

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية فرنسيس جانسون



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

# Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

# Thème

**Étude en APD du dédoublement de la RN63  
entre Birkhadem et Saoula avec conception  
d'un échangeur et de trois carrefours  
giratoires**

**Présenté par :**

ARFI Billel

BENABDELLAH Anwar Abdelkader

**Encadré par :**

Mr. ASSAS Taqiyeddine

Promotion 2025/2026

©ENSTP-FJ - Garidi – Vieux Kouba

# Remerciements

Avant tout, je remercie Allah le Tout-Puissant de m'avoir accordé la santé, la patience, la volonté et le courage nécessaires pour mener à bien ce travail et achever mes études.

J'adresse mes plus sincères remerciements à mes chers parents pour leur amour, leurs sacrifices, leurs encouragements permanents et leur soutien indéfectible tout au long de mon parcours universitaire. Leur confiance et leurs efforts ont été une source de motivation essentielle pour la réalisation de ce mémoire.

J'exprime également ma profonde gratitude à mon encadreur, **Monsieur ASSAS Taqiyddine**, pour sa disponibilité, ses précieux conseils, son accompagnement et son aide tout au long de ce travail.

Je tiens aussi à remercier ma famille, mes amis et mes collègues pour leur soutien moral, leurs encouragements et leur accompagnement durant toute la période de préparation de ce projet.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration et à l'aboutissement de ce mémoire.

**ARFI Billel**

## **Remerciements**

Je remercie avant tout Allah, le Tout-Puissant, pour m'avoir donné la force, la volonté et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.

Que je dédie :

A celle qui a passé sa vie pour mon confort et mes études, qui a fait de moi un homme fort, mon refuge après Allah, ma joie et mon bonheur,

Ma chère Maman : RAZIKA.

A Mon cher Papa : SAMI

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'affection et l'amour que j'éprouve envers vous.

Puisse ce travail être une légère récompense de vos soutiens moraux et tous vos sacrifices pour assurer mon bien être et mon éducation.

Que dieu vous garde et protège pour nous et vous accorde la santé et le bonheur.  
Merci du fond du cœur.

Je remercie également Mes chères collègues de L'ENSTP et mes Potes.

**Benabdallah anwer abdelkader**

# Résumé

Dans le cadre de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en Travaux Publics, nous avons réalisé une étude portant sur le dédoublement de la Route Nationale n°63 entre Saoula et Birkhadem.

Ce projet a pour objectif d'améliorer les conditions de circulation sur cet axe routier qui connaît un trafic important et des problèmes de congestion. L'étude comprend une analyse du trafic afin de justifier le dédoublement de la route et de répondre aux besoins futurs des usagers.

Par la suite, une étude géométrique a été réalisée conformément aux normes en vigueur, comprenant le tracé en plan, le profil en long et les profils en travers à l'aide du logiciel Civil 3D. Afin d'assurer une circulation fluide et sécurisée, un échangeur a été conçu au niveau du projet.

L'étude a également porté sur le dimensionnement de la chaussée, l'assainissement routier et l'évacuation des eaux pluviales. Une étude d'impact sur l'environnement a été effectuée pour identifier les effets du projet et proposer les mesures nécessaires pour les réduire.

Enfin, un devis quantitatif et estimatif a été établi afin d'évaluer le coût global des travaux.

**Mots-clés :** RN63, Saoula, Birkhadem, Dédoublement, Échangeur, Civil 3D, Assainissement, Environnement.

# Abstract

As part of obtaining the State Engineer degree in Public Works, we carried out a study on the widening and duplication of National Road No. 63 between Saoula and Birkhadem.

The main objective of this project is to improve traffic conditions along this road section, which experiences heavy traffic and congestion problems. The study includes a traffic analysis to justify the road duplication project and to meet the future needs of road users.

Subsequently, a geometric design study was conducted in accordance with the applicable standards, including the horizontal alignment, longitudinal profile, and cross-sections using Civil 3D software. In order to ensure smooth and safe traffic flow, an interchange was designed within the project area.

The study also covered pavement design, road drainage, and stormwater evacuation systems. An environmental impact assessment was carried out to identify the potential effects of the project and propose the necessary mitigation measures.

Finally, a quantity and cost estimate was prepared to evaluate the overall cost of the project.

**Keywords :** RN63, Saoula, Birkhadem, Road Duplication, Interchange, Civil 3D, Drainage, Environment.

## ملخص

في إطار الحصول على شهادة مهندس دولة في الأشغال العمومية ، قمنا بإعداد دراسة تخص مشروع ازدواجية الطريق الوطني رقم 63 بين كل من السحولة وبئر خادم

يهدف هذا المشروع إلى تحسين ظروف السير على هذا المحور الطرقي الذي يعرف حركة مرور كثيفة ومشاكل ازدحام متكررة. وتشمل الدراسة تحليلاً لحركة المرور من أجل تبرير مشروع الازدواجية والاستجابة للاحتياجات المستقبلية لمستعملي الطريق

بعد ذلك، تم إنجاز دراسة هندسية وفقاً للمعايير المعمول بها، شملت إعداد المسار الأفقي، والمقطع الطولي، والمقاطع العرضية باستعمال سيفيل 3د

ومن أجل ضمان انسيابية حركة المرور وسلامة مستعملي الطريق، تم تصميم مبدل طرقي على مستوى المشروع

كما شملت الدراسة تصميم هيكل الرصف، ودراسة التصريف وتصريف مياه الأمطار. وتم كذلك إنجاز دراسة لتقييم الأثر البيئي بهدف تحديد التأثيرات المحتملة للمشروع واقتراح الإجراءات اللازمة للتقليل منها

وفي الأخير، تم إعداد كشف كمي وتقديري من أجل تقييم التكلفة الإجمالية للمشروع

**الكلمات المفتاحية:** الطريق الوطني رقم 63، السحولة، بئر خادم، الازدواجية، المبدل الطرقي، سيفيل 3د، التصريف، البيئة

# Sommaire

|            |                                                |           |
|------------|------------------------------------------------|-----------|
| <b>I</b>   | <b>Introduction générale</b>                   | <b>1</b>  |
| <b>II</b>  | <b>Présentation Du Projet</b>                  | <b>3</b>  |
| II.1       | Introduction :                                 | 4         |
| II.2       | Objectifs du projet de dédoublement RN63 :     | 4         |
| II.3       | Présentation de la wilaya d'alger :            | 5         |
| II.4       | Relief de la région d'étude (sahel algerois) : | 6         |
| II.5       | Description du tracé :                         | 6         |
| II.6       | Hydrologie générale :                          | 7         |
| II.7       | Climatologie :                                 | 7         |
| II.8       | Caractéristiques de notre projet :             | 7         |
| <b>III</b> | <b>Etude De Trafic</b>                         | <b>8</b>  |
| III.1      | Introduction :                                 | 9         |
| III.2      | Analyse de trafic :                            | 9         |
| III.2.1    | Comptage :                                     | 9         |
| III.2.2    | Connaissance des flux (Enquêtes) :             | 9         |
| III.3      | Différents types de trafic :                   | 9         |
| III.4      | Catégorie de la route :                        | 9         |
| III.5      | Environnement de la route :                    | 10        |
| III.6      | Les données du trafic :                        | 10        |
| III.7      | Projection future de trafic :                  | 11        |
| III.7.1    | Le trafic de l'année de mise en service :      | 11        |
| III.7.2    | Le trafic a l'année horizon :                  | 11        |
| III.7.3    | Le trafic effectif :                           | 11        |
| III.7.4    | Débit de pointe horaire normal :               | 12        |
| III.7.5    | Débit horaire admissible :                     | 12        |
| III.8      | Nombre des voies :                             | 13        |
| III.9      | Conclusion :                                   | 13        |
| <b>IV</b>  | <b>Etude Geotechnique</b>                      | <b>14</b> |
| IV.1       | Introduction :                                 | 15        |
| IV.2       | Reconnaissances géotechniques :                | 15        |
| IV.2.1     | Essai limites d'Atterberg :                    | 15        |
| IV.2.2     | Essai Proctor modifié :                        | 16        |
| IV.2.3     | Essai CBR imbibé à 4 jours :                   | 16        |
| IV.2.4     | Analyse granulométrique :                      | 16        |
| IV.2.5     | Classification GTR :                           | 17        |
| IV.3       | Conclusion :                                   | 17        |

|           |                                                                             |           |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>V</b>  | <b>Dimensionnement du corps de chaussée</b>                                 | <b>18</b> |
| V.1       | Introduction :                                                              | 19        |
| V.2       | Dimensionnement de la structure :                                           | 19        |
| V.2.1     | Démarche générale du catalogue algérien :                                   | 19        |
| V.2.2     | Données climatiques :                                                       | 20        |
| V.2.3     | Détermination du réseau principal :                                         | 20        |
| V.2.4     | Détermination de la classe du trafic ( $TPL_i$ ) :                          | 21        |
| V.2.5     | Classe de Portance du Sol Support :                                         | 22        |
| V.2.6     | Choix de la structure de chaussée :                                         | 22        |
| V.2.7     | Durée de vie :                                                              | 24        |
| V.2.8     | Calcul du trafic cumulé ( $TC_i$ ) :                                        | 24        |
| V.2.9     | Calcul du trafic cumulé équivalent ( $TCE_i$ ) :                            | 24        |
| V.3       | Caractéristiques de la structure :                                          | 25        |
| V.3.1     | Sol support :                                                               | 25        |
| V.3.2     | Couche de fondation :                                                       | 26        |
| V.3.3     | Couche de base :                                                            | 26        |
| V.3.4     | Couche de roulement :                                                       | 27        |
| V.3.5     | Les conditions aux interfaces :                                             | 27        |
| V.4       | Vérification des déformations :                                             | 28        |
| V.4.1     | Déformation du sol support :                                                | 28        |
| V.4.1.1   | Calcul des déformations admissibles sur le sol support $\epsilon_{z,adm}$ : | 28        |
| V.4.1.2   | Calcul des déformations verticales sur le sol support $\epsilon_z$ :        | 28        |
| V.4.1.3   | Vérification des déformations :                                             | 29        |
| V.4.2     | Déformations de traction :                                                  | 29        |
| V.4.2.1   | Calcul des déformations admissibles de traction $\epsilon_{t,adm}$ :        | 29        |
| V.4.2.2   | Calcul des déformations de traction $\epsilon_t$ :                          | 31        |
| V.4.2.3   | Vérification des déformations :                                             | 31        |
| V.5       | Conclusion :                                                                | 31        |
| <b>VI</b> | <b>Etude Geometrique</b>                                                    | <b>32</b> |
| VI.1      | Introduction :                                                              | 33        |
| VI.2      | Tracé en plan :                                                             | 33        |
| VI.2.1    | Définition :                                                                | 33        |
| VI.2.2    | Recommandations pour la Conception du Tracé en Plan d'une Route :           | 33        |
| VI.2.3    | Les éléments constituant le tracé en plan :                                 | 34        |
| VI.2.3.1  | Les alignements droits :                                                    | 34        |
| VI.2.3.2  | Les arcs de cercle :                                                        | 34        |
| VI.2.3.3  | Les raccordements progressifs (Clothoïdes) :                                | 37        |
| VI.3      | Profil en long :                                                            | 38        |
| VI.3.1    | Définition :                                                                | 38        |
| VI.3.2    | Règles à Respecter pour le Profil en Long d'une Route :                     | 38        |
| VI.3.3    | Coordination du Tracé en Plan et du Profil en Long :                        | 39        |
| VI.3.4    | Caractéristique géométrique du profil en long :                             | 39        |
| VI.3.4.1  | Déclivité :                                                                 | 39        |
| VI.3.4.2  | Rayons minimaux :                                                           | 40        |
| VI.4      | Le Profil en Travers :                                                      | 41        |
| VI.4.1    | Définition :                                                                | 41        |
| VI.4.2    | Classification du profil en travers :                                       | 41        |

|             |                                                                         |           |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| VI.4.2.1    | Profil en travers type : . . . . .                                      | 41        |
| VI.4.2.2    | Profil en travers courant : . . . . .                                   | 41        |
| VI.4.3      | Les éléments constitutifs du profil en travers : . . . . .              | 42        |
| VI.4.4      | Les pentes transversales : . . . . .                                    | 42        |
| VI.5        | Conclusion : . . . . .                                                  | 43        |
| <b>VII</b>  | <b>Cubatures et volumes des matériaux</b>                               | <b>44</b> |
| VII.1       | Introduction : . . . . .                                                | 45        |
| VII.2       | Volumes de terrassements : . . . . .                                    | 45        |
| VII.3       | Volumes des matériaux : . . . . .                                       | 45        |
| VII.4       | Conclusion : . . . . .                                                  | 45        |
| <b>VIII</b> | <b>Ouvrages de soutènement</b>                                          | <b>46</b> |
| VIII.1      | Introduction : . . . . .                                                | 47        |
| VIII.2      | Murs de soutènement en BA : . . . . .                                   | 47        |
| VIII.2.1    | Prédimensionnement de mur : . . . . .                                   | 47        |
| VIII.2.1.1  | Le voile (Paroi verticale) : . . . . .                                  | 48        |
| VIII.2.1.2  | La semelle de fondation : . . . . .                                     | 48        |
| VIII.2.1.3  | Dispositif de décharge hydrostatique : . . . . .                        | 48        |
| VIII.2.2    | Prédimensionnement pour une hauteur de 5 mètres ( $H = 5,00$ m) . . .   | 48        |
| VIII.2.2.1  | Le voile (Paroi verticale) . . . . .                                    | 48        |
| VIII.2.2.2  | La semelle de fondation . . . . .                                       | 49        |
| VIII.3      | Soutènement modulaire par blocs en béton : Système ATALUS . . . . .     | 49        |
| VIII.3.1    | Fonctions de soutènement et domaines d'application . . . . .            | 49        |
| VIII.3.2    | Qualités techniques et caractéristiques mécaniques de l'Atalus 50 . . . | 50        |
| VIII.3.3    | Avantages constructifs et économiques . . . . .                         | 50        |
| VIII.3.4    | Intégration paysagère et environnementale . . . . .                     | 50        |
| VIII.3.5    | Mise en œuvre des ATALUS 50 . . . . .                                   | 51        |
| <b>IX</b>   | <b>Assainissement</b>                                                   | <b>52</b> |
| IX.1        | Introduction : . . . . .                                                | 53        |
| IX.2        | Objectifs de l'assainissement : . . . . .                               | 53        |
| IX.3        | Conception technique des ouvrages : . . . . .                           | 53        |
| IX.4        | Les bassins versants : . . . . .                                        | 54        |
| IX.5        | Méthodologie hydrologique : . . . . .                                   | 55        |
| IX.5.1      | Formule rationnelle : . . . . .                                         | 55        |
| IX.5.2      | Coefficient de ruissellement : . . . . .                                | 55        |
| IX.5.3      | Intensité de pluie : . . . . .                                          | 56        |
| IX.5.4      | Temps de concentration : . . . . .                                      | 56        |
| IX.6        | Calcul des débits de crue : . . . . .                                   | 56        |
| IX.6.1      | Exemple de calcul détaillé (Bassin versant BV1) : . . . . .             | 56        |
| IX.6.2      | Récapitulatif des débits de crue : . . . . .                            | 57        |
| IX.7        | Les ouvrages hydraulique : . . . . .                                    | 57        |
| IX.7.1      | Les ouvrages transversaux : . . . . .                                   | 57        |
| IX.7.2      | Les ouvrages longitudinaux : . . . . .                                  | 57        |
| IX.7.2.1    | Les avaloirs : . . . . .                                                | 58        |
| IX.8        | Conclusion : . . . . .                                                  | 59        |
| <b>X</b>    | <b>Etude de carrefour :</b>                                             | <b>60</b> |

|             |                                                   |           |
|-------------|---------------------------------------------------|-----------|
| X.1         | Introduction :                                    | 61        |
| X.2         | Types de carrefour :                              | 61        |
| X.3         | Principes généraux d'aménagement d'un carrefour : | 61        |
| X.4         | Aménagement des carrefours :                      | 62        |
| X.4.1       | Premier carrefour :                               | 62        |
| X.4.2       | Deuxième carrefour :                              | 63        |
| X.4.3       | Troisième carrefour :                             | 63        |
| X.5         | Conclusion :                                      | 65        |
| <b>XI</b>   | <b>Conception de l'échangeur</b>                  | <b>66</b> |
| XI.1        | Introduction :                                    | 67        |
| XI.2        | Choix de type d'échangeur :                       | 67        |
| XI.3        | Aménagement de l'échangeur :                      | 67        |
| XI.3.1      | le giratoire :                                    | 67        |
| XI.3.2      | Les Bretelle :                                    | 68        |
| XI.3.2.1    | Trace en plan :                                   | 68        |
| XI.3.2.2    | Profil en long :                                  | 69        |
| XI.3.2.3    | Profil en travers :                               | 69        |
| XI.3.2.4    | Raccordement avec l'autoroute :                   | 69        |
| <b>XII</b>  | <b>Ouvrages d'art</b>                             | <b>72</b> |
| XII.1       | Introduction :                                    | 73        |
| XII.2       | Conception des ouvrages d'art :                   | 73        |
| XII.3       | Pré-dimensionnement du tablier :                  | 73        |
| XII.4       | Conclusion :                                      | 75        |
| <b>XIII</b> | <b>Signalisation et éclairage public</b>          | <b>76</b> |
| XIII.1      | Introduction :                                    | 77        |
| XIII.2      | Signalisation :                                   | 77        |
| XIII.2.1    | Principes de base de la signalisation routière :  | 77        |
| XIII.2.1.1  | Principe de légalité                              | 77        |
| XIII.2.1.2  | Principe de nécessité                             | 77        |
| XIII.2.1.3  | Principe de visibilité                            | 77        |
| XIII.2.1.4  | Principe d'uniformité                             | 77        |
| XIII.2.1.5  | Principe de hiérarchisation                       | 78        |
| XIII.2.2    | Signalisation horizontale (marquage au sol) :     | 78        |
| XIII.2.2.1  | Caractéristiques générales des marquages :        | 78        |
| XIII.2.2.2  | Les lignes longitudinales :                       | 78        |
| XIII.2.2.3  | Les lignes transversales :                        | 79        |
| XIII.2.3    | Signalisation verticale (panneaux) :              | 79        |
| XIII.2.3.1  | Classification des panneaux :                     | 79        |
| XIII.2.3.2  | Dimensions des panneaux :                         | 80        |
| XIII.2.3.3  | Panneaux retenus :                                | 80        |
| XIII.3      | Éclairage public :                                | 80        |
| XIII.3.1    | Principe de l'éclairage public :                  | 80        |
| XIII.3.2    | Classification de la voie selon EN 13201 :        | 80        |
| XIII.3.3    | Choix des équipements d'éclairage :               | 81        |
| XIII.3.3.1  | Type de luminaires :                              | 81        |
| XIII.3.3.2  | Description des équipements :                     | 82        |

|            |                                                          |           |
|------------|----------------------------------------------------------|-----------|
| XIII.3.4   | Disposition et espacement des candélabres : . . . . .    | 82        |
| XIII.3.4.1 | Sections courantes : . . . . .                           | 82        |
| XIII.3.4.2 | Carrefours giratoires : . . . . .                        | 82        |
| XIII.3.5   | Calcul du nombre de candélabres : . . . . .              | 83        |
| XIII.3.5.1 | Sections courantes : . . . . .                           | 83        |
| XIII.3.5.2 | Carrefours giratoires : . . . . .                        | 83        |
| XIII.3.5.3 | Récapitulatif : . . . . .                                | 83        |
| XIII.4     | Conclusion : . . . . .                                   | 83        |
| <b>XIV</b> | <b>Impact Sur L'Environnement</b>                        | <b>84</b> |
| XIV.1      | Introduction : . . . . .                                 | 85        |
| XIV.2      | Cadre réglementaire : . . . . .                          | 85        |
| XIV.3      | État initial de l'environnement : . . . . .              | 85        |
| XIV.3.1    | Milieu physique . . . . .                                | 85        |
| XIV.3.2    | Milieu biologique . . . . .                              | 85        |
| XIV.3.3    | Milieu humain . . . . .                                  | 85        |
| XIV.4      | Impacts en phase de construction : . . . . .             | 86        |
| XIV.4.1    | Impact sur la qualité de l'air : . . . . .               | 86        |
| XIV.4.2    | Impact sonore : . . . . .                                | 86        |
| XIV.4.3    | Impact sur les sols : . . . . .                          | 86        |
| XIV.4.4    | Impact sur la circulation et l'accessibilité : . . . . . | 86        |
| XIV.4.5    | Impact sur le patrimoine et le cadre de vie : . . . . .  | 87        |
| XIV.5      | Impacts en phase d'exploitation : . . . . .              | 87        |
| XIV.5.1    | Impact sur la qualité de l'air : . . . . .               | 87        |
| XIV.5.2    | Impact sonore : . . . . .                                | 87        |
| XIV.5.3    | Impact sur la gestion des eaux pluviales : . . . . .     | 87        |
| XIV.5.4    | Impact sur la sécurité routière : . . . . .              | 88        |
| XIV.5.5    | Impact socio-économique : . . . . .                      | 88        |
| XIV.6      | Synthèse des impacts : . . . . .                         | 89        |
| XIV.7      | Conclusion . . . . .                                     | 89        |
| <b>XV</b>  | <b>Devis estimatif et quantitatif</b>                    | <b>90</b> |
| <b>XVI</b> | <b>Conclusion générale</b>                               | <b>97</b> |

# Listes des figures

|                |                                                                                          |    |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure II.1:   | Localisation du projet . . . . .                                                         | 4  |
| Figure II.2:   | Carte de situation géographique de la wilaya de alger . . . . .                          | 5  |
| Figure II.3:   | Tracé du projet routier (RN63) Communes de Birkhadem et Saoula, Wilaya d'Alger . . . . . | 6  |
| Figure V.1:    | Démarche générale du catalogue algérien . . . . .                                        | 19 |
| Figure V.2:    | Cartographie des zones climatiques de l'Algérie . . . . .                                | 20 |
| Figure V.3:    | Classes de trafic $TPL_i$ pour RP1 . . . . .                                             | 21 |
| Figure V.4:    | Fiche structure GB/GNT pour RP1 . . . . .                                                | 23 |
| Figure V.5:    | La saisie de la structure sur Alizé-LCPC . . . . .                                       | 29 |
| Figure V.6:    | Déformation calculée sous Alizé-LCPC . . . . .                                           | 29 |
| Figure V.7:    | Déformation calculée sous Alizé-LCPC . . . . .                                           | 31 |
| Figure VI.1:   | Les éléments constituant le tracé en plan . . . . .                                      | 34 |
| Figure VI.2:   | Les éléments constituant le profil en long . . . . .                                     | 39 |
| Figure VI.3:   | Les configurations types d'un profil en travers courant . . . . .                        | 42 |
| Figure VI.4:   | Profil en travers type . . . . .                                                         | 42 |
| Figure VIII.1: | Dimensionnement courant d'un mur en béton armé(guide SETRA) .                            | 47 |
| Figure VIII.2: | Dimensions de atalus 50 . . . . .                                                        | 50 |
| Figure VIII.3: | Disposition des Atalus . . . . .                                                         | 51 |
| Figure IX.1:   | Les bassins versants délimités en utilisant le logiciel global mapper .                  | 54 |
| Figure X.1:    | Types de carrefour . . . . .                                                             | 61 |
| Figure X.2:    | Plan de premier carrefour giratoire . . . . .                                            | 62 |
| Figure X.3:    | Plan de deuxième carrefour giratoire . . . . .                                           | 63 |
| Figure X.4:    | Plan de troisième carrefour giratoire . . . . .                                          | 64 |
| Figure XI.1:   | Dispositif d'entrée . . . . .                                                            | 70 |
| Figure XI.2:   | Dispositif de sortie . . . . .                                                           | 70 |
| Figure XI.3:   | Schéma de l'échangeur . . . . .                                                          | 71 |
| Figure XII.1:  | Section mediane de la poutre . . . . .                                                   | 74 |
| Figure XII.2:  | Section d'about de la poutre . . . . .                                                   | 74 |
| Figure XII.3:  | Profile en travers du tablier . . . . .                                                  | 75 |
| Figure XIII.1: | Les panneaux retrnus . . . . .                                                           | 80 |

# Listes des tableaux

|                |                                                                        |    |
|----------------|------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau III.1: | Environnement de la route . . . . .                                    | 10 |
| Tableau III.2: | Coefficient d'équivalence P . . . . .                                  | 12 |
| Tableau III.3: | Coefficient $K1$ . . . . .                                             | 12 |
| Tableau III.4: | Coefficient $K2$ . . . . .                                             | 13 |
| Tableau III.5: | Capacité théorique $C_{th}$ . . . . .                                  | 13 |
| Tableau IV.1:  | Résultants d'essai limites d'Atterberg (la norme NF P94-051) . . . .   | 15 |
| Tableau IV.2:  | Résultats d'essai Proctor modifié (la norme NF P94-093) . . . . .      | 16 |
| Tableau IV.3:  | Résultats d'essai CBR imbibé à 4 jours (la norme NF P94-078) . . .     | 16 |
| Tableau IV.4:  | Résultat de analyse granulométrique . . . . .                          | 16 |
| Tableau V.1:   | Températures équivalentes par zone climatique . . . . .                | 20 |
| Tableau V.2:   | Classification du Réseau Principal . . . . .                           | 21 |
| Tableau V.3:   | Classification de la portance (Si) en fonction de l'indice CBR . . . . | 22 |
| Tableau V.4:   | Les structure possible pour RP1 . . . . .                              | 22 |
| Tableau V.5:   | Durée de vie adopté . . . . .                                          | 24 |
| Tableau V.6:   | Valeurs de A selon le niveau de réseau et le type de matériaux . . .   | 25 |
| Tableau V.7:   | Performances mecaniques des matereaux non traités . . . . .            | 26 |
| Tableau V.8:   | Performances mécaniques des matériaux bitumineux . . . . .             | 27 |
| Tableau V.9:   | Les conditions aux interfaces . . . . .                                | 28 |
| Tableau V.10:  | Performances mécaniques des matériaux bitumineux . . . . .             | 30 |
| Tableau V.11:  | Valeurs de t en fonction de r . . . . .                                | 30 |
| Tableau VI.1:  | Valeur de devers minimal . . . . .                                     | 36 |
| Tableau VI.2:  | Coefficient de frottement transversal $f_t$ . . . . .                  | 36 |
| Tableau VI.3:  | Valeurs minimales des rayons . . . . .                                 | 36 |
| Tableau VI.4:  | valeur de la déclivité maximale . . . . .                              | 40 |
| Tableau VI.5:  | Rayons en angle saillant . . . . .                                     | 40 |
| Tableau VII.1: | Volumes de terrassement . . . . .                                      | 45 |
| Tableau VII.2: | Volume cumulé des matériaux de chaussée . . . . .                      | 45 |
| Tableau IX.1:  | Caractéristiques physiques des bassins versants . . . . .              | 54 |
| Tableau IX.2:  | Coefficient $C_1$ — Pente du bassin versant . . . . .                  | 55 |
| Tableau IX.3:  | Coefficient $C_2$ — Perméabilité du sol . . . . .                      | 55 |
| Tableau IX.4:  | Coefficient $C_3$ — Couverture végétale . . . . .                      | 55 |
| Tableau IX.5:  | Paramètres de Montana — Station Alger-Centre . . . . .                 | 56 |
| Tableau IX.6:  | Débits de crue ( $T = 100$ ans) — Ensemble des bassins versants . . .  | 57 |
| Tableau X.1:   | Paramètres principaux du carrefour giratoire . . . . .                 | 64 |
| Tableau X.2:   | Paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie . . . . .   | 65 |
| Tableau X.3:   | Paramètres de construction des îlots séparateurs . . . . .             | 65 |

|                 |                                                                      |    |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau XI.1:   | Paramètres principaux du carrefour giratoire . . . . .               | 67 |
| Tableau XI.2:   | Paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie . . . . . | 68 |
| Tableau XI.3:   | Paramètres de construction des îlots séparateurs . . . . .           | 68 |
| Tableau XIII.1: | Largeurs des lignes longitudinales . . . . .                         | 79 |
| Tableau XIII.2: | Caractéristiques des lignes discontinues . . . . .                   | 79 |
| Tableau XIII.3: | Exigences photométriques — Classe ME3b . . . . .                     | 81 |
| Tableau XIII.4: | Équipements d'éclairage retenus pour le projet . . . . .             | 82 |
| Tableau XIII.5: | Récapitulatif du nombre de points lumineux . . . . .                 | 83 |
| Tableau XIV.1:  | Synthèse des impacts environnementaux et mesures d'atténuation . .   | 89 |

# **CHAPITRE I**

## **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

Le développement du réseau routier constitue un facteur essentiel pour accompagner la croissance urbaine et améliorer les conditions de déplacement des usagers. Dans ce contexte, le tronçon de la RN63 reliant Saoula à Birkhadem connaît actuellement une forte densité de trafic, entraînant des problèmes de congestion, de ralentissement et une diminution du niveau de service de la route. Cette situation est accentuée par la présence d'importants mouvements de circulation provenant de la RN1 vers les agglomérations de Saoula et de Birkhadem.

Afin de répondre à cette problématique et d'assurer une meilleure fluidité du trafic, un projet de dédoublement de la RN63 a été envisagé. Ce choix s'inscrit également dans la continuité du projet de la nouvelle voie d'évitement de Saoula, qui est elle-même conçue en route dédoublée. L'homogénéité des caractéristiques géométriques entre les deux infrastructures est nécessaire afin de garantir la sécurité et la continuité du trafic.

Par ailleurs, la zone d'étude est caractérisée par la présence d'une intersection importante générant de nombreux conflits de circulation. Pour remédier à cette situation, la conception d'un échangeur a été proposée afin de séparer les flux de trafic et d'améliorer les conditions de circulation. Des murs de soutènement ont également été prévus pour s'adapter aux contraintes topographiques et assurer la stabilité de l'ouvrage.

Le présent mémoire a pour objectif l'étude et la conception du projet de dédoublement de la RN63 entre Saoula et Birkhadem, en mettant l'accent sur l'amélioration de la fluidité du trafic, la sécurité routière ainsi que l'intégration des différents aménagements nécessaires à la réalisation du projet.

## **CHAPITRE II**

### **PRÉSENTATION DU PROJET**

## II.1 Introduction :

Le projet d'aménagement porte sur la modernisation et le dédoublement de la Route Nationale 63 (RN63), ainsi que sur la restructuration de l'échangeur assurant sa liaison avec la Route Nationale 1 (RN1). Cet axe stratégique traverse les zones urbaines et périurbaines du sud de la capitale, Alger, touchant principalement les communes de Birkhadem et de Saoula.

Le projet prend racine au niveau du nœud de communication majeur de Birkhadem, où la RN1 (axe Nord-Sud) croise la RN63. Il se prolonge vers l'ouest en direction de Saoula, en passant par des zones à forte densité de trafic et des quartiers en pleine expansion résidentielle et commerciale.



Figure II.1 : Localisation du projet

## II.2 Objectifs du projet de dédoublement RN63 :

La réalisation de cet aménagement vise à :

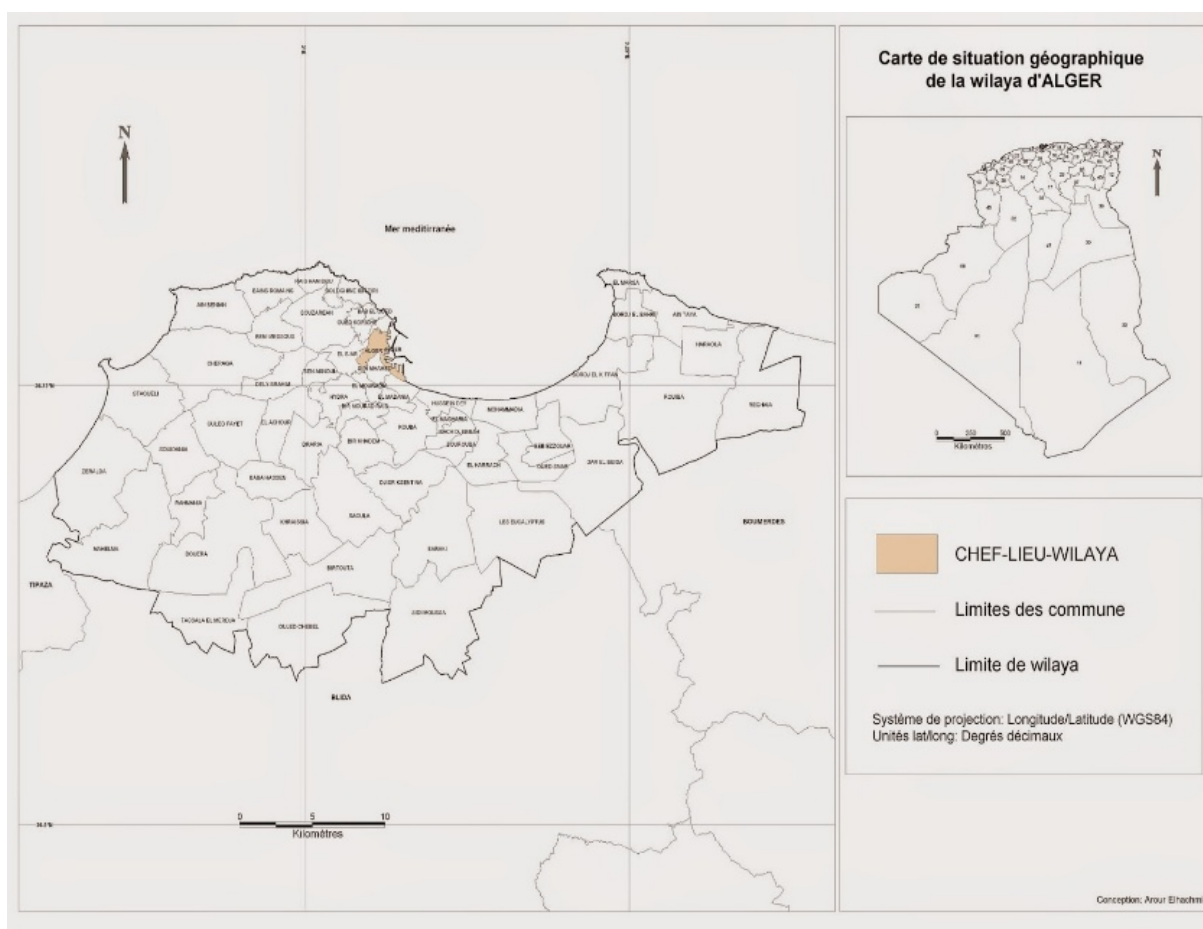
- Soulager la zone Sud d'Alger et le trafic de transit entre la RN1 et la RN63 en réduisant la pression sur les carrefours existants.
- Renforcer l'infrastructure routière dans la région de Birkhadem, de Saoula et des localités limitrophes.

- Relier avec la nouvelle évitement de saoula.
- Améliorer la fluidité et la sécurité de la circulation au niveau du nœud de raccordement.
- Diminuer le temps de parcours et le risque d'accidents liés à l'étranglement de la chaussée.
- Développer les activités commerciales et urbaines dans les zones traversées par le nouveau tracé
- Assurer le développement socio-économique local par une meilleure accessibilité aux pôles d'habitation.

### II.3 Présentation de la wilaya d'alger :

La wilaya d'Alger est située au nord de l'Algérie, sur la façade maritime de la Méditerranée. Elle est la capitale du pays et son principal pôle économique. Elle s'étend sur une superficie de 809 km<sup>2</sup> et comprend 57 communes, réparties sur 13 circonscriptions administratives (daïras). En 2008, elle abritait une population estimée à environ 2 988 145 habitants, avec une densité très élevée dépassant 3 600 hab/km<sup>2</sup>. Elle est délimitée :

- Au nord, par la mer Méditerranée.
- À l'est, par la wilaya de Boumerdès
- Au sud, par la wilaya de Blida.
- À l'ouest, par la wilaya de Tipaza.



**Figure II.2 :** Carte de situation géographique de la wilaya de alger

## II.4 Relief de la région d'étude (sahel algerois) :

D'après les cartes topographique de institut national de cartographie et de télédétection (INCT) la zone du projet (Birkhadem – Saoula) se situe dans la région naturelle du Sahel d'Alger, entre la plaine de la Mitidja et le littoral.

- **Morphologie** : Relief de collines et de plateaux modérés, caractérisant la zone de transition vers la Mitidja.
- **Versants** : Présence de pentes variables au niveau de Birkhadem, nécessitant une attention particulière pour les remblais et déblais.
- **Sols** : Terrains généralement composés de tufs et de formations sédimentaires, typiques du Sahel algerois.
- **Impact technique** : La topographie vallonnée et l'urbanisation dense influencent directement le tracé en plan et le profil en long de la variante retenue pour le dédoublement de la RN63.

## II.5 Description du tracé :

Le tracé étudié, d'une longueur d'environ 1,1 km (1135 m), est situé dans la wilaya d'Alger, plus précisément à la jonction des communes de Birkhadem et de Saoula. Il constitue une section stratégique de la Route Nationale n°63 (RN63).



**Figure II.3 :** Tracé du projet routier (RN63) Communes de Birkhadem et Saoula, Wilaya d'Alger

Le projet débute au niveau de l'échangeur majeur de la Route Nationale n°1 (RN1) à Birkhadem, point de convergence névralgique du trafic de la capitale. Le tracé traverse une zone urbaine dense et vallonnée (relief du Sahel), pour se terminer à l'entrée de l'agglomération de Saoula. Cette section fait l'objet d'un dédoublement pour améliorer la capacité d'écoulement du flux automobile entre ces deux pôles.

## **II.6 Hydrologie générale :**

Le tracé traverse une zone urbaine où le réseau hydrographique naturel a été modifié par l'urbanisation. La gestion des eaux de ruissellement est cruciale, notamment pour protéger l'échangeur contre les stagnations d'eau. Cela impose une conception rigoureuse des réseaux d'assainissement routier et des ouvrages de collecte pour assurer l'évacuation rapide des eaux pluviales vers les collecteurs existants.

## **II.7 Climatologie :**

D'après office national de la météorologie (ONM) la wilaya d'Alger est soumise à un climat de type méditerranéen, caractérisé par des étés chauds et secs, et des hivers doux et pluvieux. L'influence maritime tempère les écarts thermiques, contrairement aux zones de montagne. La zone de Birkhadem-Saoula bénéficie de ces conditions modérées, favorables au déroulement des travaux durant une grande partie de l'année.

La pluviométrie annuelle moyenne à Alger se situe entre 600 mm et 700 mm et les températures moyennes varient de 8 °C à 12 °C en hiver à 24 °C à 30 °C en été.

## **II.8 Caractéristiques de notre projet :**

- Notre projet consiste en un aménagement d'échangeur et un dédoublement urbaine. Pour le dimensionnement, nous référons aux normes en vigueur en Algérie B40 .
- Selon les normes de sécurité en zone périurbaine la vitesse de référence est généralement fixée à 60km/h
- Le projet comprend également la conception des ouvrages d'art nécessaires au rétablissement des voies et à la continuité du tracé, ainsi que des murs de soutènement prévus au niveau des zones de déblais et remblais importants afin d'assurer la stabilité des talus et la sécurité de l'infrastructure routière.

# **CHAPITRE III**

## **ETUDE DE TRAFIC**

### III.1 Introduction :

Un dimensionnement rigoureux de la chaussée exige préalablement une étude de trafic. Celle-ci consiste à évaluer et analyser avec précision le flux circulaire attendu. L'objectif est de définir la configuration structurelle de la route notamment le nombre et la largeur des voies en fonction des prévisions à long terme. Indispensable à la planification et à la stratégie de conception des réseaux, cette étude permet de :

Mesurer la rentabilité économique des investissements routiers.

Anticiper les budgets d'entretien, dont le montant est directement corrélé à l'intensité du trafic.

### III.2 Analyse de trafic :

L'analyse de trafic repose sur deux approches méthodologiques complémentaires :

#### III.2.1 Comptage :

Cette méthode quantifie le volume et la composition du flux routier. C'est l'outil de base de l'étude, décliné sous deux formes :

- **Comptage automatique** : Qu'ils soient permanents (sur des points stratégiques comme les autoroutes et routes nationales) ou temporaires, ils fournissent des données continues sur la fréquentation.
- **Comptage manuel** : Réalisé par des opérateurs, il permet d'affiner les statistiques en identifiant précisément la part des poids lourds et des transports en commun.

#### III.2.2 Connaissance des flux (Enquêtes) :

Pour comprendre l'origine, la destination et la nature des déplacements, on utilise des enquêtes (souvent dites enquêtes cordon lorsqu'elles délimitent une zone précise). Cela permet de distinguer le trafic de transit des échanges purement locaux.

### III.3 Différents types de trafic :

On distingue quatre types de trafic :

- **Trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans tenir compte de l'impact généré par le nouveau projet.
- **Trafic induit** : Surplus de circulation généré spécifiquement par la création ou l'amélioration d'un aménagement.
- **Trafic dévié** : Report de circulation provenant d'autres itinéraires suite à de nouveaux comportements ou à l'évolution économique.
- **Trafic total** : Résultante globale intégrant le trafic induit et dévié.

### III.4 Catégorie de la route :

Selon le B40 (norme technique d'aménagement des routes Algériennes) les routes sont classées en cinq catégories fonctionnelles, correspondant aux finalités économiques et administratives. Les cinq catégories de la route sont :

Catégorie 1 : liaison entre les grands centres économique et industrie lourde.

Catégorie 2 : liaison entre les centres d'industrie de transformation et d'industrie légères.

Catégorie 3 : liaison entre des chefs-lieux de wilaya et de daïra non desservis par le réseau de CAT 1 et CAT 2.

Catégorie 4 : liaison des centres de vie non reliés au réseau de Cat 1-2-3.

Catégorie 5 : routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

Dans le cas de notre projet, après analyse des données, il s'avère que la catégorie de notre projet est **CAT 2**.

### III.5 Environnement de la route :

Le Tronçon de la RN63 s'insère dans une zone géographique située au sud de l'agglomération d'Alger, entre Birkhadem et Saoula, caractérisée par une topographie de plaine. Le tracé de notre tronçon se distingue par un relief essentiellement plat et une géométrie privilégiant les alignements droits, ce qui garantit une continuité fluide pour les flux de circulation. Compte tenu de cette configuration physique et de l'absence de déclivités importantes, le type d'environnement retenu pour l'étude est classé en catégorie **E2**. Ce choix est déterminant pour le calcul de la capacité de l'infrastructure, car un environnement plat et droit permet de minimiser l'impact des véhicules lourds sur la fluidité globale du trafic.

Les trois types d'environnement e distingués dans B.20 comme suit :

**Tableau III.1 : Environnement de la route**

| <b>Sinuosité</b><br><b>Relief</b> | <b>Faible</b> | <b>Moyenne</b> | <b>Forte</b> |
|-----------------------------------|---------------|----------------|--------------|
| <b>Plat</b>                       | E1            | E2             |              |
| <b>Vallonné</b>                   | <b>E2</b>     | E2             | E3           |
| <b>Montagneux</b>                 |               | E3             | E3           |

### III.6 Les données du trafic :

Selon les résultats de comptages et de prévisions :

- Année de comptage : 2021
- $TJMA_{2021} = 20000$  v/j
- Année de mise en service : 2024
- La durée de vie est de  $n = 20$  ans
- Pourcentage du poids lourd :  $p = 10\%$
- Le taux de croissance du trafic :  $\tau = 4\%$

### III.7 Projection future de trafic :

#### III.7.1 Le trafic de l'année de mise en service :

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

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

$$TJMA_{2024} = TJMA_{2021}(1 + \tau)^n$$

$$TJMA_{2024} = 20000(1 + 0.04)^3$$

$$TJMA_{2024} = 22498 \text{ v/j}$$

Avec :

$TJMA_0$  : trafic à l'année de comptage

$TJMA_{\text{mise en service}}$  : trafic a l'année de mise en service

n : nombre d'années entre l'année de comptage et l'année de mise en service

#### III.7.2 Le trafic a l'année horizon :

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

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

$$TJMA_{2044} = TJMA_{2024}(1 + \tau)^n$$

$$TJMA_{2044} = 22498(1 + 0.04)^{20}$$

$$TJMA_{2044} = 49295 \text{ v/j}$$

#### III.7.3 Le trafic effectif :

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$T_{eff} = ((1 - Z) + P \times Z)TJMA_{2044} \quad (\text{III.3})$$

Avec :

$T_{eff}$  : trafic effectif à l'horizon.

Z : pourcentage de poids lourds (10%)

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

**Tableau III.2 : Coefficient d'équivalence  $P$** 

| Environnement                           | E1  | E2         | E3    |
|-----------------------------------------|-----|------------|-------|
| Route à bonnes caractéristiques         | 2-3 | <b>2-6</b> | 8-12  |
| Routes étroites ou à visibilité réduite | 3-6 | 6-12       | 16-24 |

À partir du tableau, et compte tenu d'une route aux bonnes caractéristiques et d'un environnement E2, on prends  $P = 2$

$$T_{eff} = ((1 - 0.1) + 2 \times 0.1) 49295$$

$$T_{eff} = 54225 \text{ uvp/j}$$

### III.7.4 Débit de pointe horaire normal :

Le débit de pointe normale est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il est exprimé en uvp/h

$$Q = T_{eff} \times \frac{1}{n} \quad (\text{III.4})$$

avec :

$n$  : coefficient de pointe horaire, calculé pour  $n = 8h$

$$Q = 54225 \times \frac{1}{8}$$

$$Q = 6779 \text{ uvp/h}$$

### III.7.5 Débit horaire admissible :

Le débit horaire admissible est le débit horaire maximal qui est accepté par voie est de :

$$Q_{adm} = K1 \times K2 \times C_{th} \quad (\text{III.5})$$

avec :

$K1$  : coefficient lié à l'environnement

$K2$  : coefficient de réduction de capacité

$C_{th}$  : Capacité théorique

**Tableau III.3 : Coefficient  $K1$** 

| Environnement | E1   | E2          | E3       |
|---------------|------|-------------|----------|
| <b>K1</b>     | 0.75 | <b>0.85</b> | 0.9-0.95 |

**Tableau III.4 : Coefficient K2**

| Environnement | Catégorie de la route |             |      |      |      |
|---------------|-----------------------|-------------|------|------|------|
|               | 1                     | 2           | 3    | 4    | 5    |
| <b>E1</b>     | 1.00                  | 1.00        | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| <b>E2</b>     | 0.99                  | <b>0.99</b> | 0.99 | 0.98 | 0.98 |
| <b>E3</b>     | 0.91                  | 0.95        | 0.97 | 0.98 | 0.98 |

**Tableau III.5 : Capacité théorique  $C_{th}$** 

| Capacité théorique (uvp/h)      |                    |
|---------------------------------|--------------------|
| <b>Route à 2 voies de 3.5 m</b> | 1500 à 2000        |
| <b>Route à 3 voies de 3.5 m</b> | 2400 à 3200        |
| <b>Route à chaussée séparée</b> | 1500 à <b>1800</b> |

Dans notre cas, avec un environnement E2, une catégorie de route 2 et une route à chaussée séparée, nous obtenons :

$$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 1800$$

$$Q_{adm} = 1515 \text{ uvp/h}$$

### III.8 Nombre des voies :

Le nombre des voies est donné par la relation suivante :

$$N = S \times \frac{Q}{Q_{adm}} \quad (\text{III.6})$$

avec :

$S = 2/3$  : Coefficient traduisant la dissymétrie du trafic dans les deux sens

$Q$  : Débit de pointe horaire normal à l'année 2044

$Q_{adm}$  : Débit admissible par voies

$$N = \frac{2}{3} \times \frac{6779}{1515}$$

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

### III.9 Conclusion :

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

**CHAPITRE IV**

**ETUDE GEOTECHNIQUE**

## IV.1 Introduction :

L'étude géotechnique constitue une étape essentielle dans la conception d'un projet routier. Elle permet d'identifier la nature des sols, leurs caractéristiques mécaniques et leur comportement sous l'effet des charges appliquées par la chaussée et le trafic. Ces informations sont indispensables pour choisir les solutions techniques adaptées, assurer la stabilité de l'infrastructure et optimiser les travaux de terrassement.

## IV.2 Reconnaissances géotechniques :

Une étude géotechnique a été effectuée dans le but de caractériser le sol de fondation et d'assise de la chaussée. Le programme de reconnaissance consistait en la réalisation de 04 puits de reconnaissance notés : S1, S2, S3, et S4.

### IV.2.1 Essai limites d'Atterberg :

**Tableau IV.1 : Résultats d'essai limites d'Atterberg (la norme NF P94-051)**

| N° de puits | Profondeur (m) | Limites D'Atterberg |       |        |
|-------------|----------------|---------------------|-------|--------|
|             |                | WL(%)               | WP(%) | IP (%) |
| <b>S1</b>   | <b>1.50</b>    | 17.60               | 15.64 | 1.96   |
| <b>S2</b>   | <b>2.50</b>    | 14.70               | 13.77 | 0.93   |
| <b>S3</b>   | <b>1.50</b>    | 25.95               | 16.73 | 9.22   |
| <b>S4</b>   | <b>3.00</b>    | 26.80               | 18.71 | 8.09   |

### IV.2.2 Essai Proctor modifié :

**Tableau IV.2 : Résultats d'essai Proctor modifié (la norme NF P94-093)**

| N° de puits | Profondeur (m) | Proctor Modifié |                                |
|-------------|----------------|-----------------|--------------------------------|
|             |                | W(%)            | $\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> ) |
| <b>S1</b>   | <b>1.50</b>    | 8.03            | 2.09                           |
| <b>S2</b>   | <b>2.50</b>    | 6.50            | 2.10                           |
| <b>S3</b>   | <b>1.50</b>    | 11.50           | 1.98                           |
| <b>S4</b>   | <b>3.00</b>    | 9.50            | 1.99                           |

### IV.2.3 Essai CBR imbibé à 4 jours :

**Tableau IV.3 : Résultats d'essai CBR imbibé à 4 jours (la norme NF P94-078)**

| N° de puits | Profondeur (m) | I <sub>CBR</sub> |
|-------------|----------------|------------------|
| <b>S1</b>   | <b>1.50</b>    | 15.88            |
| <b>S2</b>   | <b>2.50</b>    | 39.04            |
| <b>S3</b>   | <b>1.50</b>    | 18.44            |
| <b>S4</b>   | <b>3.00</b>    | 10.29            |

### IV.2.4 Analyse granulométrique :

Après l'analyse granulométrique, le résultat obtenu est le suivant :

**Tableau IV.4 : Résultat de analyse granulométrique**

| Diamètre                    | Pourcentage Passant Cumulé |
|-----------------------------|----------------------------|
| <b>50 mm</b>                | 100.0%                     |
| <b>2 mm</b>                 | 100.0%                     |
| <b>80 <math>\mu</math>m</b> | 48.7%                      |

### IV.2.5 Classification GTR :

L'analyse granulométrique et la détermination de l'indice de plasticité ( $I_p$ ) ont permis de caractériser le sol en place conformément au Guide des Terrassements Routiers (GTR). Les résultats obtenus classent ce matériau dans la catégorie **A1**. Cette classification désigne un sol fin de type limon ou sable fin peu plastique, caractérisé par une proportion importante de passants au tamis de  $80\ \mu\text{m}$  supérieure à 35% et un indice de plasticité inférieur à 12 ( $I_p < 12$ ). Un sol de classe A1 présente une sensibilité modérée à l'eau, ce qui requiert des dispositions constructives adaptées en phase de chantier, notamment pour le réglage de la teneur en eau lors du compactage, afin de garantir une portance optimale de la plateforme routière.

## IV.3 Conclusion :

En conclusion, l'étude géotechnique a permis de caractériser la nature et le comportement mécanique du sol en place pour le dimensionnement de la chaussée.

L'analyse granulométrique et l'indice de plasticité ( $I_p$ ) identifient un sol de classe **A1** selon le GTR, correspondant à un matériau fin (limon ou sable fin) peu plastique et sensible à l'eau. Conformément à la norme algérienne, ces caractéristiques permettent de retenir une classe de portance du sol support **S2**. Cette classification constitue la donnée d'entrée fondamentale pour optimiser l'épaisseur des couches de chaussée et garantir la durabilité de la structure face au trafic.

**CHAPITRE V**

**DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE  
CHAUSSÉE**

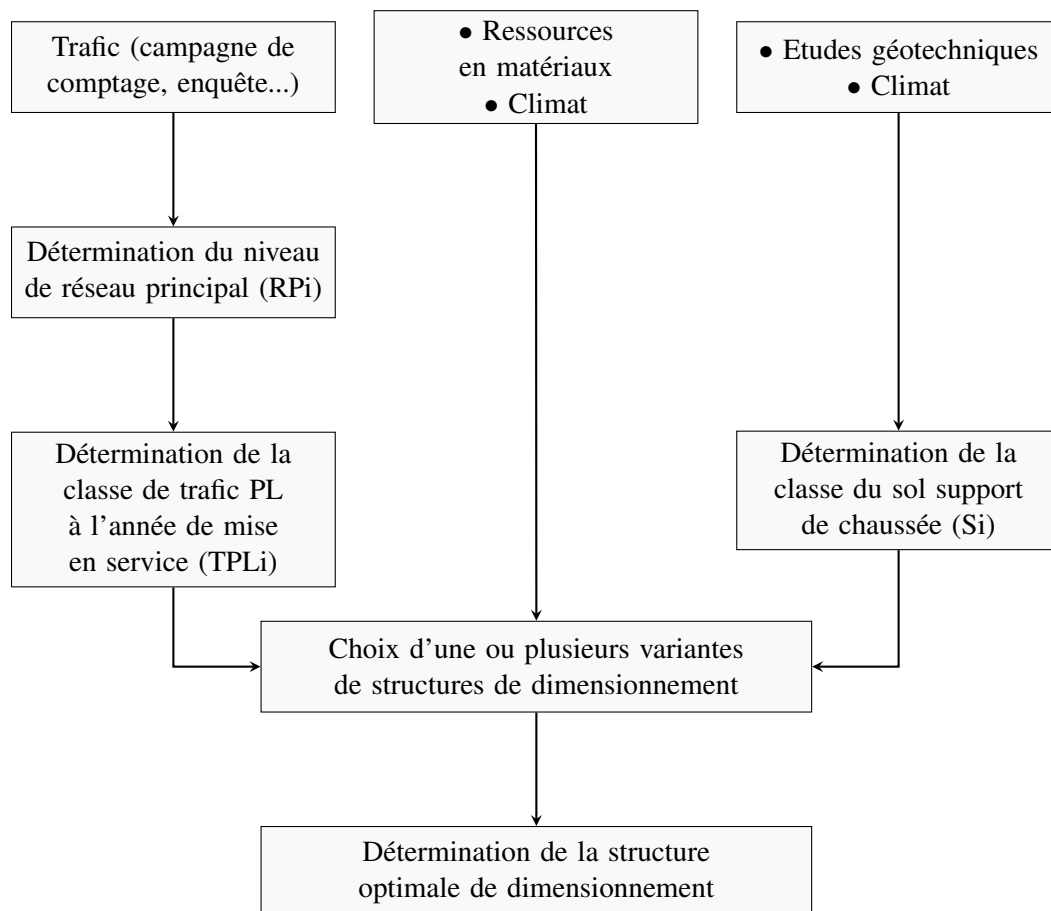
## V.1 Introduction :

Dimensionnement du corps de chaussée est l'une des phases les plus critiques de la conception d'une route. Le processus est conçu pour déterminer les épaisseurs optimales des couches de chaussée et sélectionner les matériaux appropriés pour répondre aux exigences géométriques, mécaniques et de résistance aux charges des véhicules.

## V.2 Dimensionnement de la structure :

La méthode du catalogue algérien est un système standardisé utilisé pour le dimensionnement des structures de chaussée en Algérie. Elle repose sur l'utilisation de catalogues préétablis qui compilent des données sur les caractéristiques du trafic, les propriétés géotechniques du sol, et les conditions climatiques pour définir les spécifications de construction de la chaussée. Cette méthode permet aux ingénieurs de choisir parmi différents modèles de chaussée préconçus qui correspondent aux conditions spécifiques d'un site, assurant ainsi une approche optimisée et économique du dimensionnement des chaussées.

### V.2.1 Démarche générale du catalogue algérien :



**Figure V.1 :** Démarche générale du catalogue algérien

### V.2.2 Données climatiques :

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

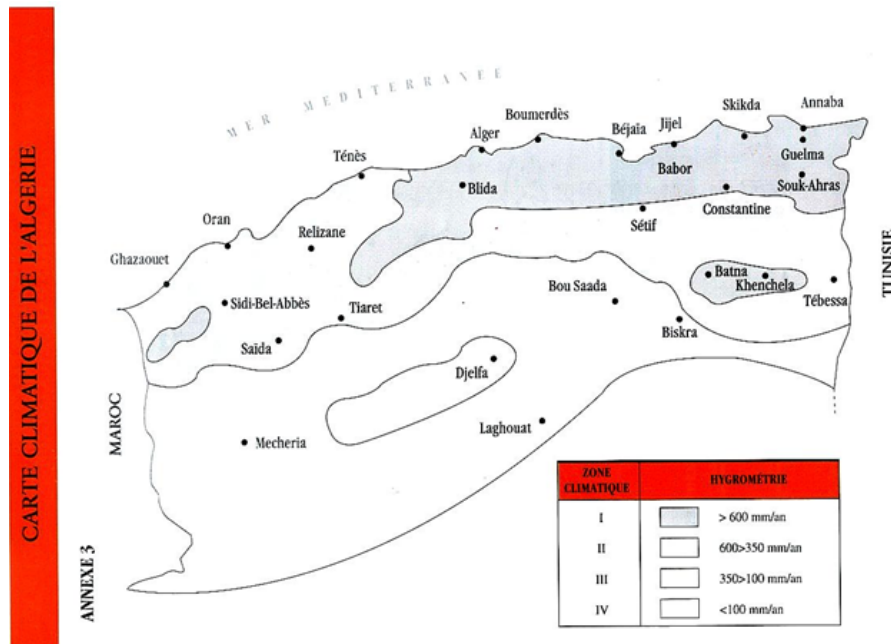


Figure V.2 : Cartographie des zones climatiques de l'Algérie

Zone climatique I

Tableau V.1 : Températures équivalentes par zone climatique

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

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

### V.2.3 Détermination du réseau principal :

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

**Tableau V.2 : Classification du Réseau Principal**

| Réseau principal               | Trafic (uvp/j)   |
|--------------------------------|------------------|
| <b>RP1 (RN, Autoroute, CW)</b> | <b>&gt; 1500</b> |
| <b>RP2 (RN, CW)</b>            | <b>&lt; 1500</b> |

$$TJMA_{2024} = 22498 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2024} > 1500 \text{ v/j}$$

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

#### V.2.4 Détermination de la classe du trafic ( $TPL_i$ ) :

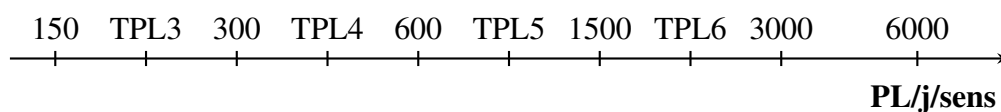
Dans notre cas, il s'agit d'une chaussée unidirectionnelle à deux voies. Conformément aux recommandations du catalogue, 90 % des poids lourds sont considérés sur la voie la plus chargée. La classe de trafic poids lourds à l'année de mise en service est donc obtenue par la relation suivante :

$$TPL_{2024} = TJMA_{2024} \times PL\% \times S \times 90\% \quad (V.1)$$

$$TPL_{2024} = 22498 \times 0,1 \times \frac{2}{3} \times 0,9$$

$$TPL_{2024} = 1350 \text{ PL/j/sens/vpc}$$

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

**Figure V.3 : Classes de trafic  $TPL_i$  pour RP1**

D'après le réseau principale **RP1** et le  $TPL_{2024}$  on obtient un **TPL5**

### V.2.5 Classe de Portance du Sol Support :

**Tableau V.3 :** Classification de la portance ( $S_i$ ) en fonction de l'indice CBR

| Portance ( $S_i$ ) | CBR            |
|--------------------|----------------|
| <b>S4</b>          | < 5            |
| <b>S3</b>          | 5 - 10         |
| <b>S2</b>          | <b>10 - 25</b> |
| <b>S1</b>          | 25 - 40        |
| <b>S0</b>          | > 40           |

Dans notre projet  $CBR = 15$  et  $10 < CBR < 25$  ce qui classe notre sol support dans la catégorie **S2**

### V.2.6 Choix de la structure de chaussée :

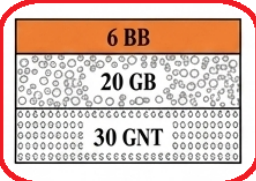
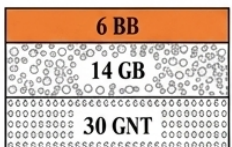
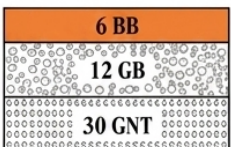
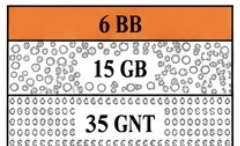
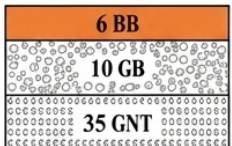
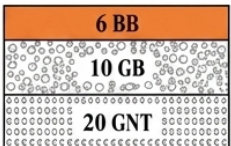
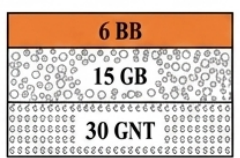
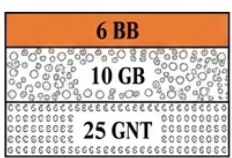
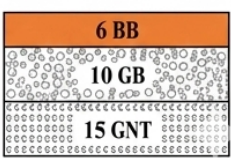
**Tableau V.4 :** Les structure possible pour RP1

| Types de Matériaux                                      | Fiche structure n° | Type structure | Zones climatiques |
|---------------------------------------------------------|--------------------|----------------|-------------------|
| <b>1 - MTB (Matériaux traités au bitume)</b>            | 1                  | <b>GB/GB</b>   | <b>I , II</b>     |
|                                                         | 2                  | <b>GB/GNT</b>  | <b>I , II</b>     |
|                                                         | 3                  | GB/GNT         | III               |
|                                                         | 4                  | GB/SG1         | IV                |
|                                                         | 5                  | GB/TUF1        | III               |
| <b>2 - MTLH (matériaux traités liants hydrauliques)</b> | 6                  | <b>GL/GL</b>   | <b>I , II</b>     |
|                                                         | 7                  | <b>BCg/GC</b>  | <b>I , II</b>     |

Pour **RP1** et zone climatique **I** les structuree possibles sont :

**GB/GB GB/GNT GL/GL BCg/GC**

On a choisir une structure de type **GB/GNT**.

| TPLi<br>PL/j/sens | Si | S2                                                                                  | S1                                                                                   | S0                                                                                    |
|-------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |    | 50 MPa                                                                              | 125 MPa                                                                              | 200 MPa                                                                               |
| 6000              |    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| TPL7              |    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| 3000              |    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| TPL6              |    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| 1500              |    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| 1500              |    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| TPL5              |    |    |    |    |
| 600               |    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| TPL4              |    |   |   |   |
| 300               |    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| TPL3              |    |  |  |  |
| 150               |    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |

**Figure V.4 : Fiche structure GB/GNT pour RP1**

Compte tenu des résultats obtenus précédemment, à savoir un réseau principal de niveau **RP1**, une classe de trafic **TPL5**, une classe de sol support **S2**, le fascicule 3 du Catalogue Algérien de Dimensionnement des Chaussées neuves nous oriente vers la structure :

**6BB + 20GB + 30GNT**

### V.2.7 Durée de vie :

**Tableau V.5 : Durée de vie adopté**

| Niveau de réseau principal (RPi) | Matériaux types                                         | Structures types               | Durée de vie (années) |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| <b>RP1</b>                       | <b>MTB</b> (matériaux traités au bitume)                | GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG   | <b>20</b>             |
|                                  | <b>MTLH</b> (matériaux traités aux liants hydrauliques) | GL/GL                          | 20                    |
|                                  |                                                         | BCg                            | 25                    |
| <b>RP2</b>                       | <b>MNT</b> (matériaux non traités)                      | GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG | 15                    |
|                                  | <b>MTB</b> (matériaux traités au bitume)                | SB/SG                          | 15                    |

Pour **GB/GNT** la durée de vie est **20** ans

### V.2.8 Calcul du trafic cumulé ( $TC_i$ ) :

Le trafic cumulé  $TC_i$  représente le nombre total de poids lourds circulant sur la voie la plus chargée pendant la durée de vie de la chaussée

$$TC_i = TPL_i \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times 365 \quad (V.2)$$

$$TC_i = 1350 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} \times 365$$

$$TC_i = 1.467 \times 10^7 PL/sens$$

### V.2.9 Calcul du trafic cumulé équivalent ( $TCE_i$ ) :

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

$$TCE_i = TC_i \times A \quad (V.3)$$

A : coefficient d'agressivité des poids lourds.

**Tableau V.6 : Valeurs de A selon le niveau de réseau et le type de matériaux**

| Niveau de réseau principal (RPi) | Types de matériaux et structures                                       | Valeurs de A |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>RP1</b>                       | Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB , GB/Tuf , GB/SG...    | <b>0,6</b>   |
|                                  | Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL , BCg/GC | 1            |
| <b>RP2</b>                       | Chaussées à matériaux non traités : GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG     | 0,6          |
|                                  | Chaussées à matériaux traités au bitume : SB/SG                        | 0,4          |
| <b>RP2</b>                       | Chaussées à matériaux non traités : SB/SG                              | 0,4          |
| <b>RP1 et RP2</b>                | Sol support (Calcul de $\epsilon_{z,ad}$ )                             | 0,6          |

Ce coefficient, qui varie en fonction du réseau principal et du type de matériaux utilisé donc pour **RP1** et **GB/GNT** :

$$A = 0.6$$

$$TCE_i = 1.467 \times 10^7 \times 0.6$$

$$TCE_i = 8.80 \times 10^6 PL/sens$$

## V.3 Caractéristiques de la structure :

### V.3.1 Sol support :

Pour une classe du sol support S2, avec  $I_{CBR} = 15$ .

Les caractéristiques correspondantes selon le fascicule 1 sont les suivantes :

Module d'élasticité :

$$E = 5 \times I_{CBR} \quad (V.4)$$

$$E = 5 \times 15$$

$$E = 75 MPa$$

Coefficient de Poisson :

$$\nu = 0,35$$

### V.3.2 Couche de fondation :

La couche de fondation sera constituée de grave non traité (GNT).

Les caractéristiques correspondantes sont les suivantes :

Module d'élasticité sous couche 01 (15cm) :

$$\begin{aligned} E &= k \times E_{sol \ support} \\ E &= 2.5 \times 75 = 187.5 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (\text{V.5})$$

Module d'élasticité sous couche 02 (15cm) :

$$\begin{aligned} E &= k \times E_{sous \ couche \ 01} \\ E &= 2.5 \times 187.5 = 468.8 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (\text{V.6})$$

Coefficient de Poisson :

$$\nu = 0,25$$

**Tableau V.7 : Performances mecaniques des matereaux non traités**

| Niveau de la couche                                 | Modules des MNT (MPa)                                                                                                                                                      | Valeurs de k | $\nu$ |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------|
| <b>Base*</b><br>( $15 \leq h \leq 20\text{cm}$ )    | • GNT = 500                                                                                                                                                                | 2,5          | 0,25  |
|                                                     | • TUF 1 = 500                                                                                                                                                              | 2            | 0,25  |
|                                                     | • TUF 2 = 300                                                                                                                                                              | 2            | 0,25  |
|                                                     | • SG 1 = 700                                                                                                                                                               | 2            | 0,25  |
|                                                     | • SG 2 = 300                                                                                                                                                               | 2            | 0,25  |
|                                                     | • AG = 300                                                                                                                                                                 | 2            | 0,25  |
| <b>Fondation</b><br>(en sous couches<br>de 25 cm)   | $E_{MNT}$ (sous couche 1) = $k E_{sol \ support}$<br>$E_{MNT}$ (sous couche i) = $k E_{MNT}$ (sous couche i - 1)<br>avec $E_{MNT}$ borné à $E_{MNT}$ couche de base        | /            |       |
| <b>Fondation MNT</b><br>sous GB et SB<br>(GB/MNT, ) | $E_{MNT}$ (sous couche 1) = $k E_{sol \ support}$ (avec k idem ci-dessus)<br>$E_{MNT}$ (sous couche i) = $k E_{MNT}$ (sous couche i - 1)<br>avec $E_{MNT}$ borné à 350 MPa |              |       |

### V.3.3 Couche de base :

La couches de base constituée de grave bitume (GB).

Les caractéristiques correspondantes sont les suivantes :

Module d'élasticité :

$$E = 7000 \text{ MPa}$$

Coefficient de Poisson :

$$\nu = 0,35$$

### V.3.4 Couche de roulement :

La couche de roulement sera constituée par de béton bitumineux (BB).

Les caractéristiques correspondantes sont les suivantes :

Module d'élasticité :

$$E = 4000 \text{ MPa}$$

Coefficient de Poisson :

$$\nu = 0,35$$

**Tableau V.8 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux**

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

### V.3.5 Les conditions aux interfaces :

Les conditions aux interfaces interviennent dans la modélisation de la structure pour les calculs de contraintes et déformations effectuées à l'aide du modèle retenu dans les calculs.

**Tableau V.9 : Les conditions aux interfaces**

| Structures types                                                                                                                             | Hypothèses sur le type d'interface                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>MTB :</b><br><b>1- BB/GB/GB/sol support</b>                                                                                               | Toutes les interfaces sont collées                   |
| <b>2- BB/GB/GNT ou TUF ou SG/sol</b>                                                                                                         | <b>Toutes les interfaces sont collées</b>            |
| <b>3- SB/SG/sol support</b>                                                                                                                  | Toutes les interfaces sont collées                   |
| <b>MTLH :</b><br><b>1- BB/GL/GL/sol support</b>                                                                                              | Toutes les interfaces sont collées                   |
| <b>2- BCg/GC/sol support</b>                                                                                                                 | interface BCg/GC décollée<br>interface GC/sol collée |
| <b>MNT :</b><br><b>1- GNT/GNT/sol support</b><br><b>2- TUF/TUF/sol support</b><br><b>3- SG/SG/sol support</b><br><b>4- AG/AG/sol support</b> | Toutes les interfaces sont collées                   |

Pour notre structure toutes les interfaces sont collée.

## V.4 Vérification des déformations :

### V.4.1 Déformation du sol support :

#### V.4.1.1 Calcul des déformations admissibles sur le sol support $\varepsilon_{z,adm}$ :

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

$$\begin{aligned}\varepsilon_{z,adm} &= 22 \times 10^{-3} \times TCE_i^{-0,235} \\ \varepsilon_{z,adm} &= 22 \times 10^{-3} \times (8.80 \times 10^6)^{-0,235} \\ \varepsilon_{z,adm} &= 513.4 \text{ udef}\end{aligned}\tag{V.7}$$

#### V.4.1.2 Calcul des déformations verticales sur le sol support $\varepsilon_z$ :

Le calcul des déformations verticales a été effectué au moyen du logiciel Alizé-LCPC. la déformation verticale a été lue au sommet du sol support, c'est-à-dire à la base de la couche de fondation

| Structure de base |               |                 |      |                  |
|-------------------|---------------|-----------------|------|------------------|
|                   | épais.<br>(m) | module<br>(MPa) | Nu   | matériau<br>type |
| collé             | 0.06          | 4000            | 0.35 | autre            |
| collé             | 0.2           | 7000            | 0.35 | autre            |
| collé             | 0.05          | 468.8           | 0.25 | autre            |
| collé             | 0.25          | 187.5           | 0.25 | autre            |
|                   | infini        | 75              | 0.35 | autre            |

Figure V.5 : La saisie de la structure sur Alizé-LCPC

| épais.<br>(m) | module<br>(MPa) | coefficient<br>Poisson | Zcalcul<br>(m) | EpsT<br>(µdef) | SigmaT<br>(MPa) | EpsZ<br>(µdef) | SigmaZ<br>(MPa) |
|---------------|-----------------|------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 0.060         | 4000.0          | 0.350                  | 0.000          | 50.0           | 0.390           | 13.4           | 0.658           |
|               | collé           |                        | 0.060          | 24.6           | 0.312           | 61.4           | 0.603           |
| 0.200         | 7000.0          | 0.350                  | 0.060          | 24.6           | 0.529           | 21.1           | 0.603           |
|               | collé           |                        | 0.260          | -86.0          | -0.799          | 80.0           | 0.046           |
| 0.050         | 468.8           | 0.250                  | 0.260          | -86.0          | -0.035          | 128.1          | 0.046           |
|               | collé           |                        | 0.310          | -100.6         | -0.046          | 120.3          | 0.037           |
| 0.250         | 187.5           | 0.250                  | 0.310          | -100.6         | -0.011          | 217.9          | 0.037           |
|               | collé           |                        | 0.560          | -98.7          | -0.018          | 146.6          | 0.019           |
| infini        | 75.0            | 0.350                  | 0.560          | -98.7          | -0.001          | 258.4          | 0.019           |

Figure V.6 : Déformation calculée sous Alizé-LCPC

$$\varepsilon_z = 258.4 \text{ udef}$$

#### V.4.1.3 Vérification des déformations :

$$\varepsilon_{z,adm} > \varepsilon_z$$

$$513.4 \text{ udef} > 258.4 \text{ udef}$$

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

#### V.4.2 Déformations de traction :

##### V.4.2.1 Calcul des déformations admissibles de traction $\varepsilon_{t,adm}$ :

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

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10^\circ\text{C} ; 25 \text{ Hz}) \times kne \times k\theta \times kr \times kc \quad (\text{V.8})$$

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

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

$k_\theta$  : facteur lié à la température équivalente

$k_r$  : facteur lié au risque et aux dispersions

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

avec :

$$\varepsilon_6(10^\circ\text{C} ; 25\text{ Hz}) = 100\text{ udef} = 10^{-4}$$

$$k_{ne} = \left( \frac{TCE_i}{10^6} \right)^b = \left( \frac{8.80 \times 10^6}{10^6} \right)^{-0.146} = 0.728 \quad (\text{V.9})$$

$$k_\theta = \left( \frac{E(10^\circ\text{C} ; 10\text{ Hz})}{E(\theta_{eq}^\circ\text{C} ; 10\text{ Hz})} \right)^{0.5} = \left( \frac{12500}{7000} \right)^{0.5} = 1.336 \quad (\text{V.10})$$

$$k_r = 10^{-tb\delta} = 10^{-1.282 \times -0.146 \times 0.61} = 0.769 \quad (\text{V.11})$$

$$k_c = 1.3$$

$$\varepsilon_{t,adm} = 10^{-4} \times 0.728 \times 1.336 \times 0.769 \times 1.3$$

$$\varepsilon_{t,adm} = 97.23\text{ udef}$$

Les paramètres sont extraits des tableaux mentionnés ci-dessous :

**Tableau V.10 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux**

| Matériau (MTB) | E (30°C, 10Hz) (MPa) | E (25°, 10Hz) (MPa) | E (20°, 10Hz) (MPa) | E (10°, 10Hz) (MPa) | $\varepsilon_6$ (10°, 25Hz) ( $10^{-6}$ ) | -1/b        | SN          | Sh (cm)  | $\nu$       | $k_c$      |
|----------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------------|-------------|-------------|----------|-------------|------------|
| <b>BB</b>      | 2500                 | 3500                | 4000                | -                   | -                                         | -           | -           | -        | 0,35        | -          |
| <b>GB</b>      | 3500                 | 5500                | <b>7000</b>         | <b>12500</b>        | <b>100</b>                                | <b>6,84</b> | <b>0,45</b> | <b>3</b> | <b>0,35</b> | <b>1,3</b> |
| <b>SB</b>      | 1500                 | -                   | -                   | 3000                | 245                                       | 7,63        | 0,68        | 2,5      | 0,45        | 1,3        |

**Tableau V.11 : Valeurs de  $t$  en fonction de  $r$**

|                   | Classe de trafic (TPL <sub>i</sub> ) (PL/J/sens) | TPL <sub>i</sub> 3 | TPL <sub>i</sub> 4 | TPL <sub>i</sub> 5 | TPL <sub>i</sub> 6 | TPL <sub>i</sub> 7 |
|-------------------|--------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Risque (%)</b> | <b>GB/GB, GB/GNT...</b>                          | 20                 | 15                 | <b>10</b>          | 5                  | 2                  |
|                   | <b>GL/GL</b>                                     | 15                 | 10                 | 5                  | 2                  | 2                  |
|                   | <b>BCg/GC</b>                                    | 12                 | 10                 | 5                  | 2                  | 2                  |

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times S_h\right)^2} = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3\right)^2} = 0.61 \quad (V.12)$$

avec :

SN : dispersion sur la loi de fatigue

Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm)

c : coefficient égal à 0,02

t : fractile de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%)

b : pente de la droite de fatigue (b < 0)

#### V.4.2.2 Calcul des déformations de traction $\varepsilon_t$ :

Le calcul des déformations de traction a été effectué à l'aide du logiciel Alizé-LCPC. Dans notre cas, le calcul est réalisé à la base de la couche bitumineuse inférieure (GB).

| épais.<br>(m) | module<br>(MPa) | coefficient<br>Poisson | Zcalcul<br>(m) | EpsT<br>(µdef) | SigmaT<br>(MPa) | EpsZ<br>(µdef) | SigmaZ<br>(MPa) |
|---------------|-----------------|------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 0.060         | 4000.0          | 0.350                  | 0.000          | 50.0           | 0.390           | 13.4           | 0.658           |
|               | collé           |                        | 0.060          | 24.6           | 0.312           | 61.4           | 0.603           |
| 0.200         | 7000.0          | 0.350                  | 0.060          | 24.6           | 0.529           | 21.1           | 0.603           |
|               | collé           |                        | 0.260          | -86.0          | -0.799          | 80.0           | 0.046           |
| 0.050         | 468.8           | 0.250                  | 0.260          | -86.0          | -0.035          | 128.1          | 0.046           |
|               | collé           |                        | 0.310          | -100.6         | -0.046          | 120.3          | 0.037           |
| 0.250         | 187.5           | 0.250                  | 0.310          | -100.6         | -0.011          | 217.9          | 0.037           |
|               | collé           |                        | 0.560          | -98.7          | -0.018          | 146.6          | 0.019           |
| infini        | 75.0            | 0.350                  | 0.560          | -98.7          | -0.001          | 258.4          | 0.019           |

Figure V.7 : Déformation calculée sous Alizé-LCPC

$$\varepsilon_z = 86.0 \text{ udef}$$

#### V.4.2.3 Vérification des déformations :

$$\begin{aligned} \varepsilon_{t,adm} &> \varepsilon_t \\ 97.23 \text{ udef} &> 86.0 \text{ udef} \end{aligned}$$

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

## V.5 Conclusion :

Les vérifications réalisées à l'aide du logiciel Alizé-LCPC ont montré que la structure choisie satisfait à la fois la condition sur les déformations verticales du sol support et la condition sur les déformations de traction à la base de la couche de GB donc la structure du corps de chaussée **6 BB + 20 GB + 30 GNT** est vérifiée.

**CHAPITRE VI**

**ETUDE GEOMETRIQUE**

## VI.1 Introduction :

L'étude géométrique définit la géométrie tridimensionnelle de la voie afin d'assurer une circulation fluide, confortable et sécurisée, tout en intégrant l'infrastructure dans son environnement. basé sur une vitesse de référence de 60 km/h, le dimensionnement s'articule autour de trois axes principaux : le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers.

Ce chapitre présente les calculs justificatifs et les vérifications réglementaires qui fixent la géométrie finale du projet.

## VI.2 Tracé en plan :

### VI.2.1 Définition :

Le tracé en plan est la projection horizontale, vue du ciel, de l'axe médian d'une infrastructure routière. Il définit la trajectoire de la voie à travers une succession continue d'alignements droits pour les liaisons directes, d'arcs de cercle à rayon constant pour les changements de direction, et de courbes de raccordement progressif, comme les clothoïdes, qui assurent une transition douce et sécurisée entre les droites et les courbes pour le confort visuel et dynamique des usagers.

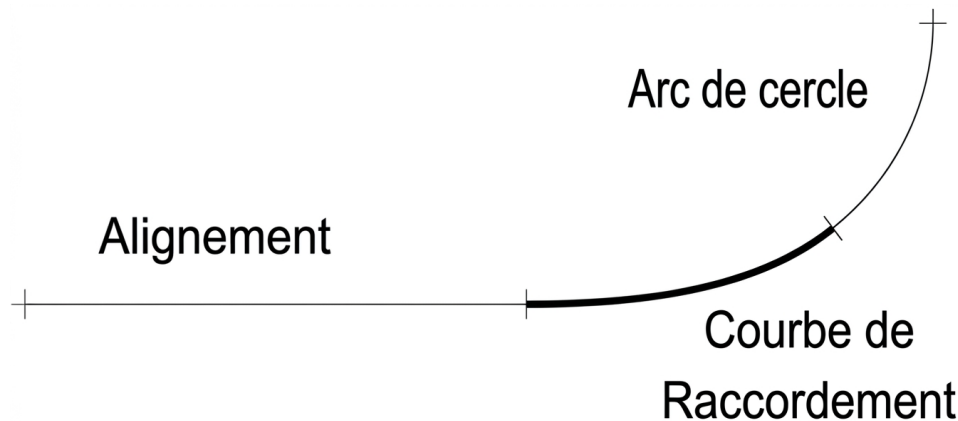
### VI.2.2 Recommandations pour la Conception du Tracé en Plan d'une Route :

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

- **Adaptation au terrain naturel** : il est préférable d'ajuster le tracé pour épouser au mieux les caractéristiques naturelles du terrain, afin de réduire les besoins en terrassement et de préserver l'environnement local.
- **Utilisation de grands rayons** : lorsque les conditions du terrain le permettent, l'emploi de grands rayons pour les courbes est recommandé afin d'améliorer la sécurité et d'augmenter la visibilité.
- **Respect de la longueur minimale des alignements droits** : Si possible, maintenir une longueur minimale pour les alignements droits, ce qui contribue à une meilleure orientation et stabilité pour les conducteurs.
- **Raccordement aux réseaux existants** : Assurer une intégration efficace avec les infrastructures routières existantes pour faciliter la continuité et l'accessibilité du réseau routier.
- **Préservation des terrains agricoles** : Éviter autant que possible les tracés qui traversent les terres agricoles, notamment les zones arboricoles, pour minimiser l'impact sur l'agriculture locale.
- **Gestion des franchissements d'oueds** : Éviter de franchir les oueds autant que possible pour réduire la nécessité de construire des ouvrages d'art coûteux. Si un franchissement est nécessaire, il est recommandé de le réaliser perpendiculairement à l'oued pour minimiser les coûts et les impacts environnementaux.

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

### VI.2.3 Les éléments constituant le tracé en plan :



**Figure VI.1 :** *Les éléments constituant le tracé en plan*

#### VI.2.3.1 Les alignements droits :

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

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

$$\begin{aligned}
 L_{min} &= 5 \times \frac{V_r}{3.6} \\
 L_{min} &= 5 \times \frac{60}{3.6} \\
 L_{min} &= 83.33 \text{ m}
 \end{aligned}
 \tag{VI.1}$$

$$\begin{aligned}
 L_{max} &= 60 \times \frac{V_r}{3.6} \\
 L_{max} &= 60 \times \frac{60}{3.6} \\
 L_{max} &= 1000 \text{ m}
 \end{aligned}
 \tag{VI.2}$$

$V_r$  étant la vitesse de référence qui est dans notre cas de 60 Km/h

#### VI.2.3.2 Les arcs de cercle :

Trois facteurs principaux influencent la limitation du rayon des courbes dans la conception des tracés routiers : stabilité des véhicules, adaptation des véhicules longs, visibilité dans les tranchées en courbe.

Il est conseillé de choisir le rayon le plus grand possible pour optimiser ces facteurs, tout en respectant le rayon minimum recommandé pour garantir la sécurité et la fonctionnalité de la route.

- **Rayon horizontal minimal absolu (RHm) :**

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal :

$$RHm = \frac{V_r^2}{127(f_t + d_{max})} \quad (VI.3)$$

Avec :

$f_t$  : coefficient de frottement transversal

$d_{max}$  : dévers maximal

$V_r$  : Vitesse de référence

- **Rayon minimal normal (RHN) :**

RHN représente le rayon minimal absolu associé à la vitesse de référence immédiatement supérieure  $V_r + 20$ . À ce rayon est associé à un  $d_{max} - 2\%$  pour la catégorie de route 2.

$$RHN = \frac{(V_r + 20)^2}{127(f_t + d)} \quad (VI.4)$$

- **Rayon au dévers minimal (RHd) :**

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et telle que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse  $V$  serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

$$RHd = \frac{V_r^2}{127 \times 2d_{min}} \quad (VI.5)$$

- **Rayon minimal non déversé (RHnd) :**

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse  $V$  une courbe de devers égal à  $d_{min}$  vers l'extérieur reste inférieure à valeur limitée

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127(f'' - d_{min})} \quad (VI.6)$$

avec :

$f''$  : 0.06 pour catégorie 1 et 2.

**Tableau VI.1 : Valeur de devers minimal**

| <b>Environnement</b><br><b>Devers</b> | <b>Facile</b> | <b>Moyen</b> | <b>Difficile</b> |
|---------------------------------------|---------------|--------------|------------------|
| <b>Devers Minimal</b>                 |               |              |                  |
| – Cat. 1-2                            | 2,5%          | <b>2,5%</b>  | 2,5%             |
| – Cat. 3-4-5                          | 3%            | 3%           | 3%               |
| <b>Devers Maximal</b>                 |               |              |                  |
| – Cat. 1-2                            | 7%            | <b>7%</b>    | 7%               |
| – Cat. 3-4                            | 8%            | 8%           | 7%               |
| – Cat. 5                              | 9%            | 9%           | 9%               |

**Tableau VI.2 : Coefficient de frottement transversal  $f_t$** 

| <b>Catégorie</b> | <b>Coefficient de frottement</b> | <b>Vitesse (Km/h)</b> |            |           |             |           |
|------------------|----------------------------------|-----------------------|------------|-----------|-------------|-----------|
|                  |                                  | <b>120</b>            | <b>100</b> | <b>80</b> | <b>60</b>   | <b>40</b> |
| <b>1 - 2</b>     | Transversal $f_t$                | 0,10                  | 0,11       | 0,13      | <b>0,16</b> | 0,20      |
| <b>3 - 4 - 5</b> | Transversal $f_t$                | 0,11                  | 0,125      | 0,15      | 0,18        | 0,22      |

**Tableau VI.3 : Valeurs minimales des rayons**

| <b>Rayon</b>                        | <b>Symbole</b> | <b>Valeur</b> |
|-------------------------------------|----------------|---------------|
| Rayon horizontal minimal<br>(m)     | RHm (7%)       | 125 m         |
| Rayon horizontal normal<br>(m)      | RHN (5%)       | 250 m         |
| Rayon horizontal déversé<br>(m)     | RHd (2.5%)     | 550 m         |
| Rayon horizontal non<br>déversé (m) | Rhnd (-2.5%)   | 800 m         |

### VI.2.3.3 Les raccordements progressifs (Clothoïdes) :

La clothoïde est une spirale caractérisée par un rayon de courbure qui diminue progressivement, partant de l'infini à son origine jusqu'à atteindre zéro au point asymptotique. Sa courbure est directement proportionnelle à la longueur de l'arc parcouru. Lorsqu'elle est suivie à vitesse constante, la clothoïde assure une variation constante de l'accélération transversale, ce qui améliore nettement le confort pour les usagers

$$A^2 = R \times L \quad (\text{VI.7})$$

avec :

A : Paramètre de la clothoïde

R : Rayon de courbure

L : Longueur de raccordement

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer les conditions suivantes :

- **Condition de confort optique :**

Assure une transition visuelle douce pour les conducteurs, permettant une adaptation graduelle à la courbure de la route.

pour  $R = 250 \text{ m}$  :

$$L_1 \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \quad (\text{VI.8})$$

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

$$L_1 \geq 77.46 \text{ m}$$

avec : Le ripage  $\Delta R = 1$

- **Condition de confort dynamique :**

Offre une expérience de conduite plus confortable en minimisant les changements brusques de direction et les forces latérales, ce qui contribue à réduire la fatigue du conducteur et à améliorer le bien-être général pendant le trajet.

$$L_2 \geq \left( \frac{V_r^2}{18} \right) \left[ \frac{V_r^2}{127 \times R} - \Delta d \right] \quad (\text{VI.9})$$

$$L_2 \geq \left( \frac{60^2}{18} \right) \left[ \frac{60^2}{127 \times 250} - 0.075 \right]$$

$$L_2 \geq 7.68 \text{ m}$$

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

- **Condition de gauchissement :**

Permet une adaptation progressive du véhicule à la courbure, réduisant le stress mécanique sur les véhicules et améliorant la stabilité.

$$L_3 \geq l \times V_r \times \Delta d \quad (\text{VI.10})$$

$$L_3 \geq 7 \times 60 \times 0.05$$

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

avec : Largeur de la chaussée  $l = 7 \text{ m}$

- **La longueur de la clothoïde :**

La longueur de la clothoïde est :

$$L = \max(L_1, L_2, L_3) \quad (\text{VI.11})$$

$$L = \max(77.46, 7.68, 21)$$

$$L = 77.46 \text{ m}$$

- **Paramètre de Clothoïde A :**

Paramètre de clothoïde A est :

$$A = \sqrt{R \times L} \quad (\text{VI.12})$$

$$A = \sqrt{250 \times 115}$$

$$A = 140 \text{ m}$$

- **Vérification paramètre de clothoïde A :**

Vérification de la condition

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R \quad (\text{VI.13})$$

$$\frac{250}{3} \leq A \leq 250$$

$$83.3 \text{ m} \leq 140 \text{ m} \leq 250 \text{ m}$$

## VI.3 Profil en long :

### VI.3.1 Définition :

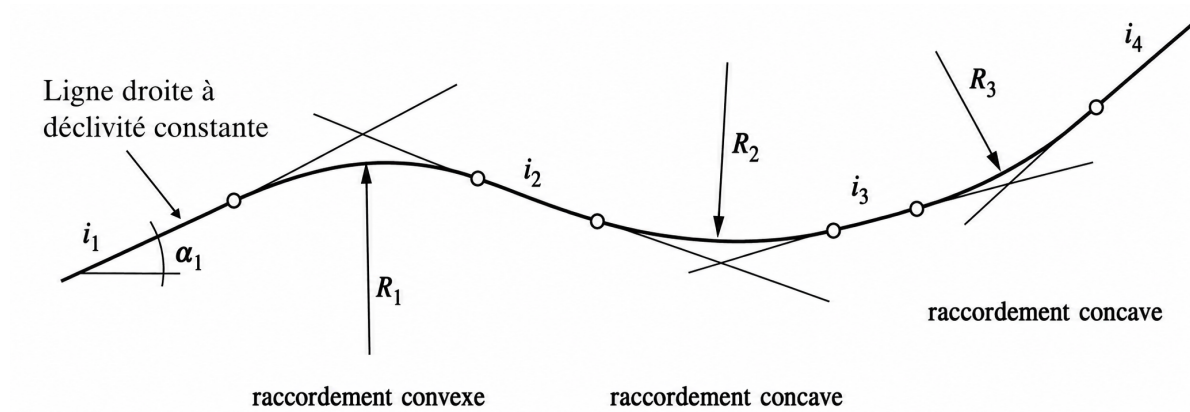
Le profil en long d'une route, représentant une coupe verticale le long de l'axe central, est crucial pour la conception routière. Il joue un rôle déterminant dans la continuité spatiale, permettant aux concepteurs de prévoir l'évolution du tracé et d'assurer une bonne perception des points singuliers, essentiels pour une navigation sécurisée et efficace.

Composé de lignes droites raccordées par des paraboles, le profil en long facilite des transitions en douceur entre différentes pentes, améliorant ainsi le confort de conduite et optimisant le drainage de l'eau. Ces transitions sont vitales pour minimiser les risques de perte de contrôle du véhicule et pour améliorer la visibilité des conducteurs.

### VI.3.2 Règles à Respecter pour le Profil en Long d'une Route :

Dans la conception du profil en long, il est essentiel de prendre en compte plusieurs règles importantes :

- **Respect des normes géométriques :** Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur est crucial pour assurer la conformité de la conception.
- **Gestion de l'eau :** Il est essentiel d'éviter les angles rentrants en déblai pour prévenir la stagnation des eaux et favoriser un écoulement efficace. De plus, un profil en long en léger remblai est préférable car il facilite l'évacuation des eaux et permet une meilleure intégration de la route dans le paysage.
- **Équilibre des matériaux :** Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais pour optimiser la construction et réduire l'impact environnemental.



**Figure VI.2 :** Les éléments constituant le profil en long

- **Hauteur des remblais :** Éviter une hauteur excessive en remblai pour maintenir la stabilité de la structure et minimiser les coûts.
- **Coordination du tracé :** Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long. L'agencement des alignements et des courbes en profil en long doit respecter certaines règles établies.
- **Adaptation au paysage :** Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage pour une meilleure intégration visuelle et fonctionnelle de la route

### VI.3.3 Coordination du Tracé en Plan et du Profil en Long :

La coordination entre le tracé en plan et le profil en long d'une route est essentielle pour garantir une conduite confortable pour les usagers. Voici quelques points importants à considérer :

- Le tracé en plan se réfère à la disposition horizontale de la route sur le plan. Il prend en compte des éléments tels que les virages, les intersections, les courbes de transition, etc.
- Le profil en long se réfère à la disposition verticale de la route. Il inclut des éléments tels que les pentes, les dénivellations, les rampes, etc. Un profil en long adéquat est nécessaire pour garantir des conditions de conduite confortables et sûres, en minimisant les pentes abruptes et les variations de hauteur excessives.
- Assurer une coordination adéquate entre le tracé en plan et le profil en long implique de garantir que les changements de direction horizontaux (virages) correspondent harmonieusement aux changements de profil vertical (pentes). Cela permet d'offrir aux conducteurs une vue satisfaisante de la route, en plus des conditions de visibilité minimales requises pour assurer la sécurité.

### VI.3.4 Caractéristique géométrique du profil en long :

#### VI.3.4.1 Déclivité :

- **Déclivité minimale :**

Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et particulièrement celles en dessous de 0.5% afin de prévenir la stagnation des eaux.

Dans notre cas :

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

- **Déclivité maximale :**

La déclivité maximale est spécialement permise sur des tronçons courts, en raison de la réduction de la vitesse et de l'augmentation subséquente des coûts de circulation, comme dans les cas de rampes maximales, ainsi que de l'effort de freinage accru requis pour les poids lourds, entraînant une usure significative des pneumatiques dans les descentes prononcées.

**Tableau VI.4 :** valeur de la déclivité maximale

| $V_r$ (km/h) | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
|--------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| $I_{max}$    | 8  | 7  | 6  | 5   | 4   | 4   |

Dans notre cas :

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

#### VI.3.4.2 Rayons minimaux :

- **Rayon minimal en angle saillant (convexes) :**

Les rayons minimaux autorisés pour les raccordements paraboliques dans les angles saillants sont déterminés en considérant la position de l'œil humain, la présence d'obstacles, ainsi que les distances d'arrêt et de visibilité requises

**Tableau VI.5 :** Rayons en angle saillant

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

Rayon vertical minimum absolu :

$$RVm = 1000 \text{ m}$$

Rayon vertical minimum normal :

$$RVN = 2500 \text{ m}$$

• **Rayon minimal en angle rentrant (concaves) :**

Dans les zones basses où les routes se rejoignent, il est moins important de voir clairement pendant le jour que pendant la nuit. La nuit, les phares des voitures doivent éclairer assez loin pour que le conducteur puisse voir les obstacles à temps.

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

Rayon vertical minimum absolu :

$$RV'_m = 1200 \text{ m}$$

Rayon vertical minimum normal :

$$RV'_N = 2400 \text{ m}$$

## VI.4 Le Profil en Travers :

### VI.4.1 Définition

Le profil en travers est la coupe perpendiculaire à l'axe de la route. Il définit l'organisation géométrique transversale de la voie, fixant la largeur de la chaussée, des accotements, et les dévers indispensables à l'évacuation des eaux et à la stabilité des véhicules en courbe.

### VI.4.2 Classification du profil en travers :

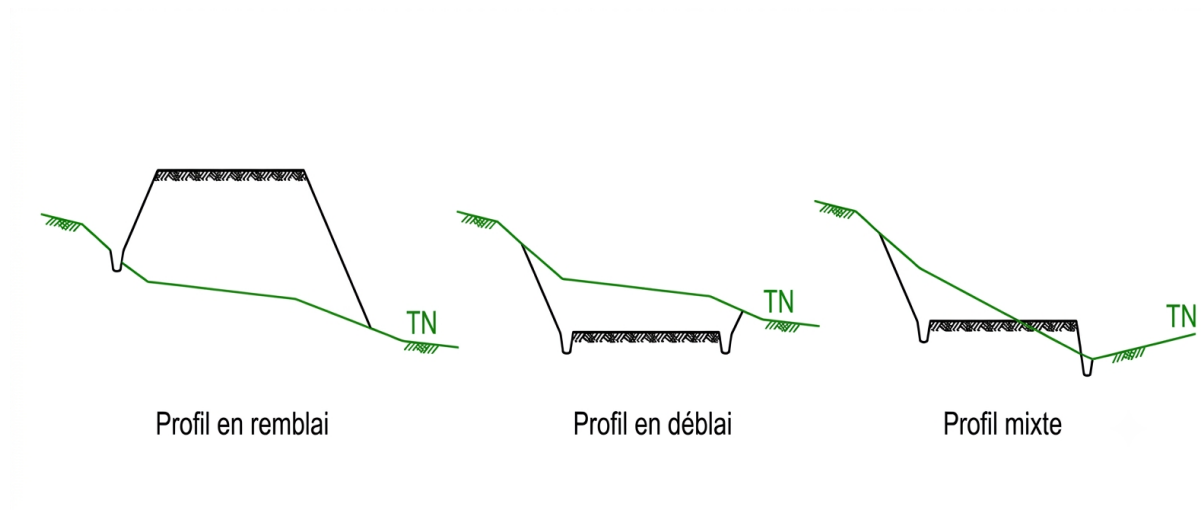
#### VI.4.2.1 Profil en travers type :

C'est le modèle théorique de référence. Il définit l'aménagement standard (largeur de la chaussée, accotements, pentes, fossés) pour chaque situation (en remblai ou en déblai) tout au long du projet.

#### VI.4.2.2 Profil en travers courant :

Représentation dessinée à intervalles réguliers qui tient compte du relief réel, il permet le calcul exact des volumes de terrassement en comparant le terrain naturel au projet, et se décline en trois configurations :

- **Profil en remblai** : La ligne rouge se situe au-dessus du terrain naturel. La route nécessite un apport de matériaux pour surélever la chaussée, encadrée par des talus descendants.
- **Profil en déblai** : La ligne rouge se situe en dessous du terrain naturel. La route nécessite l'excavation du sol en place, encadrée par des talus montants.
- **Profil mixte** : La ligne rouge coupe le terrain naturel. Le profil comporte simultanément une partie en déblai et une partie en remblai.

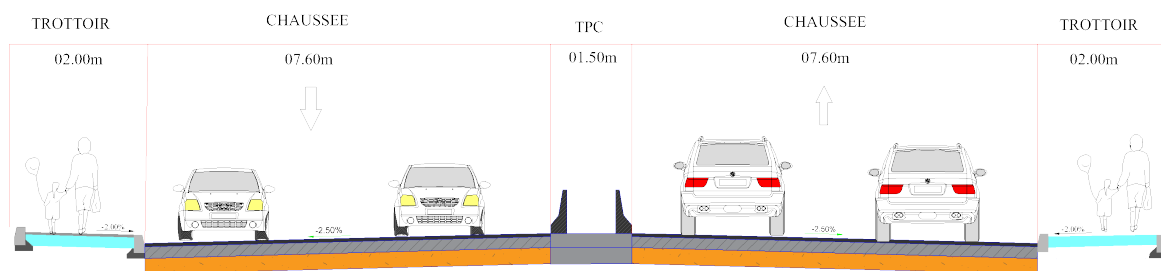


**Figure VI.3** : Les configurations types d'un profil en travers courant

### VI.4.3 Les éléments constitutifs du profil en travers :

Le profil en travers est constitué par les éléments suivants :

- **Chaussée** : 2 voies de 3,8 m, soit un total de 7.6 m (par côté)
- **TPC (Terre-Plein Central)** : 1.5 m
- **Trottoir** : 2 m (par côté)



**Figure VI.4** : Profil en travers type

### VI.4.4 Les pentes transversales :

En alignement droit, la chaussée présente un profil en toit avec une pente transversale de 2,5 % vers l'extérieur. Le terre-plein central (TPC) suit l'inclinaison de la chaussée adjacente, tandis que celle du trottoir reste fixée à 2%. En courbe déversée, la pente de la chaussée passe à 5 % vers l'intérieur de la courbe, avec une transition linéaire s'effectuant le long de la clothoïde pour garantir le confort et la sécurité.

## **VI.5 Conclusion :**

En conclusion, l'étude géométrique a permis de concevoir un aménagement routier cohérent et performant en optimisant ses trois composantes fondamentales : le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers. L'articulation de ces éléments assure une continuité fluide de la trajectoire, une visibilité maximale et une parfaite évacuation des eaux de surface. L'ensemble de ces choix techniques garantit la parfaite insertion du projet dans son environnement tout en répondant strictement aux normes de sécurité, de confort cinématique et de durabilité de l'infrastructure.

**CHAPITRE VII**

**CUBATURES ET VOLUMES DES  
MATÉRIAUX**

## VII.1 Introduction :

Ce chapitre présente l'évaluation quantitative des mouvements de terres et les besoins réels en matériaux nécessaires à la réalisation du projet de dédoublement de la RN63. L'estimation rigoureuse des cubatures (déblais et remblais) ainsi que le dimensionnement des volumes des différentes couches de chaussée constituent des indicateurs clés pour optimiser la gestion des ressources, planifier la logistique du chantier et maîtriser l'impact environnemental global des travaux.

## VII.2 Volumes de terrassements :

| Terrassement | Volume (m <sup>3</sup> ) |
|--------------|--------------------------|
| Deblai       | 42342                    |
| Remblai      | 0                        |

**Tableau VII.1 :** *Volumes de terrassement*

## VII.3 Volumes des matériaux :

| Matériau | Volume (m <sup>3</sup> ) |
|----------|--------------------------|
| BB       | 1035                     |
| GB       | 3541                     |
| GNT      | 5379                     |

**Tableau VII.2 :** *Volume cumulé des matériaux de chaussée*

## VII.4 Conclusion :

Ce calcul a permis d'évaluer avec précision les quantités de matériaux nécessaires à la réalisation du projet.

**CHAPITRE VIII**

**OUVRAGES DE SOUTÈNEMENT**

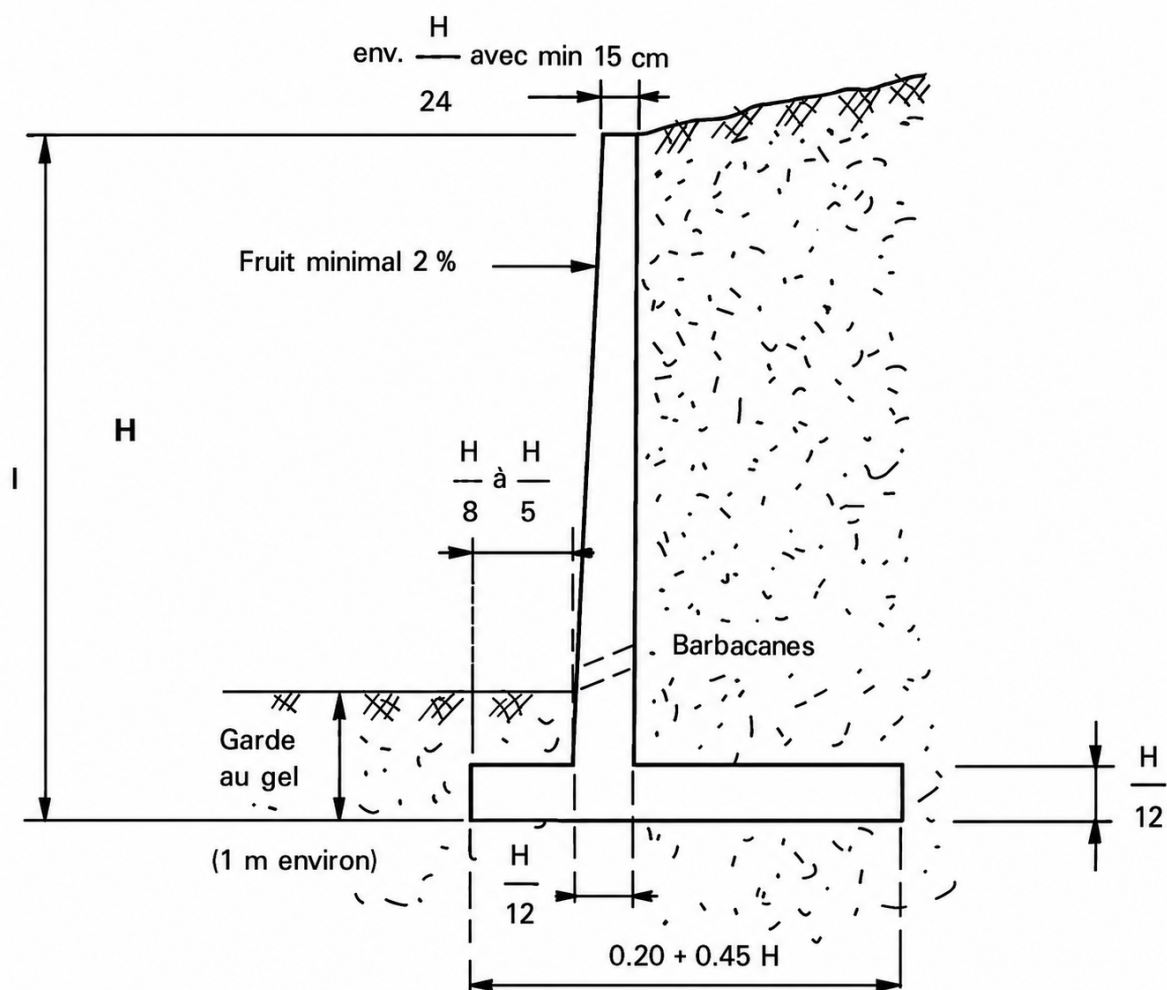
## VIII.1 Introduction :

Le projet de dédoublement de la RN63 traverse une zone fortement urbanisée et engendre d'importants volumes de déblai. Afin de sécuriser durablement l'infrastructure routière et de protéger rigoureusement les habitations ainsi que les bâtiments riverains contre tout risque d'éboulement ou de déstabilisation des sols, deux solutions techniques ont été retenues : l'utilisation d'éléments modulaires de type Atalus pour les soutènements de faible hauteur, et la construction de murs de soutènement en béton armé pour les hauteurs les plus importantes.

## VIII.2 Murs de soutènement en BA :

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

### VIII.2.1 Prédimensionnement de mur :



**Figure VIII.1 :** Dimensionnement courant d'un mur en béton armé (guide SETRA)

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

#### VIII.2.1.1 Le voile (Paroi verticale) :

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

#### VIII.2.1.2 La semelle de fondation :

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

#### VIII.2.1.3 Dispositif de décharge hydrostatique :

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

### VIII.2.2 Prédimensionnement pour une hauteur de 5 mètres ( $H = 5,00 \text{ m}$ )

En appliquant les règles empiriques basées sur la hauteur totale  $H = 5,00 \text{ m}$ , les dimensions initiales de l'ouvrage sont déterminées comme suit :

#### VIII.2.2.1 Le voile (Paroi verticale)

- **Épaisseur en tête** :

$$E_{\text{tête}} = \frac{H}{24} = \frac{5,00}{24} \approx 0,21 \text{ m} \rightarrow \text{Adopté : 25 cm}$$

- **Fruit du parement extérieur** : 2 % (soit un décalage horizontal de 2 cm par mètre de hauteur).
- **Épaisseur à la base** : Pour une variation comprise entre  $H/8$  et  $H/5$  :

$$E_{\text{base}} = \frac{H}{12} = \frac{5,00}{12} \approx 0,42 \text{ m} \rightarrow \text{Adopté : 45 cm}$$

•

### VIII.2.2.2 La semelle de fondation

- **Largeur totale de la base (B) :**

$$B = 0,20 \text{ m} + 0,45 \times 5,00 = 2,45 \text{ m} \rightarrow \text{Adopté : 2,45 m}$$

- **Épaisseur de la semelle (h) :**

$$h = \frac{H}{12} = \frac{5,00}{12} \approx 0,42 \text{ m} \rightarrow \text{Adopté : 45 cm}$$

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

$$\text{Largeur}_{\text{patin,min}} = \frac{5,00}{8} = 0,625 \text{ m} \quad \text{et} \quad \text{Largeur}_{\text{patin,max}} = \frac{5,00}{5} = 1,00 \text{ m}$$

$$\rightarrow \text{Adopté : 70 cm}$$

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

$$\text{Largeur}_{\text{talon}} = B - E_{\text{base}} - \text{Largeur}_{\text{patin}} = 2,45 - 0,7 - 0,45 = 1,3 \text{ m}$$

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

## VIII.3 Soutènement modulaire par blocs en béton : Système ATALUS

Le système ATALUS est une technique préfabriquée de soutènement à sec, conçue comme une alternative structurelle aux murs en béton armé traditionnels. Ce système associe les performances mécaniques d'un mur-poids à la flexibilité d'un ouvrage modulaire.

Le produit est décliné industriellement en trois dimensions principales adaptées à l'importance des efforts à reprendre : **Atalus 18** (aménagements légers), **Atalus 50** (ouvrages de soutènement courants) et **Atalus 120** (grands soutènements d'infrastructure). Dans le cadre de notre projet, l'étude et la mise en œuvre se concentrent exclusivement sur la gamme intermédiaire **Atalus 50**.

### VIII.3.1 Fonctions de soutènement et domaines d'application

Bien que le système offre des perspectives paysagères, sa fonction première demeure la stabilisation mécanique des terres. Ses principaux domaines d'application structurels sont :

- **Stabilisation et retenue de massifs :** Soutènement de terrasses, stabilisation active des pieds de talus routiers ou des pentes instables.
- **Confortement d'ouvrages défaillants :** Reconstruction et substitution de murs de soutènement traditionnels s'étant effondrés ou présentant des signes de rupture.
- **Création d'accès :** Soutènement des terres pour l'aménagement de rampes, de voies de circulation ou de descentes de garage, avec la possibilité d'intégrer des escaliers directement dans le fruit du mur.

### VIII.3.2 Qualités techniques et caractéristiques mécaniques de l'Atalus 50

L'élément Atalus 50 répond à des critères stricts de résistance et de mise en œuvre :

- **Matériau haute résistance** : Les blocs sont fabriqués en béton pressé, garantissant une excellente résistance à la compression et aux cycles de gel-dégel.
- **Dimensions nominales** : Chaque module présente des dimensions de  $51 \times 46 \times 17/23$  cm. Les blocs sont livrés sur palettes conditionnées sous film d'emballage rétractable pour sécuriser le transport et le stockage sur chantier.
- **Stabilité semi-gravitaire** : La stabilité de l'ouvrage repose sur le poids propre du béton combiné au poids du matériau de remplissage compacté à l'intérieur de l'alvéole, créant un massif monolithique capable de résister aux poussées latérales.

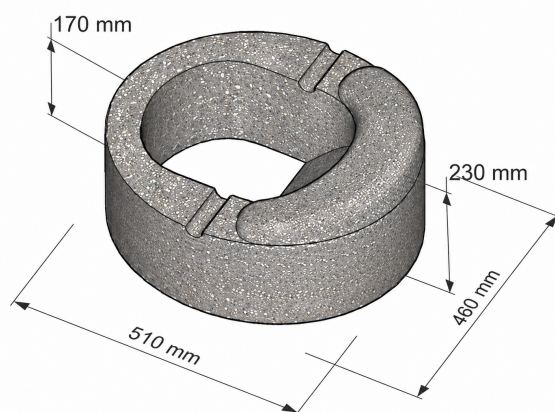


Figure VIII.2 : Dimensions de atalus 50

### VIII.3.3 Avantages constructifs et économiques

Sur le plan de l'exécution des travaux, le système présente des performances techniques supérieures aux méthodes de coulage traditionnelles :

- **Facilité et rapidité de mise en œuvre** : L'assemblage s'effectue par emboîtement à sec, sans mortier ni liant hydraulique, directement sur un simple béton de propreté. L'absence de temps de séchage permet un remblayage et une mise en service immédiats de la structure.
- **Compétitivité économique** : La production industrialisée des blocs alliée à la réduction drastique de la main-d'œuvre et des engins de levage lourds fait de l'Atalus 50 une solution financièrement très compétitive.
- **Modularité et réversibilité** : Le caractère démontable des éléments permet des phases de modifications ou des ajustements géométriques en cours de chantier, rendant la structure recyclable et réutilisable.

### VIII.3.4 Intégration paysagère et environnementale

Au-delà de ses fonctions de soutènement mécanique, la géométrie du bloc Atalus 50 participe à l'intégration de l'ouvrage dans son environnement :

- **Végétalisation structurelle** : La forme arrondie des blocs ménage des encoches spécifiques permettant de planter de la végétation. Un système d'arrosage intégré peut y être directement dissimulé.

- **Esthétique et échelle humaine :** À terme, le mur de soutènement disparaît sous le couvert végétal. Ses lignes courbes et sa modularité réduisent l'impact visuel massif généralement associé aux parois en béton armé.

### VIII.3.5 Mise en œuvre des ATALUS 50

Pour la mise en œuvre des éléments ATALUS 50, la pose commence impérativement par le point bas, le béton de propreté formant des redans de 20 cm et son niveau supérieur devant se situer à un minimum de -20 cm par rapport au terrain naturel. Lors de la pose du premier rang, les encoches facilitent l'alignement pour les structures rectilignes ou courbes, avec un écartement de 25 cm entre chaque élément en alignement droit. La pente du mur dépend du décalage «  $d$  » entre chaque rang, un angle  $f = 65^\circ$  ( $d = 9,3$  cm) représente le meilleur compromis stabilité-végétation, suivi des configurations à  $70^\circ$  ( $d = 7,3$  cm),  $75^\circ$  ( $d = 5,3$  cm) et  $85^\circ$  ( $d = 1,8$  cm). Au deuxième rang, un remblai drainant d'une largeur minimale de 50 cm est requis, en utilisant un matériau contenant moins de 5 % de fines. Ce remblai doit être mis en place et soigneusement compacté par couches successives de 20 cm à chaque rang. Enfin, la terre végétale doit être intégrée à chaque niveau à raison de 150 litres / m<sup>2</sup>.

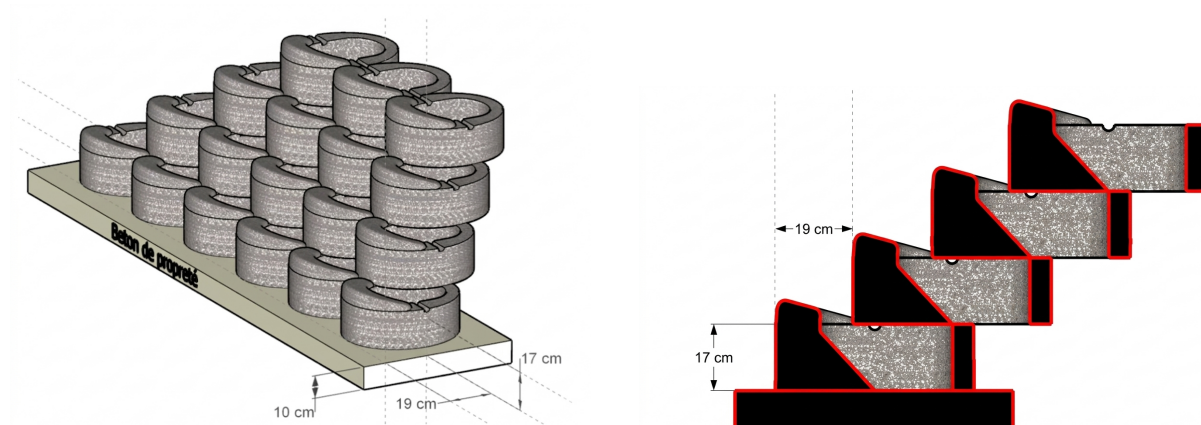


Figure VIII.3 : Disposition des Atalus

# **CHAPITRE IX**

## **ASSAINISSEMENT**

## **IX.1 Introduction :**

L'assainissement routier désigne l'ensemble des dispositifs et ouvrages destinés à collecter, canaliser et évacuer les eaux superficielles et souterraines afin de protéger l'infrastructure routière et de garantir la sécurité des usagers. Il comprend les fossés, caniveaux, drains, buses et ouvrages hydrauliques assurant l'évacuation des eaux hors de l'emprise de la chaussée.

la présence d'eau non maîtrisée peut provoquer des inondations, une érosion des talus, des glissements de terrain et une dégradation accélérée de la chaussée.

L'étude d'assainissement permet d'évaluer les débits pluviaux et de définir les ouvrages de drainage adaptés pour assurer la pérennité de l'infrastructure.

## **IX.2 Objectifs de l'assainissement :**

L'étude d'assainissement routier vise trois objectifs principaux :

- Assurer la sécurité des usagers
- Protéger la route et ses ouvrages
- Préserver le milieu naturel environnant

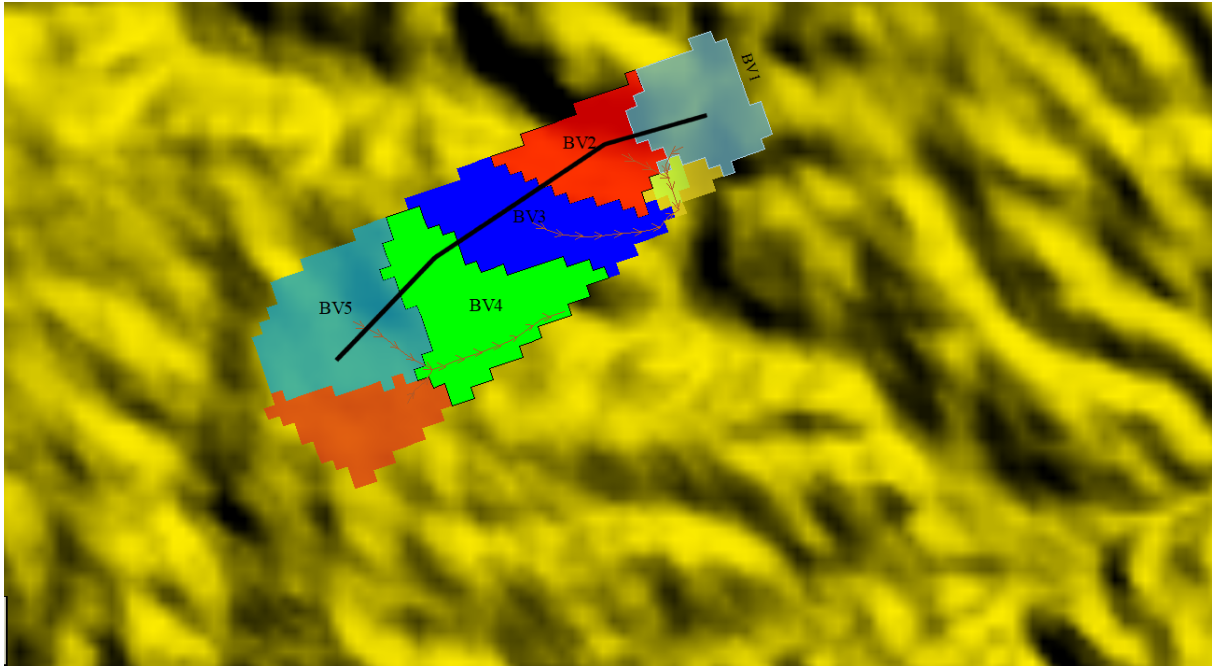
## **IX.3 Conception technique des ouvrages :**

La conception des ouvrages d'assainissement vise à gérer efficacement les eaux de ruissellement. Elle porte sur quatre volets complémentaires :

- Le rétablissement des écoulements naturels perturbés par le nouveau tracé.
- La collecte et l'évacuation des eaux superficielles dans l'emprise de la route.
- Le drainage des eaux internes et souterraines pour préserver la stabilité de la chaussée
- La maîtrise des risques de pollution liés au ruissellement sur la plateforme routière.

## IX.4 Les bassins versants :

Les différents bassins définis le long du tracé de la route sont reportés dans la figure :



**Figure IX.1 :** Les bassins versants délimités en utilisant le logiciel global mapper

**Tableau IX.1 :** Caractéristiques physiques des bassins versants

| N° de bassin | A (km <sup>2</sup> ) | Hmax (m) | Hmin (m) | Hmoy (m) | L (m)  | I (m/m) |
|--------------|----------------------|----------|----------|----------|--------|---------|
| 1            | 0.1270               | 148.6    | 136.3    | 142.45   | 94.21  | 0.1305  |
| 2            | 0.1787               | 160      | 135.4    | 147.7    | 250.01 | 0.098   |
| 3            | 0.2097               | 170.7    | 161.2    | 165.95   | 452.12 | 0.0210  |
| 4            | 0.2127               | 171.8    | 164.7    | 168.25   | 456.48 | 0.0157  |
| 5            | 0.1167               | 173.75   | 157.4    | 165.575  | 253.98 | 0.0643  |

A : Surface du bassin versant (km<sup>2</sup>).

Hmoy : La moyenne arithmétique de Hmax et Hmin

Hmin : L'altitude min (m).

Hmax : L'altitude max (m).

L : Longueur du cours d'eau principal (m).

I : Pente moyenne du bassin versant (m/m).

## IX.5 Méthodologie hydrologique :

### IX.5.1 Formule rationnelle :

Le débit de pointe  $Q$  est calculé par la formule rationnelle.

$$Qa = 0.278 \times C \times I \times A \quad (\text{IX.1})$$

avec :

$Qa$  : débit de pointe ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) pour la période de retour  $T$ .

$C$  : coefficient de ruissellement pondéré du bassin versant.

$I$  : intensité moyenne de la pluie ( $\text{mm/h}$ ) pour la durée égale au temps de concentration  $t_c$ .

$A$  : superficie du bassin versant ( $\text{km}^2$ ).

### IX.5.2 Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement  $C$  est estimé par la méthode de Kenessey comme la somme de trois coefficients partiels liés respectivement à la pente, à la perméabilité du sol et à la couverture végétale :

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (\text{IX.2})$$

**Tableau IX.2 :** Coefficient  $C_1$  — Pente du bassin versant

| Pente (%) | <3.5      | 3,5–11    | 11–35     | >35       |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $C_1$     | 0,01–0,05 | 0,06–0,10 | 0,12–0,20 | 0,22–0,30 |

**Tableau IX.3 :** Coefficient  $C_2$  — Perméabilité du sol

| Nature du sol | Imperméable | Peu perméable | Perméable | Très perméable |
|---------------|-------------|---------------|-----------|----------------|
| $C_2$         | 0,22–0,30   | 0,10–0,20     | 0,06–0,10 | 0,03–0,05      |

**Tableau IX.4 :** Coefficient  $C_3$  — Couverture végétale

| Couverture | Rocheux   | Prairie   | Champs    | Forêt/Sable |
|------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| $C_3$      | 0,22–0,30 | 0,17–0,25 | 0,05–0,15 | 0,03–0,05   |

### IX.5.3 Intensité de pluie :

L'intensité de pluie est déterminée à partir de la loi de Montana, établie par l'analyse statistique des relevés pluviométriques de la station d'Alger-Centre :

$$I(t, T) = a(T) \times t^{-b} \quad (\text{IX.3})$$

avec :

I : Intensité de pluie (mm/h)

T : Période de retour (ans)

t : Temps (heures)

a et b : paramètres statistiques de Montana.

**Tableau IX.5 : Paramètres de Montana — Station Alger-Centre**

| Station      | Paramètre | T = 10 ans | T = 100 ans |
|--------------|-----------|------------|-------------|
| Alger-Centre | <i>a</i>  | 41,10      | 61,50       |
|              | <i>b</i>  | 0,69       | 0,69        |

Pour ce projet, la période de retour de 100 ans est retenue pour le dimensionnement des ouvrages de drainage, conformément aux recommandations en vigueur pour les routes nationales en Algérie.

### IX.5.4 Temps de concentration :

Le temps de concentration  $T_c$  est le temps nécessaire à une particule d'eau située au point hydrauliquement le plus éloigné de l'exutoire pour le rejoindre. Il est calculé selon la formule Ventura :

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{S}{P}} \quad (\text{IX.4})$$

Avec :

$T_c$  : Temps de concentration (heures)

S : Superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>)

P : Pente moyenne du bassin versant (m/m).

## IX.6 Calcul des débits de crue :

### IX.6.1 Exemple de calcul détaillé (Bassin versant BV1) :

Temps de concentration :

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.127}{0.1305}} = 0.12 \text{ h}$$

Intensité pour T = 100 ans (a = 61,50 ; b = 0,69) :

$$I(0.12; 100) = 61.5 \times 0.12^{-0.69} = 265,6 \text{ mm/h}$$

Coefficient de ruissellement :

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 0,20 + 0,15 + 0,20 = 0,55$$

Choix justifié par une pente entre 11–35 % ( $C_1 = 0,20$ ), un sol peu perméable ( $C_2 = 0,15$ ) et une couverture de type champs/urbain ( $C_3 = 0,20$ ).

Débit de pointe :

$$Q_{100} = 0.278 \times 0.55 \times 265.6 \times 0.127 = 4.98 \text{ m}^3/\text{s}$$

## IX.6.2 Récapitulatif des débits de crue :

Les débits de crue de période de retour 100 ans pour l'ensemble des cinq bassins versants sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IX.6 :** *Débits de crue ( $T = 100$  ans) — Ensemble des bassins versants*

| N° BV | C    | A (km <sup>2</sup> ) | Tc (h) | I <sub>100</sub> (mm/h) | Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Formule | Retour  |
|-------|------|----------------------|--------|-------------------------|--------------------------------------|---------|---------|
| BV1   | 0,55 | 0,127                | 0,120  | 265,6                   | 4,98                                 | Ventura | 100 ans |
| BV2   | 0,50 | 0,179                | 0,105  | 208,9                   | 5,70                                 | Ventura | 100 ans |
| BV3   | 0,50 | 0,210                | 0,210  | 180,5                   | 5,26                                 | Ventura | 100 ans |
| BV4   | 0,45 | 0,213                | 0,470  | 103,5                   | 2,76                                 | Ventura | 100 ans |
| BV5   | 0,50 | 0,117                | 0,170  | 208,9                   | 3,39                                 | Ventura | 100 ans |

## IX.7 Les ouvrages hydraulique :

### IX.7.1 Les ouvrages transversaux :

En raison des caractéristiques topographiques du projet, notamment l'analyse détaillée du profil en long et la configuration des bassins versants, l'implantation d'ouvrages hydrauliques transversaux (tels que les dalots ou les buses) n'est pas nécessaire. Le tracé en plan et le profil en long épousent favorablement les lignes de crête ou évitent les points bas critiques, ce qui permet d'exclure toute interception majeure de cours d'eau ou d'écoulements naturels concentrés. Les apports en eau provenant des différents bassins versants limitrophes sont ainsi collectés et acheminés efficacement par le réseau d'assainissement longitudinal (fossés et caniveaux), garantissant une évacuation optimale des eaux de ruissellement sans perturber le réseau hydrographique naturel.

### IX.7.2 Les ouvrages longitudinaux :

Dans le cadre des aménagements de la section des ouvrages longitudinaux, la collecte et l'évacuation des eaux de ruissellement sur l'ensemble du projet seront assurées par l'implantation d'avaloirs, compte tenu de son intégration en zone urbaine. Ces dispositifs permettront de capter efficacement les flux de surface tout au long du tracé.

**IX.7.2.1 Les avaloirs :**

La collecte des eaux de ruissellement de la chaussée est assurée par des avaloirs normalisés de type D400, implantés à intervalles réguliers et reliés par des drains transversaux de diamètre 300 mm. le dimensionnement consiste à vérifier que le débit capacitair de l'avaloir est supérieur au débit d'apport pluvial sur la surface drainée.

**Données de dimensionnement :** Les paramètres géométriques retenus pour le dimensionnement sont regroupés dans le tableau suivant :

| Paramètre                             | Valeur                     | Unité |
|---------------------------------------|----------------------------|-------|
| Type d'avaloir                        | D400 (grille 400 × 400 mm) | —     |
| Type du drain de raccordement         | PEHD Ø 300 SN8             | mm    |
| Espacement entre avaloirs             | $L = 50$                   | m     |
| Largeur de la demi-chaussée           | $l = 7,0$                  | m     |
| Pente transversale de chaussée        | $pt = 2,5$                 | %     |
| Pente longitudinal retenue            | $pl = 0,5$                 | %     |
| Coefficient de ruissellement (enrobé) | $C = 0,85$                 | —     |
| Période de retour retenue             | $T = 10$                   | ans   |
| Paramètres Montana ( $T = 10$ ans)    | $a = 41,10; b = 0,69$      | —     |

**Calcul du débit d'apport pluvial :** Chaque avaloir intercepte les eaux de ruissellement d'une bande de chaussée de largeur  $l = 7,0$  m et de longueur égale à l'espacement  $L = 50$  m, définissant la surface collectée :

$$A = L \times l = 50 \times 7,0 = 350 \text{ m}^2 = 3,5 \times 10^{-4} \text{ km}^2 \quad (\text{IX.5})$$

Pour une surface aussi réduite, le temps de concentration calculé par la formule de Ventura est inférieur au seuil minimal pratique de 5 minutes. La valeur minimale conventionnelle est donc retenue :

$$T_c = 5 \text{ min} = 0,0833 \text{ h} \quad (\text{IX.6})$$

L'intensité de pluie est déterminée à partir des paramètres de Montana établis pour la station d'Alger-Centre ( $T = 10$  ans :  $a = 41,10; b = 0,69$ ) :

$$I(T_c, T) = a \times T_c^{-b} = 41,10 \times (0,0833)^{-0,69} = 228,28 \text{ mm/h} \quad (\text{IX.7})$$

Le débit d'apport à l'avaloir est alors obtenu par la formule rationnelle :

$$Q_a = 0,278 \times C \times I \times A = 0,278 \times 0,85 \times 228,28 \times 3,5 \times 10^{-4} \quad (\text{IX.8})$$

$$Q_a = 0,01888 \text{ m}^3/\text{s} = 18,88 \text{ l/s} \quad (\text{IX.9})$$

**Débit capacitair de l'avaloir D400 / Ø300 :** La profondeur du film d'eau en bord de chaussée au point de collecte de l'avaloir est déterminée par la relation suivante :

$$h = l \times pt = 7,0 \times 0,025 = 0,175 \text{ m} \quad (\text{IX.10})$$

La grille de l'avaloir D400 est assimilée à un déversoir latéral dont la capacité se calcule par la formule suivante :

$$Q^{\text{Grille}} = Cd \times L^{\text{eff}} \times \sqrt{2g} \times h^{3/2} \quad (\text{IX.11})$$

Avec  $Cd = 0,60$  (coefficient de décharge) et  $L^{\text{eff}} = 0,35$  m (longueur effective de la grille) :

$$Q^{\text{Grille}} = 0,60 \times 0,35 \times \sqrt{2 \times 9,81} \times (0,175)^{3/2} = 68,10 \text{ l/s} \quad (\text{IX.12})$$

La capacité d'écoulement du drain en section pleine est vérifiée par la formule de Manning-Strickler ( $Ks = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ;  $J = 0,5\%$ ) :

$$Q^{\text{drain}} = Ks \times A^{\text{drain}} \times Rh^{2/3} \times J^{1/2} \quad (\text{IX.13})$$

Avec  $A^{\text{drain}} = \pi \times \frac{(0,30)^2}{4} = 0,0707 \text{ m}^2$  et  $Rh = \frac{D}{4} = 0,075 \text{ m}$  :

$$Q^{\text{drain}} = 70 \times 0,0707 \times (0,075)^{2/3} \times (0,005)^{1/2} = 62,22 \text{ l/s} \quad (\text{IX.14})$$

Le débit limitant retenu correspond à celui de la section hydraulique la plus restrictive, à savoir celle du drain :

$$Q^{\text{avaloir}} = \min(Q^{\text{Grille}}; Q^{\text{drain}}) = \min(68,10; 62,22) = 62,22 \text{ l/s} \quad (\text{IX.15})$$

**Vérification de la capacité** La condition de vérification hydraulique requise est définie par la relation suivante :

$$Q^{\text{avaloir}} \geq Qa \quad (\text{IX.16})$$

Le tableau suivant récapitule les valeurs obtenues ainsi que les résultats de la vérification pour les avaloirs D400 :

| Grandeur                                    | Valeur (l/s) |
|---------------------------------------------|--------------|
| Débit d'apport $Qa$                         | 18,88        |
| Capacité grille D400                        | 68,10        |
| Capacité drain $\varnothing 300 \text{ mm}$ | 62,22        |
| Capacité retenue $Q^{\text{avaloir}}$       | 62,22        |

La vérification hydraulique confirme que l'avaloir normalisé D400 associé à un drain de raccordement PEHD  $\varnothing 300 \text{ mm}$  SN8, implanté avec un espacement de 50 m, présente une capacité de 62,22 l/s nettement supérieure au débit d'apport de 18,88 l/s. Cette configuration garantit l'absence de stagnation des eaux sur la surface roulante et assure la protection de la chaussée contre les sollicitations hydrauliques.

## IX.8 Conclusion :

En conclusion, l'étude d'assainissement a permis de concevoir un système de drainage longitudinal performant et parfaitement adapté au contexte du projet.

L'analyse du profil en long et des bassins versants a d'abord démontré l'absence d'interceptions de cours d'eau majeurs, rendant ainsi superflue l'implantation d'ouvrages transversaux. Le dispositif repose donc entièrement sur des ouvrages longitudinaux : l'intégration en zone urbaine impose la mise en place d'avaloirs sur l'ensemble du tracé pour capter les eaux de la chaussée, cette configuration mixte garantit une évacuation optimale des eaux de ruissellement et assure la pérennité de la structure routière.

## **CHAPITRE X**

### **ETUDE DE CARREFOUR :**

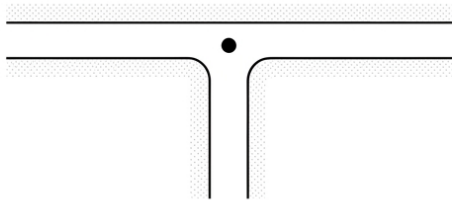
## X.1 Introduction :

Un carrefour est un lieu d'intersection où deux ou plusieurs routes se croisent au même niveau. Le bon fonctionnement d'un réseau de voirie dépend essentiellement de la performance de ces intersections, car elles constituent des zones d'échanges et de conflits complexes où le maintien de la fluidité de la circulation et la sécurité du trafic demeurent indispensables.

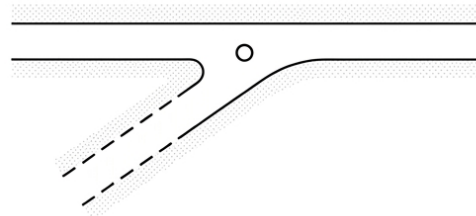
## X.2 Types de carrefour :

Les principaux types de carrefour sont :

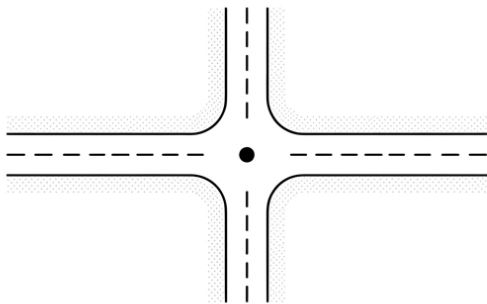
- Carrefour à trois branches en T
- Carrefour à trois branches en Y
- Carrefour à quatre branches en croix
- Carrefour de type giratoire



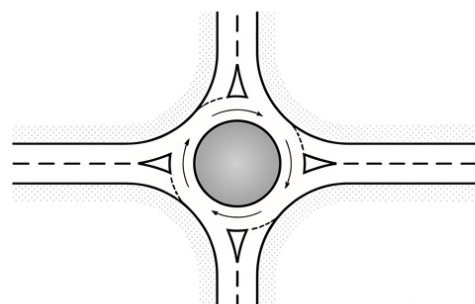
carrefour en T



carrefour en Y



carrefour en croix



carrefour giratoire

Figure X.1 : Types de carrefour

## X.3 Principes généraux d'aménagement d'un carrefour :

- Assurer la sécurité de tous les usagers (automobilistes, piétons).
- Garantir la fluidité et une capacité d'écoulement du trafic adaptée à la demande.
- Offrir une excellente visibilité et une lisibilité immédiate de la géométrie des voies.

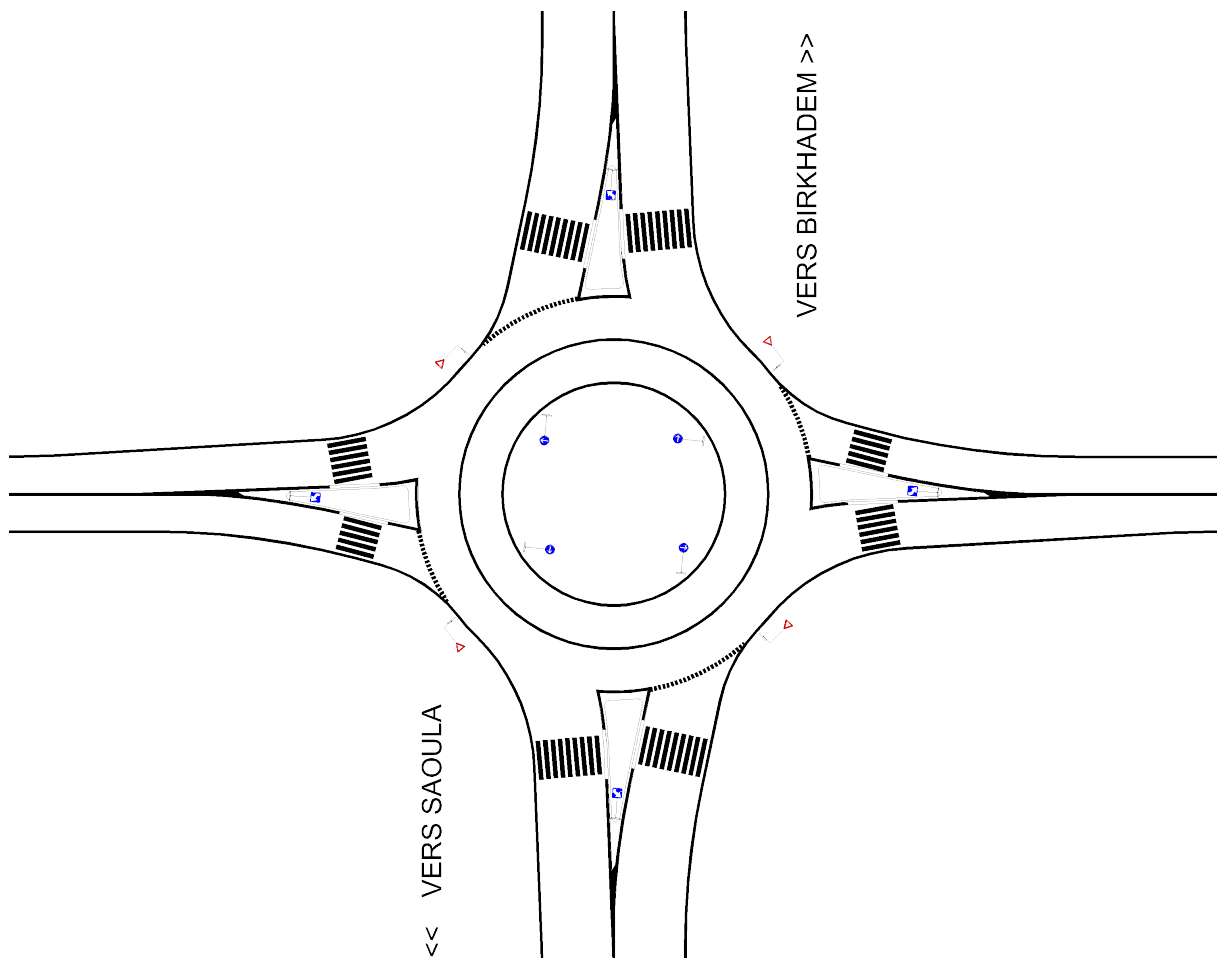
- Adapter le rayon de braquage et la largeur des chaussées pour le passage des véhicules lourds.
- Optimiser la gestion du drainage et de l'évacuation des eaux de pluie sur la zone d'intersection.

## X.4 Aménagement des carrefours :

Dans le cadre de notre projet routier, qui comporte l'aménagement de trois carrefours distincts, le choix technique s'est porté sur la configuration de carrefours de type giratoire. Ce choix se justifie par leur efficacité reconnue en matière de sécurité routière et de régulation des flux de trafic. Pour le dimensionnement géométrique et la conception de ces aménagements, l'ensemble des études et des calculs est développé en stricte conformité avec le guide technique du SETRA (Aménagement des carrefours interurbains), garantissant ainsi le respect des normes et des règles de l'art en vigueur.

### X.4.1 Premier carrefour :

Le premier carrefour giratoire est situé au PK 0+414. Il comporte 4 branches et assure l'intersection entre la RN 63 (en dédoublement) et un chemin communal bidirectionnel.



**Figure X.2** : Plan de premier carrefour giratoire

### X.4.2 Deuxième carrefour :

Le deuxième carrefour giratoire est situé au PK 0+777. Il comporte 3 branches et assure l'intersection entre la RN 63 (en dédoublement) et un chemin communal bidirectionnel.

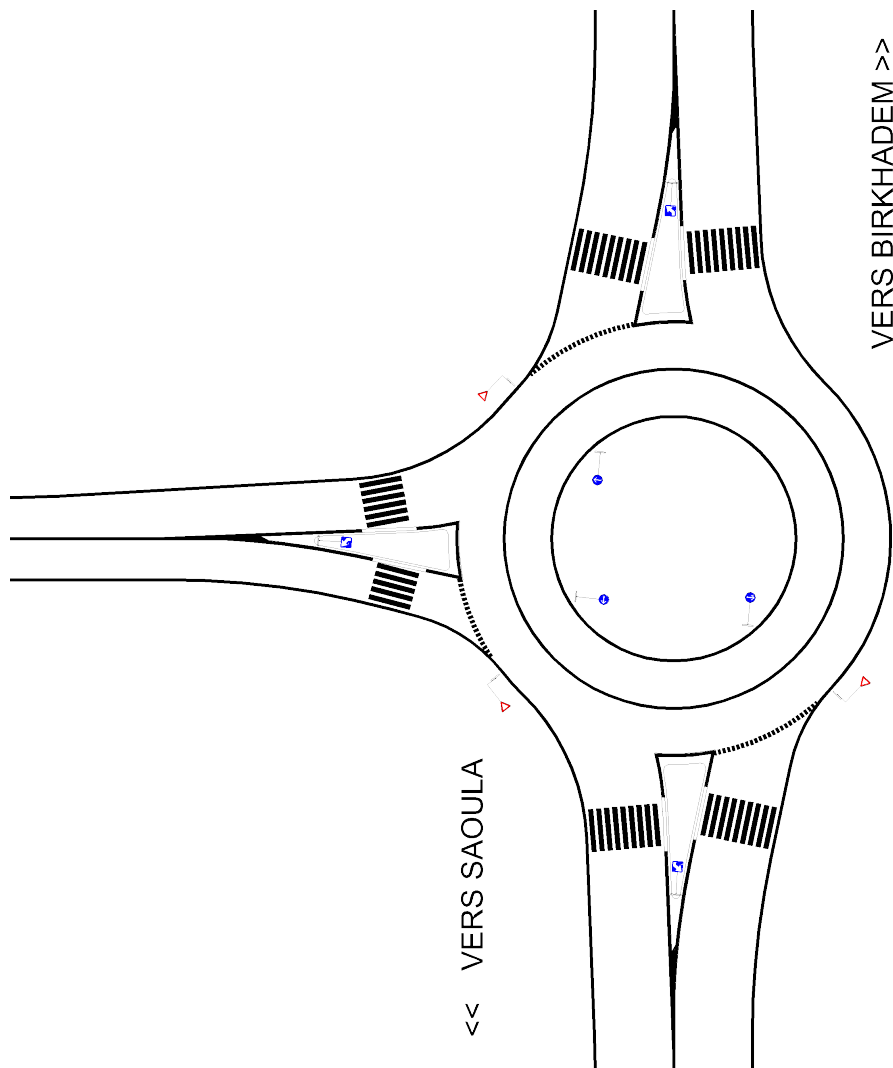
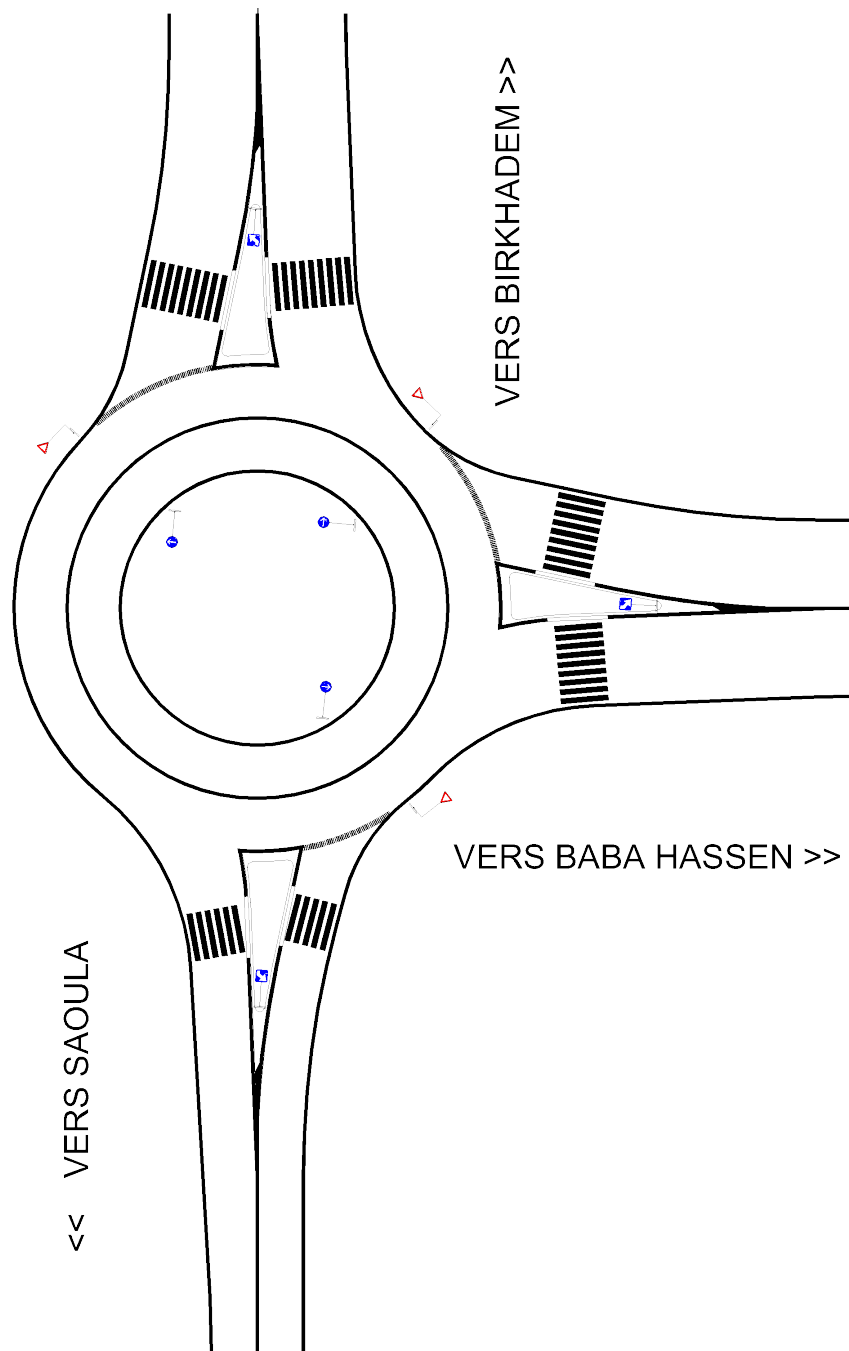


Figure X.3 : Plan de deuxième carrefour giratoire

### X.4.3 Troisième carrefour :

Le troisième carrefour giratoire est situé au PK 1+135, marquant la fin du projet. Il comporte 3 branches et assure l'intersection entre la RN 63 (liaison entre sa section en dédoublement et sa section bidirectionnelle) et le nouvel évitement de Saoula (en dédoublement).



**Figure X.4 :** *Plan de troisième carrefour giratoire*

**Tableau X.1 :** *Paramètres principaux du carrefour giratoire*

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

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

| Paramètres                  | Notations | Voie en<br>Dédoublement | Voie<br>Bidirectionnelle |
|-----------------------------|-----------|-------------------------|--------------------------|
| Rayon d'entrée              | $R_e$     | 15                      | 15                       |
| Largeur de la voie entrante | $l_e$     | 7                       | 4                        |
| Rayon de sortie             | $R_s$     | 20                      | 20                       |
| Largeur de la voie sortante | $l_s$     | 7                       | 4.5                      |
| Rayon de raccordement       | $R_r$     | 80                      | 80                       |

**Tableau X.3** : Paramètres de construction des îlots séparateurs

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

## X.5 Conclusion :

En conclusion, ce chapitre a permis de définir les caractéristiques géométriques et fonctionnelles des trois carrefours giratoires (PK 0+414, PK 0+777 et PK 1+135). Le dimensionnement rigoureux de l'anneau et des branches (en dédoublement et bidirectionnelles) assure une fluidité optimale du trafic et une sécurité accrue aux intersections clés reliant Saoula, Birkhadem et Baba Hassen.

## **CHAPITRE XI**

# **CONCEPTION DE L'ÉCHANGEUR**

## XI.1 Introduction :

L'échangeur modélisé dans le cadre de ce projet est situé au début du tracé. Il assure l'intersec-tion dénivelée entre l'autoroute RN 1 et la RN 63, cette dernière étant intégralement configurée en dédoublement. Cet aménagement à niveaux séparés permet de distribuer les flux de trafic de transit et d'échanges locaux par le biais de bretelles de raccordement dédiées. En éliminant tout croisement physique direct entre ces deux axes majeurs, l'échangeur supprime les points de conflit structurels, garantissant ainsi une sécurité optimale et une fluidité maximale au droit du nœud routier.

## XI.2 Choix de type d'échangeur :

Le choix s'est porté sur un échangeur à giratoire dénivelé en raison des contraintes d'espace, de la topographie du site et de la proximité immédiate d'habitations. Cette configuration compacte permet de limiter l'emprise foncière, de réduire les expropriations et d'optimiser les terrassements, tout en assurant une distribution fluide et sécurisée des flux entre l'autoroute RN 1 et la RN 63 dédoublée.

De surcroît, afin de délester le giratoire et d'y réduire les phénomènes de congestion, une nou-velle bretelle directe reliant directement la RN 1 à la RN 63 (en direction de Saoula) a été intégrée au projet. Cet aménagement stratégique permet de soustraire un flux de trafic impor-tant de l'anneau du giratoire, tout en maintenant l'intégralité des anciennes bretelles et des accès existants pour assurer toutes les autres liaisons du nœud routier.

## XI.3 Aménagement de l'échangeur :

### XI.3.1 le giratoire :

**Tableau XI.1 : Paramètres principaux du carrefour giratoire**

| Paramètres          | Notations | Valeurs (en m) |
|---------------------|-----------|----------------|
| Rayon du giratoire  | $R_g$     | 30             |
| Largeur de l'anneau | $l_a$     | 10.5           |
| Rayon intérieur     | $R_i$     | 19.5           |

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

| Paramètres                  | Notations | Voie en Dédoublement | Voie Bidirectionnelle |
|-----------------------------|-----------|----------------------|-----------------------|
| Rayon d'entrée              | $R_e$     | 15                   | 15                    |
| Largeur de la voie entrante | $l_e$     | 7                    | 4                     |
| Rayon de sortie             | $R_s$     | 20                   | 20                    |
| Largeur de la voie sortante | $l_s$     | 7                    | 5                     |
| Rayon de raccordement       | $R_r$     | 120                  | 120                   |

**Tableau XI.3 :** Paramètres de construction des îlots séparateurs

| Paramètres                          | Notation | Valeurs (en m) |
|-------------------------------------|----------|----------------|
| Hauteur du triangle de construction | $H$      | 30             |
| Base du triangle de construction    | $B$      | 7.5            |
| Départ de l'îlot sur l'axe          | $d$      | 1.875          |
| Rayon de raccordement des bordures  | $r$      | 0.6            |

## XI.3.2 Les Bretelle :

### XI.3.2.1 Trace en plan :

Selon les directives du SETRA, les caractéristiques géométriques minimales pour les bretelles à une voie dont la vitesse est inférieure ou égale à 70 km/h sont définies comme suit :

- **Rayon minimal au dévers normal ( $R_{dn}$ ) :** 300 m
- **Rayon minimal déversé à 7 % ( $R_m$ ) :** 40 m (avec un minimum obligatoire de 100 m pour le premier rayon rencontré hors sortie, sauf dans le cas d'une configuration en boucle).

Dans le cas de utilisation des rayon inférieur a Rayon minimal au dévers normal ( $R_{dn}$ ) les raccordements entre les éléments du tracé sont réalisés à l'aide de clothoïdes, dont la longueur est déterminée comme étant la plus grande des deux valeurs suivantes :

- $6R^{0.4}$ , où  $R$  est le rayon de courbure en mètres
- $7|\Delta\delta|$ , où  $|\Delta\delta|$  représente la différence de pentes transversales (en %) entre les éléments à raccorder

La longueur de la clothoïde retenue correspond au maximum entre :

- La longueur de raccordement progressif calculée selon les critères ci-dessus
- Et la longueur d'accélération ou de décélération

### XI.3.2.2 Profil en long :

Selon les normes d'aménagement en vigueur, le profil en long de l'infrastructure intègre des critères géométriques stricts pour garantir la visibilité, la sécurité et le confort des usagers :

- **Rayon minimal en angle saillant** : 1100 m (pour assurer la distance d'arrêt au franchissement des crêtes)
- **Rayon minimal en angle rentrant** : 800 m (pour atténuer les effets de la force centrifuge et optimiser la portée des phares la nuit)
- **Déclivité maximale** : 6% (pour maintenir des conditions de freinage sûres et limiter le ralentissement des véhicules lourds en rampe)

### XI.3.2.3 Profil en travers :

Le profil en travers se compose des éléments géométriques suivants :

- **Chaussée** : 3.5 m
- **GBA de droite** : 0.5 m
- **GBA de gauche** : 0.5 m

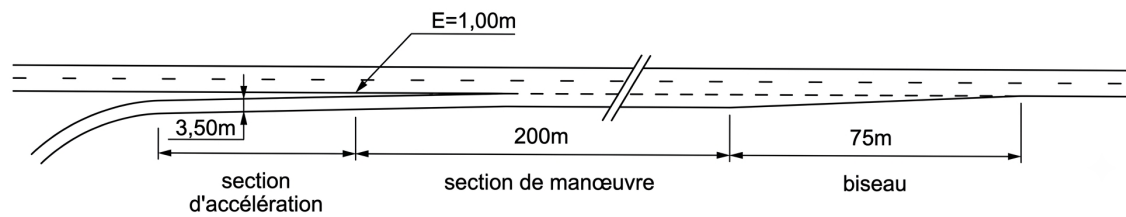
la pente transversale d'un versant est de 2.5% orientée vers la droite. dans les courbes déversées, la pente varie linéairement en fonction de  $1/R$  entre 2.5% et 7%.

### XI.3.2.4 Raccordement avec l'autoroute :

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

- **Dispositif d'entrée** : Une section d'accélération a été prévue avec une obliquité de 3% par rapport à l'axe de l'autoroute. Sa longueur correspond à la plus grande valeur entre la longueur d'accélération et la longueur de la clothoïde, permettant d'atteindre, au point où l'écart latéral  $E = 1.00$  m, une vitesse conventionnelle de 55 km/h, avec une accélération constante de  $1 \text{ m/s}^2$ .

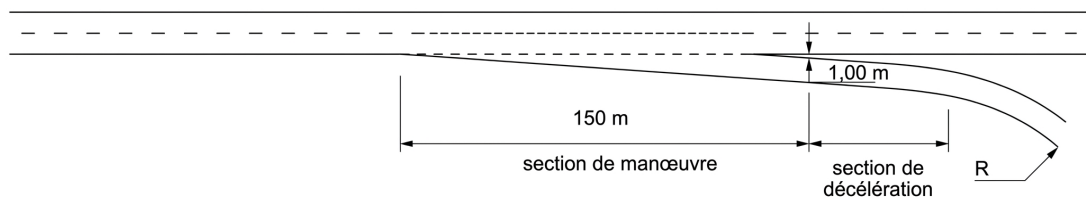
Par ailleurs, une section de manœuvre, attenante à la chaussée de l'autoroute, a été aménagée. Elle présente une longueur de 200 mètres, une largeur de 3.5 mètres, ainsi qu'un biseau d'une longueur de 75 mètres.



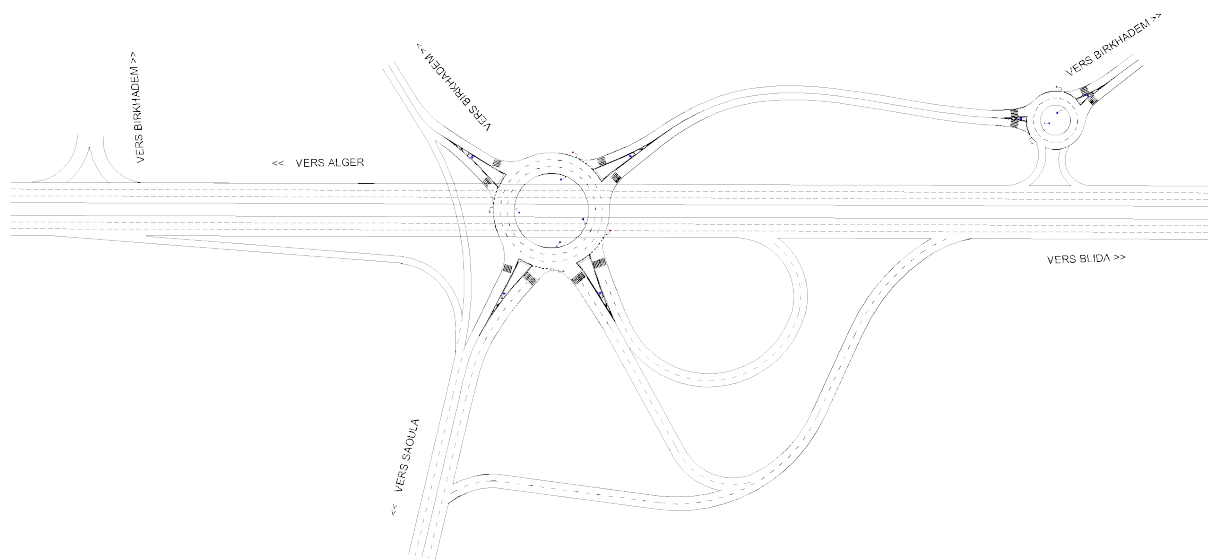
**Figure XI.1 : Dispositif d'entrée**

- **Dispositif de sortie :** Une section de manœuvre, constituée d'un biseau contigu à la chaussée autoroutière, s'étend sur une longueur de 150 mètres jusqu'au point où le musoir de divergence atteint une largeur de 1 mètre. Cette section est suivie d'une zone de décélération, dont la longueur est dimensionnée de manière à permettre un passage progressif de la vitesse conventionnelle de 70 km/h (atteinte à la fin de la section de manœuvre) à la vitesse adaptée au rayon de la première courbe rencontrée.

La longueur retenue pour cette section correspond à la plus grande valeur entre la longueur de la clothoïde et celle nécessaire à la décélération.



**Figure XI.2 : Dispositif de sortie**



**Figure XI.3 :** *Schéma de l'échangeur*

# **CHAPITRE XII**

## **OUVRAGES D'ART**

## XII.1 Introduction :

Les ouvrages d'art sont des structures indispensables pour franchir les obstacles et lier les routes entre elles. Dans le cadre de notre projet, ils jouent un rôle clé pour assurer le fonctionnement et la sécurité de l'échangeur routier.

## XII.2 Conception des ouvrages d'art :

La réalisation de l'échangeur nécessite la construction de deux ouvrages d'art. Ces deux structures présentent des dimensions identiques, avec une longueur de 38 m et une largeur de 24 m.

Pour répondre aux exigences techniques, de portée et de durabilité du projet, notre choix s'est porté sur un type de pont spécifique : le pont à poutres précontraintes par post-tension (VIPP). Ce choix permet de franchir efficacement la brèche tout en assurant une excellente résistance structurelle sous l'effet des charges de trafic.

## XII.3 Pré-dimensionnement du tablier :

Le béton habituellement utilisé pour les poutres est un béton de classe B 35, dont la résistance caractéristique à 28 jours atteint 35 MPa  $\rho = 400 \text{ kg/m}^3$  CEM I.

1. Un hourdis général
2. Un coffrage métallique
3. Entraxe des poutres  $\lambda$  :

$$\lambda = 1.50 \text{ m}$$

4. Nombre des poutres N :

$$\begin{aligned} N &= \frac{l}{\lambda} \\ N &= \frac{24}{1.5} \\ N &= 16 \end{aligned} \quad (\text{XII.1})$$

5. Hauteur de la poutre  $h_p$

L'élancement des poutres varie entre :

$$\begin{aligned} \frac{L}{20} &\leq h_p \leq \frac{L}{17} \\ \frac{38}{20} &\leq h_p \leq \frac{38}{17} \\ 1.9 &\leq h_p \leq 2.24 \\ h_p &= 2 \text{ m} \end{aligned} \quad (\text{XII.2})$$

6. L'épaisseur du hourdis  $e_h$  :

Épaisseur de la dalle est voisine de 1/16 de la portée transversale. dans notre cas on prend une épaisseur :  $e_h = 0.25 \text{ m}$ .

**7. La hauteur totale de tablier  $h_t$  :**

$$h_t = 2.25 \text{ m}$$

**8. Épaisseur des âmes :**

L'épaisseur de l'âme est égale à 20 cm en zone courante, et égale à la largeur du talon aux sections d'about de la poutre, avec une variation linéaire entre elles.

**9. La largeur de la table de compression :**

La largeur de table de compression des poutres :

$$b_c \geq 0.6 \times h_p \quad (\text{XII.3})$$

$$b_c \geq 0.6 \times 2$$

$$b_c \geq 1.2$$

$$b_c = 1.2 \text{ m}$$

**10. Épaisseur de la table de compression :**

L'épaisseur minimal est 10 cm et la face inférieure de la membrure présente une légère pente variant de 1/10 à 1/15, de sorte que l'épaisseur de la table à la jonction avec le gousset d'âme est majorée d'environ 5 cm par rapport à l'épaisseur d'extrémité.

Donc  $e_c$  varie entre 10 cm à 15 cm.

**11. La largeur du Talon :**

La largeur du talons varie entre 60 à 90 cm.

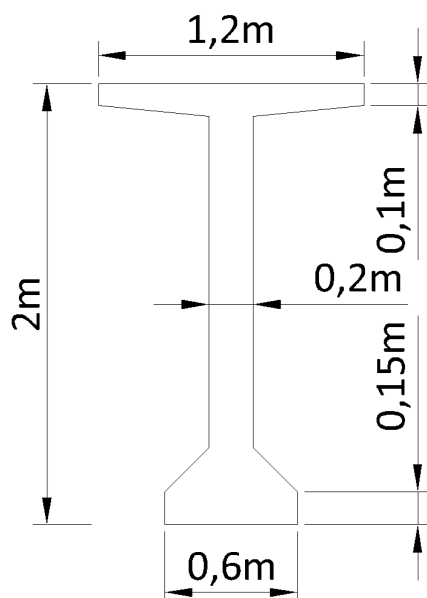
$$b_t = 0.6 \text{ m}$$

**12. Épaisseur du talon :**

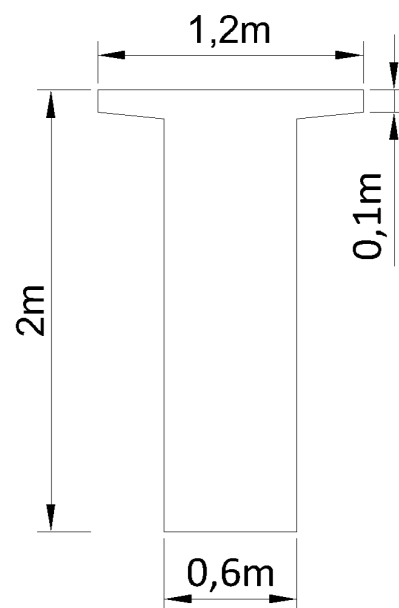
L'épaisseur du talons varie entre 10 à 20 cm et l'inclinaison des faces supérieures entre  $45^\circ$  à  $56^\circ$ .

$$e_t = 0.15 \text{ m}$$

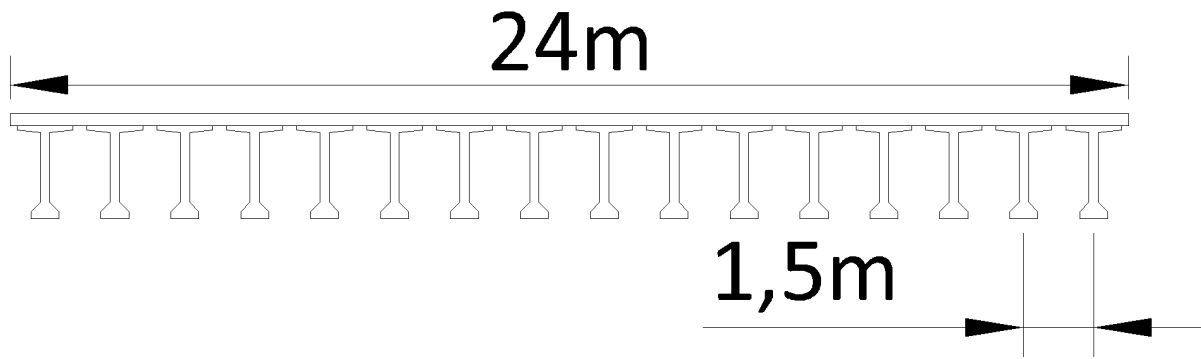
$$\alpha = 45^\circ$$



**Figure XII.1** : Section médiane de la poutre



**Figure XII.2** : Section d'about de la poutre



**Figure XII.3 :** *Profile en travers du tablier*

## **XII.4 Conclusion :**

En somme, ce chapitre permis de fixer les bases géométriques des deux ouvrages d'art de l'échangeur. Le choix d'une structure en pont à poutres précontraintes par post-tension (VIPPP) s'avère optimal pour franchir la portée de 38 m tout en supportant la largeur de 24 m du tablier.

## **CHAPITRE XIII**

# **SIGNALISATION ET ÉCLAIRAGE PUBLIC**

## **XIII.1 Introduction :**

La signalisation routière regroupe l'ensemble des dispositifs visuels, sonores et lumineux destinés à informer, orienter et réglementer les déplacements des différents usagers de la route (automobilistes, cyclistes et piétons). Elle constitue un élément fondamental de la sécurité routière, car elle permet aux conducteurs d'anticiper les dangers, de respecter les règles de circulation et d'assurer une utilisation harmonieuse de l'espace routier.

En parfaite complémentarité, l'éclairage public joue un rôle tout aussi crucial en prolongeant cette sécurité dès la tombée de la nuit. En garantissant une visibilité optimale des voies, des intersections et des passages piétons, il réduit considérablement le risque d'accidents nocturnes et améliore le confort visuel de tous les usagers. Au-delà de sa fonction sécuritaire, un réseau d'éclairage public moderne, performant et écoénergétique participe activement à la mise en valeur de l'espace urbain et au sentiment de sécurité des citoyens.

## **XIII.2 Signalisation :**

### **XIII.2.1 Principes de base de la signalisation routière :**

La signalisation routière repose sur plusieurs principes essentiels garantissant son efficacité, sa compréhension et son homogénéité :

#### **XIII.2.1.1 Principe de légalité**

- La signalisation doit être conforme aux dispositions réglementaires en vigueur.
- Son implantation, sa modification ou sa suppression relèvent exclusivement des autorités compétentes.

#### **XIII.2.1.2 Principe de nécessité**

- La mise en place de la signalisation doit répondre à un besoin réel lié à la sécurité ou à la gestion de la circulation.
- Une multiplication excessive des panneaux ou marquages peut réduire leur efficacité et nuire à leur compréhension.

#### **XIII.2.1.3 Principe de visibilité**

- Les panneaux et marquages doivent être implantés dans des emplacements assurant une visibilité optimale.
- Ils doivent être maintenus propres et, lorsque cela est nécessaire, bénéficier d'un éclairage adéquat.
- Les couleurs, formes et symboles doivent respecter les normes en vigueur afin de permettre une identification rapide.

#### **XIII.2.1.4 Principe d'uniformité**

- La signalisation doit respecter les normes et conventions internationales.
- Les formes, couleurs et symboles utilisés doivent être uniformes afin de garantir leur reconnaissance immédiate par l'ensemble des usagers, y compris les conducteurs étrangers.

### XIII.2.1.5 Principe de hiérarchisation

La signalisation obéit à un ordre de priorité précis :

- Signalisation temporaire (chantier) ;
- Signalisation lumineuse (feux tricolores) ;
- Signalisation verticale (panneaux) ;
- Signalisation horizontale (marquage au sol).

## XIII.2.2 Signalisation horizontale (marquage au sol) :

La signalisation horizontale désigne l'ensemble des tracés, symboles et inscriptions peints ou thermocollés sur la chaussée, destinés à guider et informer les conducteurs sur les conditions de circulation.

### XIII.2.2.1 Caractéristiques générales des marquages :

Les marquages permanents sont réalisés en couleur blanche sur chaussée définitive. La couleur jaune/orange est réservée à la signalisation temporaire de chantier ou de déviation.

La largeur des lignes est définie à partir d'une largeur unité  $U$ , adaptée à la catégorie de la voie :

- $U = 7,5$  cm : autoroutes et voies rapides urbaines.
- $U = 6$  cm : routes et voies urbaines (valeur retenue pour ce projet à 60 km/h).
- $U = 5$  cm : routes secondaires.

La valeur  $U = 6$  cm est donc retenue pour l'ensemble du tracé du présent projet.

### XIII.2.2.2 Les lignes longitudinales :

Les lignes longitudinales sont disposées parallèlement à l'axe de la chaussée. Elles servent à :

- Séparer les voies de circulation dans le même sens de marche.
- Délimiter les accotements revêtus et border le terre-plein central (TPC).
- Guider les trajectoires et réguler les manœuvres de changement de voie.

Trois types de modulations sont utilisés :

#### 1. Lignes continues :

Les lignes continues interdisent le franchissement et le changement de voie. Elles sécurisent les zones à visibilité réduite, matérialisent l'approche des points singuliers et délimitent les bordures du terre-plein central. Dans ce projet, elles sont implantées :

- De part et d'autre du terre-plein central (TPC) sur toute la longueur du tronçon et sur les bordures de chaussée.
- En approche des carrefours giratoires (PK 0+414, PK 0+777 et PK 1+135).

#### 2. Lignes discontinues T1 :

Ces lignes délimitent les voies de circulation dans le même sens (axe médian de chaque chaussée unidirectionnelle). Elles autorisent le changement de voie dans les conditions normales de sécurité, sur la totalité des sections courantes du tronçon en alignement droit.

#### 3. Lignes discontinues T2 :

Implantées en rive de chaussée pour délimiter l'accotement revêtu, ainsi qu'en entrée et sortie des carrefours giratoires pour guider les voies d'insertion et de décélération.

**Tableau XIII.1 : Largeurs des lignes longitudinales**

| Type de modulation | Largeur              |
|--------------------|----------------------|
| Ligne continue     | $3U = 18 \text{ cm}$ |
| T1                 | $2U = 12 \text{ cm}$ |
| T2                 | $3U = 18 \text{ cm}$ |

**Tableau XIII.2 : Caractéristiques des lignes discontinues**

| Type de modulation | Longueur du trait (m) | Intervalle entre traits (m) | Rapport plein/vide |
|--------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|
| T1 — ligne axiale  | 3                     | 10                          | $\approx 1/3$      |
| T2 — ligne de rive | 3                     | 3,5                         | $\approx 1/3$      |

### XIII.2.2.3 Les lignes transversales :

Les lignes transversales sont perpendiculaires à l'axe de circulation. Elles comprennent :

- **Les lignes de cédez-le-passage** : ligne discontinue de 50 cm de large, utilisée aux entrées des giratoires.
- **Les passages pour piétons** : deux lignes continues de 50 cm espacées de 50 cm, implantées à l'approche des carrefours giratoires pour protéger les traversées.

## XIII.2.3 Signalisation verticale (panneaux) :

### XIII.2.3.1 Classification des panneaux :

Conformément à l'Instruction sur la Signalisation Routière (ISR) algérienne, les panneaux se répartissent en cinq grandes catégories :

- **Panneaux de danger** (forme triangulaire, fond blanc, liseré rouge) : signalent un danger à venir.
- **Panneaux d'interdiction** (forme circulaire, fond blanc, bord rouge) : imposent des restrictions.
- **Panneaux d'obligation** (forme circulaire, fond bleu) : imposent un comportement.
- **Panneaux d'indication** (forme carrée ou rectangulaire, fond bleu ou vert) : informent et guident.
- **Panneaux de direction** (forme rectangulaire, parfois avec une pointe de flèche, couleurs variables selon le type de réseau) : guident les usagers en indiquant les destinations, les distances et les itinéraires à suivre aux intersections.

### XIII.2.3.2 Dimensions des panneaux :

Conformément aux normes algériennes (ISR) et à la vitesse de référence de 60 km/h, les dimensions retenues sont :

- **Panneaux triangulaires (danger)** : côté 900 mm.
- **Panneaux circulaires (interdiction / obligation)** : diamètre 900 mm.
- **Panneaux carrés (indication)** : 700 × 700 mm.
- **Panneaux directionnels** : largeur variable selon le texte, hauteur 350 mm.

Les panneaux sont en aluminium laqué rétro-réfléchissant de classe 2 (conforme à la norme EN 12899-1), garantissant une visibilité nocturne optimale sans source d'éclairage dédiée.

### XIII.2.3.3 Panneaux retenus :

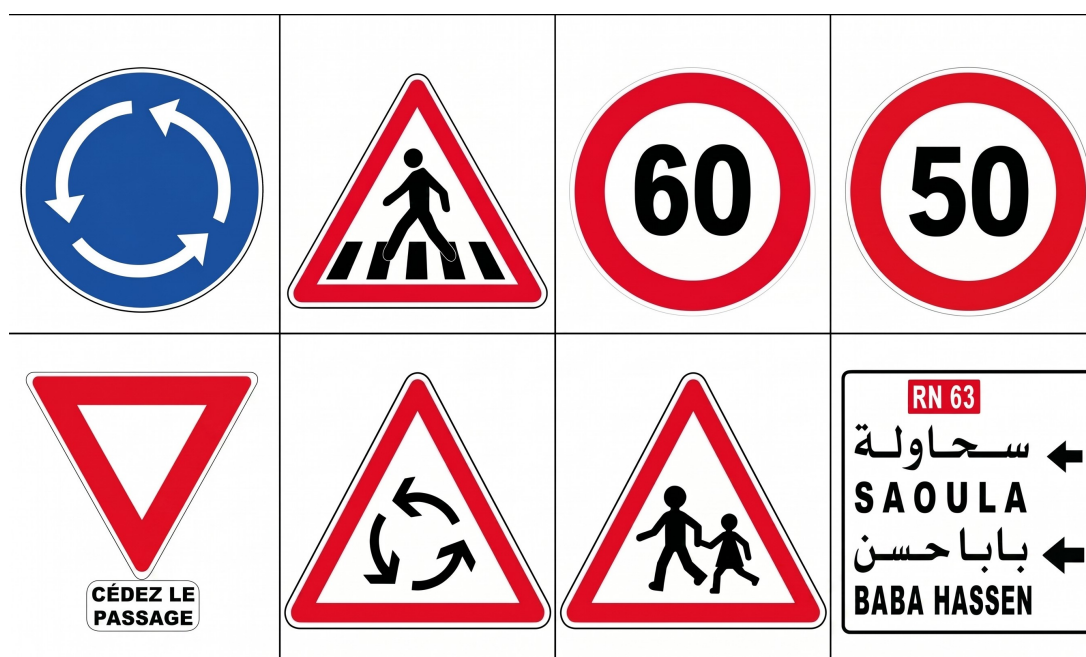


Figure XIII.1 : Les panneaux retenus

## XIII.3 Éclairage public :

### XIII.3.1 Principe de l'éclairage public :

L'éclairage public routier a pour objectif d'assurer la sécurité et le confort visuel des usagers durant les heures nocturnes. Un bon niveau d'éclairage permet de réduire significativement les accidents de la route et les actes de délinquance, tout en améliorant la lisibilité de la voie et des équipements (marquages, panneaux).

### XIII.3.2 Classification de la voie selon EN 13201 :

Pour une route urbaine à 2 × 2 voies avec une vitesse de référence de 60 km/h, présentant un trafic motorisé important, et des piétons, la classe d'éclairage retenue est :

Classe ME3b (route principale à trafic mixte, vitesse  $\geq 45$  km/h) :

**Tableau XIII.3 : Exigences photométriques — Classe ME3b**

| Paramètre                        | Symbole | Valeur minimale       |
|----------------------------------|---------|-----------------------|
| Luminance moyenne de la chaussée | $L_m$   | 1,0 cd/m <sup>2</sup> |
| Uniformité globale de luminance  | $U_o$   | 0,40                  |
| Uniformité longitudinale         | $U_l$   | 0,50                  |
| Éblouissement perturbateur (TI)  | $TI$    | $\leq 15\%$           |

### XIII.3.3 Choix des équipements d'éclairage :

#### XIII.3.3.1 Type de luminaires :

Compte tenu des évolutions technologiques et des politiques d'efficacité énergétique en Algérie en 2026, le choix se porte sur des luminaires à technologie LED, qui remplacent désormais les anciens luminaires Sodium Haute Pression (SHP) dans les nouveaux projets. Cette technologie offre :

- Une efficacité lumineuse de 130 à 160 lm/W (contre 80 à 100 lm/W pour le SHP).
- Une durée de vie de 50 000 à 80 000 heures (contre 20 000 à 30 000 h pour le SHP).
- Un rendu des couleurs amélioré ( $IRC \geq 70$  contre  $IRC = 25$  pour le SHP).
- Une réduction de la consommation énergétique de 50 à 60 % par rapport au SHP.
- La possibilité de variation de flux (gradation) selon l'heure de la nuit.

Les luminaires retenus pour ce projet sont de type LED 100 W (flux lumineux  $\geq 13\,000$  lm, température de couleur 4000 K neutre), montés sur candélabres galvanisés thermolaqués.

**XIII.3.3.2 Description des équipements :****Tableau XIII.4 : Équipements d'éclairage retenus pour le projet**

| Élément                            | Caractéristiques                                                                                  |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Candélabre                         | Acier galvanisé thermolaqué, hauteur 8 m, monofût, pied de mât en fonderie                        |
| Crosse double (sections courantes) | Crosse double 1 500 × 1 500 mm, inclinaison 5°, montée sur le TPC ou en rive                      |
| Crosse simple (carrefours)         | Crosse simple 1 500 mm, pour les entrées/sorties des giratoires                                   |
| Luminaire                          | LED 100 W, flux $\geq 13\,000$ lm, IRC $\geq 70$ , IP66, IK10, T° couleur 4 000 K, classe II      |
| Alimentation                       | 230 V/50 Hz, câble souterrain HN 33-S-23 3 × 16 mm <sup>2</sup> + 1 × 16 mm <sup>2</sup> (neutre) |
| Coffret d'alimentation             | Coffret de commande et protection, avec horloge astronomique et variateur de puissance            |

**XIII.3.4 Disposition et espacement des candélabres :****XIII.3.4.1 Sections courantes :**

Sur les sections courantes du tronçon (2 × 2 voies avec TPC de 1,5 m), les candélabres à crosse double sont implantés sur le terre-plein central à un espacement de 30 m. Chaque candélabre dessert simultanément les deux chaussées, ce qui constitue la solution la plus économique et la plus esthétique pour ce type de section.

Pour une chaussée de largeur totale (1 côté) = 7 m (2 voies × 3,5 m), à une hauteur de feux  $h = 8$  m, le rapport de portée est :

$$e/h = 30/8 = 3,75 \leq 4,0 \rightarrow \text{Condition vérifiée}$$

Ce ratio est inférieur au maximum recommandé de 4,0, ce qui garantit une uniformité lumineuse satisfaisante ( $U_o \geq 0,40$  conformément à la classe ME3b).

**XIII.3.4.2 Carrefours giratoires :**

Aux abords des trois carrefours giratoires (PK 0+414, PK 0+777 et PK 1+135), le niveau d'éclairage est renforcé en raison de la complexité des trajectoires et de la présence de passages pour piétons. Des candélabres à crosse simple de 8 m sont implantés, avec 4 candélabres par giratoire.

### XIII.3.5 Calcul du nombre de candélabres :

La longueur du tronçon est de 1 135 m. Le calcul du nombre de points lumineux est effectué comme suit :

#### XIII.3.5.1 Sections courantes :

Longueur de section courante (hors carrefours, réservant 20 m par giratoire) :

$$1135 - 3 \times 20 = 1075 \text{ m}$$

Nombre de candélabres doubles (espacement 30 m) :

$$1075/30 + 1 \simeq 37 \text{ candélabres doubles}$$

Chaque candélabre double porte 2 luminaires. Total sur sections courantes :

$$37 \times 2 = 74 \text{ luminaires}$$

#### XIII.3.5.2 Carrefours giratoires :

Nombre de candélabres simples par giratoire : 4

Pour les 3 giratoires :

$$3 \times 4 = 12 \text{ candélabres simples et luminaires}$$

#### XIII.3.5.3 Récapitulatif :

**Tableau XIII.5 : Récapitulatif du nombre de points lumineux**

| Zone                  | Type de crosse | Nb candélabres | Nb luminaires |
|-----------------------|----------------|----------------|---------------|
| Sections courantes    | Double         | 37             | 74            |
| Carrefours giratoires | Simple         | 12             | 12            |
| <b>TOTAL</b>          | —              | <b>49</b>      | <b>86</b>     |

### XIII.4 Conclusion :

Ce chapitre a permis de définir l'ensemble des équipements de signalisation et d'éclairage public nécessaires au bon fonctionnement et à la sécurité du tronçon de dédoublement RN63 Birkhadem – Saoula.

## **CHAPITRE XIV**

# **IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT**

## XIV.1 Introduction :

Tout projet d'infrastructure routière génère, à chacune de ses phases (terrassements, construction, exploitation), des interactions avec son environnement naturel et humain. La prise en compte de ces impacts constitue aujourd'hui une exigence réglementaire et une obligation éthique pour tout maître d'ouvrage.

Le projet de dédoublement de la RN63 entre Birkhadem et Saoula s'inscrit dans une zone périurbaine dense du sud d'Alger, caractérisée par un relief de collines et de plateaux modérés (Sahel algérois), une forte pression résidentielle et commerciale. Ce contexte impose une analyse rigoureuse des impacts potentiels afin de définir les mesures d'atténuation appropriées.

## XIV.2 Cadre réglementaire :

L'étude d'impact environnemental du présent projet s'appuie sur les textes législatifs et réglementaires algériens en vigueur :

- **Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003** relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable — texte fondateur fixant les principes de prévention, de précaution et de pollueur-payeur.
- **Loi n° 01-19 du 12 décembre 2001** relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, applicable aux déchets de chantier.
- **Décret exécutif n° 07-145 du 19 mai 2007** relatif aux études d'impact sur l'environnement, définissant les projets soumis à étude d'impact et le contenu de celle-ci.
- **Loi n° 04-20 du 25 décembre 2004** relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

## XIV.3 État initial de l'environnement :

### XIV.3.1 Milieu physique

La zone d'étude appartient au Sahel d'Alger, région de transition entre la plaine de la Mitidja et le littoral méditerranéen. Le relief est composé de collines et de plateaux modérés avec des versants à pentes variables, notamment à Birkhadem, nécessitant des remblais et déblais importants. Les sols sont généralement constitués de tufs et de formations sédimentaires typiques du Sahel algérois.

### XIV.3.2 Milieu biologique

Le tronçon traverse une zone urbaine et périurbaine dense entre Birkhadem et Saoula. La végétation naturelle a été largement supplantée par l'urbanisation. On note quelques espaces verts résiduels et des arbres d'alignement le long de la voirie existante. Aucune zone naturelle protégée (parc national, réserve de biosphère) n'est recensée dans l'emprise directe du projet.

### XIV.3.3 Milieu humain

La wilaya d'Alger comptait une population estimée à environ **3 309 896 habitants en 2020** (avec une densité moyenne qui dépasse désormais les **4 100 hab/km<sup>2</sup>**). Les communes de Bir-

khadem et de Saoula sont caractérisées par une densité résidentielle et commerciale élevée, des quartiers en pleine expansion et un trafic journalier moyen annuel (TJMA) de 20 000 véh/j en 2021, projeté à 49 295 véh/j à l'horizon 2044.

## **XIV.4 Impacts en phase de construction :**

### **XIV.4.1 Impact sur la qualité de l'air :**

Les travaux de terrassement et la mise en œuvre des couches bitumineuses (6 cm BB + 20 cm GB + 30 cm GNT) génèrent des émissions de poussières et de gaz d'échappement (engins de chantier). Ces émissions sont temporaires et localisées à l'emprise du chantier.

#### **Mesures d'atténuation :**

Planification de la mise en œuvre des couches bitumineuses (GB et BB) durant les heures de faible trafic afin de minimiser l'exposition des usagers et des riverains aux fumées de bitume.

### **XIV.4.2 Impact sonore :**

Le fonctionnement des engins de terrassement, des centrales d'enrobage et des compacteurs génère des nuisances sonores significatives (70 à 90 dB(A) à proximité immédiate des engins). La zone étant densément habitée, cet impact est considéré comme modéré à fort en phase chantier.

#### **Mesures d'atténuation :**

Limitation des travaux bruyants à la plage horaire 7h00–19h00 (jours ouvrables), équipement des engins d'un silencieux homologué, information préalable des riverains et des riverains des voies déviation.

### **XIV.4.3 Impact sur les sols :**

Les terrassements importants (décaissements pour remblais et déblais sur un tronçon vallonné) peuvent provoquer une érosion des sols mis à nu et une perturbation temporaire du réseau de drainage naturel.

#### **Mesures d'atténuation :**

Afin de limiter l'érosion des sols et la perturbation du drainage naturel, les zones de terrassement seront stabilisées dès la fin des travaux par un reprofilage des talus et, si nécessaire, par un revêtement végétal. Des fossés provisoires seront également aménagés pour assurer l'évacuation correcte des eaux de ruissellement.

### **XIV.4.4 Impact sur la circulation et l'accessibilité :**

Le chantier implique des perturbations temporaires de la circulation sur la RN63 (axe à fort trafic : TJMA 2021 = 20 000 véh/j) et sur les chemins communaux intersectés par les trois carrefours giratoires (PK 0+414, PK 0+777 et PK 1+135). L'accès aux habitations et commerces riverains peut être momentanément difficile lors de phases critiques.

**Mesures d'atténuation :** Mise en place d'un plan de circulation de chantier validé par les autorités locales, signalisation temporaire de déviation conforme à la norme ISR, maintien per-

manent d'au moins une voie de circulation dans chaque sens, garantie d'accès aux riverains et aux secours.

#### **XIV.4.5 Impact sur le patrimoine et le cadre de vie :**

Le tracé traverse des zones résidentielles et commerciales en expansion (Mezour Abd El Khader..). Les vibrations dues au compactage et aux engins lourds peuvent affecter les bâtiments mitoyens. Aucun site archéologique ou monument historique classé n'a été identifié dans l'emprise directe du projet.

##### **Mesures d'atténuation :**

Suivi vibratoire des bâtiments riverains en phase de compactage, arrêt immédiat en cas de dépassement des seuils réglementaires, inspection visuelle préalable des façades des immeubles riverains avec état des lieux contradictoire.

### **XIV.5 Impacts en phase d'exploitation :**

#### **XIV.5.1 Impact sur la qualité de l'air :**

La mise en service de la route  $2 \times 2$  voies en 2024, avec un trafic projeté de 22 498 véh/j (dont 10 % de poids lourds), puis de 49 295 véh/j à l'horizon 2044, entraîne une augmentation des émissions de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , particules fines et COV par rapport à la situation actuelle à voie unique.

Cependant, le dédoublement supprime les embouteillages récurrents au nœud de Birkhadem, réduisant significativement les émissions liées aux phases d'accélération-décélération répétées. La fluidification du trafic constitue donc un bénéfice environnemental net à long terme.

#### **XIV.5.2 Impact sonore :**

Le trafic routier à 60 km/h sur une chaussée en béton bitumineux (BB 6 cm) génère un niveau sonore estimé entre 65 et 70 dB(A) en façade des bâtiments riverains les plus proches. Les trois carrefours giratoires (PK 0+414, PK 0+777, PK 1+135) constituent des points de ralentissement naturels qui contribuent à limiter les vitesses et donc le bruit de roulement.

##### **Mesures d'atténuation :**

Revêtement de roulement en béton bitumineux de type BBTM (béton bitumineux très mince) à texture fermée pour réduire le bruit de contact pneu-chaussée, éclairage public LED à faible émission lumineuse parasite, plantations d'arbres d'alignement sur trottoirs pour rôle de barrière acoustique partielle.

#### **XIV.5.3 Impact sur la gestion des eaux pluviales :**

L'augmentation de la surface imperméabilisée (chaussée  $2 \times 2$  voies + trottoirs sur 1 135 m) accroît le ruissellement vers les bassins versants BV1 à BV5. Le réseau de fossés trapézoïdaux dimensionné ( $b = h = 0,40$  m,  $\alpha = 45^\circ$ ) et les avaloirs à grille (DN 400, espacement 50 m) assurent la collecte et l'évacuation des eaux pluviales.

#### **XIV.5.4 Impact sur la sécurité routière :**

Le dédoublement de la RN63 constitue un impact fortement positif sur la sécurité routière. La suppression des points de conflit liés à l'étranglement de la chaussée existante, le remplacement des carrefours plans par trois giratoires conformes au guide SETRA ( $R_g = 20$  m, anneau de 8,5 m), et la mise en place d'un éclairage public LED complet (86 luminaires, classe ME3b) réduisent significativement le risque d'accidents graves.

#### **XIV.5.5 Impact socio-économique :**

La mise en service du tronçon dédoublé génère des impacts positifs durables sur le développement local :

- Réduction du temps de parcours entre Birkhadem et Saoula, bénéficiant quotidiennement aux usagers et aux transporteurs de marchandises.
- Désengorgement du nœud RN1/RN63 à Birkhadem, point de convergence névralgique du trafic de transit du sud de la capitale.
- Amélioration de l'accessibilité aux zones résidentielles et commerciales en expansion (Saoula, Baba Hassen).
- Valorisation foncière et dynamisation des activités économiques le long du corridor routier amélioré.

## XIV.6 Synthèse des impacts :

Le tableau ci-dessous synthétise les principaux impacts identifiés, leur intensité

**Tableau XIV.1 :** *Synthèse des impacts environnementaux et mesures d'atténuation*

| Phase               | Composante         | Impact  | Intensité        |
|---------------------|--------------------|---------|------------------|
| <b>Travaux</b>      | Air / poussières   | Négatif | Modéré           |
| <b>Travaux</b>      | Bruit              | Négatif | Modéré           |
| <b>Travaux</b>      | Sols / eaux        | Négatif | Modéré           |
| <b>Travaux</b>      | Circulation        | Négatif | Significatif     |
| <b>Travaux</b>      | Riverains / bâti   | Négatif | Faible           |
| <b>Exploitation</b> | Air / émissions    | Mixte   | Faible – Positif |
| <b>Exploitation</b> | Bruit de roulement | Négatif | Modéré           |
| <b>Exploitation</b> | Eaux pluviales     | Négatif | Faible           |
| <b>Exploitation</b> | Sécurité routière  | Positif | Fort             |
| <b>Exploitation</b> | Socio-économique   | Positif | Fort             |

## XIV.7 Conclusion

L'analyse des impacts environnementaux du projet de dédoublement de la RN63 Birkhadem–Saoula montre que les impacts négatifs sont essentiellement temporaires et limités à la phase de construction. Ils sont de nature modérée et peuvent être efficacement réduits par l'application rigoureuse des mesures d'atténuation proposées (gestion des poussières, limitation des nuisances sonores, protection des eaux et des sols, signalisation de chantier).

Au regard de ces éléments, le projet apparaît globalement bénéfique pour l'environnement à long terme, sous réserve du respect des prescriptions environnementales définies dans ce chapitre et de leur intégration dans le cahier des charges du marché de travaux.

## **CHAPITRE XV**

### **DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF**

| ART                    | DESIGNATION<br>DES TRAVAUX                                                                                                                                                                                            | Unité     | Quantité  | Prix<br>unitaire        | Montant en<br>HT/DA  |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|----------------------|
| <b>I- TERRASSEMENT</b> |                                                                                                                                                                                                                       |           |           |                         |                      |
| <b>I-1</b>             | Déblais en grande masse effectué à l'aide d'engin mécanique suivant plans et profils pour la chaussée et trottoir, y compris dressage des talus et toutes sujétions de bonne exécution,                               | <b>M3</b> | 42 342,00 | 350,00                  | 14 819 700,00        |
| <b>I-2</b>             | Remblais des bretelle des ouverges d'art et trottoirs en TVC/ TUFF selon profil en long y compris compactage et arrosage, par couches,ansi que toutes sujétions de bonne exécution,                                   | <b>M3</b> | 15 000,00 | 700,00                  | 10 500 000,00        |
| <b>I-3</b>             | Evacuation des terres excédentaire à la décharge publique réglementée à cet effet, y compris chargement, déchargement et le transport ainsi que foisonnement des terres avec étalage, sur un rayon supérieur de 15 km | <b>M3</b> | 42 342,00 | 250,00                  | 10 585 50,00         |
|                        |                                                                                                                                                                                                                       |           |           | <b>S / TOTAL<br/>01</b> | <b>35 905 200,00</b> |

| <b>II-REVETEMENT DES CHAUSSEES</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |           |                     |                       |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------------------|
| <b>II-1</b>                        | <b><u>Couche de fondation :</u></b><br>F/P d'une couche de fondation en GNT ép,=30cm, conformément aux plans d'exécution y compris transport, étalage, réglage, arrosage, compactage, essai des matériaux, essai compacité et toutes sujétions de bonne exécution | <b>M3</b> | 5 799,00  | 2 000,00            | 11 598 000,00         |
| <b>II-2</b>                        | <b><u>Couche de base :</u></b><br>F/P d'une couche de base en grave bitume GB ép,=20cm, conformément aux plans d'exécution y compris transport, étalage, réglage, compactage, essai des matériaux, essai compacité et toutes sujétions de bonne exécution         | <b>T</b>  | 8 788,30  | 8 000,00            | 70 306 400,00         |
| <b>II-3</b>                        | F/P d'une couche en d'imprégnation cut back ép, 01 y compris toutes sujétions de bonne exécution                                                                                                                                                                  | <b>M2</b> | 20 292,00 | 120,00              | 2 435 040,00          |
| <b>II-4</b>                        | F/P d'une couche de roulement en béton bitumineux ép6cm y compris toutes sujétions de bonne exécution                                                                                                                                                             | <b>T</b>  | 2 861,17  | 10 000,00           | 28 611 720,00         |
|                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |           | <b>S / TOTAL 02</b> | <b>112 951 160,00</b> |

| <b>III- REVETEMENT DES TROTTOIRS</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |           |          |                         |                      |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-------------------------|----------------------|
| <b>III-1</b>                         | F/P de bordure de trottoirs 15*25*100 béton préfabriqué 1er choix y compris assise en béton de pose 10 cm, jointement, épaulement et toutes sujétions de bonne exécution,                                                                                                                                             | <b>ML</b> | 1 335,00 | 1 200,00                | 1 602 000,00         |
| <b>III-2</b>                         | Contre bordure de trottoirs 12*20*100 béton préfabriqué 1er choix y compris assise en béton de pose 10 cm, jointement, épaulement et toutes sujétions de bonne exécution,                                                                                                                                             | <b>ML</b> | 1 335,00 | 1 000,00                | 1 335 000,00         |
| <b>III-3</b>                         | Couche de fondation en T,V,C de 15 cm arrosé compactée, et toutes sujétions de bonne exécution                                                                                                                                                                                                                        | <b>M3</b> | 400,50   | 1 100,00                | 440 550,00           |
| <b>III-4</b>                         | Fourniture et mise en œuvre de béton imprimé ép. 10 cm, dosé à 350 kg/m <sup>3</sup> , avec treillis soudé Ø 8 mm et protection par résine époxy. Teinte, démoulant et motif au choix du maître d'ouvrage. Y compris préparation, coulage, lissage, impression, finitions, nettoyage et toutes sujétions d'exécution. | <b>M2</b> | 2 670,00 | 2 800,00                | 7 476 000,00         |
|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |           |          | <b>S / TOTAL<br/>03</b> | <b>10 853 550,00</b> |

| <b>IV- ASSAINISSEMENT DES VOIES (avaloirs+ regard visite )</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |       |                         |                     |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|-------------------------|---------------------|
| <b>IV-1</b>                                                    | <b><u>Confection des avaloirs :</u></b><br>Fourniture et pose d'avaloirs siphonnés en béton armé dosé à 350 kg/m <sup>3</sup> en ciment CRS/HTS, sur profondeur variable selon les plans. Y compris grille en fonte ductile classe D400 (400 × 400 mm) série lourde, et raccordement complet au réseau principal par drain PEHD DN 300 mm rigidité SN8.                                                                                                                            | <b>U</b> | 50,00 | 45 000,00               | 2 250 000,00        |
| <b>IV-2</b>                                                    | <b><u>Regard visite :</u></b><br>Confection de regards de visite en BA coulé en place au niveau du TPC (dim. ext. 1,30 × 1,30 m, 2,5 m < h < 3,5 m). Y compris terrassements, béton de propreté (20 cm), radier et parois en BA dosé à 350 kg/m <sup>3</sup> (ép. 20 cm) armé en double nappe, dalle de couverture en BA (20 cm) avec anneaux de levage, tampon en fonte série lourde (Ø 0,85), enduit intérieur étanche, raccordements, remblais et toutes sujétions d'exécution. | <b>U</b> | 12,00 | 100 000,00              | 1 200 000,00        |
|                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |       | <b>S / TOTAL<br/>04</b> | <b>3 450 000,00</b> |

| <b>V- MURS DE SOUTÈNEMENT EN EN BETON ARMEE ET LES ATALUS</b> |                                                                 |          |      |                     |                       |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------|------|---------------------|-----------------------|
| <b>V-1</b>                                                    | MURS DE SOUTÈNEMENT EN EN BETON ARMEE ET LES ATALUS [cite : 12] | <b>f</b> | 1,00 | 127 125 000,00      | 127 125 000,00        |
|                                                               |                                                                 |          |      | <b>S / TOTAL 05</b> | <b>127 125 000,00</b> |

| <b>VI- OUVRAGE D'art pont à poutres précontraintes</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |            |      |                     |                       |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|---------------------|-----------------------|
| <b>VI-1</b>                                            | Construction d'un ouvrage d'art de type pont à poutres précontraintes (portée 38,00 m, largeur 25,00 m) avec tablier, dalle de compression, appuis sur culées et piles en BA, appareils d'appui, entretoises et joints. Y compris étude, fabrication, transport, pose de 16 poutres, armatures, précontrainte, drainage, équipements de sécurité, terrassements, fondations, remblais, accès et toutes sujétions. | <b>ENS</b> | 2,00 | 400 000 000,00      | 800 000 000,00        |
|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |            |      | <b>S / TOTAL 06</b> | <b>800 000 000,00</b> |

| <b>VII- ECLAIRAGE EXTERIEUR</b> |                                                                                                 |          |       |                         |                      |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|-------------------------|----------------------|
| <b>VII-1</b>                    | Fourniture et pose de candélabres cylindro-coniques en acier galvanisé thermolaqué, hauteur 8 m | <b>U</b> | 49,00 | 90 000,00               | 4 410 000,00         |
| <b>VII-2</b>                    | Fourniture et pose de luminaires routiers à technologie LED d'une puissance de 100 W            | <b>U</b> | 86,00 | 120 000,00              | 10 320 000,00        |
|                                 |                                                                                                 |          |       | <b>S / TOTAL<br/>08</b> | <b>14 730 000,00</b> |

|                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| <b>Montant en HT /DA</b>  | 1 105 014 910,00 DA        |
| <b>TVA 19 %</b>           | 209 952 833,00 DA          |
| <b>Montant en TTC /DA</b> | <b>1 314 967 740,00 DA</b> |

**Un milliard trois cent quatorze millions neuf cent soixante-sept mille sept cent quarante dinars..**

## **CHAPITRE XVI**

# **CONCLUSION GÉNÉRALE**

Le présent mémoire a porté sur l'étude et la conception du projet de dédoublement de la RN63 entre les communes de Birkhadem et de Saoula, dans la wilaya d'Alger. Ce projet vise à améliorer les conditions de circulation sur un axe routier stratégique connaissant une forte croissance du trafic et des problèmes de congestion.

L'étude de trafic réalisée a permis de justifier l'aménagement d'une route à 2x2 voies capable de répondre aux besoins actuels et futurs des usagers. Les différentes études menées, notamment géotechnique, géométrique et hydraulique, ont permis de définir une solution technique conforme aux normes en vigueur et adaptée aux contraintes du site.

Le projet comprend également la conception d'un échangeur assurant la liaison avec la RN1, ainsi que plusieurs carrefours giratoires destinés à améliorer la fluidité et la sécurité de la circulation. Les études d'assainissement, de signalisation et d'éclairage ont contribué à garantir la durabilité de l'infrastructure et le confort des usagers.

Par ailleurs, l'étude d'impact sur l'environnement a montré que les effets négatifs du projet restent limités et peuvent être réduits grâce à l'application des mesures d'atténuation proposées.

En conclusion, le projet de dédoublement de la RN63 constitue une solution efficace pour améliorer la mobilité dans le sud de la wilaya d'Alger, renforcer la sécurité routière et accompagner le développement urbain de la région. Ce travail nous a permis de mettre en pratique les connaissances acquises au cours de notre formation et de mieux appréhender les différentes étapes d'un projet routier.

# BIBLIOGRAPHIE

- [1] Ministère des Travaux Publics, *B40.Normes Techniques d'aménagement des routes*, Alger : Octobre 1977.
- [2] SETRA, *Guide technique pour la réalisation des remblais et des couches de forme – Fascicule 1*, Paris : Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes, 1 vol., 2000.
- [3] Ministère des Travaux Publics, *Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves – Fascicule 1*, Alger : CTTP, 1 vol., 2001.
- [4] Ministère des Travaux Publics, *Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves – Fascicule 2 : Hypothèses et données de dimensionnement*, Alger : CTTP, 1 vol., 2001.
- [5] Ministère des Travaux Publics, *Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves – Fascicule 2 : Fiches techniques de dimensionnement*, Alger : CTTP, 1 vol., 2001.
- [6] SETRA, *Les ouvrages de soutènement : guide de conception générale*, Paris : Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes, 1 vol., 1998.
- [7] Société Atalus *Procédé Atalus pour murs de soutènement végétalisés : guide technique et conditions de mise en œuvre*, Paris : Document Technique du Fabricant, 1 vol., 2018.
- [8] RAHMANI Daoudi, *Cours Hydraulique Appliquées et Assainissement Urbain et Routier*, Alger : ENSTP, s.d.
- [9] SETRA, *Aménagement des carrefours interurbains : Sur les routes principales Carrefours plans*, Paris : Service d'Etude Technique des Routes et Autoroutes, 1 vol., décembre 1998.
- [10] SETRA, *Les échangeurs sur routes de type « Autoroute »*, Paris : Service d'Etude sur les transports les routes et leurs aménagements, 1 vol., aout 2013.
- [11] SETRA, *Ponts à poutres préfabriquées précontraintes par post-tension (VIPP) : guide de conception*, Bagneux : Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes, 1 vol., 1996
- [12] BEROUAG Nesrine Zina, *Etude APD de la liaison autoroutière SBA (AEO) - Saida sur 120km Section du Pk10+000 au Pk20+000 avec conception d'un échangeur avec RN95 au Pk13+000*, alger :ENSTP , 2025.
- [13] BOUGUETTAYA Sara et CHENNOUF Aymene, *Etude en APD du dédoublement de la RN°08 du PK 4+758 au PK 18+723 avec une conception d'échangeur* , alger :ENSTP , 2025.

# **ANNEXE**

## ANNEXE 1 : Axe en plan

| Élément / Caractéristiques              | Longueur (m) | Abscisse (m) | X          | Y          |
|-----------------------------------------|--------------|--------------|------------|------------|
| <b>Début</b>                            | –            | 0            | 10151.9221 | 49923.8900 |
| <b>DR1</b><br>ANG = 268.3649 g          | 160.077      | 160.08       | 10011.2059 | 49847.5778 |
| <b>CLO2</b><br>A = 140.000, R = 250.000 | 78.400       | 238.48       | 9944.4074  | 49806.6987 |
| <b>ARC3</b><br>R = 250.000              | 12.464       | 250.94       | 9934.7058  | 49798.8751 |
| <b>CLO4</b><br>A = 140.000, R = 250.000 | 78.400       | 329.34       | 9880.6019  | 49742.2544 |
| <b>DR5</b><br>ANG = 245.2265 g          | 353.285      | 682.63       | 9650.2071  | 49474.4321 |
| <b>CLO6</b><br>A = 140.000, R = 250.000 | 78.400       | 761.03       | 9602.3052  | 49412.4761 |
| <b>ARC7</b><br>R = 250.000              | 32.606       | 793.63       | 9587.0166  | 49383.7024 |
| <b>CLO8</b><br>A = 140.000, R = 250.000 | 78.400       | 872.03       | 9562.4821  | 49309.3304 |
| <b>DR9</b><br>ANG = 216.9590 g          | 63.052       | 935.08       | 9545.8837  | 49248.5026 |
| <b>ARC10</b><br>R = 800.000             | 95.552       | 1030.64      | 9515.2907  | 49158.0406 |
| <b>DR11</b><br>ANG = 224.5628 g         | 104.256      | 1134.89      | 9476.0560  | 49061.4484 |

## ANNEXE 2 : Profil en long

| Élément / Caractéristiques                              | Longueur (m) | Abscisse (m) | Z (m)   |
|---------------------------------------------------------|--------------|--------------|---------|
| <b>Début</b>                                            | –            | 0000.00      | 507.558 |
| <b>D1</b><br>PENTE = 1.14%                              | 197.036      | 0197.04      | 509.813 |
| <b>PAR1</b><br>S = 0225.00, Z = 510.133<br>R = 1000.000 | 55.928       | 0252.96      | 508.889 |
| <b>D2</b><br>PENTE = -4.45%                             | 284.578      | 0537.54      | 496.230 |
| <b>PAR2</b><br>S = 0550.00, Z = 495.676<br>R = 1200.000 | 24.916       | 0562.46      | 495.381 |
| <b>D3</b><br>PENTE = -2.37%                             | 104.911      | 0667.37      | 492.892 |
| <b>PAR3</b><br>S = 0675.00, Z = 492.711<br>R = 1000.000 | 15.262       | 0682.63      | 492.414 |
| <b>D4</b><br>PENTE = -3.90%                             | 263.514      | 0946.15      | 482.142 |
| <b>PAR4</b><br>S = 0950.00, Z = 481.991<br>R = 1200.000 | 7.709        | 0953.85      | 481.866 |
| <b>D5</b><br>PENTE = -3.26%                             | 181.038      | 1134.89      | 475.972 |

## ANNEXE 3 : Tabulations

| N°                           | PK      | Z TN    | Z PR    | X          | Y          | Dev G | Dev D |
|------------------------------|---------|---------|---------|------------|------------|-------|-------|
| <b>Axe on plan - 0+00.00</b> | 0000.00 | 508.495 | 507.558 | 10151.9221 | 49923.8900 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 0+25.00</b> | 0025.00 | 508.724 | 507.844 | 10129.9457 | 49911.9719 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 0+50.00</b> | 0050.00 | 509.152 | 508.130 | 10107.9694 | 49900.0539 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 0+75.00</b> | 0075.00 | 509.665 | 508.416 | 10085.9930 | 49888.1358 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 1+00.00</b> | 0100.00 | 509.698 | 508.703 | 10064.0167 | 49876.2177 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 1+25.00</b> | 0125.00 | 509.940 | 508.989 | 10042.0403 | 49864.2997 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 1+31.48</b> | 0131.48 | 509.843 | 509.063 | 10036.3469 | 49861.2120 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 1+50.00</b> | 0150.00 | 510.044 | 509.275 | 10020.0640 | 49852.3816 | 2.5%  | 1.5%  |
| <b>Axe on plan - 1+60.08</b> | 0160.08 | 510.149 | 509.390 | 10011.2059 | 49847.5778 | 2.5%  | 1.0%  |
| <b>Axe on plan - 1+75.00</b> | 0175.00 | 510.355 | 509.561 | 9998.1011  | 49840.4387 | 2.5%  | 0.2%  |
| <b>Axe on plan - 2+00.00</b> | 0200.00 | 510.742 | 509.843 | 9976.3750  | 49828.0730 | 2.5%  | -1.2% |
| <b>Axe on plan - 2+13.78</b> | 0213.78 | 510.835 | 509.865 | 9964.6501  | 49820.8322 | 2.5%  | -1.9% |
| <b>Axe on plan - 2+25.00</b> | 0225.00 | 510.893 | 509.742 | 9955.3093  | 49814.6193 | 3.5%  | -2.9% |

*Suite à la page suivante*

| N°                           | PK      | Z TN    | Z PR    | X         | Y          | Dev G | Dev D |
|------------------------------|---------|---------|---------|-----------|------------|-------|-------|
| <b>Axe on plan - 2+38.48</b> | 0238.48 | 510.571 | 509.429 | 9944.4074 | 49806.6987 | 4.7%  | -4.1% |
| <b>Axe on plan - 2+44.71</b> | 0244.71 | 510.333 | 509.222 | 9939.5079 | 49802.8474 | 4.7%  | -4.1% |
| <b>Axe on plan - 2+50.00</b> | 0250.00 | 510.132 | 509.017 | 9935.4247 | 49799.4827 | 4.7%  | -4.1% |
| <b>Axe on plan - 2+50.94</b> | 0250.94 | 510.097 | 508.977 | 9934.7058 | 49798.8751 | 4.7%  | -4.1% |
| <b>Axe on plan - 2+75.00</b> | 0275.00 | 509.010 | 507.909 | 9917.0544 | 49782.5371 | 2.6%  | -2.0% |
| <b>Axe on plan - 2+75.64</b> | 0275.64 | 508.978 | 507.881 | 9916.6043 | 49782.0865 | 2.5%  | -1.9% |
| <b>Axe on plan - 3+00.00</b> | 0300.00 | 507.851 | 506.797 | 9899.8987 | 49764.3565 | 2.5%  | -0.6% |
| <b>Axe on plan - 3+25.00</b> | 0325.00 | 506.807 | 505.685 | 9883.4336 | 49745.5450 | 2.5%  | 0.7%  |
| <b>Axe on plan - 3+29.34</b> | 0329.34 | 506.619 | 505.492 | 9880.6019 | 49742.2544 | 2.5%  | 1.0%  |
| <b>Axe on plan - 3+50.00</b> | 0350.00 | 505.710 | 504.573 | 9867.1293 | 49726.5931 | 2.5%  | 2.1%  |
| <b>Axe on plan - 3+57.94</b> | 0357.94 | 505.311 | 504.220 | 9861.9504 | 49720.5730 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 3+75.00</b> | 0375.00 | 504.633 | 503.461 | 9850.8256 | 49707.6409 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 4+00.00</b> | 0400.00 | 503.345 | 502.349 | 9834.5219 | 49688.6886 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 4+25.00</b> | 0425.00 | 502.116 | 501.237 | 9818.2181 | 49669.7364 | 2.5%  | 2.5%  |

*Suite à la page suivante*

| N°                           | PK      | Z TN    | Z PR    | X         | Y          | Dev G | Dev D |
|------------------------------|---------|---------|---------|-----------|------------|-------|-------|
| <b>Axe on plan - 4+50.00</b> | 0450.00 | 500.967 | 500.125 | 9801.9144 | 49650.7841 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 4+75.00</b> | 0475.00 | 499.726 | 499.012 | 9785.6107 | 49631.8318 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 5+00.00</b> | 0500.00 | 498.506 | 497.900 | 9769.3069 | 49612.8796 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 5+25.00</b> | 0525.00 | 497.369 | 496.788 | 9753.0032 | 49593.9273 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 5+50.00</b> | 0550.00 | 496.509 | 495.741 | 9736.6995 | 49574.9750 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 5+75.00</b> | 0575.00 | 496.052 | 495.083 | 9720.3957 | 49556.0228 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 6+00.00</b> | 0600.00 | 495.437 | 494.490 | 9704.0920 | 49537.0705 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 6+25.00</b> | 0625.00 | 494.941 | 493.897 | 9687.7883 | 49518.1182 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 6+50.00</b> | 0650.00 | 494.324 | 493.304 | 9671.4845 | 49499.1660 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 6+54.03</b> | 0654.03 | 494.133 | 493.209 | 9668.8586 | 49496.1135 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 6+75.00</b> | 0675.00 | 493.628 | 492.682 | 9655.1808 | 49480.2137 | 2.5%  | 1.4%  |
| <b>Axe on plan - 6+82.63</b> | 0682.63 | 493.290 | 492.414 | 9650.2071 | 49474.4321 | 2.5%  | 1.0%  |
| <b>Axe on plan - 7+00.00</b> | 0700.00 | 492.615 | 491.737 | 9638.9109 | 49461.2324 | 2.5%  | 0.0%  |
| <b>Axe on plan - 7+25.00</b> | 0725.00 | 491.469 | 490.762 | 9623.0695 | 49441.8941 | 2.5%  | -1.3% |

*Suite à la page suivante*

| N°                           | PK      | Z TN    | Z PR    | X         | Y          | Dev G | Dev D |
|------------------------------|---------|---------|---------|-----------|------------|-------|-------|
| <b>Axe on plan - 7+36.33</b> | 0736.33 | 491.066 | 490.321 | 9616.2009 | 49432.8827 | 2.5%  | -1.9% |
| <b>Axe on plan - 7+50.00</b> | 0750.00 | 490.441 | 489.788 | 9608.2980 | 49421.7311 | 3.7%  | -3.1% |
| <b>Axe on plan - 7+61.03</b> | 0761.03 | 489.979 | 489.358 | 9602.3052 | 49412.4761 | 4.7%  | -4.1% |
| <b>Axe on plan - 7+75.00</b> | 0775.00 | 489.629 | 488.813 | 9595.2943 | 49400.3908 | 4.7%  | -4.1% |
| <b>Axe on plan - 7+77.33</b> | 0777.33 | 489.773 | 488.722 | 9594.1916 | 49388.3386 | 4.7%  | -4.1% |
| <b>Axe on plan - 7+93.63</b> | 0793.63 | 488.517 | 488.087 | 9587.0166 | 49383.7024 | 4.7%  | -4.1% |
| <b>Axe on plan - 8+00.00</b> | 0800.00 | 488.830 | 487.839 | 9584.4740 | 49377.8652 | 4.1%  | -3.6% |
| <b>Axe on plan - 8+18.33</b> | 0818.33 | 487.593 | 487.124 | 9577.8824 | 49360.7659 | 2.5%  | -1.9% |
| <b>Axe on plan - 8+25.00</b> | 0825.00 | 487.418 | 486.864 | 9575.7130 | 49354.4570 | 2.5%  | -1.6% |
| <b>Axe on plan - 8+50.00</b> | 0850.00 | 486.410 | 485.890 | 9568.3700 | 49330.5619 | 2.5%  | -0.2% |
| <b>Axe on plan - 8+72.03</b> | 0872.03 | 486.095 | 485.031 | 9562.4821 | 49309.3304 | 2.5%  | 1.0%  |
| <b>Axe on plan - 8+75.00</b> | 0875.00 | 486.084 | 484.915 | 9561.7010 | 49306.4679 | 2.5%  | 1.1%  |
| <b>Axe on plan - 9+00.00</b> | 0900.00 | 485.022 | 483.941 | 9555.1197 | 49282.3498 | 2.5%  | 2.5%  |
| <b>Axe on plan - 9+00.63</b> | 0900.63 | 484.993 | 483.916 | 9554.9531 | 49281.7392 | 2.5%  | 2.5%  |

*Suite à la page suivante*

| <b>N°</b>                     | <b>PK</b> | <b>Z TN</b> | <b>Z PR</b> | <b>X</b>  | <b>Y</b>   | <b>Dev G</b> | <b>Dev D</b> |
|-------------------------------|-----------|-------------|-------------|-----------|------------|--------------|--------------|
| <b>Axe on plan - 9+25.00</b>  | 0925.00   | 485.031     | 482.966     | 9548.5385 | 49258.2316 | 2.5%         | 2.5%         |
| <b>Axe on plan - 9+35.08</b>  | 0935.08   | 483.294     | 482.573     | 9545.8837 | 49248.5026 | 2.5%         | 2.5%         |
| <b>Axe on plan - 9+50.00</b>  | 0950.00   | 482.858     | 481.998     | 9541.8233 | 49234.1508 | 2.5%         | 2.5%         |
| <b>Axe on plan - 9+75.00</b>  | 0975.00   | 481.825     | 481.178     | 9534.4198 | 49210.2733 | 2.5%         | 2.5%         |
| <b>Axe on plan - 9+82.86</b>  | 0982.86   | 481.556     | 480.922     | 9531.9382 | 49202.8147 | 2.5%         | 2.5%         |
| <b>Axe on plan - 10+00.00</b> | 1000.00   | 481.831     | 480.364     | 9526.2739 | 49186.6387 | 2.5%         | 2.5%         |
| <b>Axe on plan - 10+25.00</b> | 1025.00   | 480.409     | 479.550     | 9517.3935 | 49163.2702 | 2.5%         | 2.5%         |
| <b>Axe on plan - 10+30.64</b> | 1030.64   | 480.316     | 479.366     | 9515.2907 | 49158.0406 | 2.5%         | 2.5%         |
| <b>Axe on plan - 10+50.00</b> | 1050.00   | 479.890     | 478.736     | 9508.0037 | 49140.1006 | 2.5%         | 2.5%         |
| <b>Axe on plan - 10+75.00</b> | 1075.00   | 478.662     | 477.922     | 9498.5955 | 49116.9384 | 2.5%         | 2.5%         |
| <b>Axe on plan - 11+00.00</b> | 1100.00   | 477.638     | 477.108     | 9489.1872 | 49093.7763 | 2.5%         | 2.5%         |
| <b>Axe on plan - 11+25.00</b> | 1125.00   | 476.860     | 476.294     | 9479.7790 | 49070.6141 | 2.5%         | 2.5%         |
| <b>Axe on plan - 11+34.89</b> | 1134.89   | 476.644     | 475.972     | 9476.0560 | 49061.4484 | 2.5%         | 2.5%         |

## ANNEXE 4 : Calcul des cubatures

| Abscisse  | Surf. Déb.<br>(m <sup>2</sup> ) | Vol. Déb.<br>(m <sup>3</sup> ) | Surf. Rem.<br>(m <sup>2</sup> ) | Vol. Rem.<br>(m <sup>3</sup> ) | Vol. Déb. Cum.<br>(m <sup>3</sup> ) | Vol. Rem. Cum.<br>(m <sup>3</sup> ) |
|-----------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 0+000.000 | 34.86                           | 0.00                           | 0.00                            | 0.00                           | 0.00                                | 0.00                                |
| 0+025.000 | 33.89                           | 859.38                         | 0.00                            | 0.00                           | 859.38                              | 0.00                                |
| 0+050.000 | 38.50                           | 904.90                         | 0.00                            | 0.00                           | 1764.28                             | 0.00                                |
| 0+075.000 | 40.17                           | 983.34                         | 0.00                            | 0.00                           | 2747.62                             | 0.00                                |
| 0+100.000 | 35.01                           | 939.71                         | 0.00                            | 0.00                           | 3687.33                             | 0.00                                |
| 0+125.000 | 31.74                           | 834.36                         | 0.00                            | 0.00                           | 4521.69                             | 0.00                                |
| 0+131.477 | 28.71                           | 195.76                         | 0.00                            | 0.00                           | 4717.45                             | 0.00                                |
| 0+150.000 | 29.28                           | 537.08                         | 0.00                            | 0.00                           | 5254.53                             | 0.00                                |
| 0+160.077 | 28.27                           | 289.95                         | 0.00                            | 0.00                           | 5544.48                             | 0.00                                |
| 0+175.000 | 29.36                           | 429.98                         | 0.00                            | 0.00                           | 5974.46                             | 0.00                                |
| 0+200.000 | 31.47                           | 759.68                         | 0.00                            | 0.00                           | 6734.14                             | 0.00                                |
| 0+213.781 | 34.71                           | 455.33                         | 0.00                            | 0.00                           | 7189.47                             | 0.00                                |
| 0+225.000 | 38.71                           | 410.98                         | 0.00                            | 0.00                           | 7600.45                             | 0.00                                |
| 0+238.477 | 42.11                           | 542.59                         | 0.00                            | 0.00                           | 8143.04                             | 0.00                                |
| 0+244.709 | 40.63                           | 256.68                         | 0.00                            | 0.00                           | 8399.72                             | 0.00                                |
| 0+250.000 | 43.77                           | 222.27                         | 0.00                            | 0.00                           | 8621.98                             | 0.00                                |
| 0+250.941 | 44.17                           | 41.39                          | 0.00                            | 0.00                           | 8663.37                             | 0.00                                |
| 0+275.000 | 46.33                           | 1083.57                        | 0.00                            | 0.00                           | 9746.94                             | 0.00                                |
| 0+275.637 | 46.68                           | 29.62                          | 0.00                            | 0.00                           | 9776.56                             | 0.00                                |

*Suite à la page suivante*

| <b>Abscisse</b> | <b>Surf.<br/>Déb.<br/>(m²)</b> | <b>Vol.<br/>Déb.<br/>(m³)</b> | <b>Surf.<br/>Rem.<br/>(m²)</b> | <b>Vol.<br/>Rem.<br/>(m³)</b> | <b>Vol. Déb.<br/>Cum.<br/>(m³)</b> | <b>Vol. Rem.<br/>Cum.<br/>(m³)</b> |
|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 0+300.000       | 44.40                          | 1105.50                       | 0.00                           | 0.00                          | 10882.06                           | 0.00                               |
| 0+325.000       | 44.33                          | 1107.59                       | 0.00                           | 0.00                          | 11989.65                           | 0.00                               |
| 0+329.341       | 48.13                          | 200.70                        | 0.00                           | 0.00                          | 12190.35                           | 0.00                               |
| 0+350.000       | 53.25                          | 1047.19                       | 0.00                           | 0.00                          | 13237.54                           | 0.00                               |
| 0+357.941       | 51.06                          | 414.18                        | 0.00                           | 0.00                          | 13651.72                           | 0.00                               |
| 0+375.000       | 56.76                          | 919.68                        | 0.00                           | 0.00                          | 14571.40                           | 0.00                               |
| 0+400.000       | 35.59                          | 1154.39                       | 0.00                           | 0.00                          | 15725.79                           | 0.00                               |
| 0+425.000       | 40.24                          | 947.79                        | 0.00                           | 0.00                          | 16673.58                           | 0.00                               |
| 0+450.000       | 31.51                          | 896.81                        | 0.00                           | 0.00                          | 17570.39                           | 0.00                               |
| 0+475.000       | 32.22                          | 796.58                        | 0.00                           | 0.00                          | 18366.97                           | 0.00                               |
| 0+500.000       | 26.11                          | 729.13                        | 0.00                           | 0.00                          | 19096.10                           | 0.00                               |
| 0+525.000       | 27.30                          | 667.62                        | 0.00                           | 0.00                          | 19763.72                           | 0.00                               |
| 0+550.000       | 32.85                          | 751.79                        | 0.00                           | 0.00                          | 20515.51                           | 0.00                               |
| 0+575.000       | 41.79                          | 932.97                        | 0.00                           | 0.00                          | 21448.48                           | 0.00                               |
| 0+600.000       | 43.61                          | 1067.46                       | 0.00                           | 0.00                          | 22515.94                           | 0.00                               |
| 0+625.000       | 37.74                          | 1016.87                       | 0.00                           | 0.00                          | 23532.81                           | 0.00                               |
| 0+650.000       | 37.09                          | 935.40                        | 0.00                           | 0.00                          | 24468.21                           | 0.00                               |
| 0+654.027       | 36.95                          | 149.07                        | 0.00                           | 0.00                          | 24617.28                           | 0.00                               |
| 0+675.000       | 32.78                          | 731.28                        | 0.00                           | 0.00                          | 25348.56                           | 0.00                               |
| 0+682.627       | 34.43                          | 256.28                        | 0.00                           | 0.00                          | 25604.83                           | 0.00                               |
| 0+700.000       | 34.51                          | 598.86                        | 0.00                           | 0.00                          | 26203.70                           | 0.00                               |

*Suite à la page suivante*

| <b>Abscisse</b> | <b>Surf.<br/>Déb.<br/>(m²)</b> | <b>Vol.<br/>Déb.<br/>(m³)</b> | <b>Surf.<br/>Rem.<br/>(m²)</b> | <b>Vol.<br/>Rem.<br/>(m³)</b> | <b>Vol. Déb.<br/>Cum.<br/>(m³)</b> | <b>Vol. Rem.<br/>Cum.<br/>(m³)</b> |
|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 0+725.000       | 35.13                          | 868.24                        | 0.00                           | 0.00                          | 27071.94                           | 0.00                               |
| 0+736.331       | 36.05                          | 400.69                        | 0.00                           | 0.00                          | 27472.63                           | 0.00                               |
| 0+750.000       | 35.19                          | 482.23                        | 0.00                           | 0.00                          | 27954.86                           | 0.00                               |
| 0+761.027       | 34.27                          | 378.21                        | 0.00                           | 0.00                          | 28333.07                           | 0.00                               |
| 0+775.000       | 41.47                          | 521.52                        | 0.00                           | 0.00                          | 28854.59                           | 0.00                               |
| 0+777.330       | 45.63                          | 101.46                        | 0.00                           | 0.00                          | 28956.06                           | 0.00                               |
| 0+793.633       | 30.12                          | 608.78                        | 0.00                           | 0.00                          | 29564.83                           | 0.00                               |
| 0+800.000       | 32.59                          | 197.67                        | 0.00                           | 0.00                          | 29762.51                           | 0.00                               |
| 0+818.328       | 26.75                          | 540.54                        | 0.00                           | 0.00                          | 30303.04                           | 0.00                               |
| 0+825.000       | 27.95                          | 182.45                        | 0.00                           | 0.00                          | 30485.49                           | 0.00                               |
| 0+850.000       | 29.56                          | 718.17                        | 0.00                           | 0.00                          | 31203.66                           | 0.00                               |
| 0+872.033       | 35.04                          | 711.66                        | 0.00                           | 0.00                          | 31915.31                           | 0.00                               |
| 0+875.000       | 36.72                          | 106.46                        | 0.00                           | 0.00                          | 32021.78                           | 0.00                               |
| 0+900.000       | 40.09                          | 960.13                        | 0.00                           | 0.00                          | 32981.90                           | 0.00                               |
| 0+900.633       | 40.14                          | 25.39                         | 0.00                           | 0.00                          | 33007.29                           | 0.00                               |
| 0+925.000       | 54.11                          | 1148.31                       | 0.00                           | 0.00                          | 34155.60                           | 0.00                               |
| 0+935.085       | 38.45                          | 466.69                        | 0.00                           | 0.00                          | 34622.30                           | 0.00                               |
| 0+950.000       | 38.17                          | 570.37                        | 0.00                           | 0.00                          | 35192.67                           | 0.00                               |
| 0+975.000       | 43.85                          | 1023.15                       | 0.00                           | 0.00                          | 36215.82                           | 0.00                               |
| 0+982.861       | 39.84                          | 328.95                        | 0.00                           | 0.00                          | 36544.77                           | 0.00                               |
| 1+000.000       | 46.09                          | 735.19                        | 0.00                           | 0.00                          | 37279.95                           | 0.00                               |

*Suite à la page suivante*

| <b>Abscisse</b> | <b>Surf.<br/>Déb.<br/>(m²)</b> | <b>Vol.<br/>Déb.<br/>(m³)</b> | <b>Surf.<br/>Rem.<br/>(m²)</b> | <b>Vol.<br/>Rem.<br/>(m³)</b> | <b>Vol. Déb.<br/>Cum.<br/>(m³)</b> | <b>Vol. Rem.<br/>Cum.<br/>(m³)</b> |
|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1+025.000       | 44.12                          | 1126.52                       | 0.00                           | 0.00                          | 38406.48                           | 0.00                               |
| 1+030.637       | 44.07                          | 248.54                        | 0.00                           | 0.00                          | 38655.02                           | 0.00                               |
| 1+050.000       | 42.80                          | 841.00                        | 0.00                           | 0.00                          | 39496.02                           | 0.00                               |
| 1+075.000       | 33.05                          | 948.05                        | 0.00                           | 0.00                          | 40444.06                           | 0.00                               |
| 1+100.000       | 33.46                          | 831.31                        | 0.00                           | 0.00                          | 41275.37                           | 0.00                               |
| 1+125.000       | 28.01                          | 768.35                        | 0.00                           | 0.00                          | 42043.72                           | 0.00                               |
| 1+134.893       | 32.12                          | 297.42                        | 0.00                           | 0.00                          | 42341.14                           | 0.00                               |