirectionnelle :**

On compare  $Q$  à  $Q_{adm}$  en prend le profil permettant d'avoir :  $Q \leq Q_{adm}$

- **Cas d'une chaussée unidirectionnelle :**

Le nombre de voie par chaussée est le nombre entier :  $n = S \times \frac{Q}{Q_{adm}}$

Avec :

- **S** : coefficient traduisant la dissymétrie dans la répartition du trafic, en général il est pris égal à 2/3.
- **Qadm** : débit admissible par voie (1800 UVP/h selon ICTAAL)
- **Q** : débit de pointe normal

$$n = \frac{2}{3} \times \frac{7250}{1800} = 2.68$$

On prend le nombre de voie  $N=3$

### III.3.7. Calcul de l'année de saturation :

Nous avons :

$$\mathbf{T_{eff2025} = 26534 \text{ UVP/J}}$$

$$\mathbf{Q_{2025} = 0,12 \times 26524 = 3183 \text{ UVP/h}}$$

$$\mathbf{Q_{2025} = \frac{2}{3} \times 3183 = 2122 \text{ UVP/h}}$$

$$Q_{\text{saturation}} = 3 \times Q_{adm} = 3 \times 1800 = 5400 \text{ UVP/h}$$

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + t)^n \times Q_{adm}$$

Donc :

$$n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{\text{sat}}}{Q_{2025}}\right)}{\ln(1 + t)}$$
$$n = \frac{\ln\left(\frac{5400}{2122}\right)}{\ln(1 + 0.042)}$$

$$n = 22.7 \text{ ans} \approx 23 \text{ ans}$$

L'année de saturation est égale à  $2025+23 = 2048$ .

**Avec :**

- $Q_{\text{saturation}}$  : Débit maximal que la route peu supportée.
- $Q_n$  : Débit de pointe horaire à l'année de saturation.
- $Q$  Mise en service : Débit de pointe horaire à l'année de mise en service.
- $1/n$  : Coefficient de pointe en générale égale à 0.12 (B40).
- $n$  : Année de saturation.

### **III.3.8. Conclusion :**

Donc, d'après le calcul de la capacité de la pénétrante, je conclus que son profil en travers est de **2x3 voies**.

# **CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE**

### CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

#### IV.1. Introduction :

Le réseau routier offre un certain confort aux usagers. Ce niveau de bien-être ressenti dépend, entre autres, des caractéristiques géométriques de la route. La combinaison de courbes, de pentes, de la largeur des voies et des accotements influence l'aisance de l'usager à négocier les virages et à anticiper les situations qui peuvent se produire.

#### Vitesse de référence (de base) :

La vitesse de référence (VB) c'est le paramètre qui permet de déterminer les caractéristiques géométriques minimales d'aménagement des points singuliers pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, une discontinuité perceptible à l'usager (traverser d'une ville, modification du relief, etc...).

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- Type de route.
- Importance et genre de trafic.
- Topographie.
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

Dans notre projet, la vitesse de référence est choisie en vue de la conception et en fonction de la corrélation entre les caractéristiques géométriques d'une route. Ainsi, pour la nouvelle liaison autoroutière reliant le port d'Oran avec le carrefour Canastel de la 1ère Rocade Sud, une vitesse de référence de 80 km/h a été privilégiée aux fins de conception, en prenant en considération plusieurs critères.

Un des principaux critères pris en considération est l'uniformisation avec la vitesse affichée de la 1ère Rocade Sud au raccordement avec le carrefour Canastel, qui est actuellement affichée à 80 km/h. Il ne faut pas perdre de vue que ce projet vise à améliorer le transit des camions lourds, et l'interconnexion fluide entre ces deux liens autoroutiers est une des contraintes majeures à prendre en considération.

Par ailleurs, la vitesse choisie se veut un équilibre entre la possibilité de permettre des vitesses élevées en fonction du tracé et de l'espacement des échangeurs ainsi que des contraintes de sécurité découlant du taux élevé de camions lourds qui maintiendront des vitesses faibles dans les longs tronçons ascendants comportant des pentes se situant entre 2 et 5 %.

#### Choix du Guide de conception :

L'instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison (ICTAAL) est le document technique le mieux adapté à ce type de routes.

## CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

---

**Catégorie des autoroutes de liaison selon l'ICTAAL :** Le choix de la catégorie doit être le résultat de l'appréciation du niveau des caractéristiques géométriques à adapter ; selon l'environnement dans lequel s'inscrit le tracé (relief, occupation du sol ...etc.), l'ICTAAL a prévu deux catégories distinctes :

- **L1** : appropriée en région de plaine ou vallonnée où les contraintes de relief sont modérées.
- **L2** : mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'elle implique.

Ces catégories L1 et L2 sont respectivement appropriées à des vitesses maximales autorisées de 130 et 110 km /h. Quand il y'a lieu d'enchaîner des sections avec des catégories différentes, les axes doivent présenter une dizaine de kilomètres de longueur au minimum et le respect des règles d'enchaînement des éléments doit assurer de bonnes conditions de transition.

### IV.2. Tracé en plan :

#### IV.2.1. Définition :

Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche du couloir de la route dans le site concerné. Le tracé en plan est une succession de droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau. Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

#### IV.2.2. Réglementation du tracé en plan :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans le B40, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qu'elles nous semblent pertinentes.

- S'assurer qu'il relie les deux points de départ et d'arrivée.
- Éviter au maximum les obstacles (constructions, butées, cours d'eau...).
- Minimiser le nombre de routes coupées pour des raisons économiques.
- Éviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Éviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques
- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant
- Eviter au maximum les propriétés privées
- Éviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur totale de tracé.

### IV.2.3. Les éléments du tracé en plan :

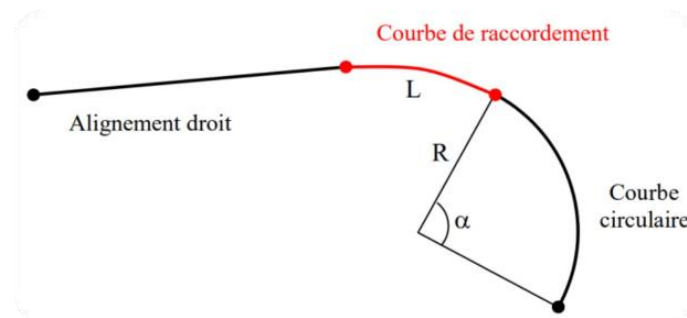


Figure IV.1 – Eléments du tracé en plan

#### IV.2.3.1. L'alignement droit

Est l'élément le plus simple du tracé en situation, mais son utilisation est peu recommandable en raison des difficultés et problèmes qu'il induit. On peut citer par exemple :

- De nuit, l'éblouissement prolongé des phares.
- Difficultés de conduite et monotonie qui peuvent engendrer des accidents ou un malaise du conducteur.
- Mauvaise appréciation des distances entre véhicules éloignés

L'utilisation des lignes droites doit faire l'objet d'une justification ; par exemple :

- En plaine, où les sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites et rectilignes, où des courbes induirait des ouvrages d'art.

Bien que l'emploi **des courbes** à grands rayons ( $> 1.5 R_{nd}$ ) soit préférable aux alignements droits dans la conception moderne des routes afin d'améliorer le confort et la visibilité et de mieux inscrire le projet dans l'environnement « esthétique » quand il y a lieu d'en faire usage, des valeurs limites sont à respecter en fonction de la vitesse de base.

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

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en C ou Ove.

$$L_{min} = \frac{t5 \cdot Vb}{3.6}$$

La longueur maximale  $L_{max}$  est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

$$L_{max} = \frac{t60 \cdot Vb}{3.6}$$

Avec :

- **Lmax** : correspond à la distance (en m) parcourue en un temps  $t=5s$ .
- **Lmin** : correspond à la distance (en m) parcourue en un temps  $t=60s$ .

## CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

Dans notre projet, avec une vitesse de base  $V=80$  km/h :

**Tableau IV.1** – longueurs limites des alignements droits.

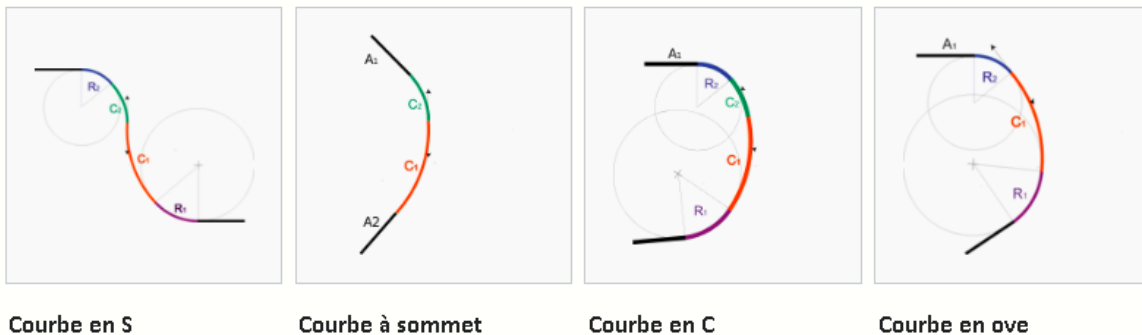
$V_b$	$L_{min}$	$L_{max}$
80 Km/h	111,11 m	1333,33 m

### IV.2.3.2. Les courbes :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- Stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant à grande vitesse.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de faible rayon. Pour choisir des rayons les plus grands possibles pour éviter de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.
- La visibilité dans les tranchées en courbe.

Le véhicule subit en courbe une instabilité suite à l'effet de la force centrifuge, afin de réduire de cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur.



**Figure IV.2** – les différents types de courbes.

### Valeurs limites des rayons de courbures en plan « ICTAAL » :

**Tableau IV.2** –Valeurs minimales des rayons du tracé en plan

Catégorie	L1	L2
Rayon minimal (Rmin)	600 m	400 m
Rayon minimal non déversé (Rnd)	1000 m	650 m

- Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des grands rayons.
- L'emploi de rayons supérieurs ou égaux à  $1,5 R_{nd}$  est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et le respect des règles de visibilité.

## CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

### IV.2.3.3. Courbe de raccordement progressives :

L'enchaînement des alignements droits et d'arcs de cercle accuse aux points de tangence des discontinuités, ce qui se traduit par un basculement brusque du dévers et de la direction du véhicule, ce qui n'est pas compatible avec les vitesses élevées de nos jours.

La clothoïde est la forme la plus utilisée pour le raccordement, sa courbure  $K$  est proportionnelle à sa longueur curviligne  $L$ . On définit une clothoïde par son paramètre "A" ( $A^2 = RL$ ) ou par son rayon  $R$  (au point de tangence) et sa longueur  $L$ .

L'emploi et les rôles des courbes de raccordement se justifient par les quatre conditions suivantes :

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

### Règle à respecter dans les raccordements (L'ICTAAL 2000) :

- Les courbes de rayon inférieur à  $1.5 R_{nd}$  sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïdes)
- Leur longueur est au moins égale à la plus grande des deux valeurs :  $MAX : \{ 14|\Delta\delta| \text{ et } R/9 \}$

Avec :

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

### IV.2.4. Application au projet :

Notre projet s'agit d'une route de catégorie L2 (selon ICTAAL) ou Catégorie C1 (selon B40), avec un environnement E1, avec une vitesse de base  $V_B = 80$  km/h. Nous avons introduit des rayons supérieurs à  $1.5 R_{nd}$  ce qui justifie l'absence de raccordements progressifs.

Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées de l'ICTAAL et des normes B40.

Tableau IV.3 – Caractéristiques du tracé en plan.

Paramètre	Symboles	Valeurs	Unités
Catégorie (ICTAAL)	L	L2	//
Environnement (B40)	$E_k$	E1	//
Vitesse de base	$V_B$	80	Km/h
Longueur minimale	$L_{min}$	1112	m
Longueur maximale	$L_{max}$	1334	m
Rayon minimal (ICTAAL)	$R_m$	400	m
Rayon minimal non déversé (ICTAAL)	$R_{nd}$	650	m

## CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

Dévers minimal (ICTAAL)	<b>dmin</b>	<b>2.5</b>	<b>%</b>
Dévers maximal (ICTAAL)	<b>dmax</b>	<b>7</b>	<b>%</b>
Frottement longitudinal (B40)	<b>fL</b>	<b>0.39</b>	<b>//</b>
Frottement transversal (B40)	<b>ft</b>	<b>0.13</b>	<b>//</b>
Temps de perception-réaction (B40)	<b>t</b>	<b>2</b>	<b>s</b>
Distance de freinage (B40)	<b>d0</b>	<b>65</b>	<b>m</b>
Distance d'arrêt (B40)	<b>d1</b>	<b>109</b>	<b>m</b>
Distance de visibilité de dépassement minimale (B40)	<b>dm</b>	<b>320</b>	<b>m</b>
Distance de visibilité de dépassement normale (B40)	<b>dN</b>	<b>480</b>	<b>m</b>
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (B40)	<b>dMd</b>	<b>200</b>	<b>m</b>

### IV.2.5. Enchaînement des éléments du tracé en plan :

Des courbes circulaires de rayon modéré ( $<1,5 R_{nd}$ ) ne peuvent être utilisées qu'en respectant les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après :

- Introduire de telles courbes sur une longueur de 500 à 1 000 m à l'aide de courbes de plus grand rayon. Dans ce cas, deux courbes successives doivent satisfaire à la condition :  $R_1 \leq 1,5R_2$ , 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 100 m, sauf pour deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

Pour le tracé en plan de notre projet, voici le tableau ci-dessous les rayons choisis :

**Tableau IV.4 – Localisation et valeurs des rayons en courbes.**

<b>Vb= 80 km/h</b>	<b>Point Kilométrique</b>		<b>R(m)</b>
<b>P0</b>	1832.57	1976.30	1500
<b>P1</b>	2886.70	3489.69	1000
<b>P2</b>	3804.42	4187.74	1000
<b>P3</b>	4582.74	5265.35	1000
<b>P4</b>	5591.32	6240.23	975
<b>P5</b>	6417.38	7800.84	975
<b>P6</b>	8668.13	8999.45	1000

### IV.3. Profil en long :

#### IV.3.1. Introduction :

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive. Il exprime donc la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne. Dans le cas des autoroutes dont les deux chaussées unidirectionnelles sont séparées par un terre-plein central, le profil en long déterminant est une coupe par le milieu du terre-plein (Axe de référence).

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers. Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des paraboles constituant les raccordements verticaux (convexes et concaves)

#### IV.3.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

Dans ce paragraphe, nous allons citer les règles dont il faut tenir compte lors de la conception du profil en long.

L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes :

- Respect des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur (pentes, rayons...)
- Éviter les angles rentrants en déblai, pour éliminer la stagnation des eaux et assurer son écoulement.
- Adaptation au relief et à l'environnement
- Adapter notre profil en long aux réseaux divers (lignes électriques, fibre optique, gazoducs, réseaux d'alimentation en eau et d'assainissement.)
- Minimiser les terrassements en rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais dans la partie du tracé neuf.
- Éviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à certaines règles notamment :
  - Respect de la valeur maximale et minimale de déclivité
  - Utilisation des grands rayons verticaux.
  - Éviter d'introduire des points singuliers (courbes de rayon inférieur à Rnd, échangeurs, aires ...) dans la déclivité et dans les quelques hectomètres qui la suivent.
  - Ne pas intercaler dans une forte pente (supérieure à 4%) une pente plus modérée.

## CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

---

### IV.3.3. Les éléments géométriques du profil en long :

#### IV.3.3.1. Les alignements :

Les alignements sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités.

#### IV.3.3.2. Déclivités :

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) .
- 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.

Le raccordement entre une pente et une rampe se fait par un arc de cercle dont la nature est fixée par la différence  $m$  des deux déclivités.

##### a) Déclivité minimale :

La stagnation des eaux sur une chaussée étant très préjudiciable à sa conservation et à la sécurité des usagers, et afin d'assurer une évacuation des eaux pluviales il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celles inférieures à 0.5%

##### b) Déclivité maximale :

Il est recommandable d'éviter la déclivité maximale qui dépend de :

- Condition d'adhérence des pneus à la chaussée.
- Vitesse minimale des Poids Lourds.
- Condition économique.

Dans notre projet les déclivités varient entre 1% et 3%

### IV.3.3.3. Raccordement :

Les changements de déclivité constituent des points particuliers dans le profil en long. Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort. On distingue deux types de raccords :

#### IV.3.3.3.1. Raccordements convexes (angle saillant) :

Les rayons minimaux admissibles des raccords paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité. Leur conception doit satisfaire deux conditions :

- a) Condition de confort.
- b) Condition de visibilité.

## CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

---

### IV.3.3.2. Raccordements concaves (angle rentrant) :

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité du jour n'est pas déterminante, c'est pendant la nuit qu'il faut s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon RV.

### IV.3.3.4. Valeurs limites :

Les paramètres de profil en long doivent respecter les valeurs limites données dans le tableau suivant (selon ICTAAL) :

**Tableau IV.5 - les valeurs limites selon ICTAAL**

Catégorie	L2
Déclivité maximale (%)	6 %
Déclivité minimale (%)	1 %
Rayon minimal en angle saillant Rv(m)	5200 m
Rayon minimal en angle rentrant	3000 m

### IV.3.4. Coordination du tracé en plan et du profil en long :

Une étude d'ensemble est nécessaire afin de garantir une coordination du tracé en plan et du profil en long, on devra s'assurer que les inflexions en plan et en profil en long se combinent sans porter des perturbations sur la sécurité ou le confort des usagers.

Et pour assurer ces derniers objectifs, on respecte les conditions suivantes :

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

### IV.4. Profil en travers :

#### IV.4.1. Introduction :

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée.

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

#### IV.4.2. Les éléments du profil en travers :

- **L'emprise** : Terrain qui appartient à la collectivité et affectée à la route ainsi qu'à ses dépendances.
- **L'assiette** : Surface du terrain réellement occupée par la route.
- **Plate-forme** : Surface de la route qui comprend la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.
- **Chaussée** : Surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. Elle est constituée d'une ou plusieurs voies de circulation. Chaque chaussée comporte de 2 à 4 voies de circulation larges de 3,50 m
- **Accotements** : Zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée. L'accotement est constitué de la berme et de la bande d'arrêt d'urgence.

- 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

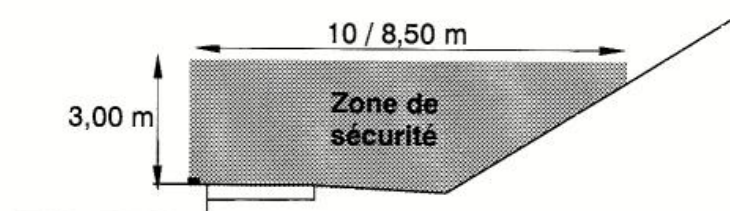


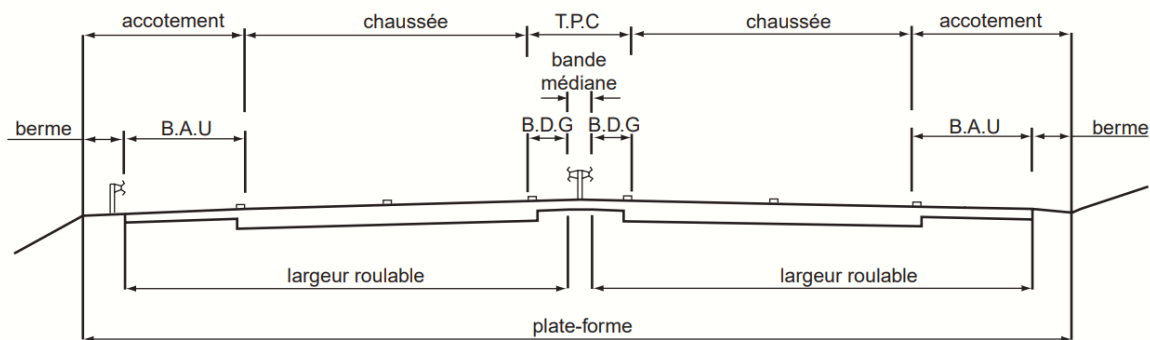
Figure IV.4 - Zone de sécurité en déblai.

- **Bande d'arrêt d'urgence (BAU)** : Arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue. Sa largeur est de 2,50 m, ou de 3,00 m lorsque le trafic poids lourd excède 2 000 v/j (deux sens confondus).
- **La berme** : Participation aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations...). Sa largeur dépend de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière est de 1,00 m minimum ; la

## CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

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.

- **Terre- plein central (T.P.C) :** Un espace qui est en général gazonné et planté et qui assure une séparation matérielle des deux sens de circulation, Sa largeur résulte de celle de ses constituants : : deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane :
  - **La bande dérasée 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. Elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sans dénivellation. Sa largeur est de 1,00 m.
  - **La bande moyenne BM :**  
Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux) et, le cas échéant, 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 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 ; dans ce cas, une berme de 1,00 m est maintenue en bordure de la B.D.G.
- **Banquettes :** Bord de l'accotement d'une route en remblai est plus de 1,00m au-dessus du sol naturel, on réduit les risques d'accident en établissant une levée de terre appelée banquette de nos jours les banquettes sont remplacées par des glissières de sécurité.
- **Descentes d'eau :** Évacuation des eaux de ruissellement le long des talus de remblai ou de déblai.



**Figure IV.5** - Eléments constitutifs du profil en travers en section courante

**Avec :**

- T.P.C. : terre-plein central
- B.A.U. : bande d'arrêt d'urgence
- B.D.G. : bande dérasée de gauche

### IV.4.3. La structure du corps de chaussée :

- 1) **Couche de surface ou de roulement** : La couche de surface constituant la chape, protégeant la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagers La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation. La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides.
  - L'épaisseur de la couche de roulement varie entre 6 et 8 cm.
- 2) **Couche de base** : La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées. Elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic, elle reprend les efforts verticaux et répartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.
  - L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.
- 3) **Couche de fondation** : Complètement en matériaux non traités (en Algérie) elle se substitue en partie au rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurant un bon UNI et une bonne portance de la chaussée finie, elle a le même rôle que celui de la couche de base.
- 4) **Sous couche** : Préservation du corps de chaussée contre certains effets, on interpose entre celui-ci et le terrain une couche supplémentaire appelée sous couche (anti contaminant pour empêcher les remontées d'argile, drainante pour assurer le drainage de la fondation, ou anticapillaire pour couper les remontées capillaires).
- 5) **Couche de forme** : La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.
  - L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm

### IV.4.4. Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

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

#### a) Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou d'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais, profil mixte).

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la côte du projet permet le calcul de l'avant métré des terrassements.

**b) Le profil en travers courant :** Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières (10, 15, 20, 25m...) qui servent à calculer les cubatures.

### IV.4.5. Notion de dévers :

Le dévers est la pente transversale de la chaussée qui joue le double de :

- L'évacuation des eaux superficielles de la chaussée vers les dispositifs de drainage latéral de la plate-forme.
- La contribution à l'équilibre dynamique des véhicules dans les courbes de rayons faibles afin d'assurer la sécurité et le confort.

D'après les recommandations de l'ICTAAL 2000, on a :

#### IV.4.5.1. Dévers 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 présente une pente transversale de 8 % qui peut être portée jusqu'à 25 % dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

#### IV.4.5.2. Dévers 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.

## CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

### IV.4.6. Application au projet :

Tableau IV.6 - Profil en travers type de notre projet.

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale (m)
<b>Voie de circulation 2x3</b>	3.5	6	21
<b>Terre-plein central (T.P.C)</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
-Bande dérasée de gauche (B.D.G)	1	2	2
-Bande médiane (B.M)	1	1	1
<b>Accotement</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	3	2	6
Berme	1	2	2
<b>Total</b>			32
<b>Dévers en section droite</b>			
<b>Chaussée</b>	2,5% vers l'extérieur		
<b>Bande dérasée de gauche (B.D.G)</b>	Identique à celle de la chaussée		
<b>Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)</b>	2,5% vers l'extérieur		
<b>Berme extérieure</b>	8% vers l'extérieur		
<b>Dévers en courbe</b>			
<b>Chaussée</b>	7% (maximum)		
<b>Bande dérasée de gauche (B.D.G)</b>	Identique à celle de la chaussée		
<b>Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)</b>	Identique à celle de la chaussée		

## CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

---

### IV.5. Cubature :

#### IV.5.1. Introduction :

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont pour objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages. La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai).

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle (les cubatures des terrassements).

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers.

#### IV.5.2. Définition :

On définit les cubatures par le nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprochée et sous-jacente à la ligne rouge du projet.

#### IV.5.3. Méthode de calcul des cubatures :

Les cubatures sont les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais :

- Existence de plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.
- Calcul des surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, ensuite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

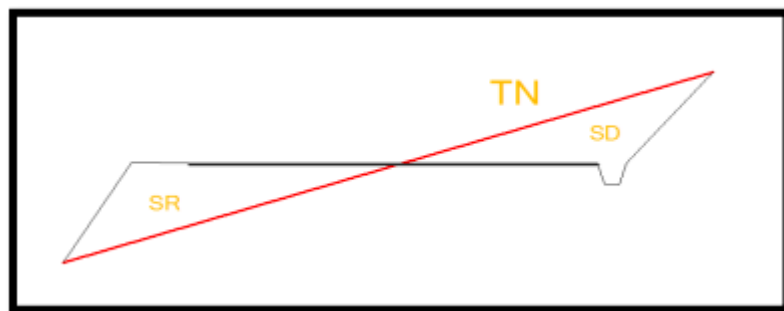


Figure IV.3- les sections pour le calcul de cubatures.

Avec :

- TN : Terrain Naturelle.
- SD : Surface Déblai.
- SR : Surface Remblai.

Parmi ces méthodes, on distingue :

### 1) Méthode de GULDEN :

Dans cette méthode les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée pour obtenir les volumes et les surfaces. Ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée. Si on utilise la méthode de **GULDEN**, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens.

### 2) Méthode Linéaire :

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.

### 3) Formule de Mr SARRAUS simplifié (méthode de la moyenne des aires)

Cette méthode « formule des trois niveaux » consiste à calculer le volume déblai ou remblai des tronçons compris entre deux profils en travers successifs

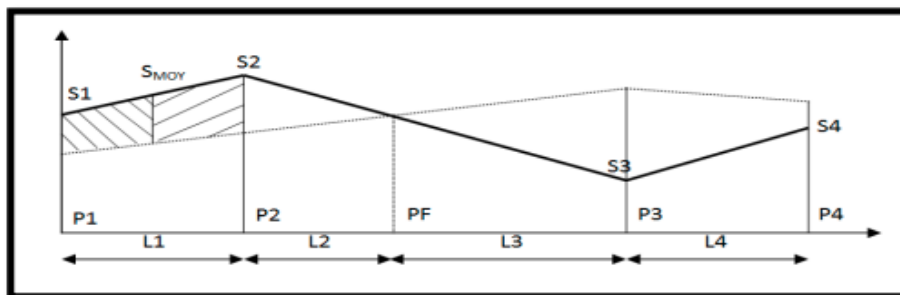


Figure IV.4- Schématisation des déblais et remblais sur le profil en long.

- Entre P1 et P2 :  $V1 = \frac{L1}{2} \times (S1 + S2)$
- Entre P2 et PF :  $V2 = \frac{L2}{2} \times (S2 + 0)$
- Entre PF et P3 :  $V3 = \frac{L3}{2} \times (0 + S3)$
- Entre P3 et P4 :  $V4 = \frac{L4}{2} \times (S3 + S4)$

En additionnant membre à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

$$V = \frac{L1}{2} \times S1 + \frac{(L1 + L2)}{2} \times S2 + \frac{(L3 + L4)}{2} \times S3 + \frac{L4}{2} \times S4$$

#### IV.5.4. Calcul des cubatures de terrassement :

Dans notre projet, le calcul est fait par logiciel Autodesk Civil 3D 2022. Les résultats détaillés sont rassemblés dans le tableau attaché à la section annexe.

# **CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE**

### CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

#### V.1.Introduction:

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

#### V.2.Travaux de reconnaissance :

- L'étude des archives et documents existants.
- Les essais in situ.
- Les essais en laboratoire.

##### V.2.1. Étude des archives et documents existants :

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuses d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés. Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologique et géotechnique des formations existantes.

Dans le cas de notre étude une campagne de reconnaissance est faite par le Laboratoire des Études Géotechniques (L.E.G). Dans différentes sections (en remblais, en déblais OU dans des zones d'instabilité) elle concerne :

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

##### V.2.2. Visites sur site et essais « in-situ » :

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités. Cependant, la connaissance précise des caractéristiques des sols en présence nécessite des investigations « in-situ » permettant :

- Mesure de certaines caractéristiques en place.
- Prélèvement d'échantillons pour les besoins d'essais de laboratoire.

## CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

### V.2.2.1. Travaux de chantier :

Les travaux de reconnaissance ont été entamés durant le mois de juillet 2011 et ils ont consisté à la réalisation de :

- 1) Sondages carottés ;
- 2) Fouilles ;
- 3) Pénétrromètres dynamiques ;

L'essai consiste à enfoncer dans le sol, par battage, des tiges terminées par une pointe métallique. Le pénétromètre dynamique de type **GEOTOOL** se classe parmi les pénétromètres à pointe. Le diamètre de la pointe étant supérieur à celui des tiges, la résistance à la pénétration est due uniquement à la pointe L'interprétation de l'essai se fait en utilisant la formule des Hollandais :

$$Qd \left( \frac{kg}{cm^2} \right) = \left[ \frac{M^2 x h}{e(M + T) \cdot S} N \right]$$

Avec :

- T : Poids du train de tiges.
- e : Enfoncement.
- N : Nombre de coups.

**Tableau V.1** - Caractéristique du pénétromètre dynamique :

<b>Masse du Mouton (m) : 63,5 kg</b> <b>Hauteur de chute (H) : 76 cm</b> <b>Aire de la section droite de la pointe (A) : 15cm<sup>2</sup></b>	<b>Longueur des tiges : 1m</b> <b>Masse d'une tige (m) : 6,28 kg</b> <b>Enfoncement (e) : 20cm</b>
---	--

**Tableau V.2** - Récapitulatif des résultats "Essai pénétromètre dynamique"

Essai	Niveau du refus M	Résistance dynamique mini kg/cm <sup>2</sup>	Capacité portante Kg/cm <sup>2</sup>	Portance
<b>Pd1</b>	<b>7.00</b>	<b>68</b>	<b>2.72</b>	<b>Bonne</b>
<b>Pd2</b>	<b>4.50</b>	<b>124</b>	<b>5.04</b>	<b>Bonne</b>
<b>Pd3</b>	<b>10.00</b>	<b>126</b>	<b>4.48</b>	<b>Bonne</b>
<b>Pd4</b>	<b>10.00</b>	<b>70</b>	<b>3.3</b>	<b>Bonne</b>

- **Essais SPT :**

Des essais SPT ont été réalisés à différentes profondeurs dans les sondages. L'essai de pénétration standard est probablement l'essai le plus utilisé en géotechnique afin de caractériser les sols granulaires. Il consiste à l'enfoncement par battage d'une cuillère normalisée (cuillère fendue), attachée à l'extrémité inférieure de tiges. Le marteau (63,5

## CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

kg) et la hauteur de chute (760 mm) sont aussi normalisés. En plus de procurer une indication sur la résistance du sol, l'essai permet de récupérer des échantillons.

### → Procédure de l'essai SPT :

- Nettoyage par lavage jusqu'au fond du trou ;
- Enfonce par battage la cuillère fendue ;
- Compter le nombre de coups requis pour un enfoncement de 15 cm – répéter 3 fois ;
- La valeur de N est la somme des deux derniers 15 cm.

★ Un tableau récapitulatif des essais SPT est joints dans la section “Annexes” **Tableau V.3**

### V.2.2.2. Données géologiques :

Les travaux de reconnaissance géologique ont porté sur l'ensemble de la bande littorale, comprise entre le port d'Oran et la pointe de Canastel. La série stratigraphique observée sur le site est représentée par des formations de : Les grès, les sables et les marne

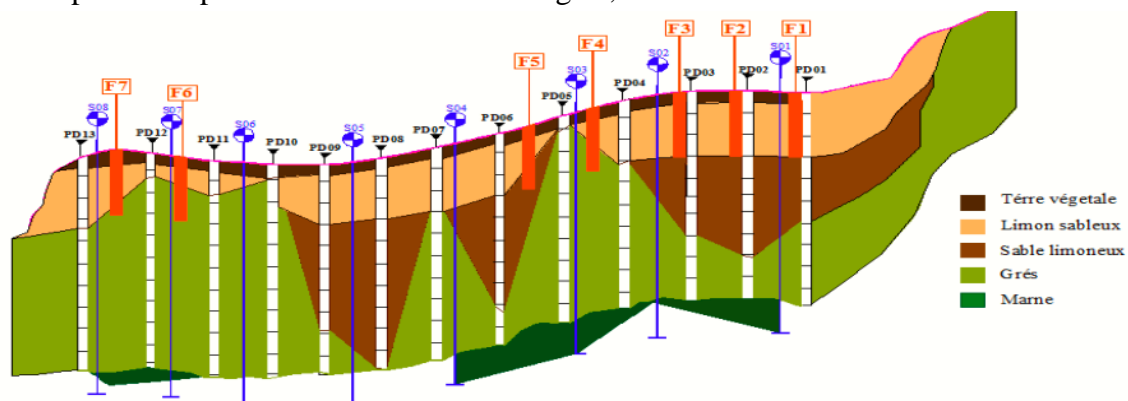


Figure V.1- coupe stratigraphique de la route corniche -EST Oran-

### V.2.3. Essais en laboratoire

L'ensemble des essais et des analyses de sol, effectués à partir d'échantillons prélevés dans les fouilles et les sondages, ont été réalisés au niveau du laboratoire L.E.G.

★ Des tableaux récapitulatifs des essais en laboratoire sont joints dans la section “Annexes” **Tableau V.4**

#### V.2.3.1. Description et caractéristiques des sols :

D'une façon générale, les fouilles et les sondages ont mis en évidence quatre types de sol à savoir :

- **Remblai ou dépôts solide**

En surface, par endroit, on rencontre des couches de remblai hétérogène d'épaisseurs variables. Le remblai est souvent dû à des décharges sauvages et des mises en dépôt assez anarchiques.

## CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

---

- **Sable limoneux**

Le sable limoneux se trouve directement sous la mince couche de terre végétale. C'est un sable fin holométrique, dense à très dense, contenant des proportions variables de limon de coloration brune à jaunâtre.

- ★ Un tableau descriptif des caractéristiques du faciès sableux est joint dans la section "Annexes" **Tableau V.5**

- **Grès calcaire**

Les grès sont sous-jacents à une couche de sable limoneux. Les grès mis en évidence sont fracturés, poreux, altérés. Ils sont assez résistants et de couleur beige.

- **Marne verdâtre /grisâtre**

La marne vient juste sous les grès calcaires, elle est d'épaisseurs variables, consistance ferme à raide, assez humide. C'est une marne de transition entre les grès et marne grise indurée, parfois semi rocheuse rencontrée en profondeur.

- ★ Un tableau descriptif des caractéristiques du faciès gréseux est joint dans la section "Annexes" **Tableau V.6**

### V.3. Classification des sites :

Les sites ont été classés en quatre (04) catégories, en fonction des propriétés mécaniques des sols qui les constituent et, selon les caractéristiques physiques et mécaniques des sols en place:

- **Catégorie S1 (site rocheux) :** Roche ou autre formation géologique caractérisée par une vitesse moyenne d'onde de cisaillement (VS)  $\geq$  à 800 m/s.
- **Catégorie S2 (site ferme) :** Dépôts de sables et de graviers très denses et/ou d'argile sur consolidée sur 10 à 20 m d'épaisseur avec VS  $\geq$  400 m/s à partir de 10 m de profondeur.
- **Catégorie S3 (site meuble) :** dépôts épais de sables et de graviers moyennement denses ou d'argile moyennement raide avec un VS  $\geq$  200 m/s, à partir de 10 m de profondeur.
- **Catégorie S4 (site très meuble) :** dépôts de sables lâches, avec ou sans présence de couches d'argile molle, ayant un VS < 200 m/s, dans les 20 premiers mètres ou dépôts d'argile molle à moyennement raide avec un VS < 200 m/s, dans les 20 premiers mètres.

Généralement, on peut classer les sites du périmètre géotechnique étudié dans les catégories : **Catégorie S1 et S2.**

### V.4. Sensibilité du sol à la liquéfaction

La liquéfaction des sols peut se présenter si la contrainte effective est faible à modérée, c'est-à-dire si la profondeur est faible à modérée. Il faut toutefois que les conditions suivantes soient réunies :

- Matériau pulvérulent ou à très faible cohésion ;
- Degré de saturation avoisinant les 100 % (sols noyés) ;
- Sollicitation rapide.

## CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

---

Les sols sableux, sableux-argileux ou silteux susceptibles de se liquéfier présenteront les caractéristiques suivantes :

- Degré de saturation  $S_r = 100\%$  ;
- Granulométrie peu étalée avec un coefficient d'uniformité  $C_u \leq 15$  ;
- Diamètre à 50 %, tel que  $0.05 \leq D_{50} \leq 1,5$  mm ;
- Contrainte effective  $\sigma_v \leq 200$  KPa ou 300 KPa selon intensité des séismes.

Au moment de l'étude, ces conditions n'étaient pas réunies et le risque de liquéfaction demeure faible. Cependant, nous considérons la partie du lac comme étant fortement sensible si l'eau de la nappe continue à être piégée par les déblais, ce qui entraînera une augmentation de la pression interstitielle et une liquéfaction du sol en cas de forte secousse.

### V.5.Géologie du fond marin :

La couverture sédimentaire du fond marin à la composition suivante :

- Couche supérieure : vase noire ;
- Sable fin à moyen ;
- Calcaire lumachellique poreux.
- Argile graveleuse sableuse,
- Marne verdâtre.

Ces formations géologiques concernent les dix (10) premiers mètres du fond marin. Le sol marin plus en profondeur, le socle du sous-sol marin, est fait de marne grise dure à très dure.

### V.6.Matériaux :

#### V.6.1. Zone d'emprunt :

En plus de l'éventuelle réutilisation des matériaux de déblais provenant du site même, le laboratoire L.E.G a répertorié :

- Trois carrières pour le tuf calcaire ; , le tuf calcaire a donné :

D'après la classification unifiée, soumis à l'essai Proctor Normal, le tuf calcaire a donné une densité sèche optimale ( $d$ ) = 1,89 g/cm<sup>3</sup> et une teneur en eau optimale ( $W_{opt}$  %) de 12,2 %.

- Trois carrières pour les agrégats ;

Sa teneur en carbonates ( $CaCO_3$ ) est de 82 %, sa teneur en eau naturelle est de 3,57 % et une analyse granulométrique a été réalisée : Gravier G= 60.02 % / Sable S= 33.58 % / Limons= 6.40% ;

- Une carrière pour l'enrochement.

Toutes les carrières retenues sont situées dans un rayon compris entre 20 et 40 km du site.

#### V.6.2. Réemploi des matériaux de terrassement :

Le limon sableux peut être stocké pour une éventuelle réutilisation. Ces sols changent de consistance pour de faibles variations de la teneur en eau, en particulier lorsque la teneur en eau naturelle s'approche de la teneur en eau optimale. Pour une mise en remblai, seul l'état médian ne pose pas de problème.

**CHAPITRE VI :**  
**DIMENSIONNEMENT DU**  
**CORPS DE CHAUSSEE**

### CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

#### VI.1. Introduction :

Le réseau routier joue un rôle vital dans l'économie du pays et l'état de son infrastructure est par conséquent crucial. Si les routes ne sont pas correctement construites ou ne sont pas entretenues en temps opportun elles se dégradent.

Le dimensionnement consiste à choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises, et à déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée.

#### VI.1.1. Chaussée :

#### VI.1.2. Définition :

Après l'exécution des terrassements ; la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate-forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet. La chaussée accepte le:

- Support de la circulation des véhicules de toute nature.
- Rapport du poids sur le terrain de fondation.

Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière. Au sens structurel la chaussée est définie comme un ensemble de couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

#### VI.1.3. Différents types de chaussée :

Du point de vue constructif, les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories :

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

#### VI.1.4. Différents facteurs déterminants pour le dimensionnement de la chaussée :

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

##### a) Trafic :

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

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

### **b) Environnement :**

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

### **c) Sol Support :**

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

Les plates formes sont définies à partir :

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

### **d) Matériaux :**

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

### **VI.1.5. Méthodes de dimensionnement des chaussées :**

Toutes les méthodes existantes de dimensionnement du corps de chaussée s'appuient sur la force portante du sol, le trafic et les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches. Notre corps de chaussée sera dimensionné avec les deux méthodes suivantes :

- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTTP.
- Méthode CBR.

Par conséquent, on effectuera une analyse comparative des deux méthodes et le choix du corps de chaussée à adopter à notre projet sera retenu respectivement selon les critères géomécaniques et économiques.

#### **VI.1.5.1. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) :**

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

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

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

## CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

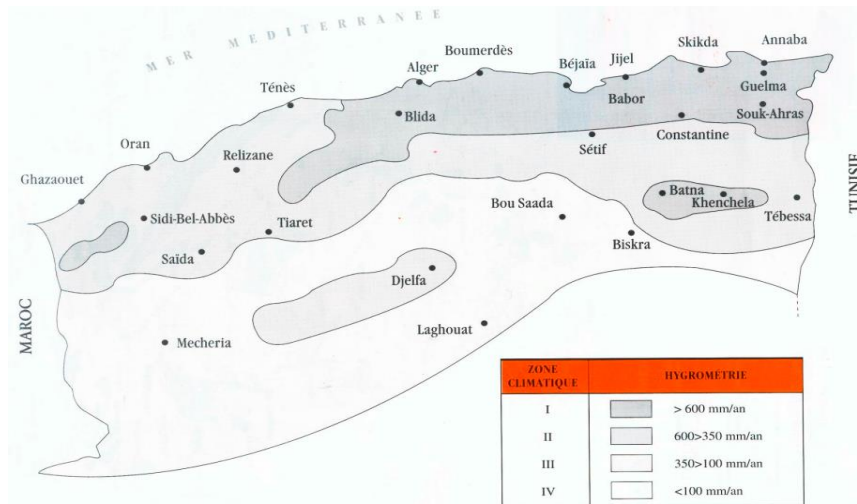
Les données de bases pour le dimensionnement de chaussée sont :

- Trafic.
- Durée de vie.
- Données climatiques.
- Sol support de chaussée.
- Risque de calcul considéré.
- Caractéristiques des matériaux.

### VI.1.5.1.1. Données climatiques :

Le dimensionnement de corps de chaussée s'effectue avec une température équivalente  $\theta_{eq}$ , en tenant compte du cycle de variation de température de chaque année.

La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site d'après le « catalogue de dimensionnement des chaussées neuves 2001 », nous avons la carte climatique suivante :



Figures VI.1- la carte climatique de l'Algérie.

Notre projet étant situé à Oran, il appartient à la zone climatique II avec une pluviométrie 600>350 mm/an

Donc, on prend une température équivalente égale à 20°C, comme montré dans le tableau suivant :

Tableau VI.1-Choix des températures équivalentes.

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

## CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

### VI.1.5.1.2. Trafic :

#### Données du trafic :

- Année d'étude de trafic : 2023
- Pourcentage de poids lourds :  $Z = 41\%$  ;
- TJMA 2023 = 13427 véhicules/jour ;
- TPL2023 = 5506 PL/J
  
- Année de mise en service : 2025
- TJMA mise en service 2025 = 14579 véhicules/jour ;
- TPL2025 = 5978 PL/J
  
- Durée de vie considérée : 20 ans
- TJMA 2045 = 33196 véhicules/jour
- TPL2045 = 13611 PL/J

#### VI.1.5.1.2.1. Détermination du type de réseau principal :

D'après le catalogue, fascicule 1, nous avons le tableau suivant :

**Tableau VI.2 - Classification des réseaux principaux**

Réseau principal	Trafic (Véhicule/jours)	Rôle
RP1	> 1500 V/J	-Liaisons reliant deux chefs-lieux de wilaya -Liaisons présentant un intérêt économique et ou stratégique -Il s'agit essentiellement d'un réseau composé de routes nationales (RN).
RP2	< 1500 V/J	- Chemin National - Chemin wilaya - Liaisons reliant l'Algérie aux pays riverains

Dans notre projet, nous avons un trafic > 1500 V/J il s'agit donc d'un réseau principal 1 (RP1)

#### Répartition transversale du trafic :

Nous avons une chaussée unidirectionnelle à 3 voies.

D'après le catalogue du dimensionnement algérien la répartition du poids lourd est de 80% sur la voie de droite la plus chargée.

Donc : Le calcul du trafic, selon la répartition transversale de la chaussée est :

$$\text{TPL}_{2025} = 5978 \times \frac{2}{3} \times 0.8 = 3189 \text{ PL/J/VPC}$$

## CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

### VI.1.5.1.2.2. Détermination de la classe du trafic :

La classe de trafic ( $TPL_i$ ) est déterminée à partir du trafic poids lourds par jour sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service, suivant le tableau extrait de la fascicule 1 :

**Tableau VI.3 - Classes  $TPL_i$  pour RP1**

<b>TPL<sub>i</sub></b>	<b>TPL3</b>	<b>TPL4</b>	<b>TPL5</b>	<b>TPL6</b>	<b>TPL7</b>
<b>PL/J/sens</b>	<b>150--300</b>	<b>300--600</b>	<b>600--1500</b>	<b>1500--3000</b>	<b>3000--6000</b>

Nous avons :  $TPL_{2025} = 3189$  PL/J/VPC

→ La classe de trafic est alors TPL7

### VI.1.5.1.2.3. Calcul du trafic poids lourds cumulé :

$$TC_i = TPL_i \cdot 365 \cdot \frac{[(1 + \tau)^n - 1]}{\tau}$$

Avec :

- TPL : Trafic poids lourds de la voie la plus chargée de l'année mise en service.
- $\tau$ : Taux d'accroissement du trafic.
- n : nombre d'années de service (durée de vie).

AN :

$$TC_{2025} = 3189 \cdot 365 \cdot \frac{[(1+0,042)^{20} - 1]}{0,042}$$
$$TC_{2025} = 35.38 \times 10^6 \text{ PL/J/Sens}$$

### VI.1.5.1.2.4. Calcul du trafic cumulé équivalent :

$$TCE_i = TC_i \times A$$

Avec :

- A : Facteur d'agressivité de poids lourds par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes qui est en fonction du réseau principal. (Fascicule 2)

**Tableau VI.4 - Facteur d'agressivité de poids lourds**

<b>Niveau de réseau principal</b>	<b>Type de structure</b>	<b>Valeurs de A</b>
<b>RP1</b>	<b>Chaussée à matériaux traités au bitume : GB/GC, GB/Tuf, GB/GC</b>	<b>0.6</b>
	<b>Chaussée à matériaux traités aux liants hydraulique : GL/GL, Bcg/GC</b>	<b>1</b>

## CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

### VI.1.5.1.3. Variante 1 : Chaussée à matériaux traités au bitume

AN :

$$TCE_{2025} = TC_{2025} \times A$$

$$TCE_{2025} = 35.38 \times 10^6 \times 0.6$$

$$TCE_{2025} = 21.23 \times 10^6 \text{ PL/J/sens}$$

#### VI.1.5.1.3.1. Le risque de calcul :

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 impliquent des travaux de renforcement de la chaussée.

D'après le catalogue de dimensionnement algérien (Fascicule 2) nous avons un risque de 2%.

**Tableau VI.5 - Valeurs de risque de calcul (R).**

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

#### VI.1.5.1.3.2. Présentation des classes de portance des sols :

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

**Tableau VI.6- Présentation des classes de portance des sols**

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

Pour notre projet nous avons un indice CBR = 5 donc une classe de portance du sol S3

#### VI.1.5.1.3.3. Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :  $E \text{ (MPa)} = 5 \times \text{ICBR}$ .

## CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

**Tableau VI.7** - Classes de portance de sols supports pour le dimensionnement.

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

Nous avons un indice de ICBR=5 donc :

$$E \text{ (MPA)} = 5 \times \text{ICBR} = 5 \times 5 = 25 \text{ MPA}$$

La classe de portance de sol support est de classe S3

### VI.1.5.1.3.4 Amélioration de la portance du sol support :

Pour améliorer la portance d'un sol, on a recours aux couches de forme ; Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de couche de forme, 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 couche de forme.; Les résultats de ces recherches sont résumés dans tableau suivant extrait de la fascicule 01 :

**Tableau VI.8** - Sur classement avec couche de forme en matériaux non traités.

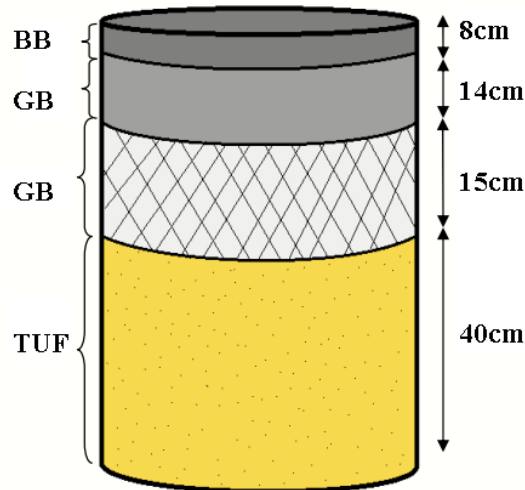
Sur classement avec couche de forme en matériaux non traité			
Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériaux de couche de forme	Épaisseur de matériaux de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (Si)
<S4	Non traité	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	Non traité	35 cm	S3
S4	Non traité	60 cm (en 2 couches)	S2
S3	Non traité	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	Non traité	70 cm (en 2 couches)	S1

Pour notre cas on a un ICBR= 5 (S3)

On doit prévoir une couche de forme de  $E_{cf} = 40\text{cm}$  (en deux couches) en Matériaux non traités (TUF), pour améliorer la portance de sol support et obtenir un CBR compris entre 10 et 25 (S2)

### VI.1.5.1.3.5. Choix de dimensionnement :

Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique II, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement moyen (4.2%), portance de sol (S2) et une classe de trafic (TPL7). Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (fascicule 3) propose la structure suivante :



Figures VI.2 - structure de chaussée (variant 01)

VI.1.5.1.3.6. Épaisseurs représentatives des couches et type de liaison :

Tableau VI.9 - Épaisseurs représentatives des couches et type de liaison (Variante 1)

Couche	Épaisseur	Type d'interface
Couche de roulement : BB	8 cm	Collée
Couche de base : GB	14 cm	
Couche de fondation : GB	15 cm	
Couche de forme : TUF	40 cm	
<b>Épaisseur totale : 77 cm</b>		

VI.1.5.1.3.7. Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :

Il faudra vérifier que  $\epsilon_t$  et  $\epsilon_z$  calculées à l'aide d'Alizé III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement à  $\epsilon_{t, adm}$  et  $\epsilon_{z, adm}$ .

Avec :

- $\epsilon_t$  : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.
- $\epsilon_z$  : étant la déformation verticale sur le sol support.

a) Calcul de la déformation admissible ( $\epsilon_z, adm.$ ) du sol support :

La valeur admissible est donnée par la relation empirique déduite à partir d'une étude statique de comportement des chaussées algériennes.

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

## CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Avec :

- $\epsilon_{z, adm}$  : étant la déformation verticale admissible sur le sol support

$$\epsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (21.23 \times 10^6)^{-0,235} = 417.43 \times 10^{-6} \mu\text{def}$$

### b) Calcul de la déformation admissible de traction $\epsilon_{t, adm}$ :

La valeur admissible de traction est donnée par la relation suivante :

$$\epsilon_{t, adm} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times k_{ne} \times k_{\theta} \times k_r \times k_c$$

Avec :

- $\epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz})$  : Déformation limite détenue au bout de  $10^6$  cycles avec une probabilité de rupture de 50% à  $10^\circ\text{C}$  et 25Hz. (Essai de fatigue)
- $K_{\theta}$  : Facteur lié à la température.
- $K_{ne}$  : Facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supportés par la chaussée.
- $K_r$  : Facteur lié au risque et aux dispersions.
- $K_c$  : Facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée.

### ❖ Performances mécaniques des matériaux bitumineux :

Les performances mécaniques relatives aux différents types de matériaux sont données dans le tableau suivant :

**Tableau VI.10** - Performances mécaniques des matériaux bitumineux.

MTB	E (30°C,10 Hz) MPa	E (25°C,10 Hz) MPa	E (20°C,10 Hz) MPa	E (10°C,10 Hz) MPa	$\epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz})$ $10^{-6}$	$\frac{-1}{b}$	SN	Sh	$\nu$	Kc Calage
BB	2500	3500	4000	--	--	--	--	--	0,35	--
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	--	--	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

Tel que :

- $K_{ne} = \left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b$
- $K_r = 10^{-tb\delta}$
- $K_{\theta} = \frac{\sqrt{E(10^\circ\text{C})}}{E(\theta_{eq})}$
- $\delta$  : en fonction de la dispersion  $\delta = \sqrt{Sn^2 + \left(\frac{c}{b} Sh\right)^2}$

## CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Avec :

- $b$  : Pente de la droite de fatigue ( $b < 0$ ).
- $E(10^\circ\text{C})$  : Module complexe du matériau bitumineux à  $10^\circ\text{C}$ .
- $E(\Theta_{eq})$  : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.
- $t$  : Fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté ( $r\%$ ).
- $SN$  : Dispersion sur la loi de fatigue.
- $Sh$  : Dispersion sur les épaisseurs (en cm)
- $C$  : Coefficient égal à 0.02.

Tableau VI.11 - Valeurs de  $t = f(r\%)$

r %	2	3	5	7	10	12	15
t	-2,054	-1,881	-1,645	-1,520	-1,282	-1,175	-1,036
r %	20	23	25	30	35	40	50
t	-0,842	-0,739	-0,674	-0,524	-0,385	-0,253	0

AN :

- $K_{ne} = \left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b = \left(\frac{21.23 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.146} = 0.64$
- $K_r = 10^{-2 \cdot 0.146 \cdot 0.61} = 0.66$
- $K_\theta = \frac{\sqrt{12500}}{7000} = 1.33$
- $\delta = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{0.146} \cdot 3\right)^2} = 0.61$
- $K_c = 1.3$

$$\epsilon_{t, adm} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\sqrt{E(10^\circ\text{C})}}{E(\Theta_{eq})} \cdot 10^{-tb\delta} \cdot \left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b \cdot K_c$$

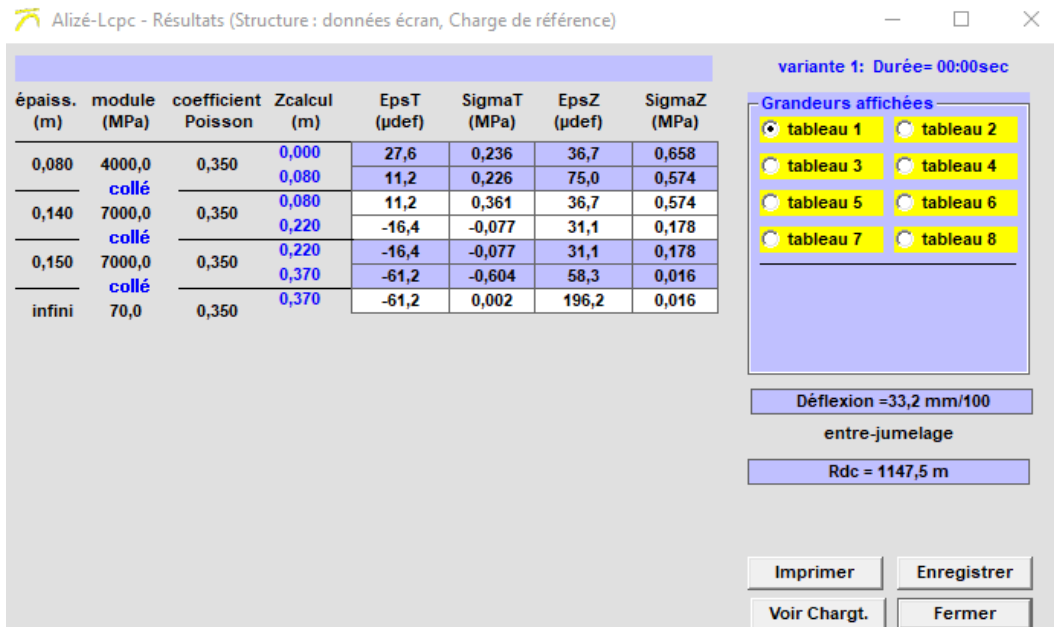
$$\epsilon_{t, adm} = 100 \cdot 10^{-6} \cdot 0.64 \cdot 1.33 \cdot 0.66 \cdot 1.3$$

$$\epsilon_{t, adm} = 73.03 \times 10^{-6} \mu\text{def}$$

VI.1.5.1.3.8. Résultats de calcul par Alizé lpc :

Tableau VI.12 - Résultats de calcul par Alizé lpc.

Déformation admissible calculée	Déformation calculée
$\epsilon_{z, ad} = 417.43 \times 10^{-6} \mu\text{def}$	$\epsilon_z = 196,2 \times 10^{-6} \mu\text{def}$
$\epsilon_{t, ad} = 73.03 \times 10^{-6} \mu\text{def}$	$\epsilon_t = 61,2 \times 10^{-6} \mu\text{def}$



Figures VI.3 - Résultats de vérification de calcul par Alizé (Variante 1)

D’après les résultats précédents :  $\epsilon_t < \epsilon_{t, adm}$  et  $\epsilon_z < \epsilon_{z, adm}$

Donc la méthode de catalogue pour une structure MTB est vérifiée.

**VI.1.5.1.4. Variante 2 : Matériaux traités aux liants hydrauliques**

Pour une structure de chaussée en matériaux traités aux liants hydrauliques, sa durée de vie est prolongée jusqu’à 25 ans.

- $TJMA_i = TJMA_i(1 + \tau)^n$   
 $TJMA_{2050} = 14579(1 + 0,042)^{25} = 40778$  Véhicules/jour

**VI.1.5.1.4.1. Calcul du trafic poids lourds cumulé :**

- $TC_i = TPL_i \cdot 365 \cdot \frac{[(1 + \tau)^n - 1]}{\tau}$   
 $TC_{2025} = 3189 \cdot 365 \cdot \frac{[(1 + 0,042)^{25} - 1]}{0,042}$   
 $TC_{2025} = 49.80 \times 10^6 PL/J/sens$

**VI.1.5.1.4.2. Calcul du trafic cumulé équivalent :**

$$TCE_i = TC_i \times A$$

AN:

$$TCE_{2025} = TC_{2025} \times A$$

$$TCE_{2025} = 49.80 \times 10^6 \cdot 1$$

$$TCE_{2025} = 49.80 \times 10^6 PL/J/sens$$

## CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Avec un sur classement des sols support d'une classe de portance S3 vers une classe de portance de sol support visée S1, on ajoute une couche de forme d'une épaisseur totale de 70 cm en 2 couches de TUF.

En raison du trafic fort que la chaussée va supporter, et selon le fascicule 3 du catalogue, nous avons choisi la structure suivante :



Figures VI.4 - la structure de la chaussée

### VI.1.5.1.4.3. Epaisseurs représentatives des couches et type de liaison :

Tableau VI.13 - Épaisseurs représentatives des couches et type de liaison (Variante 2)

Couche	Epaisseur	Type d'interface
Couche de roulement : BCg	23 cm	Décollée Collée
Couche de base : GC	16 cm	
Couche de forme : TUF	70 cm	
<b>Epaisseur totale : 109 cm</b>		

### VI.1.5.1.4.4. Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :

#### a) Calcul de la déformation admissible $\epsilon z, adm$

$$\epsilon z, adm = 22 \times 10^{-3} \times (49.80 \times 10^6)^{-0,235} = 341.64 \times 10^{-6} \mu def$$

#### b) Calcul de la déformation admissible $\epsilon z, adm$

$$\sigma t, adm = \sigma 6 \times k ne \times k r \times k c \times k d$$

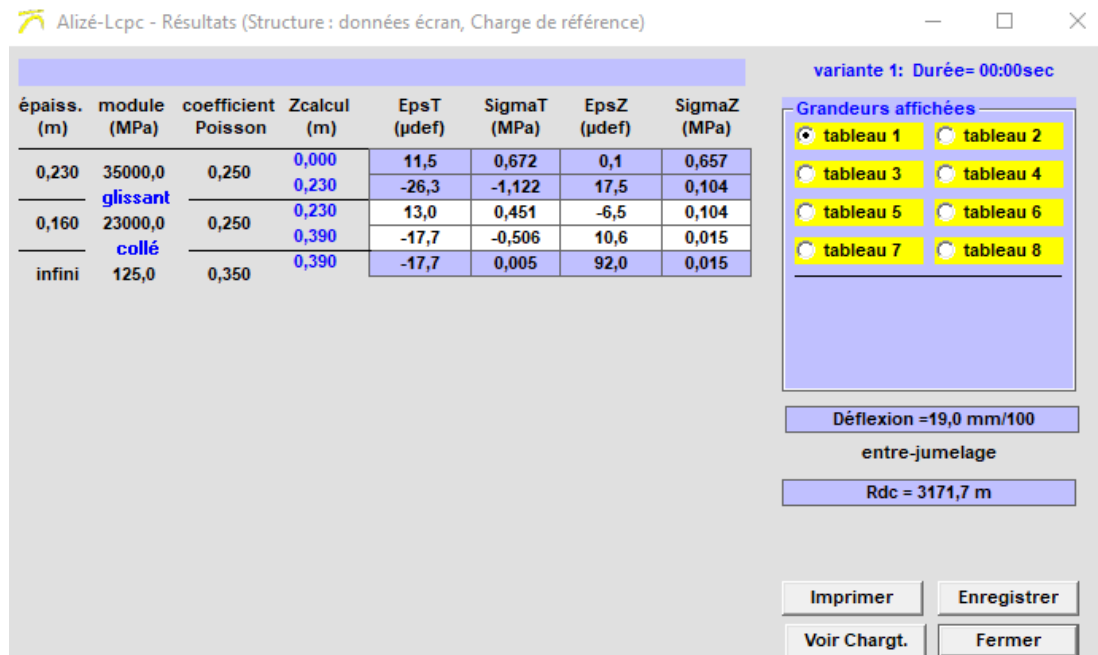
AN :

- $K ne = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b = \left(\frac{49.80 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0,0625} = 0.78$
- $\delta = \sqrt{Sn^2 + \left(\frac{c}{b} Sh\right)^2} = \sqrt{1^2 + \left(\frac{0,02}{0,0625} 3\right)^2} = 1.38$
- $K r = 10^{-tb\delta} = 10^{-2 \times 0,0625 \times 1,38} = 0.67$
- $K c = 1.5 \quad / \quad k d = 1.25 \quad / \quad \sigma 6 = 2.15 \text{ (MPa)}$

$$\sigma t, adm = 2,10 \text{ MPa}$$

## CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

### VI.1.5.1.4.5. Résultats de calcul par Alizé lcpc :



Figures VI.5 - Résultats de vérification de calcul par Alizé (variante 2)

Tableau VI.14 - Résultats de calcul par Alizé lcpc. (Variante 2)

Déformation admissible calculée	Déformation calculée
$\sigma t, ad = 2,10$	$\sigma t = 0,451 \text{ MPa}$
$\epsilon z, adm = 341.64 \times 10^{-6} \mu\text{def}$	$\epsilon z = 92 \times 10^{-6} \mu\text{def}$

D'après les résultats précédents :  $\sigma t < \sigma t, adm$  et  $\epsilon z < \epsilon z, adm$

Donc la méthode de catalogue pour structure MTLH est vérifiée.

### VI.1.5.1.5. Variante 3 : Béton compacté au rouleau B.C.R

Le BCR est une méthode de revêtement en béton largement utilisée dans les infrastructures routières, y compris les autoroutes et les voies rapides. Il offre une résistance élevée, une durabilité exceptionnelle et une capacité à supporter des charges de trafic lourdes. Il présente également des avantages environnementaux, tels que l'utilisation réduite de matériaux fossiles et la possibilité de recyclage en fin de vie.

#### VI.1.5.1.5.1. La structure de chaussée en BCR :

- Sol support : sol incompressible + réglage + compactage
- Couche de réglage PF2 en GNT avec une portance minimale de 50 MPa pour optimiser la consommation du BCR

## CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

- Couche de béton compacté routier :
  - Mise en œuvre au finisher à grave et compacté au rouleau par couche de 20cm d'épaisseur max
  - Réaliser des joints sur  $\frac{1}{3}$  de l'épaisseur tous les 25m<sup>2</sup>
  - Assurer la cure par une couche de protection
- Couche de roulement BB :  
A prévoir sur le réseau routier public pour :
  - Optimiser le traitement des joints
  - Assurer le confort sonore à grande vitessePas nécessaire pour les accès industriels, logistiques et portuaires.

### Epaisseur indicatives du BCR :

- 22 à 22cm : trafic faible (de 30 à 150 PL/j)
- 22 à 33 cm : trafic fort (de 150 à 6000 PL/J)
- 30 cm et + : trafic d'engins spéciaux

### VI.1.5.1.5.2. Avantages du BCR :

- Meilleure diffusion des charges au sol.
- Coût/délais optimisés.
- Mise en œuvre facile.
- Réouverture rapide au trafic.
- Pas de ferrailage ni de goudjons.
- Pas d'orniérage, résiste mieux aux fuites et coulures de carburant.
- Durée de vie accrue entre 25 et 50 ans et entretien réduit.



Figures VI.6 - la structure de chaussée en BCR.

### VI.1.5.1.5.3. Formulation et performances du Béton Compacté Routier BCR :

- Granulats : 75 à 85%
- Ciment : 12 à 16%
- Eau : 4,5 à 5,6%
- Eventuellement ajouter d'adjuvantation

### Caractéristiques du BCR :

Béton raide avec un affaissement presque nul

- Module élastique > 30000 MPa à 28j
- Résistance en traction indirecte > 2,1 MPa
- Résistance à la compression > 25 Mpa

## CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

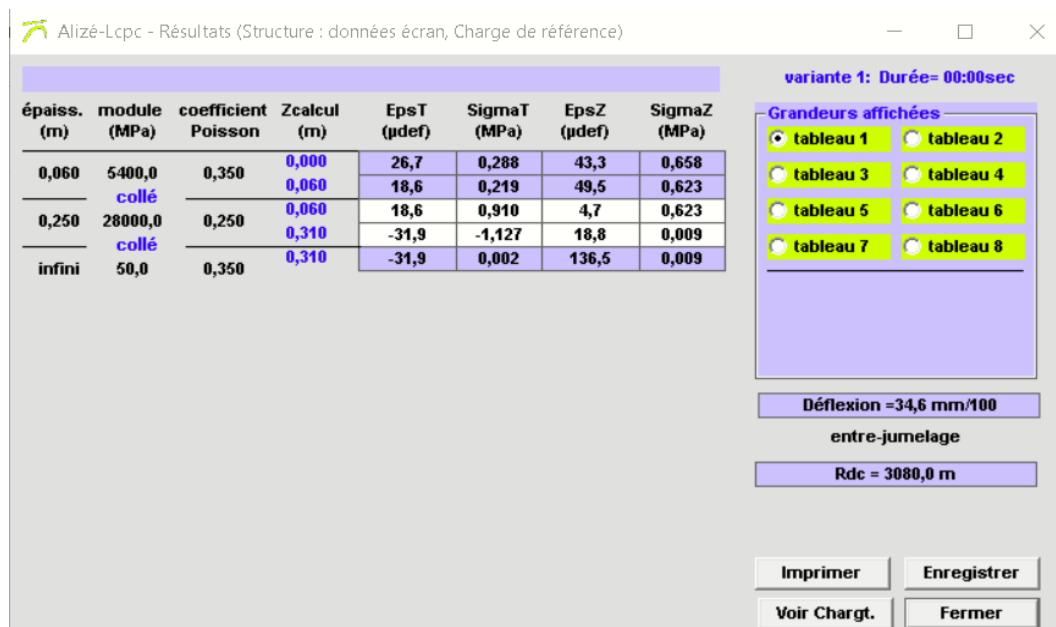
Tableau VI.15 - Épaisseurs représentatives des couches et type de liaison (variante 3)

Couche	Epaisseur	Type d'interface
Couche de roulement : BB	6 cm	Collée
Couche de base : BCR	25 cm	
Couche de forme : GNT	40 cm	
<b>Epaisseur totale : 71 cm</b>		

### VI.1.5.1.5.4. Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :

$$\sigma_{t, adm} = 2,1 \text{ MPa}$$

### VI.1.5.1.5.5. Résultats de calcul par Alizé lpc :



Figures VI.7 - Résultats de vérification de calcul par Alizé (Variante 3)

Tableau VI.16 - Résultats de calcul par Alizé lpc. (Variante 3)

Déformation admissible calculée	Déformation calculée
$\sigma_{t, ad} = 2,1$	$\sigma_t = 0,91 \text{ MPa}$

D'après les résultats précédents :  $\sigma_t < \sigma_{t, adm}$ .

Donc la méthode de catalogue pour structure BCR est vérifiée.

## CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

### VI.1.5.1.6. Etude comparative entre les trois variantes :

Voici une étude comparative entre une chaussée conçue avec des matériaux traités aux bitumes (MTB), des matériaux traités aux liants hydrauliques (MLH) et une chaussée en béton compacté routier (BCR) :

Tableau VI.17 - Comparaison entre les trois variantes

Type de chaussée	Performances mécaniques	Durée de vie et durabilité	Coût (Rapport Réalisation / entretien)	Impact environnemental
MTB	+	+	+	+
MTLH	++	++	++	++
BCR	+++	+++	+++	+++

**Note :** Les détails de la comparaison sont attachés à la section annexe.

**Barème d'évaluation :** pour chaque + la variante obtient 1 point.

### VI.1.5.2. Méthode 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 à (90°-100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau de moins de 15 cm. Le CBR retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon.

Avant le dimensionnement, il faut faire le classement de notre sol. On a ICBR= 5 ce sol appartient à S3

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.

#### VI.1.5.2.1. Epaisseur totale :

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

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

Avec :

- e : Épaisseur
- I<sub>cbr</sub> : Indice CBR (sol support)
- N : Nombre journalier de camions de plus 1500 kg à vide
- P : Charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).
- Log : logarithme décimal

## CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Pour notre cas : ICBR= 5

Après l'amélioration de la portance du sol support par une couche de PST

- TPL2025 = 4764 PL/J/voie la plus chargée
- TPL2045 = 10889 PL/J/voie la plus chargée

Donc :

$$e = \frac{100 + \sqrt{6,5(75 + 50\log\frac{10889}{10})}}{5 + 5} = 68 \text{ cm}$$

### VI.1.5.2.2. L'épaisseur équivalente :

La notion de l'épaisseur équivalente est 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 « a » appelé coefficient d'équivalence. L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des équivalents des couches :

$$E_{eq} = \sum e_i (\text{réel}) \cdot a_i$$

$$E_{eq} = a_1e_1 + a_2e_2 + a_3e_3$$

Avec :

- e1 : épaisseur réelle de la couche de roulement.
- e2 : épaisseur réelle de la couche de base.
- e3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.
- a1, a2, a3: sont les coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches e1, e2, e3.

**Tableau VI.18** - Coefficients d'équivalence pour chaque matériau.

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence 'a'
Béton bitumineux ou enrobé dense	2.00
Grave ciment - grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concassé ou gravier	1.00
Tuf	0.6 à 0.7
Grave roulée - grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.60 à 1.70

## CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

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

$$a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 e_3 = 68 \text{ cm}$$

Pour résoudre l'équation précédente, on fixe 2 épaisseurs et on calcule la 3ème

- Couche de roulement en béton bitumineux (B.B) :  $a_1 \times e_1 = 2 \times 6 \text{ cm}$ .
- Couche de base en grave bitume (G.B) :  $a_2 \times e_2 = 1.6 \times 12 \text{ cm}$ .
- Donc L'épaisseur de la couche de fondation  $e_3$  en (G.N.T) est :

$$e_3 = \frac{(E - e_1 a_1 - e_2 a_2)}{a_3} = \frac{(68 - 2 \times 6 - 1.6 \times 12)}{1} = 36,8 \text{ cm}$$

On prend :  $e_3 = 37 \text{ cm}$ .

### VI.1.5.2.3. Épaisseurs représentatives des couches :

- Couche de roulement : BB « béton bitumineux » = 6 cm.
- Couche de base : GB « grave bitume » = 12 cm.
- Couche de fondation : GNT « grave non traité » = 37 cm.

### VI.1.6. Conclusion :

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

1Tableau VI.19 - Résumés des différentes variantes

Méthode		Matériaux	Epaisseur totale (cm)
CBR		6 BB + 12 GB + 37 GNT	55
CTTP	Variante 1	8 BB + 14 GB + 15 GB + 40 TUF	77
	Variante 2	23 BCg+ 16GC + 70 TUF	109
	Variante 3	6 BB + 25 BCR + 40 GNT	71

Après avoir déterminé l'épaisseur de notre chaussée, et vue les différents résultats nous constatons qu'il y a une différence entre les deux méthodes surtout entre les deux dernières couches (les épaisseurs des couches de base et de fondation trouvées par la méthode du catalogue sont nettement supérieures à celle trouvées par la méthode CBR). On choisira la structure trouvée par la méthode du catalogue pour les raisons suivantes :

- Augmentation de la longévité de la route ;

## CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

---

- Disponibilité de crédit d'investissement à court terme pour éviter les fluctuations dans le cas d'un investissement différé à long terme ;
- La réduction des coûts d'entretien ;
- Expérimentation de la méthode pour avoir un retour d'expérience suffisant pour sa généralisation et son adoption ou bien à sa révision selon les observations qui seront faites ;
- Un meilleur comportement à l'agressivité des charges (orniérage).

À la suite de l'étude comparative entre les différentes variantes de la méthode du CTTTP, la variante retenue serait : **une structure de chaussée en BCR.**

**CHAPITRE VII : ETUDE  
HYDRAULIQUE, HYDROLOGIQUE  
ET D'ASSAINISSEMENT**

## CHAPITRE VII : ETUDE HYDRAULIQUE, HYDROLOGIQUE ET D'ASSAINISSEMENT

### VII.1. Introduction :

Pour l'ensemble du projet, deux réseaux de drainage distincts cohabitent : le réseau de drainage des eaux propres et le réseau de drainage des eaux polluées. Le réseau de drainage des eaux propres intercepte les eaux de ruissellement provenant de la falaise, du terrain naturel et des fossés localisés en amont des chaussées ou derrière les merlons de protection. Ce réseau se déverse vers la mer, généralement du sud vers le nord, à l'aide de buses qui traversent le tracé de la liaison autoroutière. Le réseau de drainage des eaux polluées se compose, quant à lui, de fossés longeant la route du port, de systèmes de captage et d'écoulements souterrains, de regards, etc.

La chaussée a été déversée longitudinalement d'une pente de 1% et transversalement de -2.5% à 7% tel que l'ICTAAL le recommande ;

### VII.2. Drainage de la route :

Si l'on veut qu'un corps de chaussée réponde à sa fonction, il faut veiller avec soin à l'évacuation de l'eau qui ruisselle en surface ainsi que celle qui peut s'infiltrer dans les couches inférieures de la chaussée. Pour que l'eau ne stagne pas sur ou au voisinage de la route il faut :

- Éviter les pentes nulles.
- Essayer de réduire au maximum les distances où le dévers avoisinant zéro.
- Réaliser les ouvrages de collecte et d'évacuation.

Donc l'eau est un des facteurs influents sur la conception d'un projet d'assainissement, pour savoir le degré de son influence, on doit avoir au préalable les données naturelles suivantes :

- La pluviométrie de la région.
- La topographie de la région.
- L'hydrogéologie de la région.

### VII.3. Etude hydrologique :

L'étude hydrologique vise à récolter des données relatives aux caractéristiques morphologiques des bassins versants que traversent le projet et leurs écoulements. Moyennant des données climatiques, pluviométriques et géographiques du site, l'hydrologue quantifie les débits des surfaces et des cours d'eau traversées.

Le tracé du tronçon sujet de notre travail, traverse une série de bassins, de pentes et surfaces modérées dont les caractéristiques sont mentionnées au tableau (VII-1)

### VII.3.1. Réseau de drainage des eaux propres :

#### VII.3.1.1. Délimitation des bassins versants

Les limites des bassins versants ont été tracées en utilisant les limites des bassins en utilisant les courbes topographiques disponibles. En fonction des superficies obtenues inférieures à 10 km<sup>2</sup> , la méthode de détermination des débits de pointe utilise la formule « rationnelle ».



1 Figures VII.1 - Délimitation des bassins versants en fonction du tracé autoroutier proposé.

#### VII.3.1.2. Coefficients de ruissellement :

Les coefficients de ruissellement ont été définis pour chaque sous-bassin, en fonction de l'occupation du territoire. La majorité de ces bassins sont fortement urbanisés et dans ce cas, un coefficient de ruissellement de 0,45 a été considéré. Les coefficients de ruissellement des falaises ont été spécifiés à 0,70. Le Tableau ci-après décrit les différentes valeurs de coefficients de ruissellement pondérés pour chaque bassin calculé à partir de la formule suivante :

**Formule de calcul des coefficients de ruissellement pondérés :** 
$$C = \frac{\sum_{i=0}^i C_i L_j}{\sum_{j=0}^j L_j}$$

Tableau VII.1 - Coefficient de ruissellement des bassins versants

Bassin versant	Chaînage	Superficie (m <sup>2</sup> )	P (%)	Coefficient de ruissellement
1	1+000 - 1+180	34 927	20.054	0.65
2	1+545 - 1+980	49 525	29.541	0.65
3	1+980 - 2+250	57 948	37.385	0.63
4	2+250 - 3+040	65 015	28.181	0.60
5	3+040 - 3+220	154401	46.731	0.61
6	3+220 - 3+660	87 881	11.714	0.55
7	3+660 - 4+207	88 649	28.363	0.57
8	4+207 - 4+710	125 691	22.943	0.58
9	4+710 - 5+040	107 738	16.066	0.60
10	5+040 - 5+360	231 271	15.526	0.57
11	5+360 - 5+635	699 006	17.895	0.50
12	5+635 - 5+990	93 238	60.153	0.67
13	5+990 - 6+455	134 089	21.627	0.65
14	6+455 - 7+360	150 434	11.540	0.58
15	7+360 - //	228 070	46.440	0.50

### VII.3.1.3. Paramètres pluviométriques

Les coefficients de Montana «a» et «b» associés aux intensités de pluies de la région d'Oran sont présentés ci-après en fonction de différentes périodes de retour :

Tableau VII.2 - Coefficient de Montana de la région d'Oran

Coefficients	Périodes de retour (années)					
	2	5	10	20	50	100
a	162	239	283	335	436	513
b	0.62					

Ces coefficients sont utilisés afin de déterminer la pluie  $i(T, tc) = a(T) \times tc^{-b(T)}$

**Avec :**

- $i(t, T)$  : Intensité de pluie en mm/h;
- $a(T)$  : coefficient de Montana
- $tc$  : Temps de concentration en minutes.

On se propose de retenir les périodes de retour de conception suivants :

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

Nous avons aussi en main les quantités de pluie en millimètre associées à différentes périodes de retour afin de les utiliser pour déterminer des volumes d'eau ultérieurement dans ce projet :

**Tableau VII.3 – Précipitations journalières de la région d'Oran**

	Période de retour (années)		
	10	50	100
<b>Quantité (mm)</b>	<b>66</b>	<b>101</b>	<b>119</b>

**VII.3.1.4. Temps de concentration :**

Le temps de concentration est donné par les formules suivantes :

- Formule de Ventura pour les  $BV < 5 \text{ km}^2$  :  $tc = 0.127 \sqrt{\frac{S}{P}}$
- Formule de Passini pour les  $5 \text{ km}^2 < BV < 25 \text{ km}^2$  :  $tc = 0.108 \frac{\sqrt[3]{S \cdot L}}{\sqrt{P}}$
- Formule de Giandotti pour les  $BV > 25 \text{ km}^2$  :  $tc = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_{\text{moy}} - H_{\text{min}}}}$

Avec :

- S : Superficie du bassin versant ( $\text{km}^2$ ).
- L : Longueur de bassin versant ( $\text{km}$ ).
- P : Pente moyenne du bassin versant.

**VII.3.1.4.1. Exemple de calcul du temps de concentration pour le BV 1 :**

$$tc = 0.127 \sqrt{\frac{S}{P}} = 0.127 \sqrt{\frac{34\,927}{20.054}} = 5.3 \text{ min}$$

**VII.3.1.5. Intensités de pluies**

Les intensités de pluies présentées au Tableau 9 ont été déterminées en fonction des coefficients de Montana présentés précédemment ainsi que des temps de concentration et ce, pour les périodes de retour de 10, 50 et 100 ans.

**VII.3.1.5.1.** Exemple de calcul d'intensité de pluie pour le BV 1 pour une période de retour 10 ans :

$$i(T, tc) = a(T) \times tc^{-b(T)} = 283 \times 5.3^{-0.63} = 100.2$$

**Tableau VII.4** - Calcul d'intensité de pluie (en min)

N° BV	tc (min)	I (t,10)	I (t,50)	I (t,100)
1	5.3	100.2	154.4	181.7
2	5.2	102.2	157.5	185.3
3	5.0	104.3	160.7	189.1
4	6.1	92.5	142.6	167.8
5	7.3	82.7	127.5	150.0
6	11.0	64.0	98.6	116.0
7	7.1	83.9	129.3	152.2
8	9.4	70.4	108.4	127.6
9	10.4	66.4	102.3	120.3
10	15.5	51.7	79.6	93.7
11	25.1	38.3	59.1	69.5
12	5.0	104.3	160.7	189.1
13	10.0	68.0	104.8	123.3
14	14.5	53.8	83.0	97.6
15	8.9	72.8	112.2	132.0

### VII.3.1.6. Débits de pointe

#### VII.3.1.6.1. Méthodes d'évaluation du débit d'apport des bassins versants naturels :

Il existe plusieurs méthodes de calcul des débits pluviaux sur une superficie à assainir, à savoir:

##### a) Méthode CRUPEDIX :

$$Q_{10} = S^{0.8} \cdot \left( \frac{P(10)}{80} \right)^2 \cdot R$$

Avec :

- S : Surface du bassin versant en (Km<sup>2</sup>)
- R : Coefficient régional (sans unité)
- P(10) : Pluie décennale journalière en (mm)

**b) Méthode de transition :**

$$Q(T) = \alpha \cdot Q_r(t) + \beta \cdot Q_c(t)$$

Avec :

- Q(t) : débit de projet de temps de retour T ;
- Q<sub>r</sub>(t) : débit fourni par la formule rationnelle, temps de retour T ;
- Q<sub>c</sub>(t) : débit fourni par la formule Crupedix, temps de retour T ;
- α et β : coefficients de pondération avec 0 < α < 1 et 0 < β < 1 et α + β = 1

**c) Méthode rationnelle :**

Pour le dimensionnement de réseau d'assainissement, La méthode dite RATIONNELLE est la plus utilisée pour le drainage routier.

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

Avec :

- K : coefficient de conversion des unités (les mm/h en l/s) K = 0.278.
- C : coefficient de ruissellement.
- I : l'intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h)
- A : superficie du bassin versant Km<sup>2</sup>.

**VII.3.1.7. Domaines d'application des différentes méthodes :**

Tableau VII.5 - Plage d'utilisation pour chacune des trois formules

Superficie du bassin versant (en km <sup>2</sup> )	1	10	50	100
France sauf façade méditerranéenne	Formule rationnelle	Formule de transition	Formule Crupedix	Formule Crupedix
Façade méditerranéenne	Formule rationnelle	Formule rationnelle	Formule de transition	Formule Crupedix

Les conditions climatiques du site du projet sont assimilables à celles du bassin méditerranéen « **France méditerranéen** ». Avec une superficie du bassin versant qui avoisine 2Km<sup>2</sup> inférieure strictement à 10Km<sup>2</sup>, donc on va appliquer la **méthode rationnelle**.

**VII.3.1.7.1. Application au projet :**

Le débit est donné par la formule :  $Q_a = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A$

Exemple de calcul pour le BV 1 pour une période de retour de  $t=10$ ans :

**Données :**

**Tableau VII.6 - Calcul pour le BV 1 pour une période de retour de  $t=10$ ans**

N° BV	A (Km <sup>2</sup> )	C	tc (min)	I (t,10)	I (t,50)	I(t,100)
1	34927 x10 <sup>-6</sup>	0.65	5.3	100.2	154.4	181.7

**Application Numérique :**

$$Q_a = 0.278 \cdot 34927 \times 10^{-6} \cdot 0.65 \cdot 100,2 = 0.63 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Les ouvrages prévus doivent pouvoir évacuer les débits de projet avec une hauteur d'eau en amont de l'ouvrage compatible avec le tracé de l'autoroute, et afin d'assurer la préservation des biens une vérification pour un débit exceptionnel a été réalisée ( $1,5 \times Q_{100}$ ).

**Tableau VII.7 - Débits de pointe (m<sup>3</sup>/s) pour différentes périodes de retour**

N° BV	10 ans	50 ans	100 ans	1,5 x Q <sub>100</sub>
1	0.6	1	1.1	1,65
2	0.9	1.4	1.7	2,55
3	1.1	1.6	1.9	2,85
4	1.0	1.5	1.8	2,7
5	2.2	3.3	3.9	5,85
6	0.9	1.3	1.6	2,4
7	1.2	1.8	2.1	3,15
8	1.4	2.2	2.6	3,9
9	1.2	1.8	2.1	3,15
10	1.9	2.9	3.4	5,1
11	1.9	3.0	3.5	5,25
12	1.8	2.8	3.3	4,95
13	1.6	2.5	3.0	4,5
14	1.5	2.2	2.6	3,9
15	2.3	3.5	4.1	6,15

### VII.4. Etude Hydraulique :

#### VII.4.1. Dimensionnement des ouvrages majeurs

##### VII.4.1.1. Choix des ouvrages d'assainissement :

Il n'existe a priori aucune solution toute faite et reproductible à tous les projets routiers. Toutefois, le choix d'un ouvrage d'assainissement doit principalement reposer sur 4 critères :

- Sa capacité hydraulique ;
- Son insertion dans le profil en long et le profil en travers du projet routier, donc sa géométrie qui prend en compte l'aspect sécurité de l'utilisateur également ;
- Son niveau de protection au regard de la vulnérabilité des eaux ;
- Sa facilité d'entretien et d'exploitation des ouvrages.

Le principe de calcul est de déterminer l'ouvrage d'assainissement qui possède la capacité d'évacuer le débit de pointe calculé précédemment. Pour cela, on le compare avec le débit **Qc (écoulement à pleine section)** de l'ouvrage donné par la formule de **Manning Strickler** :

$$Q_c = S_m \cdot K \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{P_m}.$$

Avec :

- Q : débit en m<sup>3</sup> /s
- K : coefficient de rugosité (tableau VII.8)
- R<sub>h</sub> : rayon hydraulique en m avec : R<sub>h</sub>= S<sub>m</sub>/ P<sub>m</sub>
- S<sub>m</sub> : section mouillée en m<sup>2</sup> avec S<sub>m</sub> = 0.8H x B
- P<sub>m</sub> : périmètre mouillé en m P<sub>m</sub> = 1.6H + B
- p : pente en m/m

Le choix de l'ouvrage a été fait sur la base des résultats trouvés dans l'étude hydrologique, tel que :

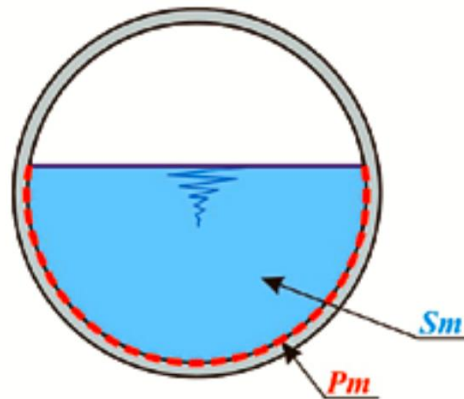
- Les buses ont pour but d'assurer souterrainement l'écoulement des eaux lorsque leur volume est faible
- Pour les volumes importants on construit des dalots.

Dans notre projet, nous avons des débits faibles, donc on opte pour des buses.

##### VII.4.1.2. Vitesse de l'écoulement à pleine section :

Les vitesses doivent respecter les critères suivants vis-à-vis de la durabilité des ouvrages :

- Ouvrages en béton : ≤ 4 m/s ;
- Ouvrages métalliques : ≤ 2,5 m/s



Figures VIII.2 - Section transversale d'un ouvrage d'assainissement

Tableau VII.8 - Coefficients de rugosité K dans les ouvrages d'assainissement

Type d'ouvrage	Coefficients de rugosité K
<b>Ouvrages enherbés plats peu profonds</b>	
• $h \leq 0,15$ m	10
• $h \leq 0,20$ m	15
Avec h : hauteur d'eau dans l'ouvrage en m	
<b>Fossés enherbés (fossés trapézoïdaux et triangulaires)</b>	25
<b>Ouvrages superficiels en béton (fossés, cunettes et caniveaux)</b>	70
<b>Canalisations lisses (béton, PVC, PEHD, etc.)</b>	80

#### VII.4.1.3. Condition d'auto-curage :

Une fois qu'on a déterminé les dimensions du dalot, on doit vérifier les conditions d'auto-curage suivantes :

- $V > 1$  m/s pour  $Q = Q_{ps}$
- $V > 0.6$  m/s pour  $Q = 0.1 Q_{ps}$
- $V > 0.3$  m/s pour  $Q = 0.01 Q_{ps}$

Avec :

- $Q_{ps}$  : débit pleine section.

Si l'une des conditions n'est pas vérifiée on doit choisir une autre valeur de R (de préférence on choisit un diamètre commercialisé selon la disponibilité dans le marché)

**VII.4.1.4. Application au projet :**

**VII.4.1.4.1. Dimensionnement des buses :**

On applique la formule de Manning Strickler :

$$Q_s = S_m \cdot K \cdot R_h R_h^{2/3} \cdot \sqrt{J}$$

**Exemple de calcul pour le premier ouvrage correspondant au BV1 :**

$$S_m = \pi R^2 \text{ et } R_h = \frac{R}{2}$$

En appliquant l'égalité  $Q_a = Q_s$  on trouve :

$$R = \left( \frac{Q_a}{\pi K \cdot (0.5) (0.5)^{2/3} \cdot \sqrt{J}} \right)^{3/8}$$

$$R = \left( \frac{1}{80 \pi \cdot (0.5)^{2/3} \cdot \sqrt{0.01}} \right)^{3/8} = 355 \text{ mm}$$

Donc :  $D = 710 \text{ mm}$

Le diamètre commercial sera alors :  $D = 800 \text{ mm}$

**VII.4.1.4.1.1. Calcul de la vitesse pleine section :**

$$V_{ps} = K_c \sqrt{I} \left( \frac{D}{4} \right)^{2/3}$$

$$V_{ps} = 80 \sqrt{0.01} \left( \frac{0.80}{4} \right)^{2/3} = 2.735 \text{ m/s} > 1 \text{ m/s condition 1 vérifiée}$$

**VII.4.1.4.1.2. Calcul du débit pleine section :**

$$Q_{ps} = \pi V_{ps} \left( \frac{D}{2} \right)^2 = 1.374 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$K1 = Q_{ps} / 10 = 0.1374 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$K2 = V/V_{ps} = 0.70$$

$$\frac{V_q}{10} = K2 \times V_{ps} = 1.9145 \frac{\text{m}}{\text{s}} > 0.60 \text{ condition 2 vérifiée}$$

$$K3 = Q_{ps} / 100 = 0.01374$$

$$K4 = V/V_{ps} = 0.60$$

$$V_q / 100 = K4 \times V_{ps} = 1.641 \text{ m/s} > 0.30 \text{ condition 3 vérifiée}$$

Qp/Q	h/Di	Vp/V	Qp/Q	h/Di	Vp/V	Qp/Q	h/Di	Vp/V
0,0001	0,023	0,17	0,076	0,183	0,60	0,510	0,506	1,00
0,0004	0,044	0,26	0,079	0,187	0,61	0,540	0,525	1,02
0,0007	0,057	0,30	0,082	0,191	0,62	0,570	0,543	1,03
0,0010	0,068	0,34	0,085	0,194	0,62	0,600	0,562	1,04
0,0013	0,077	0,37	0,088	0,197	0,63	0,630	0,581	1,05
0,0016	0,086	0,39	0,091	0,201	0,64	0,660	0,600	1,05
0,0019	0,093	0,41	0,094	0,204	0,64	0,690	0,620	1,06
0,0022	0,100	0,42	0,097	0,207	0,65	0,720	0,640	1,07
0,0025	0,106	0,44	0,100	0,211	0,65	0,750	0,660	1,07
0,0028	0,112	0,45	0,115	0,226	0,68	0,780	0,682	1,07
0,0031	0,118	0,47	0,130	0,241	0,70	0,805	0,701	1,08
0,0034	0,123	0,48	0,145	0,254	0,72	0,820	0,713	1,08
0,0037	0,129	0,49	0,160	0,268	0,74	0,835	0,725	1,08
0,0040	0,134	0,50	0,175	0,281	0,76	0,850	0,738	1,07
0,0043	0,138	0,51	0,190	0,293	0,78	0,865	0,751	1,07
0,0046	0,143	0,52	0,210	0,309	0,80	0,880	0,766	1,07
0,0049	0,148	0,53	0,240	0,331	0,83	0,895	0,781	1,07
0,0052	0,152	0,54	0,270	0,353	0,86	0,910	0,797	1,07
0,0055	0,156	0,55	0,300	0,374	0,88	0,925	0,814	1,06
0,0058	0,160	0,56	0,330	0,394	0,90	0,940	0,834	1,05
0,0061	0,164	0,57	0,360	0,414	0,92	0,955	0,856	1,05
0,0064	0,168	0,58	0,390	0,433	0,94	0,970	0,883	1,04
0,0067	0,172	0,58	0,420	0,451	0,96	0,985	0,919	1,02
0,0070	0,176	0,59	0,450	0,470	0,97	1,000	1,000	1,00
0,0073	0,180	0,60	0,480	0,488	0,99	-	-	-

Figures VII.3 - Valeurs des coefficients K2 et K4

Pour les tronçons entre les chaînages 0+700 et 2+360 ainsi que 3+667 et 4+450, le réseau de drainage des eaux propres est composé d'un fossé, et se déversant vers la mer à l'aide de huit (8) buses, aux chaînages 1+050, 1+285, 1+650, 3+720, 3+960, 4+428, 4+805 et 5+050. Par ailleurs, une buse transversale, localisée entre les chaînages 1+930 et 2+050, a aussi été aménagée afin de relier deux sections du fossé sud de récupération des eaux de ruissellement.

**On note que la pente qui a été prise est de l'ordre de 1%.**

Tableau VII.9 - résultat et vérification de dimensionnement des buses

N° BV	PK	Qa <sub>50</sub>	D (mm)	φ (mm)	Condition d'auto-curage		
					V(Rq)> 1	V(0.1Rq) >0.6	V(0.01Rq) >0.3
BV1	1+050	1	710	800	2.735	1.9145	1.641
BV2	1+285	1.4	804	1000	3.174	2.270	1.904
BV3	1+650	1.6	848	1000	3.174	2.270	1.904
BV4	1+930 et 2+050	1.5	826	1000	3.174	2.270	1.904
BV8	3+720	3.3	1110	1200	3.585	3.369	2.151
Conduite	3+960	1.3	784	800	2.735	1.9145	1.641
BV8	4+428	1.8	884	1000	3.174	2.270	1.904
BV10	4+805	2.2	954	1000	3.174	2.270	1.904
BV11	5+050	1.8	884	1000	3.174	2.270	1.904

### VII.5. Etude d'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée.
- Le maintien de bonnes conditions de viabilité.
- Éviter les problèmes d'érosions.
- La sauvegarde de l'ouvrage routier.

#### VII.5.1. Dimensionnement des ouvrages d'assainissement :

Les ouvrages d'assainissement ont pour objet d'assurer la collecte, le transport et le traitement éventuel des eaux usées et pluviales que leur rejet dans les réseaux urbains.

Le réseau d'assainissement peut être divisé en plusieurs parties, notamment :

- **Les ouvrages d'assainissement transversaux** : qui constituent le réseau de localisation et de dimensionnement des ouvrages (dalots et buses) calculés dans la partie étude hydraulique.
- **Le réseau d'assainissement longitudinal** : composé principalement par des fossés implantés aux limites de l'emprise de la rocade, que ce soit dans les talus de déblai ou de remblai.

- **Les ouvrages de raccordement** : dispositifs de drainage ponctuels assurant le raccordement des eaux entre les réseaux du drainage longitudinal et les ouvrages transversaux.

L'assainissement des chaussées, ou le réseau de drainage des eaux polluées, se compose de fossés bétonnés longeant la route du port, de systèmes de captage et d'écoulement souterrains, de regards avaloirs, de regards de visite, de séparateurs d'huile, etc. Le but principal de ce réseau est d'assurer un rejet vers le milieu naturel des eaux traitées, en garantissant que celles-ci soient exemptes d'huiles et autres polluants issus d'hydrocarbures, suivant les recommandations du chapitre « étude d'impact sur l'environnement ».

### VII.5.2. Dimensionnement des fossés :

Pour le dimensionnement des fossés on a proposé des fossés de forme trapézoïdale en béton armé, avec une période de retour égale à 10 ans.

#### V5.2.1. Calcul de débit d'apport $Q_a$ :

$$Q_a = Q_c + Q_b + Q_t$$

Avec :

- $Q_c$ : Débit rapporté par la chaussée.
- $Q_b$ : Débit rapporté par la berme.
- $Q_t$ : Débit rapporté par le talus.

Le calcul de ces débits se fait par la méthode rationnelle dont la formule s'écrit :

$$Q_a = 0.278CIA$$

#### V5.2.2. Calcul du débit de saturation $Q_s$ :

$$Q_s = K_{st} \times J^{\frac{1}{2}} \times S \times RH^{\frac{2}{3}}$$

##### VII.5.2.2.1. La section mouillée :

$$S_m = bh + 2 \left( \frac{eh}{2} \right) \text{ Avec } m = \frac{1}{\tan \alpha}$$

d'où :  $e = m.h$

$$S_m = bh + mh^2$$

$$S_m = h(b + mh)$$

##### VII.5.2.2.1. Le périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2.B$$

Avec :  $\sqrt{(h^2 + e^2)} = \sqrt{h^2 + hm^2} = h^2\sqrt{1+m^2}$

$$P_m = b + 2h\sqrt{(1 + m^2)}$$

**VII.5.2.2.2. Rayon hydraulique :**

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h(b + mh)}{(b + 2h\sqrt{(1 + m^2)})}$$

On applique l'égalité  $Q_a = Q_s$

$$Q_a = Q_s = \frac{1}{n} \cdot J^{\frac{1}{2}} \left[ \frac{h(b + mh)}{b + 2h\sqrt{(1 + m^2)}} \right]^{\frac{2}{3}} \cdot h(b + mh)$$

**VII.5.2.3. Application au projet :**

**VII.5.2.3.1. Fossé de pied de talus en déblai :**

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a une hauteur importante du déblai  $h=24.84m$ , qui s'étend sur une longueur importante avec l'inclinaison du terrain vers le déblai.

D'après le profil en long, notre cas situé entre PK 3+900 au PK 4+325 avec une longueur de  $L=425$  m et de pente  $I= -0,84$  %.

**Tableau VII.10 - Sous versants concernés.**

SBV	Largeur (m)	Pente (%)	Surface (m <sup>2</sup> )
<b>Chaussée + B.A.U + BDG</b>	<b>14.5</b>	<b>2.5</b>	<b>6162,5</b>
<b>Berme</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>425</b>
<b>Talus de déblai</b>	<b>22</b>	<b>45%</b>	<b>9350</b>

**VII.5.2.3.2. Temps de concentration :**

Les surfaces des bassins versant sont inférieures à 5 Km<sup>2</sup> donc on utilise la formule de Ventura:

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{S}{P}}$$

**VII.5.2.3.3. Intensité de pluie :**

Elle est calculée par la formule :

$$i(t, t_c) = a(T) \times t_c^{-b(T)}$$

Avec :

- $b=0.62$
- $a(T)$ : Coefficient de Montana :  $a(t) = 283$

**VII.5.2.3.4. Coefficient de ruissellement (C):**

C'est le rapport du volume d'eau qui ruisselle sur une surface au volume d'eau tombé sur elle. Il dépend de la nature du sol, de la forme et la pente du terrain, ainsi que de la couverture végétale.

**Tableau VII.11 - Les coefficients de ruissellement**

Type de chaussée	Valeur de C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement : sol légèrement perméable	0.10 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30

**VII.5.2.3.5. Calcul du débit d'apport Qa :**

En utilisant la méthode rationnelle on trouve :

**Tableau VII.12 - Le débit équivalent des bassins versants**

SBV	A (km <sup>2</sup> )	C	P(%)	tc(h)	It (mm/h)	Q( $\frac{m^3}{s}$ )
Chaussée + B.A.U + BDG	6,1625 x 10 <sup>-3</sup>	0.95	2.5	0,063	1571,06	2,557
Berme	4,25 x 10 <sup>-4</sup>	0.4	8	0,017	3539,22	0,167
Talus du déblai	9,350 10 <sup>-3</sup>	0.3	45%	0,018	3415,99	2,663
Le débit total en ( $\frac{m^3}{s}$ )						5,387

On a :

$$Q_a = Q_s = \frac{1}{n} \cdot J^{\frac{1}{2}} \left[ \frac{h(b + mh)}{b + 2h\sqrt{(1 + m^2)}} \right]^{\frac{2}{3}} \cdot h(b + mh)$$

- Kst: Coefficient d'écoulement de Manning — Strickler = 70.
- Pour la pente hydraulique du fossé « I », on a : I=0,84 %

On pose : b=0.5m et pour un angle 45° donc : m=1

Donc on obtient la formule suivante :

$$h = \left( \frac{Q_a}{K_{st} \cdot 0,5 \cdot \sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{5}} \frac{(1 + 2\sqrt{2} \cdot \frac{h}{0,5})^{\frac{2}{5}}}{1 + \frac{h}{0,5}}$$

$$h_{n+1} = \left( \frac{5.387}{70 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{0,0084}} \right)^{\frac{3}{5}} \frac{(1 + 5,65 h)^{\frac{2}{5}}}{1 + 2h_n}$$

D'après le calcul itératif on a trouvé la hauteur h=0.87m.

Pour des raisons de sécurité et d'exécution sur chantier, nous optons pour un fossé standard : (b=100 cm, h=100cm).

**VII.5.2.3.6. Fossé de pied de talus en remblai :**

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a une hauteur importante du remblai h=17.67m, qui s'étend sur une longueur importante avec l'inclinaison du terrain vers le remblai.

D'après le profil en long, notre cas est situé entre PK 1+600 et PK 2+100 avec une longueur de l=500 m et de pente 3,26 %.

**Tableau VII.13 - Le débit équivalent des sous bassins versants**

SBV	A (km <sup>2</sup> )	C	P(%)	tc(heure)	It (mm/h)	Q( $\frac{m^3}{s}$ )
<b>Chaussée + B.A.U + BDG</b>	<b>7,25 x 10<sup>-3</sup></b>	<b>0.95</b>	<b>2.5</b>	<b>0,068</b>	<b>1498,41</b>	<b>2,869</b>
<b>Berme</b>	<b>5 x 10<sup>-4</sup></b>	<b>0.4</b>	<b>8</b>	<b>0,01</b>	<b>4917,97</b>	<b>0,273</b>
<b>Talus du déblai</b>	<b>10 x 10<sup>-3</sup></b>	<b>0.3</b>	<b>45%</b>	<b>0,019</b>	<b>3303,38</b>	<b>2,755</b>
<b>Le débit total en (<math>\frac{m^3}{s}</math>)</b>						<b>5,897</b>

- Kst: Coefficient d'écoulement de Manning — Strickler = 70.
- Pour la pente hydraulique du fossé « I », on a : I=-3,26 %

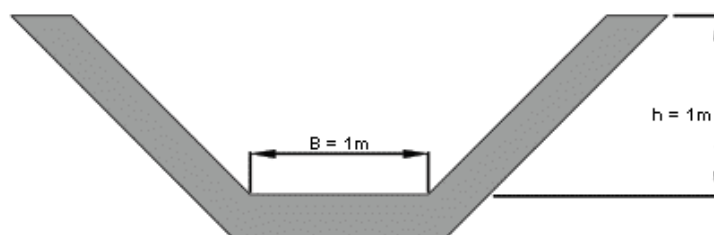
On pose : b=0.5m et pour un angle 45° donc : m=1

Donc on obtient la formule suivante :

$$h_{n+1} = \left( \frac{5,897}{70 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{0,0326}} \right)^{\frac{3}{5}} \frac{(1 + 5,65 h)^{\frac{2}{5}}}{1 + 2h_n}$$

D'après le calcul itératif on a trouvé la hauteur h= 0.9m

Nous optons pour un fossé : b=100cm, h=100cm



**Figures VII.4 - Dimensions du fossé**

**CHAPITRE VIII :**  
**CONCEPTION DE LA**  
**DIGUE MARITIME**

### CHAPITRE VIII : CONCEPTION DE LA DIGUE MARITIME

#### VIII.1. Introduction :

L'espace littoral fait l'objet de nombreuses convoitises et ce d'autant plus que les migrations des populations vers les régions côtières sont de plus en plus importantes. L'homme se trouve dans l'obligation de construire des ouvrages portuaires et d'aménager son littoral. Or, cet espace d'influence entre la mer et la terre est fragile, il est le siège d'un équilibre souvent précaire entre différents facteurs naturels ou humains. Ainsi, son importance dans notre environnement et sa stabilité aux différentes interventions dont il peut être le théâtre, font qu'il est nécessaire qu'il soit protégé ou aménagé avec respect. La construction d'un port maritime, son équipement, l'aménagement de ses accès, la protection du rivage contre l'action de la mer, constituent un ensemble d'opérations complexes, difficiles, et coûteuses mais passionnantes car elle fait appel à un travail d'équipe pluridisciplinaire. Le coût très élevé et la complexité de ces opérations ont fait en sorte qu'avant d'entreprendre la construction d'un tel ouvrage, les spécialistes du domaine des travaux maritimes sont obligés d'avoir recours aux études hydrauliques et en particulier aux études sur modèle réduit physique.

#### VIII.1.1. Généralités sur les mouvements de la mer :

Le milieu marin est toujours agité, cette agitation se manifeste principalement sous forme de phénomènes de grande période, qui est un mouvement ondulatoire, et de courants généraux plus ou moins uniformes.

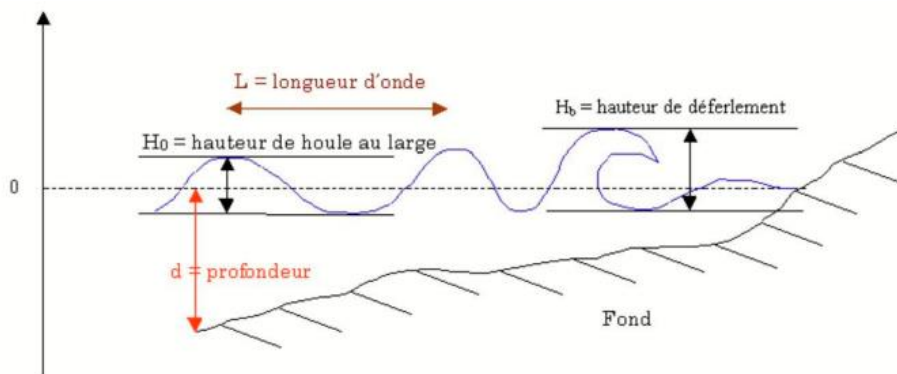
##### VIII.1.1.1. Les mouvements ondulatoires :

Un mouvement ondulatoire est tout mouvement caractérisé par une période, une amplitude, une célérité et une longueur d'onde. Parmi ces mouvements on retrouve :

- La houle.
- La marée.
- Les seiches.

##### VIII.1.1.1.1. La houle :

On appelle houle, l'ensemble d'une suite indéfinie d'ondulations parallèles presque identiques qui se propagent de façon sensiblement uniforme vers le rivage, avec des périodes comprises entre 1 et 30 secondes. Elle se produit au large des côtes et ne présente pas de déplacement mais un simple mouvement d'ondulation de la surface de l'eau. Généralement, la houle est polychromatique, c'est-à-dire résultant de la superposition de plusieurs ondes sinusoïdales pures de différentes longueurs d'ondes. Une vague est caractérisée par : une longueur d'onde, une amplitude, une période et une célérité. Le schéma qui suit précise les caractéristiques principales d'une houle :



**Figures VIII.1 - Caractéristiques principales d'une houle**

Avec :

- T : période de la houle (temps qui sépare le passage de deux crêtes successives en un point fixe).
- a : amplitude de la houle (égale à la moitié de la hauteur).
- g : cambrure (rapport  $H/L$ ).
- c : célérité (vitesse moyenne de propagation des crêtes,  $C=L/T$ )

L'agitation générée par une houle, au niveau d'un port, fait intervenir de nombreux phénomènes physiques comme : la réfraction, la diffraction ou la réflexion. Le déferlement est propre à la houle.

### VIII.1.1.1.1. Déformation de la houle au cours de sa propagation :

La houle en se propageant subit différentes déformations, suivant les causes, ces déformations sont :

#### c) La réfraction :

Lorsque la houle se propage dans un milieu à profondeur variable, sa célérité n'est plus la même tout le long du front d'onde. Les crêtes se déforment en plan : la houle réfracte. L'étude de la réfraction de la houle permet de déterminer les caractéristiques de la houle (direction et hauteur) au cours de sa propagation, depuis le large jusqu'à l'approche du rivage et plus particulièrement au droit de l'aménagement projeté. Le phénomène de réfraction se compose de deux paramètres, le premier correspondant à la déformation du profil (gonflement  $K_s$ ), le second à une déformation en plan ( $K_r$ ), ce qui donnera le coefficient de réfraction.

#### d) La diffraction :

Lorsqu'une houle ne se propage plus en ligne droite ou régulière, comme c'est le cas par exemple au contact d'un ouvrage à l'approche duquel une partie du front d'onde seulement est arrêtée, des oscillations se manifestent derrière l'extrémité de cet ouvrage en le contournant : On dit que la houle diffracte.

### e) La réflexion :

Elle se produit quand la houle rencontre un obstacle vertical ou incliné. L'une des conséquences importantes de la réflexion est l'apparition du « clapotis », mouvement de l'eau résultant de la rencontre de deux houles se propageant en sens inverse. La réflexion est totale sur un parement vertical (avec un accroissement parfois important de l'amplitude de la houle résultante) et, partielle dans le cas d'une digue à talus ou protection en enrochements.

### f) Le déferlement :

Il se produit quand les lames d'eau atteignent une certaine cambrure limite, au-delà de laquelle le profil devient instable. C'est alors qu'une brisure de la partie haute de la houle est observée.

#### Types de déferlement :

Différents types de déferlement sont observés. D'une part, le déferlement au large causé soit par une barre au niveau de laquelle le fond remonte brusquement. Soit en hauts fonds avec deux vagues se superposant, ou alors par le vent. D'autre part, le déferlement se produit lorsque la houle arrive sur la côte, ce dernier peut être décomposé en trois types :

- Le déferlement glissant ou déversant par pente faible,
- Le déferlement plongeant par pente forte.
- Le déferlement gonflant OU frontal par pente plus forte.

#### VIII.1.1.1.2. La marée :

C'est la variation du niveau de la mer due à l'action gravitationnelle de la Lune et du Soleil. Parce que la lune gravite autour de la terre et que le couple Terre-Lune gravite autour du Soleil, les forces gravitationnelles mises en jeu se combinent et modifient la surface déformable de l'océan. Bien que la Lune soit beaucoup plus petite que le Soleil, sa proximité fait qu'elle influe de façon prépondérante (2,5 fois plus que le soleil) sur les phénomènes de marées.

La marée est un mouvement périodique des niveaux de la mer et des acylations qui se manifestent à la côte par une acylation d'amplitude variable (0.3 à 15 m) et de période égale à la journée ou à la demi-journée. En Algérie elle est de 0.3 à 0.4 m

#### VIII.1.1.1.3. Les seiches :

Les seiches correspondent à un mouvement oscillatoire de la hauteur d'eau. Elles font partie des ondes de gravité, au même titre que les vagues ou les marées. Le critère distinctif utilisé entre les seiches et les autres types d'onde est la période.

Les seiches sont donc les ondes de gravité dont la période est comprise entre celle de la houle la plus longue et celle des marées semi-diurnes. Il est communément admis à un intervalle de 100 secondes à quelques heures.

## CHAPITRE VIII : CONCEPTION DE LA DIGUE MARITIME

---

### VIII.1.1.2. Les courants généraux :

Ce sont des mouvements d'eau de mer réguliers, continus et cycliques. Ce type de mouvement est dû aux effets combinés du vent, des forces externes (attraction des astres), et de différences de température, densité et salinité. Il est aussi dû aux contours des continents.

Aux reliefs de profondeur et à l'interaction entre courants. Du point de vue quantitatif, un courant marin est caractérisé par sa vitesse et son débit, mais également par sa température et son sens de direction.

#### a) Types de courants

Parmi les types de courants, on distingue :

- Les courants généraux ou planétaires.
- Les courants côtiers ou de débris.
- Les courants de houle.
- Les courants de marée.

#### VIII.1.1.2.1. Les courants généraux ou planétaires :

Ce sont des courants très importants, car ils peuvent déplacer des millions de mètres cubes d'eau à la seconde. Ces courants sont mis en mouvement par les vents, puis leur direction est influencée par la rotation de la Terre. Ainsi se forment plusieurs tourbillons dans chaque océan.

#### VIII.1.1.2.2. Les courants côtiers ou de débris :

Ils ont pour origine les vagues, les vents et les irrégularités du sol.

#### VIII.1.1.2.3. Les courants de houle :

Sont alternatifs et très forts lors des tempêtes (plusieurs mètres par seconde). Ils affectent surtout la tranche d'eau située près de la surface (de 5 à 10 mètres d'épaisseur); leur importance décroît avec la profondeur.

#### VIII.1.1.2.4. Les courants de marée :

Relativement faibles loin des côtes, ils peuvent atteindre des vitesses de plusieurs mètres par seconde près des côtes. Ils affectent pratiquement toute la profondeur d'eau avec la même intensité. Comme ils varient lentement dans le temps. Ils peuvent être considérés comme constants à l'échelle de l'heure.

#### VIII.1.1.3. Propriétés physiques de l'eau de mer :

Les propriétés physiques de l'eau de mer jouent un rôle dans :

- La dynamique des mers par la variation de la salinité, la température et la pression.

## CHAPITRE VIII : CONCEPTION DE LA DIGUE MARITIME

---

- Les variations des tirants d'eau des navires en fonction de la salinité et de la température.
- La recherche des lieux de pêche.

### VIII.1.1.3.1. Température :

La capacité calorifique des mers est plus forte que celle de la terre (0.95 pour la mer contre 0,4 pour la terre) d'où l'inertie thermique bien connu des océans, il en résulte que les variations diurnes des températures de la surface de la mer sont faibles (1° au large, à 5° par petites profondeurs). Les variations annuelles sont de l'ordre de 2° à l'équateur, et aux pôles elles sont plus fortes dans les régions tempérées (5° à 10°). Sur les côtes algériennes la température est de 12° en hiver et 25° en été. En profondeur la température diminue rapidement jusqu'à 200m. Plus lentement ensuite pour atteindre 4° au-delà de 1000m.

### VIII.1.1.3.2. Densité :

Elle est importante pour le tirant d'eau des navires et elle est principalement liée à la salinité de l'eau. Tel que :  $\gamma_w = 1,026T/m^3$

### VIII.2.1.1.1. Principaux types d'ouvrages maritimes :

Les principaux types d'ouvrages maritimes sont les ouvrages poids, dont la stabilité est assurée par leur poids propre grâce au frottement qu'ils mobilisent au niveau de l'interface avec le sol de fondation. Nous distinguons principalement les digues.

### VIII.2.1.1. Dignes :

Terme très général qui couvre la majorité des ouvrages de protection des côtes et des ports. Leur fonction est de réduire l'action de la houle ou d'encourager la déposition de sédiments à l'arrière de l'ouvrage. Suivant la conception des ouvrages de protection contre la houle, on distingue généralement les types suivants :

- Les digues à talus.
- Les digues verticales.
- Les digues mixtes.
- Les digues de types spéciaux.

### VIII.2.1.1.1. Critère de choix :

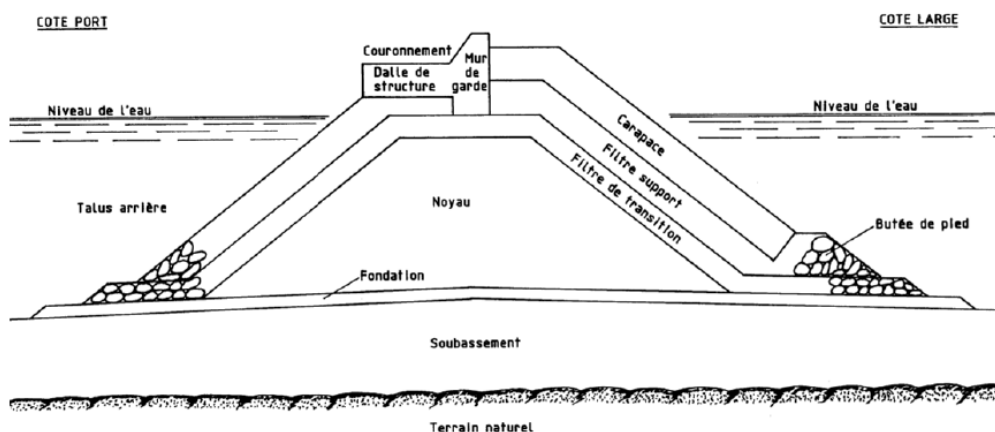
Une analyse multicritère est attachée à la partie annexe.

### VIII.2.1.1.2. Digue à talus :

Les digues à talus sont réalisées au moyen de matériaux rocheux et blocs plus ou moins grossiers, arrangés globalement sous la forme d'un trapèze qui va opposer à la progression de la houle une résistance d'autant plus efficace que le massif sera élevé et peu poreux. La structure est normalement constituée d'un noyau en tout venant, d'une ou plusieurs sous-couches et d'une carapace ; Elle est composée :

## CHAPITRE VIII : CONCEPTION DE LA DIGUE MARITIME

1. **Carapace** : C'est la partie de l'ouvrage qui reçoit directement la houle, sa stabilité est assurée par le poids unitaire  $W_i$ , des blocs naturels, ou artificiels à fort indice de vide (de 37% à 63%).
2. **Filtre** : Il est disposé entre le noyau et la carapace car il assure la transition entre ces deux couches, il empêche aussi l'entraînement par l'eau des matériaux fins du noyau vers l'extérieur. Le poids de ces éléments ne doit pas être inférieur au dixième (1/10) de ceux constituant la carapace. Si l'ouvrage est en eau profonde, ou moyennement profonde il n'est pas justifié de poursuivre les enrochements au de la d'une certaine profondeur et l'on dispose alors de ce que l'on appelle une butée de pied qui doit être malgré tout correctement réalisé, car elle a une double fonction :
  - Assure la butée de la base de la carapace
  - Résister aux affouillements Et si la profondeur le justifie, on dispose sur l'ensemble du corps de la digue de front de mer un matelas de matériaux appelé soubassement, justifié par la faible portance de sol de fondation diminuant ainsi les risques de tassement.
3. **Noyau** : Il constitue le cœur de la digue, en général on utilise le tout-venant, mais qui doit assurer une transition satisfaisante entre le soubassement au matériau fin ou le terrain naturel et le matériau les plus grossiers du filtre.
4. **Butée de pieds** : C'est un élément du profil parmi les plus importants pour stabilité.
5. **Soubassement** : Un soubassement général peut être envisagé lorsque la profondeur ou des caractéristiques faibles du sol de fondation le justifie.
6. **Tapis de pied** : Il est utilisé pour rattraper les irrégularités du terrain naturel afin de faciliter la mise en place des couches extérieures d'une part et à obtenir une protection anti-affouillement d'autre part, il est constitué de matériaux graveleux ou enrochements.
7. **Couronnement** : Il représente la superstructure, il a une grande importance sur la stabilité de la digue. Il assure les rôles suivants :
  - Protège la partie supérieure de l'ouvrage.
  - Assure la butée supérieure des blocs de la carapace.
  - Limite les franchissements.



Figures VII.2 - Les éléments constitutifs d'une digue à talus

### Inconvénients des digues à talus :

**Le franchissement :** Ce phénomène peut être évité par soit une superstructure résistante par son poids à la poussée du jet de lame, soit en élargissant la berme B de la crête de l'ouvrage ou en élevant la côte z d'arase de l'ouvrage.

### VIII.3. Présentation du projet

#### VIII.3.1. Localisation du site :

L'autoroute du port d'Oran est située au nord de la ville d'Oran, le projet qui a fait l'objet de notre étude se trouve au pied de la falaise de la Corniche Est d'Oran. À l'intérieur d'une zone côtière reliant le port d'Oran et le carrefour Canastel. Le tracé de la liaison autoroutière de la digue sur enrochement de 1630 m. se trouve inséré entre la falaise et la mer Méditerranée.

#### VIII.3.2. Collecte de données :

##### VIII.3.2.1. Géologie du fond marin :

La couverture sédimentaire du fond marin à la composition suivante :

##### Dépôts récents Pléistocène :

- Couche supérieure : vase noire ;
- Sable fin à moyen ;
- Calcaire lumachellique poreux.

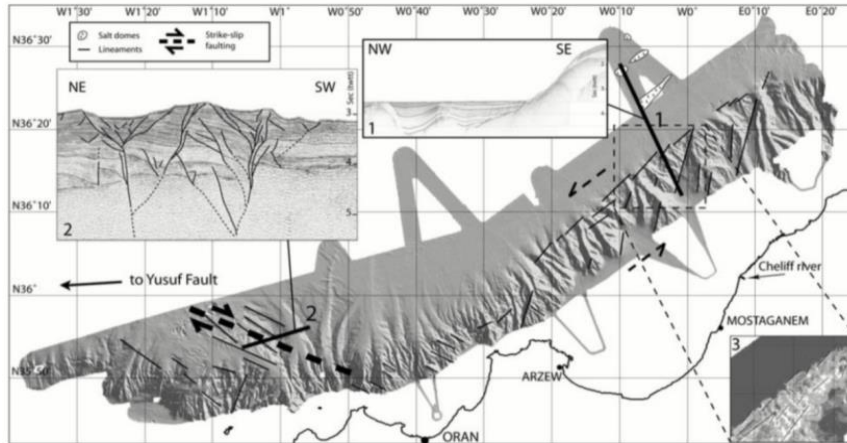
##### Dépôts Pliocène :

- Argile graveleuse sableuse,
- Marne verdâtre.

Ces formations géologiques concernent les dix (10) premiers mètres du fond marin. Le sol marin plus en profondeur, le socle du sous-sol marin, est fait de marne grise dure à très dure.

##### VIII.3.2.2. Données de la Bathymétrie :

Les données de bathymétrie multifaisceaux et de sismique réflexion de la campagne MARADJA'03 visant à identifier les structures géologiques du domaine marin du nord-ouest algérien, mettent en évidence une topographie relativement plane de la marge océanique au large des ports d'Oran et d'Arzew (IUEM, 2003). Au large d'Arzew, le plateau continental relativement plat s'étend sur une dizaine de kilomètres à 200 mètres de profondeur, avant de brusquement s'enfoncer à plus de 2600 mètres de profondeur. D'un point de vue géologique et tel qu'illustré par la **Figure VIII.3**, le plateau continental serait constitué des mêmes unités lithologiques observées sur la terre ferme, soit les marnes et les flyschs du complexe tellien.

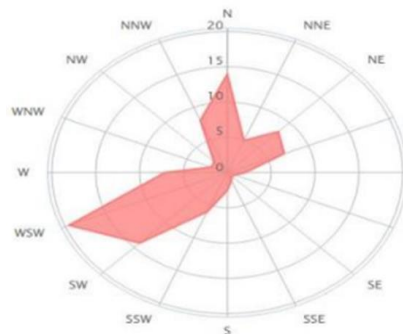


**Figures VIII.3** - Carte bathymétrique ombrée de la région d’Oran

Afin d’approfondir les données topographiques relevées dans la zone d’étude, la DTP a mandaté le Laboratoire d’Études Maritimes (L.E.M.) pour exécuter un levé bathymétrique complémentaire dans la zone d’extension du port d’Oran. Ce levé bathymétrique a été réalisé entre le 18 février et le 13 mars 2012 dans le but d’identifier les profondeurs de la mer méditerranéenne dans la zone du futur tronçon sur digue sur une superficie de 65 hectares. Il est important de préciser que ces relevés bathymétriques complémentaires ont été intégrés aux plans de cet avant-projet détaillé.

**VIII.5.2.3. Données hydrographiques et météorologique :**

En ce qui concerne les données hydrographiques et données du vent, ainsi représentées dans la figure suivante, nous les avons détaillé dans le chapitre II.



**Figures VIII.4** - Distribution de la direction du vent en (%)

**VIII.3.2.3.1. Données océaniques :**

Les caractéristiques des vagues en eaux profondes fournies par le LEM (Laboratoire d’études Maritimes) sont résumées dans le tableau suivant :

**Tableau VIII.1** - Les caractéristiques des vagues.

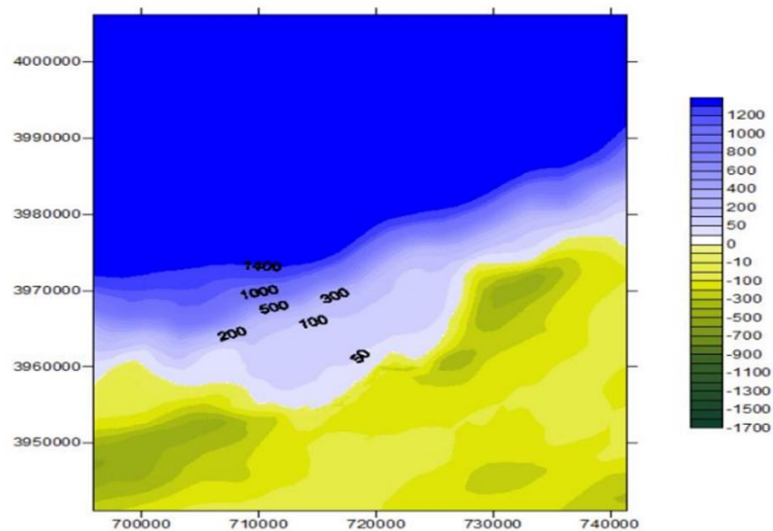
HS0 (m)	10.40
Tp (s)	12.90
$\frac{Hs0}{L0}$	0.044

### VIII.3.3. Caractéristiques des vagues

En utilisant les données des vagues en eaux profondes dans le tableau, l'étude de la transformation des vagues a été effectuée afin de définir la conception de la hauteur des vagues au pied de la structure à l'aide de la SWAN (Simulation Waves Near-shore).

#### VIII.3.3.1. Le modèle SWAN

Le modèle SWAN est un modèle mathématique numérique de propagation (par réfraction induite sur les fonds) et de génération de la houle du large vers la côte. Il permet de calculer les fonctions de transfert entre le large et la côte et donc connaître l'état de mer local à partir de l'état de mer au large. La zone numérisée utilisée dans les simulations SWAN est illustrée à La figure suivante :



**Figure VIII.5** - La zone numérisée utilisée dans les simulations SWAN

#### VIII.3.3.1.1. Montée de la marée :

Les changements dus à la marée sont pris à 43 cm (Department of Commerce, USA, 2013).

#### VIII.3.3.1.2. Variations saisonnières :

La différence entre les niveaux moyens mensuels les plus élevés et les plus bas de la mer peut être prise égale à 37 cm.

## CHAPITRE VIII : CONCEPTION DE LA DIGUE MARITIME

### VIII.3.3.1.3. Montée du niveau de la mer :

La montée du niveau de la mer est égale à 1 mm/an (National Intelligence Council, 2009).

### VIII.3.3.1.4. Dénivellation due au vent :

Les valeurs de la dénivellation due au vent sont calculées à l'aide de l'équation suivante donnée dans l'OCDI, 2002 (The Overseas Coastal Area Développement Institute Of Japan. ,2002) Dans le calcul de la dénivellation due au vent, seules les caractéristiques de vagues en eau profonde ont été fournies par le LEM, les données de vent n'ont pas été données, Ainsi, afin de calculer la dénivellation due au vent, on a utilisé les données de vent de l'ECM WF (European Centre for Medium-range Weather Forecasts) : (36.ON ; 0,7W)

**Tableau VIII.2 - Les caractéristiques des vagues pour toutes les directions**

Direction	Hso (m)	Ts (sec)	Tave,10 (m/s)	Fetch (km)	Profondeur moyenne	Dénivellation due au vent
E	6.43	10.30	18.83	321.3	290	0.18
ENE	6.43	10.30	18.83	625.5	2780	0.04
NE	6.43	10.30	18.83	705.3	2660	0.05
NNE	6.43	10.30	18.83	416.1	2590	0.03
N	6.43	10.30	18.83	236.9	2580	0.02
NNO	6.43	10.30	18.83	203.9	2510	0.02
NO	6.43	10.30	18.83	273.7	2160	0.02
ONO	6.43	10.30	18.83	357.1	1520	0.04
O	6.43	10.30	18.83	266.9	1400	0.03

La dénivellation maximale, due au vent, peut être prise égale 0,18m.

### VIII.5.3.1.5. Effets Barométriques et de Coriolis

L'élévation additionnelle du niveau de la mer due aux effets de Coriolis et aux différences de pressions barométriques est supposée être de l'ordre de 10% de l'élévation totale de SWL due aux autres composants de surcote de tempête. L'élévation totale au-dessus du niveau d'eau actuel (SWL) due à la montée de la marée, aux variations saisonnières, à l'élévation de niveau de la mer due au réchauffement global, à la dénivellation due au vent, à la dénivellation des vagues est calculée de l'ordre de 1,32 m.

Cela étant, l'élévation du niveau de la mer due aux effets de Coriolis et aux différences de pressions barométriques a été trouvée égale à 0.13m.

### VIII.3.3.1.6 Dénivellation de la vague

La hausse totale du niveau moyen de l'eau sur le littoral en raison de la rupture de vague aléatoire (Dénivellation totale de la vague) est la somme statique (Dénivellation moyenne de la vague) et dynamique (battement de déferlement) composantes de dénivellation des vagues.

Les niveaux d'eau extrêmes des surcotes de tempête pour les plus défavorables (critiques) sont données dans le tableau suivant :

**Tableau VIII.3 - La variation de niveau d'eau selon différents facteurs.**

<b>Montée de la marée (m)</b>	<b>0.43 m</b>
<b>Variation saisonnières</b>	<b>0.37 m</b>
<b>Montée du niveau de la mer</b>	<b>0.10 m</b>
<b>Dénivellation due au vent</b>	<b>0.18 m</b>
<b>Dénivellation de la vague</b>	<b>0.24 m</b>
<b>Effet barométrique de Coriolis</b>	<b>0.13 m</b>
<b>Elévation totale</b>	<b>1.45 m</b>

Les niveaux de l'eau des surcotes de tempête pour un événement de tempête extrême avec une période de retour de 100 ans, devant le revêtement est de 1,45m de l'actuelle SWL.

### VIII.3.3.2. Les fonctions des enrochements naturels :

- Faire du volume (noyau).
- Assurer la protection des fines contre l'action de la mer (couches de filtre).
- Protéger le tout contre l'action de la houle (carapace).

## CHAPITRE VIII : CONCEPTION DE LA DIGUE MARITIME

### VIII.3.3.3. Critère de choix entre enrochements naturels et blocs artificiels

Le choix dépend de :

- De la qualité, de la quantité et de la taille des enrochements naturels disponibles (une carrière pourra rarement fournir en quantité suffisante des enrochements supérieurs à 6-10t).
- De la distance à la carrière (coût et temps de transport).
- Des contraintes environnementales (passage des camions en centre-ville ...).
- Du volume de la carapace et donc du coût (des talus plus raides en une seule couche peuvent être obtenus avec des blocs artificiels).

Sauf cas particuliers, pour une houle de projet H, la carapace sera composée par :

- Des enrochements naturels pour  $H < 3$  m.
- Des enrochements naturels ou des blocs artificiels pour  $3 < H < 4.5$  m
- Des blocs artificiels pour  $H > 4.5$  m.

### VIII.6. Prédimensionnement de la digue à talus :

Un profil type de la digue est attaché à la partie annexe.

**Tableau VIII.4 - Les caractéristiques des vagues**

<b>Hauteur des vagues significatives en eau profonde</b>	<b>Hs0</b>	<b>10.4 m</b>
<b>Période des vagues significatives en eau profonde</b>	<b>Ts</b>	<b>12.3 m</b>
<b>Profondeur de construction sélectionnée en pied</b>	<b>H</b>	<b>9.0 m</b>
<b>Hauteur significatives des vagues au pied de la structure</b>	<b>Hs</b>	<b>7.0 m</b>
<b>Période de pointe des vagues</b>	<b>Tp</b>	<b>12.9 m</b>

**Tableau VIII.5 - Matériaux utilisés pour la digue à talus**

<b>Section</b>	<b>Matériaux</b>
<b>Carapace</b>	<b>Des bloc Antifer « BCR »</b>
<b>Filtre support</b>	<b>Enrochement naturels anguleux</b>
<b>Filtre de transition</b>	<b>Enrochement naturels anguleux</b>
<b>Noyau</b>	<b>Tous venants de carrière TVC</b>
<b>Butée de pieds</b>	<b>Enrochements naturels</b>

## CHAPITRE VIII : CONCEPTION DE LA DIGUE MARITIME

Tableau VIII.6 - Calcul de dimensionnement de la digue

Le poids de la carapace	$W_{\text{carapace}} = \frac{\gamma_s H_s^3}{K_d \left(\frac{\gamma}{\gamma_w} - 1\right)^3 \text{ctg}\alpha}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour la pente 3/2 : W carapace = 38.1 T</li> <li>• Pour la pente 2/1 : W carapace = 23 T</li> </ul>
L'épaisseur de la carapace	$e = \left(\frac{W}{\gamma_s}\right)^{\frac{1}{3}} n_i c$	e = 4.7 m
Diamètre médiane Dn50	$D_{n50,ca} = \left(\frac{W_{\text{carapace}}}{\gamma_s}\right)^{\frac{1}{3}}$	Dn50 = 2.12
Nombre de bloc par unité de surface pour la carapace	$N_s = \left(\frac{\gamma_s}{W}\right)^{\frac{2}{3}} (1 - n) n_i c$	27 blocs par 100 m <sup>2</sup>
Largeur de la crête B(m)	$B = 4 \times D_{n50,ca}$	B = 9 m
La première sous couche constituée d'enrochements naturels	$W_{\text{filtre}} = \frac{W_{\text{carapace}}}{10}$	W filtre = 2,3 T
Epaisseur de la première sous couche	$e = \left(\frac{W}{\gamma_s}\right)^{\frac{1}{3}} n_i c$	e1 = 2.3 m
Diamètre médian sous couche	$D_{n50,sous-couche} = \left(\frac{W_{\text{filtre}}}{\gamma_s}\right)^{\frac{1}{3}}$	D n50,sous-couche= 0.96 m
Nombre de blocs par unité de surface pour la sous-couche	$N_s = \left(\frac{\gamma_s}{W}\right)^{\frac{2}{3}} (1 - n) n_i c$	157 blocs par 100 m <sup>2</sup>
La butée de pied	$W_{\text{butée}} = \frac{0,1}{K_D} \left[ \frac{\gamma_s H_s^3 \tan \alpha}{\left(\frac{\gamma}{\gamma_w} - 1\right)^3} \right] \frac{H_s}{h}$	W butée = 3 T

## CHAPITRE VIII : CONCEPTION DE LA DIGUE MARITIME

Épaisseur de la butée de pied	$e_b = \left(\frac{W}{\gamma_s}\right)^{\frac{1}{3}} n_{ic}$	$e_b = 2,3 \text{ m}$
Diamètre médian	$D_{n50, \text{sous-couche}} = \left(\frac{W_{\text{butée}}}{\gamma_s}\right)^{\frac{1}{3}}$	$D_{n50, \text{butée}} = 1,04 \text{ m}$
Largeur de la butée	$L_b = 4 \times D_{n50, \text{butée}}$	$L_b = 4,2 \text{ m}$
Position des butées de pied	$h_t : 7 \leq h_t$	$h_t = 7 \text{ m}$
Dimensionnement du noyau	$W_{\text{noyau}} = \frac{W_{\text{carapace}}}{4000}$	$W_{\text{noyau}} = 5,75 \times 10^{-3} T$
Largeur du noyau	Doit permettre la circulation de deux camions ou un camion et une grue $B_n = 12 \text{ m}$ (1 camion + 1 grue)	

# **CHAPITRE IX :**

# **OUVRAGES D'ART**

### CHAPITRE IX : OUVRAGES D'ART

#### IX.1. Ouvrage 1 : Viaduc

Dans le cadre de la Liaison Autoroutière reliant Le Port D'Oran à l'autoroute Est Ouest Sur 26 Km 1ère Tranche Sur 08 Km. Cet ouvrage permet de franchir des reliefs Difficile et donnée une conformité du tracé routière du (PK : 5+625— PK : 6+750)

##### IX.1.1. Les données de projet :

###### IX.1.1.1. Les données fonctionnelles :

Les données fonctionnelles rassemblent des caractéristiques permettant au pont d'assurer sa fonction d'ouvrage de franchissement à sa mise en service et à terme compte tenu de phasage fonctionnelle éventuel Pour cela il est nécessaire de définir les caractéristiques des voies portées.

###### IX.1.1.1.1. Obstacle à franchir :

Le site devant recevoir l'ouvrage, fait partie d'une zone montagneuse, dont l'axe du viaduc traverse un oued pour joindre les deux culées.

###### IX.1.1.2. Données géologiques :

Dans la région d'étude, les formations rocheuses d'âge Mio—Pliocène composées essentiellement de même, au-dessus desquelles on retrouve, des calcaires et des grès poreux d'âge Pléistocène. Les grès et des grès- marneux (disposés en alternance) sont les formations les plus représentées et celles fréquemment observées dans la zone d'étude. Les hautes falaises caractérisant la région de Canastelle sont constituées de grès—calcaire avec des alternances de marne en position horizontale à subhorizontale d'âge Pliocène. Ces formations sont observées à la fois sous forme massive et vacuolaire. D'autre part, les dépôts récents sont représentés par des sables siliceux et du gravier recouvert de terre végétale.

###### IX.1.1.3. Sismicité :

Selon le RPO, notre région d'étude se situant dans la Wilaya d'Oran appartient à la zone 2a classée de sismicité moyenne.

#### IX.1.2. Variante de conception retenue :

##### Pont à poutres préfabriquée en béton précontraint par post- tension :

Le pont à poutres précontraintes par posttension est parmi les types de pont les plus utilisés dans le domaine des ouvrages d'art. Le tablier est formé de travées indépendantes, constituées chacune par un nombre de poutres préfabriquées. Son principe consiste à reprendre Le poids propre de la poutre par une armature active, qui est l'armature de précontrainte. Ce type de

## CHAPITRE IX : OUVRAGES D'ART

---

tablier permet d'atteindre des portées importantes, ce qui le situe au haut de gamme des ouvrages courants. Le domaine d'emploi de la structure correspond en effet à des portées de 30 à 45 mètres.

### IX.1.2.1. Les avantages et les inconvénients de la variante :

#### IX.1.2.1.1. Avantages

- La préfabrication permet de diminuer le délai d'exécution de l'ouvrage
- Les ponts à poutres ne nécessitent pas beaucoup d'entretien
- Possibilité de franchir des grandes portées
- Béton toujours comprimé qui limite la fissuration
- Bonne protection des armatures d'acier
- La possibilité d'assembler des éléments préfabriqués sans échafaudage ni bétonnage
- Le fonctionnement isostatique de ce type de structure, la rend insensible aux tassements différentiels des appuis et aux effets du gradient thermique.

#### IX.1.2.1.2. Inconvénients :

- Sensibilité au tassement différentiel des appuis.
- La nécessité de fabriquer du béton plus résistant principalement avant 28 jours.
- La nécessité de qualification de la main d'œuvre pour l'exécution de la précontrainte (pré tension et post tension) en même temps la vérification de la pose des gaines et câbles et pour la mise en tension des câbles.
- Surcoût de transport des poutres préfabriquées si le chantier est loin du site de fabrication.

### IX.1.2.2. Caractéristiques de l'ouvrage :

Les caractéristiques de l'ouvrage fixé par le tracé routier de la liaison Autoroutière sont :

#### Viaduc Gauche :

- Longueur : 1126 m
- Largeur du tablier : 15,60 m
- La pente 2,91%

#### Viaduc Droite :

- Longueur : 1125 m
- Largeur de tablier : 15,60 m
- La pente 2,91%

Le profil en travers est l'ensemble des éléments qui définissent la géométrie et les équipements de la voie dans le sens transversal.

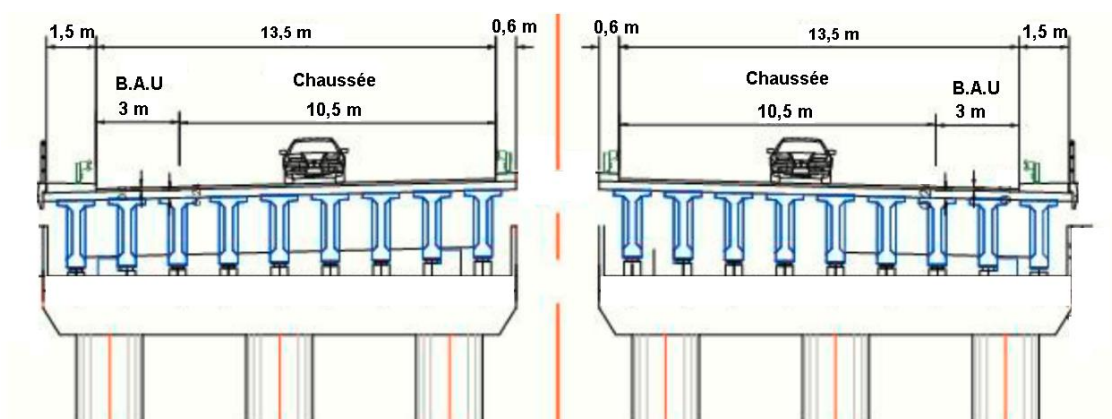


Figure IX.1 - Profil en travers du viaduc

### IX.2. Ouvrage 2 : Tunnel

#### IX.2.1. Localisation de la section tunnel :

La réalisation du tunnel Bitubes représente la dernière section de la pénétrante du port d'Oran en sa première tranche de 08 Km, Le tunnel se localise au nord de la ville d'Oran traversant ainsi la zone du CANASTEL constituée d'une partie de la forêt de CANASTEL située au niveau de l'entrée du tunnel et d'une zone urbaine à sa sortie.

#### IX.2.2. Présentation de section tunnel :

Le tunnel de la pénétrante fait partie de la première tranche de cette liaison autoroutière, qui traverse le massif par deux tubes espacés d'environ 14 m avec une longueur longitudinale totale d'environ 2 Km. Ce dernier démarre du portail d'entrée depuis le PK 6+800.00 pour atteindre le portail de sortie se situant au PK 8+950.00 du tracé de la liaison autoroutière du port.



Figure IX.2 - Portail d'entrée ainsi que l'intérieur du tunnel

#### IX.2.3. Caractéristiques du tunnel :

Ce tunnel est constitué d'une partie linéaire de 1150 m de longueur et d'une partie courbe d'un rayon de courbure en plan  $R=975$  m. Ce tracé définit une chaussée de trois (03) voies pour chacun des deux tubes pour une largeur totale de 14 m avec une pente longitudinale de 2,86%.



**CHAPITRE X :**  
**DESCRIPTION DES**  
**INSTALLATIONS**  
**AUXILIAIRES**

### CHAPITRE X : DESCRIPTION DES INSTALLATIONS AUXILIAIRES

#### X.1. Signalisation :

##### X.1.1. Introduction

La signalisation routière est un outil de communication essentiel pour l'utilisateur de la route. Elle désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés le long de la route, elle est destinée à assurer la sécurité des usagers, en les informant des dangers et des prescriptions

##### X.1.2. Règles à respecter pour la signalisation routière :

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

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Éviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

##### X.1.3. Objectif de la signalisation :

La signalisation routière a pour objectif :

- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police;
- L'alerte à l'utilisateur
- La retenue des véhicules.
- Le repérage géographique, le guidage, l'information et autres fonctions.

##### X.1.4. Types de signalisation

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale : qui comprend les panneaux, les balises, les bornes et les feux tricolores.
- Signalisation horizontale : elle est désignée par des marquages au sol.

###### X.1.4.1. Signalisation verticale

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

- Signalisation de police (Danger, prescription et indication)
- Signalisation de direction
- Signalisation de localisation

## CHAPITRE X : DESCRIPTION DES INSTALLATIONS AUXILIAIRES

---

Les panneaux doivent respecter les principes de base de la signalisation et, en tout premier lieu, favoriser la valorisation des panneaux en installant seulement ceux qui sont utiles, sans surcharger la route.

Dans un deuxième temps, lorsque des panneaux doivent être vus en même temps, il faut respecter le principe de la concentration et les positionner de façon à ce que l'utilisateur puisse les voir d'un seul coup d'œil.

Finalement, à la suite de la concentration, il faut assurer la lisibilité des panneaux. Ainsi, il est important que le message soit précis et concis. De plus, l'implantation doit être faite à une distance suffisante pour permettre la compréhension.

Dans un autre ordre d'idée, il est important que tous les panneaux possèdent une pellicule rétro réfléchissante pour assurer une bonne visibilité.

### X.1.4.1.1. Signalisation de police :

Elle sert à indiquer ou rappeler les diverses prescriptions ou encore à donner les informations relatives à la bonne compréhension de la route. Les panneaux seront conformes aux normes européennes.

#### a) Signalisation de danger :

Elle comporte les dispositifs d'annonce et de balisage des courbes en fonction de leurs rayons sur les bretelles de sortie et d'entrée des échangeurs, compte tenu des caractéristiques géométriques du tracé en plan.

Les panneaux de danger sont installés aux endroits stratégiques où il faut attirer l'attention des usagers de la route, afin qu'ils redoublent de vigilance dans les secteurs présentant des obstacles.

Ces obstacles peuvent être causés par :

- La structure de la route : virages, dos-d'âne, chaussée rétrécie, ...
- L'état de la route ou son environnement, chaussée glissante, chute de pierres, ...
- Des dispositions adaptées à la rencontre d'autres voies de communication : pont mobile, barrière de passage à niveau ;
- Les conditions de circulation des véhicules et des piétons : endroit fréquenté par les enfants, circulation à double sens succédant à une section à sens unique, ...
- Des dispositions ou des circonstances locales : sortie d'usine, voisinage d'une carrière exploitée à la mine, ...

#### b) Signalisation de prescription :

Les panneaux de prescription ont pour objectif de porter à la compréhension des usagers de la route des interdictions et des obligations propres aux normes de la route. Ce type de panneaux se divise en quatre catégories : panneaux d'interdiction, panneaux d'obligation, panneaux de fin de prescription et panneaux de prescription zonale. Les panneaux de prescription doivent ainsi être implantés dans la zone où la recommandation est valide et être localisés à toutes les intersections concernées. Ainsi, pour le tracé de la liaison autoroutière donnant accès au port d'Oran, toute une gamme de panneaux de prescription sont prévus.

### c) Signalisation d'indication :

Les panneaux d'indication informant l'utilisateur de la route des directions vers des Wilayas, des routes, des rues et autres. De manière plus précise, une pré signalisation est installée afin d'anticiper la direction et diriger les usagers vers les voies appropriées. Ainsi, pour le tracé de la liaison autoroutière donnant accès au port d'Oran, sur 8 km, de nouveaux panneaux d'identification et des portiques de signalisation ont été prévus.

#### X.1.4.1.2. Signalisation de direction :

Le but de la signalisation de direction est de permettre aux usagers de la route de suivre sans erreur ni hésitation l'itinéraire qu'ils se sont fixé.

#### X.1.4.1.3. Signalisation de localisation :

L'objectif de la signalisation de localisation est de porter à la connaissance des usagers de la route : Le nom d'un lieu traversé par la route, Les routes nationales, Les chemins de wilaya..

#### X.1.4.2. Signalisation horizontale

La signalisation horizontale est un marquage appliqué sur la chaussée pour faciliter le guidage de l'utilisateur de la route. Cette signalisation améliore la fluidité de la circulation, aide au confort des usagers et améliore la sécurité routière. Le marquage permet notamment de délimiter les différentes voies de la chaussée et indique le mouvement de la circulation. Cette signalisation est un complément essentiel à la signalisation verticale. Ainsi, pour le tracé de la liaison autoroutière donnant accès au port d'Oran, une peinture blanche perlée, rétro réfléchissante, est proposée pour le marquage routier.

La signalisation horizontale se divise en trois types :

##### X.1.4.2.1. Marquages longitudinaux :

- Lignes axiales, on distingue les lignes continues infranchissables, lignes discontinues, lignes de dissuasion ;
- Lignes de rive ;
- Lignes de délimitation de vitesse.

##### X.1.4.2.2. Marquages transversaux :

- Lignes d'arrêt
- Lignes « céder le passage »
- Passage pour piétons.

##### X.1.4.2.3. Marquages complémentaires :

- Flèches de sélection de rives
- Flèches de rabattement
- Indications particulières.

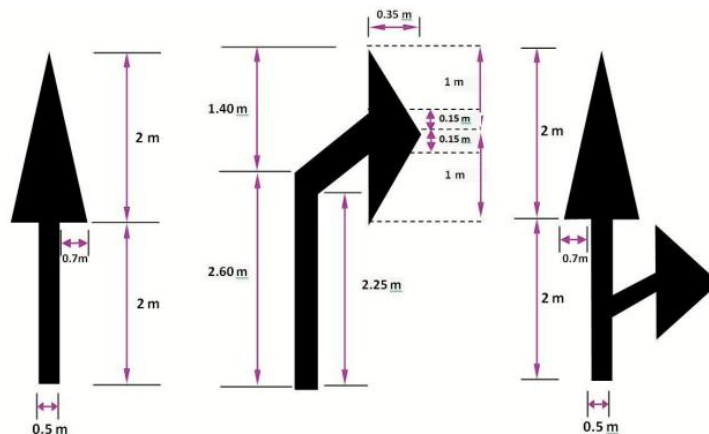


Figure X.1 - Flèches de sélection

**X.1.4.2.4. Dimensions des marquages :**

La largeur des lignes est définie par rapport a une largeur unité «u» différente selon le type de route ; on adopte les valeurs suivantes pour « u »

- U = 7,5 cm sur autoroute.
- U = 6 cm sur routes nationales et voies urbaines.
- U = 5 cm sur les autres routes.

**X.1.4.2.5. Modulation des lignes discontinues :**

Trois types de modulation ont été retenus, se différenciant par rapport des pleins aux vides ; ces modulations (tirets plus intervalles) sont des multiples ou sous-multiples de 13 (m).le tableau ci-après donne leurs caractéristiques :

Tableau X.1 - modulation des lignes discontinue

Type de modulation	Longueur de trait (en m)	Intervalles entre 2 traits successifs (en m)	Rapport plein vide
T <sub>1</sub>	3,00	10,00	Environ 1/3
T' <sub>1</sub>	1,50	5,00	
T <sub>2</sub>	3,00	3,50	Environ 1
T' <sub>2</sub>	0,50	0,50	
T <sub>3</sub>	3,00	1,33	Environ 3
T' <sub>3</sub>	20,00	6,00	

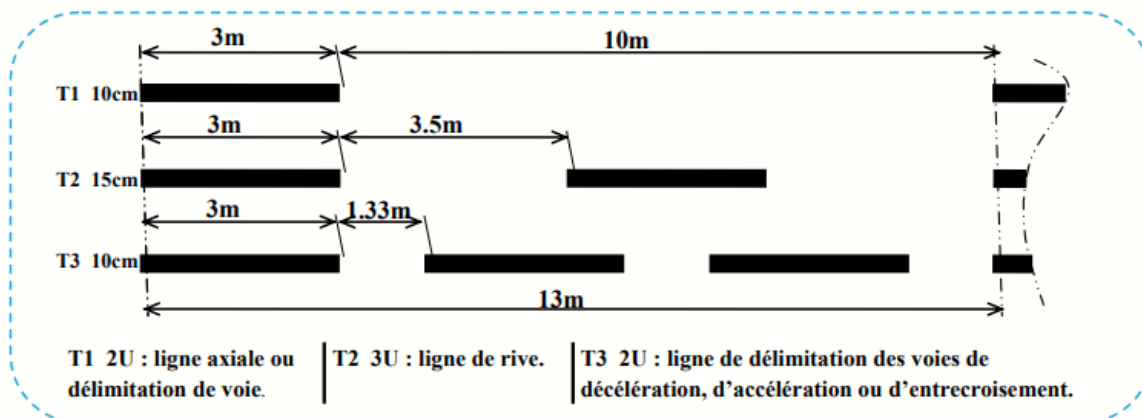


Figure X.2 - modulation des lignes discontinue

- **Lignes discontinues** : guider et faciliter la libre circulation et autorisation de dépassement.
- **Lignes continues** : pour indiquer les limites de la chaussée



Figure X.3 - Les lignes continues et les lignes discontinues

### X.1.5. Application au projet

Dans le cadre de notre étude, tout en respectant les critères énoncés précédemment ainsi que la réglementation Signalisation et marquages routière Algérienne.

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

#### X.1.5.1. Signalisation verticale :

Le tableau de la signalisation verticale est attaché à la partie annexe VII.

#### X.1.5.2. Signalisation horizontale :

Sur le projet de la liaison autoroutière, les modules de lignes suivantes sont utilisés :

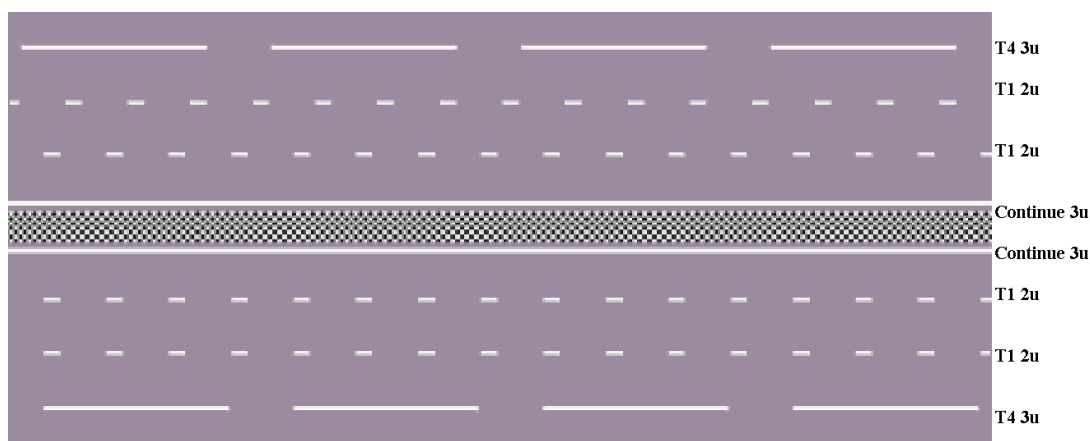
- Ligne de rive longitudinale de couleur blanche, de type T4, largeur 3u ;
- Ligne axiale longitudinale de couleur blanche, de type T1, largeur 2u ;
- Ligne de rive continue de couleur blanche, d'une largeur de 3u.

La variable « u » désigne la largeur de la ligne et est définie selon le type de route à l'étude. Pour le projet de la liaison autoroutière, nous avons considéré que  $u = 7,5$  cm. Cette variable est recommandée pour les autoroutes et les routes à chaussée séparée.

**Tableau X.3 - Planche type de marquage**

Type	Désignation	Largeur (cm)
Continue	Délimitant les chaussées et le TPC	3u
Discontinue T1	Délimitant les différentes voies	2u
Discontinue T4	Délimitant les BAU	3u

La figure ci-dessous illustre les différents types de lignes précédentes :



**Figure X.4 – Planche type de marquage**

**X.2. Dispositifs de retenue :**

Sur la liaison autoroutière reliant le port d’Oran à la 1ère Rocade Sud, des glissières de sécurité sont projetées systématiquement au niveau du terre-plein central ainsi que sur l’accotement, sans égard à la présence d’obstacles. Cependant, plusieurs facteurs ont été pris en considération pour établir le choix du type de dispositif de retenue des véhicules, contre les sorties accidentelles de chaussée, présents sur un ou plusieurs des tronçons de la liaison autoroutière. Tous ces éléments ont permis de faire un choix de glissières offrant un niveau acceptable de sécurité tout en permettant de minimiser le besoin d’entretien :

- Les fortes pentes, jusqu’à 5 % du profil en long ;
- Le haut talus, du côté de la falaise, qui est très abrupte ;
- Le fort achalandage des véhicules lourds ;
- La proximité du bord de mer.

L’implantation systématique de glissières est conforme aux instructions de l’ICTAAL pour les autoroutes de liaison, qui recommande des barrières de sécurité sur le terre-plein central et sur l’accotement des autoroutes. Les glissières sont de niveau 1, conçues pour assurer la retenue latérale des véhicules légers sur les autoroutes, voies rapides et routes de rase campagne.

### X.2.1. Application au projet :

#### X.2.1.1. Glissières sur bandes dérasées de droite :

Sur les bandes dérasées de droite, un séparateur simple en béton adhérent (GBA) est prévu. Ce dispositif est un muret continu coulé en place faiblement armé dans la partie supérieure, avec une largeur à la base de 50 cm.

La GBA est positionnée à la limite des bandes dérasées. Un espace de 1,0 m entre la face avant de la glissière en béton et la crête de la dénivellation du fossé bétonné ou du talus est prévu, conformément aux règles d'implantation qui demandent un espace minimal de 60 cm. Par ailleurs, des ouvertures de 45 cm x 12,5 cm de hauteur sont prévues aux 10 m dans la GBA pour permettre le passage d'eau vers le fossé bétonné, situé de chaque côté des chaussées.

#### X.2.1.2. Glissières sur bandes dérasées de gauche :

Au niveau de la bande dérasée de gauche (terre-plein central), des séparateurs simples en béton adhérent (GBA) sont prévus dos-à-dos. Ce dispositif est un muret continu coulé en place et faiblement armé dans la partie supérieure. La largeur du terre-plein central entre les faces des GBA est de 1,3 m minimum sur la majorité du tronçon de la route du Port.

#### X.2.1.3. Glissières de sécurité sur les tabliers du viaduc :

Les tabliers du viaduc ont des surlargeurs de 0,60 m à gauche, supportant une glissière de sécurité ancrée directement au tablier, ainsi que de 1,6 m à droite afin de permettre l'intégration d'un trottoir de 1 m de large et d'une glissière de sécurité de 0,6 m.

### X.3.Éclairage :

#### X.3.1. Introduction :

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible.

Pour l'automobiliste, il s'agit de percevoir distinctement en les localisant avec certitude et dans un temps utile, les points singuliers de la route et les obstacles éventuels autant que possible sans l'aide des projecteurs de route ou de croisement.

Pour le piéton, une bonne visibilité de bordure de trottoir, des véhicules et des obstacles ainsi que l'absence de zones d'ombre sont essentiels.

#### X.3.1.1. Catégories d'éclairages publics :

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

### X.3.1.2. Paramètres de l'implantation des luminaires :

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

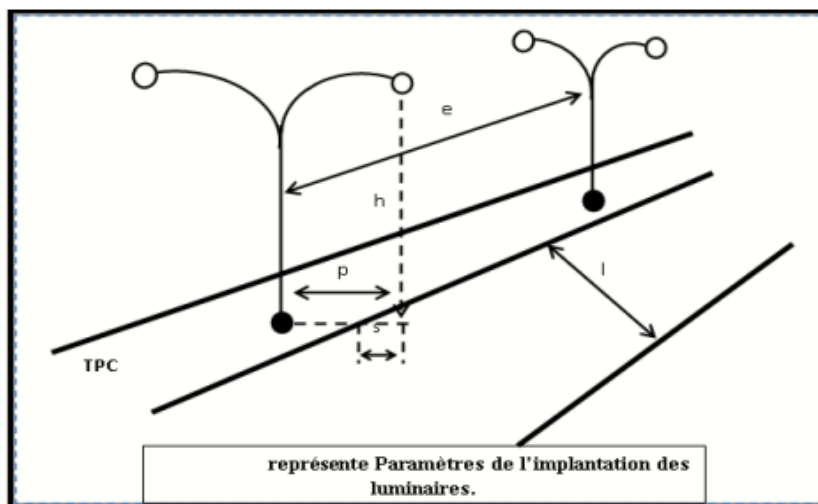


Figure X.5 - les paramètres de l'implantation des luminaires

### X.3.2. Application au projet :

Sur la liaison autoroutière reliant le port d'Oran à la 1ère Rocade Sud, un éclairage a été aménagé à l'intérieur du terre-plein central, sauf sur les tabliers du viaduc, où les unités d'éclairage seront fixées aux glissières du côté droit

Pour des raisons économiques et de fiabilité, un éclairage routier de type LED a été privilégié avec un espacement de 25 m prévu entre chaque unité d'éclairage, afin d'assurer le niveau d'éclairage requis et un certain niveau d'uniformité tout au long du tracé.

Sur l'ensemble de la liaison autoroutière, à l'exception du viaduc, le réseau d'éclairage est caractérisé par des fûts de 11 m de hauteur à double potence, comportant des bras de 1,0 m de longueur avec une inclinaison de  $10^\circ$ , encastrés à l'intérieur du terre-plein central. Leur disposition répond à la classe d'intensité lumineuse G3 et à l'indice d'éblouissement D.6.

Au niveau du viaduc, le réseau d'éclairage est caractérisé par des fûts de 10 m de hauteur à simple potence, comportant une inclinaison de  $10^\circ$ , fixés sur des massifs de béton ou sur la glissière de sécurité du viaduc à l'extérieur de la bande dérasée de droite. Leur disposition répond à la classe d'intensité lumineuse G2 et à l'indice d'éblouissement D.6.

**CHAPITRE XI : ETUDE  
D'IMPACT SUR  
L'ENVIRONNEMENT**

### CHAPITRE XI : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

#### **XI.1. Introduction :**

L'étude d'Impact sur l'Environnement (EIE) est un instrument privilégié dans la planification du développement, de l'utilisation des ressources et du territoire en Algérie comme ailleurs. Elle est effectuée au moment de la conception, et actualisée en cas de modifications

L'EIE prend en compte l'environnement du projet dans sa globalité. Les enjeux portent sur la population, la santé humaine, la biodiversité, le sol, les terres, l'eau, l'air, le climat, la consommation des ressources, etc.

#### **XI.2. Objectif de l'étude d'impact sur l'environnement :**

L'étude d'impact sur l'environnement est une exigence réglementaire pour les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), et vise plusieurs objectifs phares, notamment :

- Favoriser une conception responsable des divers travaux, ouvrages et projets d'aménagement (stations d'essence en Algérie et ailleurs, activités hydrocarbures, projets routiers, projets miniers, projets touristiques, cimenteries, stations d'épuration, barrages, huilerie ... ) ;
- Appliquer les exigences de la loi du pays et/ou celle d'un partenaire (bailleur de fond) : L'étude d'impact sur l'environnement s'inscrit clairement dans le principe de prévention et celui d'intégration ;
- Mesurer les impacts environnementaux afin de justifier vos choix en tant qu'investisseur et/ou exploitant quant aux mesures d'élimination, de réduction et/ou de compensation des conséquences dommageables ;
- Préserver l'environnement de tout type de pollution ;
- Sécuriser le projet en engageant la participation des parties intéressées à la décision finale.

#### **XI.3. Les sources d'impacts :**

##### **XI.3.1. Phase de construction :**

- Aménagement et organisation du chantier (ex. : Aménagement des chantiers et des voies d'accès, gestion des déchets, débris et carburant, etc.)
- Travaux en milieu marin (construction du tronçon sur digue avec enrochement) ;
- Travaux de déboisement ou de défrichage de la végétation ;
- Travaux d'excavation et de terrassement, tant en milieu marin que terrestre ;
- Construction de la chaussée et des infrastructures connexes.
- Circulation des camions et de la machinerie ;
- Disposition des matériaux de déblayage ;

- Remise en état des lieux à la fin des travaux.

### XI.3.2. Phase d'exploitation :

- Présence de l'autoroute et de ses infrastructures ;
- Circulation routière.

### XI.4. Composantes environnementales et enjeux locaux :

La description de l'état initial du milieu d'insertion a permis d'identifier les principales composantes environnementales susceptibles d'être affectées par le projet. Ces composantes comprennent notamment les éléments suivants :

**Tableau XI.1** - Les différentes composantes environnementales du projet.

MILIEU PHYSIQUE	MILIEU BIOLOGIQUE	MILIEU HUMAIN
<ul style="list-style-type: none"><li>▫ Sols et relief</li><li>▫ Eaux de surface</li><li>▫ Eaux souterraines</li><li>▫ Qualité de l'air</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▫ Végétation terrestre</li><li>▫ Végétation aquatique</li><li>▫ Faune terrestre et son habitat</li><li>▫ Faune aquatique et son habitat</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▫ Milieu bâti</li><li>▫ Milieu agricole</li><li>▫ Circulation routière</li><li>▫ Infrastructures publiques</li><li>▫ Tourisme</li><li>▫ Climat sonore</li><li>▫ Paysage</li></ul>

### XI.4. Mesures d'atténuation et de compensation

#### XI.4.1. Milieu physique

##### XI.4.1.1. Protection des sols et du milieu hydrique

###### XI.4.1.1.1. Contrôle de l'érosion :

- Dès le début des travaux, stabiliser les terrains susceptibles d'être érodés par des paillis ou la disposition d'enrochement.
- Planifier le calendrier des travaux afin de minimiser la durée des travaux d'excavation ou de terrassement à réaliser pendant la saison des pluies.
- Limiter au strict nécessaire le décapage, le déblayage, l'excavation, le remblayage et le nivellement des aires de travail, afin de respecter la topographie naturelle ;
- Mettre en place un réseau de fossés de drainage afin de favoriser l'écoulement normal des eaux de surface.

###### XI.4.1.1.2. Gestion des déblais :

- Au début des travaux de décapage, conserver le sol arable et les déblais, et les entreposer temporairement sur le site afin de pouvoir les réutiliser à la fin des travaux.
- Éviter, dans la mesure du possible, d'entreposer les déblais dans les secteurs de pente prononcée.

- Maximiser la réutilisation des déblais excédentaires.

### **XI.4.1.1.3. Produits pétroliers et matières dangereuses :**

- Prendre les précautions possibles lors du ravitaillement des véhicules et de la machinerie sur le site des travaux afin d'éviter d'éventuels déversements. Par exemple, effectuer l'approvisionnement en carburant des véhicules et des équipements, ainsi que l'entretien des engins et des véhicules de chantier, dans une aire réservée à cette fin et adéquatement aménagée pour récupérer les huiles et autres résidus.
- Équiper les aires d'entreposage des matières dangereuses avec des dispositifs permettant d'assurer une protection contre tout déversement accidentel et conserver sur place une trousse d'urgence de récupération des produits pétroliers et chimiques.
- Nettoyer périodiquement les aires de travaux de manière à débarrasser ces lieux de tout déchets ou décombres et de toute installation temporaire devenue inutile. Ceci incluant les matières résiduelles accumulées dans les décharges sauvages localisées dans la zone d'emprise des travaux.
- Aménager des regards séparateurs d'huile et de graisse afin de limiter la pollution générée par les eaux pluviales, en captant les huiles et les sédiments, dans les portions plus sensibles comme le tronçon sur digue d'enrochement. Ces ouvrages doivent être en mesure d'emprisonner les matériaux lourds accrochés aux matières en suspension.

### **XI.4.1.1.4. Protection de la qualité de l'air :**

- Utiliser, par temps sec ou lorsque nécessaire, des abats poussières sur les chemins d'accès au chantier, et au besoin sur les routes asphaltées avoisinantes et empruntées par les camions.
- Éviter de laisser tourner inutilement les moteurs afin de réduire la perturbation du milieu par les gaz d'échappement, la fumée, la poussière ou toute autre nuisance.
- Recouvrir à l'aide d'une bâche fixée solidement les camions transportant les matériaux granulaires (particules fines).

## **XI.4.2. Milieu biologique :**

### **XI.4.2.1. Végétation terrestre :**

- Avant le début des travaux, délimiter de façon claire les zones de déboisement (emprise, zones de travail, aires d'entreposage, chemin de circulation, voies d'accès, etc.).
- Limiter l'abattage des arbustes et des arbres au strict nécessaire et conserver la végétation naturelle, dans la mesure du possible.
- Identifier les arbres à abattre à l'aide de repères et procéder à la récupération des branches et du bois en vue de leur disposition.
- Éviter d'endommager ou de blesser les arbres situés à proximité de la zone immédiate des travaux.
- Ne pas circuler en dehors des aires de travail et des voies d'accès.

## CHAPITRE XI : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

---

- Forêt de Canastel : réaliser un projet de plantation avec, dans la mesure du possible, des espèces indigènes (pins maritimes, eucalyptus, oliviers, genévrier de Phénicie, pistachiers, alfa, etc.) selon une densité comparable ou supérieure aux superficies boisées détruites et si possible, avec des individus d'âge similaire à ceux ayant été coupés lors des travaux de déboisement.

### XI.4.2.2. Faune et flore aquatique :

- Avant le début des travaux, délimiter de façon claire les zones des travaux.
- Restreindre les travaux aux endroits spécifiquement identifiés aux plans et profils.
- Faire le suivi et documenter les impacts du projet sur les zones sensibles possiblement présentes à proximité des travaux, mais localisées hors de l'emprise (ex. corail rouge).

### XI.4.2.3. Faune terrestre et avienne et leurs habitats :

- Prévoir une surveillance environnementale et un projet de relocalisation pour les espèces (à statut particulier) facilement identifiables et pouvant être capturées et déplacées lors des travaux de construction (ex. : lézards, tortues, nids d'oiseaux, etc.).
- Au besoin, prévoir un périmètre de protection pour les sites de nidification d'oiseaux localisés hors emprise et planifier les chemins d'accès et les aires des travaux en conséquence.
- Si possible, effectuer les travaux en dehors des périodes de reproduction et d'élevage des jeunes des espèces présentes dans la zone d'étude.

### XI.4.3. Milieu humain :

#### XI.4.3.1. Milieu bâti, infrastructures publiques et circulation routière :

- Préalablement aux travaux et selon un délai suffisant, aviser la population de la date de début des travaux par l'entremise de journaux locaux.
- Prévoir la mise en place d'une signalisation routière adaptée informant les usagers de la route des travaux en cours et, au besoin, prévoir et afficher des trajets alternatifs.
- Respecter le calendrier des travaux.

#### XI.4.3.2. Activités agricoles : verger de figuiers

- À la fin des travaux, remettre les sols en place en respectant la stratigraphie agronomique de ceux-ci et recouvrir avec de la terre végétale.
- À la suite des travaux d'aménagement et de construction de la route sur la parcelle agricole, replanter des figuiers au prorata des plants détruits ou perdus lors des travaux.

#### XI.4.3.3. Climat sonore :

- Établir l'horaire de travail de façon à réaliser les travaux bruyants uniquement durant le jour (7h00 à 19h00).

## CHAPITRE XI : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

---

- S'assurer que les véhicules, la machinerie et les engins de chantier sont munis de silencieux performants et en bon état de fonctionnement.
- Arrêter les moteurs des équipements électriques ou mécaniques non utilisés, incluant également les camions en attente d'un chargement afin de réduire la perturbation du milieu par le bruit

### XI.4.3.4. Paysage :

- Valoriser l'intégration d'aménagements paysagers de part et d'autre de la chaussée de l'autoroute (ex. allée de pins et de palmiers, halte routière), et prévoir l'intégration des projets d'aménagements paysagers futurs (ex. jardin urbain méditerranéen).
- Lorsque la phase d'expansion du port d'Oran aura été complétée et que l'effet des vagues sera atténué par la présence du prolongement du brise-lame, végétaliser l'enrochement du tronçon sur enrochement afin de réduire l'impact visuel de celui-ci.

### XI.5. Conclusion :

De manière générale, les principaux impacts négatifs du projet surviendront pendant la phase de construction, la plupart de ceux-ci étant de nature temporaire. L'importance des impacts varie de faible à moyenne selon la composante visée. Un impact potentiel d'importance majeure a aussi été identifié sur la végétation terrestre, notamment dans le secteur de la forêt de Canastel où les travaux devront être réalisés méthodiquement afin de minimiser la superficie affectée. Les mesures d'atténuation contribueront toutefois à réduire l'importance de plusieurs impacts potentiels en phase de construction, les impacts résiduels étant généralement faibles à moyens.

En phase d'exploitation, les impacts résiduels seront généralement faibles à moyens, en raison des diverses mesures d'atténuation et de conception à mettre en place. Il importe toutefois de mentionner que la plupart des impacts positifs du projet sur l'environnement humain et naturel surviendront pendant la phase d'exploitation. Ces impacts comprennent principalement l'amélioration des conditions de circulation routière et de la qualité de l'air en ville par le détournement des camions vers une voie rapide, une meilleure desserte du port d'Oran ainsi qu'une augmentation du potentiel récréotouristique du secteur par l'amélioration de l'accessibilité pour les personnes provenant de l'extérieur de la métropole. Ces impacts positifs représentent les principaux éléments justificatifs du projet.

**CHAPITRE XII : ETUDE  
ECONOMIQUE ET  
FINANCIERE**

### CHAPITRE XII : ETUDE ECONOMIQUE ET FINANCIERE

L'évaluation des coûts de construction tient compte des contraintes majeures augmentant la complexité de la mise en œuvre des différents ouvrages :

- L'occupation de l'espace avoisinant ;
- La densité de population autour du site ;
- Le maintien des services quotidiens aux usagers et aux habitants du secteur pendant la construction ;
- Les mesures de protection de l'environnement et d'atténuation des impacts ;
- Les mesures de sécurité et le respect des normes de construction applicables.

Des données et paramètres relatifs à l'étude économique sont attaché à l'**annexe IX**.

**Tableau XII.1** - Tableau quantitatif et estimatif du projet

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DZD)	Montant (DZD)
<b>1. Opération préliminaire</b>				
Installation du chantier	Forfait	3% (2+3+4)		440 113 059,00
Etude d'exécution	Forfait (0.2%)	/	/	6 000 000,00
Compagne géotechnique complémentaire	Forfait (0.5%)	/	/	15 000 000,00
<b>Total partiel 1</b>				<b>461 113 059,00</b>
<b>2. Terrassement</b>				
Décapage de la terre végétale	m <sup>2</sup>	182 000	260	47 320 000,00
Déblais y compris transport à la zone de stockage ou à la décharge publique	m <sup>3</sup>	1877923,07	800	1 502 338 456,00
Remblai en provenance d'emprunt.	m <sup>3</sup>	906965,51	1200	1 088 358 612,00
<b>Total partiel 2</b>				<b>2 637 657 068,51</b>
<b>3. Construction de corps de chaussée</b>				

## CHAPITRE XII : ETUDE ECONOMIQUE ET FINANCIERE

Une couche de forme (40 cm GNT)	m <sup>3</sup>	67089,19	3000	201 267 570,00
Une couche de base en BCR (25cm)	T	167119,675	13000	2 172 555 775,00
Une couche de roulement en BB (6cm) (2,3t /m)	T	35056,554	8500	297 980 709,00
Couche d'imprégnation (1,5kg/m <sup>2</sup> )	T	403,68	80 000,00	32 294 400,00
Couche d'accrochage (0.3 kg/m <sup>2</sup> )	T	80,736	80 000,00	645 888,00
<b>Total partiel 3</b>				<b>2 704 744 342,00</b>
4. Assainissement				
Buses y compris tête de buse $\phi$ 800, $\phi$ 1000, $\phi$ 1200	ml	340	17000	5 780 000,00
Fossé trapézoïdal en béton	ml	10400	6500	67 600 000,00
<b>Total partiel 4</b>				<b>73 380 000,00</b>
5. Signalisation et équipements				
Ligne discontinue (T4)	ml	16880	35	590 800,00
Ligne continué	ml	16880	40	675 200,00
Ligne discontinue (T1)	ml	16880	25	422 000,00
Pose de glissière de sécurité type GS2	ml	16880	3500	59 080 000,00
Pose de séparateur en béton (DBA)	ml	5200	4500	23 400 000,00
<b>Total partiel 5</b>				<b>84 168 000,00</b>
6. Ouvrages d'art				
Viaduc	m <sup>2</sup>	/	/	4 364 161 929,00
Tunnel	m <sup>2</sup>	/	/	9 926 894 584,00
<b>Total partiel 6</b>				<b>14 291 056 510,00</b>
7. Digue maritime				
Carapace (Préfabrication, transport et mise en place des BCR 26T)	m <sup>3</sup>	340034.38	20000	68 006 876 000,00
Filtre support (Fourniture et mise en place des enrochements 2-4T)	m <sup>3</sup>	208711.72	2000	417 423 440,00

## CHAPITRE XII : ETUDE ECONOMIQUE ET FINANCIERE

Filtre de transition (Fourniture et mise en place des enrochements 0.4-2T)	m <sup>3</sup>	141083.02	2000	282 166 040,00
Contre butée (Fourniture et mise en place des enrochements 4-6T)	m <sup>3</sup>	132910.2	2000	2 65 820 400,00
Noyau(Fourniture et mise en place des enrochements 0-0.4T)	m <sup>3</sup>	959600.69	1200	1 151 520 828,00
Déblai	m <sup>3</sup>	3450.00	500	1 725 000,00
Remblai	m <sup>3</sup>	851900.00	600	511 140 000,00
<b>Coût total sur 1630 m</b>				<b>9 430 483 308,00</b>
<b>Total HT :</b>				<b>29 682 602 257,00</b>
<b>TVA 19% :</b>				<b>5 639 694 434,53</b>
<b>Total TTC :</b>				<b>35 322 296 721,53</b>

Total TTC en lettres : **Trente-cinq milliards, trois cents vingt-deux millions, deux cents quatre-vingt-seize mille, sept cent-vingt-un Dinars Algérien.**

# **CONCLUSION GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

La réalisation d'une autoroute reliant le port d'Oran à l'autoroute Est-Ouest en Algérie constitue un projet d'infrastructure d'une importance capitale pour le développement économique et la connectivité régionale du pays. À travers ce mémoire, nous avons examiné les différentes dimensions de ce projet ambitieux, en mettant en évidence les enjeux techniques, environnementaux et économiques qui lui sont associés.

Sur le plan technique, la conception de cette autoroute a nécessité une analyse approfondie des contraintes géographiques, des aspects de sécurité routière et de l'optimisation des flux de circulation. Les échanges avec les professionnels du domaine des Travaux Publics et du génie civil ont permis d'acquérir des connaissances précieuses pour la réalisation d'un tracé optimal et la mise en place d'infrastructures conformes aux normes de qualité et de sécurité.

L'aspect environnemental a également été pris en compte, avec une étude d'impact visant à minimiser les conséquences sur les écosystèmes, les ressources en eau et la qualité de l'air. Les mesures d'atténuation proposées dans ce mémoire offrent des solutions pour réduire l'empreinte environnementale de ce projet d'infrastructure d'envergure.

En ce qui concerne les aspects économiques, la réalisation de cette autoroute est susceptible de générer des bénéfices significatifs. L'amélioration de la connectivité entre le port d'Oran et l'autoroute Est-Ouest facilitera le transport des marchandises, stimulera les échanges commerciaux et favorise le développement économique des régions desservies par cette nouvelle infrastructure. Une analyse économique approfondie a permis d'évaluer les investissements nécessaires ainsi que les retours sur investissement à long terme.

Cependant, il convient de souligner que la réalisation d'un tel projet n'est pas sans défis. La coordination entre les différentes parties prenantes, y compris les autorités locales, les entreprises de construction et les résidents locaux, est essentielle pour assurer la réussite du projet et minimiser les éventuels impacts négatifs. Une gestion de projet efficace, basée sur une planification rigoureuse et une communication transparente, sera déterminante pour respecter les délais et le budget prévus.

En conclusion, la réalisation de l'autoroute reliant le port d'Oran à l'autoroute Est-Ouest en Algérie représente une étape significative dans le développement des infrastructures de transport du pays. Ce projet contribuera à renforcer la connectivité régionale, à faciliter les échanges commerciaux et à stimuler le développement économique des régions desservies. Cependant, il est essentiel de veiller à ce que les aspects techniques, environnementaux et économiques soient pris en compte de manière équilibrée afin de maximiser les avantages tout en minimisant les impacts négatifs.

Enfin, ce mémoire n'est qu'une étape dans la compréhension et l'analyse de ce projet. Il ouvre des perspectives pour des études futures approfondies

## **Bibliographie**

- L'ICTAAL Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison circulaire édition 2015 mise à jour 2021.
- B40 : Normes techniques d'aménagement des routes (MTP), Octobre 1977.
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 1,2,3 (CTTP) Novembre 2001.
- Guide technique Assainissement Routier, SETRA, Octobre 2006.
- Signalisation routière : arrêté et instruction interministérielle du 15 Juillet 1974.
- GTR (Guide des Terrassement Routiers, Réalisation des remblais et des couches de formes LCPC. SETRA .1992).
- L'instruction interministérielle sur la signalisation routière, Août 2009.
- Utilisation des enrochements dans ouvrages maritimes (Année 2006). Centre d'Etudes Technique
- Techniques de l'ingénieur, traité construction : ouvrages de protection contre la houle. Université du Havre, France. Daniel Caminade
- Short Protection Manual. Volume II, Army Coastal Engineering Reach Manual, CETMEF, Compiègne, France.
- Conception et dimensionnement des digues à talus F.REPORT et F.BOUTTES. (1997)
- Mémoire de fin d'études : Conception et étude d'un pont sur la liaison autoroutière reliant le port d'Oran à l'autoroute Est-Ouest 2019/2020
- Mémoire de fin d'études : Conception et étude du tunnel autoroutier de la pénétrante du port d'Oran 2019/2020

## **Webographie**

- <https://www.lafarge.dz>
- <https://www.scribd.com>
- <https://www.researchgate.net>

# **ANNEXES**

## Annexe V : Rapport géotechnique

**Tableau V.3 - Récapitulatifs des essais SPT**

<b>Type d'essai mécanique in situ</b>	<b>Sondages</b>	<b>N SPT</b>	<b>Profondeur (m)</b>
<b>ESSAI SPT</b>	<b>SV1</b>	<b>21</b>	<b>5.00</b>
	<b>SV1</b>	<b>41</b>	<b>7.00</b>
	<b>SV2</b>	<b>14</b>	<b>10.00</b>
	<b>SV2</b>	<b>39</b>	<b>4.00</b>
	<b>SV2</b>	<b>68</b>	<b>10.00</b>
	<b>SV3</b>	<b>17</b>	<b>5.00</b>
	<b>SV3</b>	<b>32</b>	<b>7.00</b>
	<b>SV3</b>	<b>22</b>	<b>10.00</b>
	<b>SV4</b>	<b>38</b>	<b>4.00</b>
	<b>SV4</b>	<b>56</b>	<b>10.00</b>

**Tableau V.4 - Essais en laboratoire**

<b>Types d'essais</b>	<b>Norme</b>
<b>Détermination de la teneur en eau</b>	<b>NFP 94-050</b>
<b>Analyse granulométrique</b>	<b>NFP 94-056</b>
<b>Analyse des particules fines par sédimentation</b>	<b>NFP 94-057</b>
<b>Masse volumique de sol</b>	<b>NFP 94-053</b>
<b>Mesure des limites d'Atterberg</b>	<b>NFP 94-051</b>
<b>Essais de cisaillement direct</b>	<b>NFP 94-071-1</b>
<b>Essai de compression à l'oedométrie</b>	<b>XP P 94-090-1</b>
<b>Résistance à la compression simple</b>	<b>NF P 18--406</b>

**Tableau V.5 - Description des caractéristiques du faciès sableux**

Description	Sable
	Sable fin à moyen à concrétion gréseuse parfois limoneux
Etat du matériau	Compact à dense
Poids volumique “ $\gamma_h$ ”	1.98 à 1.86
Poids volumique sec “ $\gamma_s$ ”	1.34 à 1.62
Cacao3 “%”	40 à 43
Angle de frottement interne “ $\varphi^\circ$ ”	27 à 43
Cohésion interne “ $c_u$ ”	0.16 à 0.45
Indice de plasticité “ $I_p$ ”	/
Limite de liquidité “ $w_l$ ”	/
Fine < à 18 um “%”	0.32 à 14.00

**Tableau V.6 - Description des caractéristiques du faciès gréseux**

Description	Sable
	Grès fin à moyen à moyennement à faiblement cimenté de coloration jaunâtre/ocre
État du matériau	Dureté faible à moyenne
Poids volumique “ $\gamma_h$ ”	2.07 à 2.62
Poids volumique sec “ $\gamma_s$ ”	/
Cacao3 “%”	33 à 48
Résistance à la compression uniaxiale kg/ cm <sup>2</sup>	19 à 96
Célérité m/s	1200 à 2350

## **Annexe VI : Étude comparative entre les trois variantes de dimensionnement**

### **1. Performances mécaniques :**

- Les MTB offrent généralement une bonne résistance à la déformation plastique, ce qui les rend adaptés aux charges de trafic lourdes. Ils peuvent également présenter une bonne résistance à la fissuration.
- Les MLH ont également de bonnes propriétés mécaniques, offrant une résistance à la déformation et une capacité portante élevées.
- Le BCR est connu pour sa résistance mécanique élevée, sa capacité à supporter des charges lourdes et sa résistance à la fissuration. Il peut également présenter une bonne résistance à la fatigue.

### **2. Durabilité :**

- Les MTB peuvent être sensibles aux variations de température et aux effets du vieillissement, nécessitant un entretien régulier pour maintenir leur performance.
- Les MLH sont généralement durables et résistants aux intempéries, mais peuvent nécessiter un entretien périodique pour prévenir la dégradation.
- Le BCR est réputé pour sa durabilité à long terme, nécessitant généralement moins d'entretien par rapport aux autres options.

### **3. Coût :**

- Les MTB peuvent être moins coûteux à court terme, mais peuvent nécessiter des coûts d'entretien plus élevés à long terme.
- Les MLH peuvent nécessiter des investissements initiaux plus élevés en raison des matériaux de liants hydrauliques, mais peuvent réduire les coûts d'entretien sur le long terme.
- Le BCR peut être plus coûteux à construire initialement, mais son entretien réduit peut en faire une option économique sur le long terme.

### **4. Durée de vie :**

- Les MTB ont généralement une durée de vie d'environ 15 à 20 ans, mais peuvent varier en fonction de l'entretien.
- Les MLH peuvent avoir une durée de vie de 15 à 25 ans, voire plus, en fonction des conditions spécifiques.
- Le BCR est réputé pour avoir une durée de vie de 30 à 50 ans, voire plus, avec un entretien approprié.

### **5. Impact environnemental :**

- Les MTB peuvent générer des émissions de CO<sub>2</sub> lors de leur production et nécessitent une consommation de bitume, une ressource non renouvelable.
- Les MLH utilisent des liants hydrauliques, qui peuvent être produits de manière plus durable, réduisant ainsi leur impact environnemental.
- Le BCR est considéré comme plus respectueux de l'environnement car il utilise moins de matériaux fossiles et peut être recyclé à la fin de sa vie utile.














- Impact environnemental : Elles peuvent avoir un impact plus fort sur les habitats naturels et les écosystèmes côtiers en raison de leur forme verticale.

### 3) Digue mixte :

- Adaptabilité au site : Les digues mixtes combinent des caractéristiques des digues à talus et des digues verticales, offrant une certaine flexibilité dans leur utilisation.
- Stabilité : Elles peuvent fournir une stabilité adéquate en répartissant les forces de l'eau sur une combinaison de surfaces inclinées et verticales.
- Résistance à l'érosion : La combinaison de surfaces inclinées et verticales peut améliorer la résistance à l'érosion.
- Coûts de construction : Les coûts de construction peuvent varier en fonction des proportions des différentes composantes de la digue mixte.
- Impact environnemental : L'impact environnemental dépend de la conception spécifique de la digue mixte et de son interaction avec les écosystèmes côtiers.

### Annexe VIII : Signalisation verticale du projet.

Désignation	Type de panneaux	Définition
<b>Signalisation de prescription</b>		
	<b>b6d</b>	<b>Arrêt et stationnement interdit</b>
	<b>B12</b>	<b>Accès interdit aux véhicules dont la hauteur</b>
	<b>b14</b>	<b>Limitation de vitesse</b>
	<b>B29</b>	<b>Panneau d'obligation Allumez vos feux implanté avant l'entrée du tunnel</b>

<b>Signalisation de danger</b>		
	<b>A1b</b>	<b>Virage à gauche</b>
	<b>A1a</b>	<b>Virage à droite</b>
	<b>A1d</b>	<b>Succession de virages</b>
<b>Signalisation d'indication</b>		
	<b>C111</b>	<b>Entrée du tunnel</b>
	<b>CE30</b>	
	<b>J4</b>	<b>Balise de signalisation de virage</b>
<b>Signalisation de localisation</b>		
	<b>D29</b>	<b>Signalisation type de route : Autoroute</b>

## **Annexe IX : Données et paramètres du calcul de rentabilité**

### **Analyse de la clientèle**

Le taux d'accroissement annuel du trafic préconisé dans l'étude est de 4,2 % dans les scénarios avec l'extension du port.

### **Évaluation des coûts d'entretien et d'exploitation routier**

Les coûts d'entretien courant qui interviennent une fois au cours de l'année sont de l'ordre de :

♣ 3 millions de DA/km pour une autoroute à 2x3 voies.

Quant aux coûts d'entretien périodique qui consistent à mettre en place un rechargement (couche) en béton bitumineux de 7 cm d'épaisseur chaque sept (7) ans, ils sont de l'ordre de :

♣ 30 millions de DA pour une autoroute à 2x3 voies.

### **Coûts d'exploitation des véhicules (CEV) :**

Les CEV peuvent être définis pour le parc de véhicules comme étant l'addition de frais variables et de frais fixes suivants :

#### **1) Frais variables :**

- Le coût de consommation de carburant ;
- Le coût de consommation de lubrifiant ;
- Le coût provenant de la consommation des pneumatiques ;
- Le coût d'entretien et de réparation.

#### **2) Frais fixes :**

- Le coût d'amortissement et d'intérêt ;
- Le coût d'assurance ;
- Le coût de l'équipe de conduite ;
- Le coût du temps des passagers ;
- Le coût de l'administration et de frais généraux.

La variabilité est fonction des caractéristiques géométriques et de l'état de surface de la route et des distances moyennes que chaque véhicule parcourt en une année.

Les coûts d'exploitation, au kilomètre, des véhicules retenus sont estimés à :

- **CEV VL pour variantes projet 7.04 DA/km et 9.62 DA/km actuel ;**
- **CEV PL pour variantes projet 38.87 DA/Km et 45.14 DA/km actuel.**

### **Indicateurs de rentabilité :**

À partir d'un taux d'actualisation de 5 % un certain nombre d'indicateurs sont utilisés dans l'évaluation économique des projets routiers :

- La valeur actualisée nette pour un taux d'actualisation donné (VAN);
- Le taux de rentabilité interne (TRI);
- Et le taux de rentabilité immédiate

**Valeur actualisée nette (VAN) :** C'est la somme actualisée, au taux d'actualisation en vigueur, des avantages du projet, diminués de toutes les dépenses d'investissement de construction, d'entretien et d'exploitation actualisées à la même date. Pour un investissement public, il suffit que cette valeur soit positive pour que l'investissement soit rentable.

**Taux de rentabilité interne (TRI) :** Le taux de rentabilité interne du projet est la valeur du taux d'actualisation rendant nulle la valeur actualisée nette. C'est l'intérêt maximal que le projet peut rapporter, compte tenu des ressources engagées, si le projet doit permettre de récupérer l'investissement et les coûts d'exploitation et rester encore en équilibre.

**Taux de rentabilité immédiate :** C'est le rapport entre l'avantage de la première année d'exploitation du projet ( non actualisé) et le coût économique d'investissement réalisé l'année précédant la mise en service (non actualisé), il est employé pour calculer la date optimale de réalisation du projet, c'est-à-dire l'année où le bénéfice actualisé est maximal.