

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

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson



Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude en APD d' un tronçon du dédoublement de la RN18 sur
15 km du PK58+000 au PK73+000 entre BEROUAGHIA et SIDI
NAAMANE avec la conception des carrefours giratoires .

Présenté par :

BEGHDADI MOHAMED

FEGHOUL BAHREDDINE

Encadré par :

BENALMELADJ Mohamed

LOUDJDI Abdelkader

RERCIEMENT

Avant toute chose, nous remercions Allah, le Tout-Puissant, de nous avoir accordé la santé, la patience, la volonté et la force nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous Lui exprimons notre profonde gratitude pour nous avoir guidés tout au long de notre parcours académique et pour nous avoir permis d'atteindre ce niveau de savoir et de connaissance. Nous tenons à adresser nos sincères remerciements à nos encadreurs :

pour leur disponibilité, leurs précieux conseils, leurs orientations pertinentes ainsi que pour l'intérêt constant qu'ils ont porté à ce travail.

Nous exprimons également notre profonde reconnaissance à l'ensemble du personnel du bureau d'études pour leur accueil, leur disponibilité et les facilités mises à notre disposition tout au long de cette étude. Leur contribution a constitué un soutien précieux dans la réalisation de ce projet.

Nos remerciements les plus respectueux s'adressent également à l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics « **Francis Jeanson** », qui nous a offert un cadre de formation d'excellence et nous a permis d'acquérir les connaissances scientifiques et techniques indispensables à notre formation d'ingénieurs.

Nous remercions vivement tous les enseignants qui nous ont accompagnés durant notre cursus universitaire et qui n'ont jamais hésité à partager leur savoir, leur expérience et leurs conseils avec générosité et dévouement.

Enfin, nous adressons notre gratitude à toutes les personnes qui, de près ou de loin, nous ont soutenus durant ce parcours, par une parole encourageante, un conseil sincère ou une aide précieuse. Qu'elles trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

إهداء

الحمد ل الذي وفقتي لتمام هذا العمل، والذي أنار لي الطريق بنعمه وفضله، وجعل بعد كل تعب يسرا وبعد كل اجتهدا ثمرة تج

أهدي هذا العمل المتواضع إلى من كانا السبب الول بعد ا تعالى في كل ما وصلت إليه، وإلى من غرسا في نفسي قيم الصبر والجهاد والعزيمة، وإلى من سهرنا من أجل راحتي وضحايا بالكثير من أجل مستقبلي

إلى والدي العزيز **فغول علي**، وإلى والدتي الغالية **بن بشير ش**، اللذين كانا سندي الول في هذه الحياة، واللذين لم يبال علي يوما بالدعم والتوجيه والتشجيع. إليكما أهدي هذا النجاز الذي هو في الحقيقة ثمرة سنوات طويلة من الحب والتضحية والعطاء. لقد كنتما النور الذي أضاء دربي كلما اشتدت ظلمات الحياة، والقوة التي دفعتني للاستمرار كلما اعترضتني الصعوبات والعقبات، والسبب الحقيقي في أن أصل إلى هذه اللحظة التي أرى فيها ثمرة جهدي تتجسد أمامي. مهما كتبت من كلمات فلن أوفيكما حقكما ففضلكما أكبر من أن ياتصر في أسطر، ومكانتكما في قلبي أعظم من أن تصفها العبارات. أسأل ا عز وجل أن يحفظكما ويديم عليكما الصحة والعافية، وأن يجعلني دائما مصدر فار لكما كما كنتما دائما مصدر. فاري واعتزازي

إلى إختوتي العزاء **محمد وفتح ا وأختي الغالية**، اللذين كانوا دائما مصدر دعم وأمل وتشجيع، واللذين بثوا في نفسي روح التفاؤل والعزيمة كلما خارت قواي، فكانوا خير سند وخير رفقة في مآلف مراحل حياتي

إلى زميلي في هذا المشروع **بغداد محمد**، الذي كان نعم الزميل ونعم الشريك طيلة فترة إنجاز هذه المذكرة، والذي جمعني به تجربة علمية وإنسانية مميزة ستبقى من أجمل محطات هذه المرحلة، فله مني كل التقدير والاحترام

إلى خطيبتي العزيزة **مسعدون م**، التي كانت رفيقة دربي وسندي المعنوي في مآلف الظروف، والتي شاركتني لحظات التعب والقلق والعمل، فكانت كلماتها وتشجيعها مصدر قوة ودافعا للاستمرار كلما اشتدت الصعوبات. أسأل ا أن يوفقها في حياتها العلمية والعملية، وأن أراها ناجحة وسعيدة كما أتمنى دائما. وأن يجمع بيننا على الأبر والمودة والنجاح

إلى زميلي **مكيوي شوقي**، الذي كان سندا لنا خلل هذه المرحلة ولم يبال علينا بنصيحة أو مساعدة أو دعم، فكان مثال للزميل الوفي وصاحب المواقف النبيلة

، وإلى زميلنا **ذهبي عبد الرؤوف**، الذي رافقنا خلل هذا العمل وساهم بما استطاع من جهد ومساعدة. فجزاه ا عنا خير الجزاء وجعل ما قدمه في ميزان حسناته

وإلى زميلي **سعيداني راجح ريان**، الذي عرفته متأخرا، وكنت أتمنى لو أن معرفتي به كانت منذ زمن أطول، لما وجدته فيه من أخلق رفيعة وصفات نبيلة وإنسانية راقية، فكان نعم الصديق ونعم الخ

إلى أساتذتي الفاضل الذين كان لهم النثر الكبير في تكويني العلمي والانساني، وعلى رأسهم الأستاذ **حمادي**، الذي كان بالنسبة لي أكثر من أستاذ، فقد كان أبا وموجهًا وناصحًا، وكان مثال يحتذى به في أخلاقه وعلمه وتعاملته. ولول أن الكمال ل وحده لقلت إنه الأستاذ المثالي في كل شيء

والى الأستاذ **بروجي**، الذي كان قدوة حقيقية بالنسبة لي في مجال التعليم، ومثال حيا للأستاذ الناجح والمبدع، والذي ألهمني الكثير في مسيرتي كأستاذ للطورين المتوسط والثانوي، فتعلمت منه أن التعليم رسالة تؤدي بخلص وشغف وإبداع

والى الأستاذ **فدغوش**، الذي تعلمت منه قيمة التوازن بين الجدية والنضباط في العمل، وبين حسن المعاملة وروح الدعابة الهادفة التي تجعل العلم أقرب إلى القلوب والعقول، فكان نموذجًا رائعًا للأستاذ الذي يجمع بين الاحترام والقرب من طلبته

والى الأستاذ **بريش**، الذي كان داعمًا خفيًا لي طوال مسيرتي الجامعية، وكان له فضل خاص علي في العديد من المواقف التي لن أنساها. لقد وجدت فيه مثال للأستاذ الجاد والحازم الذي يؤدي رسالته بكل إخلاص وتفان، وكانت شأصيته الصارمة محل إعجاب وقدوة بالنسبة لي لأنها كانت دائمًا مقرونة بالنضباط والدقة والحرافية. وسأقولها بكل صدق: لم أر في حياتي أستاذًا يضاهي الأستاذ بريش في التنظيم وإتقان العمل، فقد كانت محاضراته وأعماله وعروضه وتقديماته مثال يحتذى به في الترتيب والعداد والدقة، حتى أصبحت أتعلم من أسلوبه في العمل بقدر ما أتعلم من محتوى دروسه. وأسأل اعز وجل أن يوفقتي في مسيرتي المهنية وأن أكون أستاذًا منظمًا ومتميزًا كما كان هو، وأن أحمل بعضًا من الصفات التي جعلته محل تقدير واحترام جميع من عرفه

- والى الأستاذة **محيوي**، مديرة قسم المنشآت القاعدية، التي وقفت إلى جانبي في العديد من المواقف الصعبة وكانت دائمًا مصدر دعم وتأييد للعباء. أقول لها بكل صدق وامتنان: كنت سندا حقيقيا لي خلال هذه المرحلة، وسيبقى فضلك محل تقدير واحترام، وأنا ممتن لكل ما قدمته لي من دعم ومساندة. طوال مسيرتي الجامعية، كما أتقدم بالالص الشكر والتقدير إلى جميع أساتذتي الكرام في المدرسة الوطنية العليا للشغال العمومية كل باسمه ومكانته، على ما قدموه من علم وتوجيه ومرافقة طوال سنوات الدراسة، فكانوا جميعًا شركاء في هذا النجاح وجزءًا من هذه الرحلة التي أعتز بها وأفنار بكل تفاصيلها

- والى الطاقم الداري الكريم، وعلى رأسهم الأستاذة والخت الكبرى **مكودي إيمان**، التي احتلت مكانة خاصة في قلوب الطلبة بحسن أخلاقها وطيبة تعاملها وروحها الودودة، فكانت مثال للنسانية والتفاني في العمل. أسأل أن يوفقها وأن يبارك لها في أبنائها وأهلها وأحبتيها

- كما أتوجه بالشكر والتقدير إلى جميع أفراد الطاقم الداري بقسم المنشآت القاعدية، على ما قدموه من تسهيلات ومساعدة طوال مسيرتي الجامعية

والى كل من علمني حرفًا، وإلى كل من قدم لي نصيحة أو دعما أو كلمة طيبة في يوم من الأيام، وإلى كل من ساهم من قريب أو بعيد في وصولي إلى هذه المرحلة، أهدي هذا العمل عربون وفاء وامتنان وتقدير والحمد ل أول وآخر، وظاهرا وباطنا، وله الفضل فيما كان وفيما سيكون

فغول بحر الدين

اهداء

إلى روح أمي الحبيبة، رحمها الله وأسكنها فسيح جناته، التي ستبقى ذكرها العطرة وحبها الصادق وتضحياتها النبيلة نورا يرافقتني في كل مراحل حياتي، ودعواتها الصادقة زادا أستمد منه القوة والعزيمة .

إلى أبي العزيز، بكل مشاعر الوفاء والعرفان، تقديرا لما قدمه من دعم متواصل وتشجيع دائم وتضحيات. البالغ في بلوغي هذه المرحلة من مسيرتي العلمية عظيمة، كان لها اثر

كما أهدي هذا العمل إلى زميلي وصديقي بحر الدين، تقديرا لما أبداه من روح التعاون والخلص، ولما قدمه من مساندة ودعم ومساعدة قيمة طيلة فترة إنجاز هذا المشروع

، وأتقدم بالصل الشكر والتقدير إلى الأستاذ حمادي، والأستاذة محياوي، والأستاذ بريش، والأستاذ طاكلي وإلى زميلي في الدفعة الطالب مكيوي شوقي، عرفانا بما قدموه من توجيهات ونصائح ومرافقة علمية. كان لها أثر إيجابي في إثراء مسيرتي الأكاديمية

كما أتوجه بأسمى عبارات الامتنان والتقدير إلى مؤطر مذكرة التخرج، الذي رافقنا طوال مراحل هذا العمل بصبره وتفانيه وتوجيهاته السديدة، وساهم بابرته ونصائحه القيمة في إنجاز هذه المذكرة في أفضل الظروف

ول يفوتني أن أعبر عن بالغ شكري وامتناني للسيدة إيمان مكودي، التي كانت سنداً وداعماً طوال سنوات الدراسة بهذه المدرسة العريقة، حيث كان لتفانيها واحترافيتها ومرافقتها المستمرة أثر بالغ في مسيرتي العلمية والإنسانية

كما أهدي هذا العمل إلى أفراد عائلتي الكريمة، وإلى أساتذتي الفاضل، وإلى كل من قدم لي يد العون أو ساهم، من قريب أو بعيد، في الوصول إلى هذه المرحلة من حياتي

إلى جميع هؤلاء، أهدي ثمرة هذا الجهد المتواضع، راجيا أن يكون عربون وفاء وتقدير وامتنان

بكل مشاعر الاحترام والتقدير والعرفان

بغداد محمد

RÉSUMÉ

Le présent projet de fin d'études porte sur l'étude en Avant-Projet Détaillé (APD) de l'aménagement de la Route Nationale RN18 sur le tronçon compris entre PK58+000 et PK73+000, situé dans la wilaya de Médéa.

L'objectif principal de cette étude est de proposer une infrastructure routière répondant aux exigences actuelles de sécurité, de confort et de fluidité du trafic tout en respectant les normes techniques et environnementales en vigueur.

L'étude a débuté par une analyse du trafic routier permettant d'évaluer les conditions d'exploitation actuelles et futures de l'axe étudié. Les résultats obtenus ont servi de base au choix des caractéristiques géométriques du projet et à la vérification de la capacité de l'infrastructure projetée.

Une étude géométrique complète a ensuite été réalisée conformément aux recommandations de l'ARP, comprenant le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers. Les études géotechniques ont permis de caractériser les matériaux rencontrés et de définir les conditions de leur réutilisation dans les remblais et les couches de forme.

Le dimensionnement de la chaussée a été effectué à l'aide du catalogue algérien de dimensionnement des chaussées et vérifié par des outils spécialisés afin de garantir la résistance de la structure aux sollicitations du trafic prévu. Les ouvrages d'assainissement, les équipements de signalisation et d'éclairage ainsi que les dispositions de sécurité routière ont également été étudiés et adaptés aux caractéristiques du projet.

Par ailleurs, une étude d'impact sur l'environnement a permis d'identifier les principaux effets du projet sur le milieu physique, naturel et humain, tout en proposant les mesures nécessaires pour réduire les impacts négatifs éventuels.

Enfin, les cubatures de terrassement ainsi que l'estimation financière du projet ont été établies afin d'évaluer les besoins techniques et économiques de sa réalisation.

Mots-clés :

RN18, APD, trafic routier, tracé routier, chaussée, géotechnique, assainissement, signalisation, éclairage public, impact environnemental.

ABSTRACT

This graduation project deals with the Detailed Preliminary Design (APD) study of the National Road RN18 between PK58+000 and PK73+000, located in Médéa Province, Algeria.

The main objective of this study is to develop a road infrastructure that meets current requirements in terms of safety, comfort and traffic flow while complying with applicable technical and environmental standards.

The study began with a traffic analysis aimed at evaluating current and future operating conditions of the road section. The obtained results were used to determine the geometric characteristics of the project and to verify the capacity of the proposed infrastructure.

A complete geometric design study was then carried out according to national road design recommendations, including horizontal alignment, longitudinal profile and cross-sections. Geotechnical investigations made it possible to characterize the encountered materials and define the conditions for their reuse in embankments and pavement layers.

The pavement structure was designed using the Algerian pavement design catalogue and verified through specialized engineering tools to ensure adequate resistance to projected traffic loads. Drainage facilities, road signing systems, public lighting installations and road safety measures were also studied and adapted to the characteristics of the project.

In addition, an environmental impact assessment was conducted to identify the potential effects of the project on the physical, natural and human environment and to propose appropriate mitigation measures.

Finally, earthwork quantities and the cost estimation of the project were determined in order to evaluate the technical and economic requirements for its implementation.

Keywords:

RN18, Detailed Preliminary Design, traffic study, road design, pavement, geotechnical engineering, drainage, road signage, public lighting, environmental impact assessment.

الملخص

الخاصة بتهيئة الطريق الوطني رقم 18 على المقطع الممتد بين (APD) «يتناول هذا المشروع دراسة «المرحلة التفصيلية للمشروع بولية المدية PK58+000 و PK73+000

تهدف هذه الدراسة إلى اقتراح حلول هندسية مناسبة تسمح بتحسين مستوى الخدمة المرورية ورفع درجة السلامة والراحة لمستعملي الطريق، مع احترام المعايير التقنية والبيئية المعمول بها

استهلّت الدراسة بتحليل حركة المرور الحالية والمتوقعة، من أجل تقييم احتياجات المقطع المدروس وتحديد الخصائص الهندسية الملزمة له. كما تم إجراء دراسة هندسية شاملة شملت المسقط الفقي، والملف الطولي، والمقاطع العرضية وفق التوصيات والمعايير المعتمدة في تصميم الطرق

كما أنجزت دراسة جيوتقنية لتحديد خصائص التربة والمواد المتوفرة على طول المسار، وتقييم إمكانية إعادة استعمالها في أعمال الردم وإنجاز طبقات الطريق. وتم كذلك تصميم هيكل الرصف بالاعتماد على الكتل الجرانيتية لتصميم الطرق والتحقق من ملائمتها للحمل المرورية المتوقعة

وشملت الدراسة أيضاً تصميم منشآت التطهير وتصريف المياه، ودراسة التجهيزات المتعلقة بالشارات المرورية والنارة العمومية، إضافة إلى تقييم التأثيرات البيئية المحتملة للمشروع واقتراح الجراءات الكفيلة بالحد من أثارها السلبية

وفي المرحلة النهائية تم حساب كميات الحفر والردم وإعداد الكشف التقديري للشغال، مما سمح بتقييم المتطلبات التقنية والاقتصادية اللازمة لإنجاز المشروع

الكلمات المفتاحية:

، حركة المرور، الهندسة الطرقية، الجيوتقنية، تصميم الرصف، التطهير، APD ، الدراسة التفصيلية للمشروع RN18 الطريق الوطني الشارات المرورية، النارة العمومية، الثر البيئي

Acronymes et Symboles

Terme	Définition	Terme	Définition
BDD	bande Dérasée Droite	BDG	Bande Dérasée Gauche
BB	béton Bitumineux	C.B.R	California Bearing Ratio
CF	couche de Forme	APD	Avant-Projet Détaillé
CTTP	control technique des travaux publics	CW	Chemin de Wilaya
GB	grave bitume	GNT	Grave Non Traitée
GTR	guide de terrassement routier	IP	Indice de Plasticité
B40	règles technique d'aménagement des routes	ARP	Aménagement des routes principales
LCPC	laboratoire Central des ponts et chaussées	LA	Essai Los Angeles
MDE	Essai Micro-Deval	PK	Point Kilométrique
TN	Terrain Naturel	TPC	Terre-Plein Central
T.M.J.A	Trafic Moyen Journalier Annuel	CEV	Coûts d'Exploitation des Véhicules
TPLi	Classe de trafic	RN	Route Nationale
RPi	Réseau Principal de niveau i	RS	Réseau Secondaire
U.V.P	Unité de Véhicule Particulier	VBS	Valeur au Bleu de Méthylène
PL	Poids Lourds	TMJA_h	Trafic à l'année horizon
TMJA₀	Trafic à l'année de référence	n	Nombre d'années
τ	Taux d'accroissement du trafic (%)	TCi	Trafic cumulé des poids lourds
Teff	Trafic effectif à l'année horizon	Z	Pourcentage de poids lourds
P	Coefficient d'équivalence pour le poids lourd	Q	Débit de pointe horaire (UVP/h)
1/n	Coefficient de pointe	K_i	Coefficient lié à l'environnement
K₂	Coefficient de réduction de capacité	C_{th}	Capacité théorique du profil transversel
N	Nombre de voies	S	Coefficient de dissymétrie
Qadm	Débit admissible par voie	ϵ_v	Déformation verticale
ϵ_h	Déformation horizontale		

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	13
CHAPITRE I : PRÉSENTATION DU PROJET.....	15
I.1. Présentation générale de la wilaya de Médéa.....	16
I.2. Infrastructures routières.....	17
I.3. Présentation et objectif du projet.....	19
I.4. Section concernée.....	19
I.5. Objectifs techniques de l'aménagement.....	20
 CHAPITRE II : ÉTUDE DE TRAFIC.....	 21
II.1. Introduction.....	22
II.2. Données de trafic.....	22
II.3. Calcul de la capacité.....	22
II.4. Projection future du trafic.....	23
II.5. Trafic induit.....	23
II.6. Trafic effectif.....	24
II.7. Débit de pointe horaire normal.....	24
II.8. Débit horaire admissible.....	25
II.9. Calcul du nombre de voies.....	26
II.10. Calcul de l'année de saturation.....	27
II.11. Conclusion et recommandations.....	28
 CHAPITRE III : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE.....	 29
III.1. Introduction.....	30
III.2. Objectifs de l'étude géotechnique.....	30
III.3. Moyens de reconnaissance.....	30
III.4. Géologie régionale.....	31
III.5. Géologie locale.....	32
III.6. Hydrogéologie.....	33
III.7. Reconnaissances géotechniques du tracé.....	33
III.8. Reconnaissance in situ.....	34
III.9. Essais de laboratoire.....	34
III.10. Résultats des essais.....	35
III.11. Analyse des résultats.....	35
III.12. Classification selon le GTR.....	36
III.13. Conditions d'utilisation des matériaux en remblai.....	36
III.14. Recommandations techniques.....	37
III.15. Conclusion.....	38

CHAPITRE IV: DIM DU CORPS DE CHAUSSEE.....39

IV.1. Introduction.....	40.
IV.2. Définition de la chaussée.....	40
IV.3. Types de chaussées.....	41
IV.4. Méthodes de dimensionnement.....	42
IV.5. Application au projet.....	44
IV.6. Resultat des deux methodes.....	52
IV.7. Vérification des contraintes.....	53
IV.10. Conclusion.....	56

CHAPITRE V : ASSAINISSEMENT.....57

V.1. Introduction.....	58
V.2. Objectifs.....	58
V.3. Données générales.....	58
V.4. Types d'eaux à évacuer.....	59
V.5. Ouvrage d'assainissement.....	59
V.6. Choix technique des ouvrages.....	60
V.7. Critere de conception.....	61
V.8. Condition environnemental.....	61
V.9. Etude Hydrologique.....	62
V.10. Dimmensionnement du resau d'assainissement a projeter.....	64
V.11Dimentionnement du resau au d'assainissement.....	85
V.8. Conclusion.....	91

CHAPITRE VI : ÉTUDE GÉOMÉTRIQUE.....92

VI.1. Introduction.....	93
VI.2. Type de route retenu selon la norme ARP.....	93
VI.3. Tracé en plan.....	94
VI.4. Profil en long.....	97
VI.5. Profil en travers.....	101

CHAPITRE VII : CONCEPTION DES CARREFOURS..... 105

VII.1. Introduction.....	106
VII.2. Typologie des carrefours.....	107
VII.3. Le carrefour giratoire.....	111
VII.4. Application au projet.....	112
VII.5. Caractéristiques géométriques des carrefours giratoires.....	112
VII.6 Résultats de conception pour le giratoire.....	115

CHAPITRE VIII : OUVRAGES D'ART.....	116
VIII.1. Introduction.....	117
VIII.2. Conception des ouvrages d'art.....	117
VIII.3. Gabarits à respecter.....	117
VIII.4. Choix des ouvrages.....	118
VIII.5. Solution retenue.....	118
VIII.6. Conclusion.....	119
CHAPITRE IX : CUBATURES.....	120
IX.1. Introduction.....	121
IX.2. définition.....	121
IX.3. Méthodes de calcul.....	122
IX.4. Application au projet.....	124
CHAPITRE X : ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT.....	125
X.1. Introduction.....	126
X.2. Cadre juridique.....	126
X.3. Objectifs de l'étude.....	126
X.4. Identification des impacts.....	126
X.5. Mesures d'atténuation.....	127
X.6. Conclusion.....	128
CHAPITRE XI : SIGNALISATION ET ÉCLAIRAGE.....	129
XI.1. Introduction.....	130
XI.2. Catégories de signalisation.....	130
XI.3. Principes généraux.....	130
XI.4. Types de signalisation.....	130
XI.5. Application au projet.....	136
XI.6. Éclairage.....	137
CHAPITRE XII : DEVIS ESTIMATIF.....	141
CHAPITRE XIII : CONCLUSION GÉNÉRALE.....	145
BIBLIOGRAPHIE.....	147
ANNEX.....	160

Introduction générale :

Le réseau routier constitue l'un des piliers fondamentaux du développement économique et social d'un pays. Il joue un rôle essentiel dans la mobilité des personnes, le transport des marchandises ainsi que dans le renforcement des échanges entre les différentes régions. L'amélioration des infrastructures routières représente ainsi un facteur déterminant pour le développement territorial, la réduction des disparités régionales et l'augmentation de la sécurité des usagers.

En Algérie, le secteur des travaux publics a connu un développement considérable au cours des dernières décennies grâce à la réalisation de nombreux projets structurants visant à moderniser les infrastructures de transport et à répondre aux besoins croissants de mobilité. Parmi ces projets figurent les opérations de dédoublement des routes nationales qui permettent d'augmenter la capacité des axes routiers, d'améliorer les conditions de circulation et de réduire les risques d'accidents.

Dans ce contexte s'inscrit le projet de dédoublement de la Route Nationale n°18 (RN18), qui constitue un axe routier stratégique assurant la liaison entre plusieurs régions du pays. Face à l'augmentation progressive du trafic et aux exigences actuelles en matière de sécurité et de confort de conduite, l'actualisation des études d'aménagement de cet axe apparaît comme une nécessité afin d'assurer un niveau de service adéquat aux usagers.

Le présent travail porte sur l'étude en Avant-Projet Détaillé (APD) du dédoublement de la RN18 entre le PK 58+000 et le PK 73+000. Cette étude a pour objectif principal de proposer des solutions techniques conformes aux normes en vigueur, permettant d'assurer la continuité du trafic dans de meilleures conditions de sécurité, de confort et de durabilité.

Afin d'atteindre les objectifs fixés, plusieurs aspects techniques ont été abordés, notamment l'étude du trafic, l'étude géométrique du tracé, l'étude géotechnique, le dimensionnement du corps de chaussée, l'assainissement, les ouvrages d'art, les cubatures ainsi que les dispositifs de signalisation et de sécurité routière.

Le présent mémoire est structuré en treize chapitres :

- * Le premier chapitre est consacré à la présentation générale du projet.
- * Le deuxième chapitre traite de l'étude du trafic.
- * Le troisième chapitre est dédié à l'étude géométrique du tracé.
- * Le quatrième chapitre présente l'étude géotechnique.
- * Le cinquième chapitre concerne le dimensionnement du corps de chaussée.
- * Le sixième chapitre porte sur l'étude de l'assainissement.
- * Le septième chapitre traite de la conception des carrefours.
- * Le huitième chapitre est consacré aux ouvrages d'art.
- * Le neuvième chapitre présente l'étude des cubatures.

- * Le dixième chapitre est dédié à l'étude d'impact sur l'environnement.
- * Le onzième chapitre traite de la signalisation et de l'éclairage.
- * Le douzième chapitre présente le devis estimatif du projet.

Enfin, le treizième chapitre regroupe les conclusions générales et les recommandations issues de l'étude.

Ce travail vise ainsi à contribuer à la modernisation de cet axe routier tout en respectant les exigences techniques, économiques et environnementales nécessaires à la réalisation d'une infrastructure performante et durable.

Présentation du projet

I.1. Présentation générale de la wilaya de Médéa

La wilaya de Médéa est située dans la partie centre-nord de l'Algérie. Elle occupe une position stratégique reliant les hauts plateaux à la région centre du pays. Grâce à sa situation géographique privilégiée, elle constitue un important carrefour de communication entre plusieurs wilayas voisines.

La wilaya s'étend sur une superficie d'environ 8 700 km² et se caractérise par une diversité de paysages comprenant des zones montagneuses, des plaines agricoles ainsi que des plateaux. Cette diversité géographique influence directement le développement des infrastructures routières et les conditions de circulation.

I.1.1 Localisation géographique

-La wilaya de Médéa est située au centre de l'Algérie, au niveau de l'Atlas tellien. Elle occupe une position géographique importante reliant les régions du nord aux Hauts Plateaux du pays.

Elle est limitée :

- * **Au Nord** par les wilayas de **Blida et Boumerdès** ;
- * **À l'Est** par les wilayas de **Bouira et M'Sila** ;
- * **À l'Ouest** par les wilayas d'**Aïn Defla et Tissemsilt** ;
- * **Au Sud** par la wilaya de **Djelfa**.

-Le projet étudié est localisé sur la Route Nationale n°18 (RN18), au niveau du tronçon compris entre le PK 58+000 et le PK 73+000, dans la wilaya de Médéa.

-La figure suivante présente la localisation géographique de la wilaya de Médéa ainsi que la situation du projet au sein du réseau routier régional.



Figure I.1 : Localisation géographique de la wilaya de Médéa.

I.1.2 Relief et topographie

-La wilaya de Médéa se caractérise par un relief diversifié dominé principalement par des zones montagneuses, des plateaux et des vallées. Cette diversité topographique résulte de sa position au sein de l'Atlas tellien, ce qui lui confère un paysage naturel relativement accidenté dans certaines régions.

-L'altitude varie considérablement d'une zone à une autre, générant des pentes plus ou moins importantes et influençant directement les conditions de conception et de réalisation des infrastructures routières.

-Le réseau hydrographique est constitué de plusieurs oueds et dépressions naturelles qui traversent la wilaya, nécessitant souvent la réalisation d'ouvrages d'assainissement et d'ouvrages d'art afin d'assurer la continuité et la sécurité de la circulation.

-Les caractéristiques topographiques de la région représentent ainsi un facteur déterminant dans le choix du tracé routier, la conception géométrique de la route ainsi que dans les travaux de terrassement et de drainage.

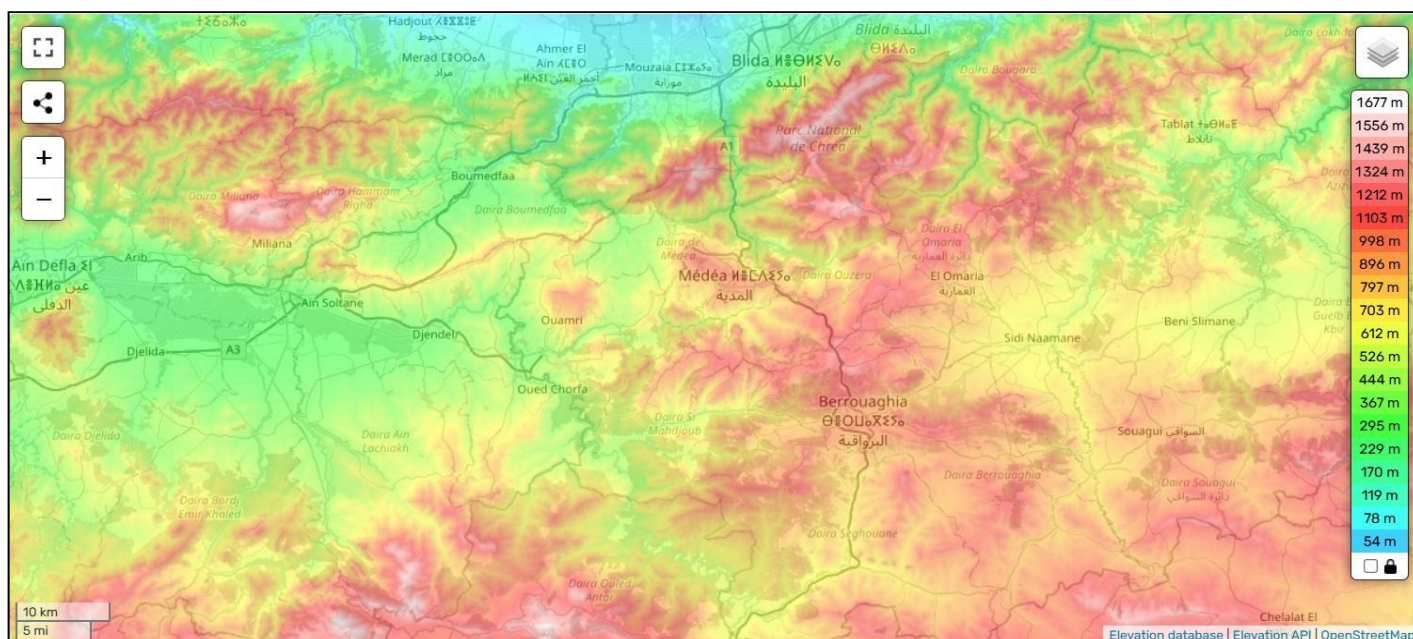


Figure I.4 : carte topographique générale de la zone d'étude.

I.2 Infrastructures routières :

- La wilaya de Médéa dispose d'un réseau routier important assurant la liaison entre les différentes communes de la wilaya ainsi qu'avec les wilayas limitrophes. Ce réseau constitue un élément essentiel pour le développement économique, social et territorial de la région.

- Les infrastructures routières de la wilaya sont composées de routes nationales, de chemins de wilaya et de chemins communaux. Les routes nationales représentent les principaux axes de circulation et assurent les échanges entre les grands pôles urbains et économiques.

Parmi les principales routes nationales traversant la wilaya de Médéa figurent notamment :

- * **La Route Nationale n°1 (RN1) ;**
- * **La Route Nationale n°8 (RN8) ;**
- * **La Route Nationale n°18 (RN18) ;**
- * **La Route Nationale n°60 (RN60) ;**
- * **La Route Nationale n°64 (RN64) ;**
- * **La Route Nationale n°89 (RN89) ;**

- **La RN18**, objet de la présente étude, constitue un axe routier important assurant la liaison entre plusieurs agglomérations et participant à la continuité du réseau routier national. L'augmentation progressive du trafic sur cet axe a rendu nécessaire son aménagement et son dédoublement afin d'améliorer les conditions de circulation et la sécurité des usagers. Route désignation

RN1 Axe Nord-Sud

RN8 Liaison régionale

RN18 Axe du projet étudié

RN60 Liaison inter-wilayas

RN64 Réseau régional

RN89 Réseau régional

N°	Route nationale	Description
1	Route nationale n°1 (RN1)	reliant Alger à Tamanrasset, via Médéa,
2	Route nationale n°8 (RN8)	desservant Bou Saâda,
3	Route nationale n°18 (RN18)	reliant Berrouaghia à Khemis Miliana,
4	Route nationale n°40 (RN40)	en direction de Tiaret,
5	Route nationale n°60 (RN60)	reliant Chellalet El Adhaoura à M'Sila,
6	Route nationale n°62 (RN62)	vers Hannacha,
7	Route nationale n°64 (RN64)	menant à El Omaria.

Tableau I.1 : Principales routes nationales traversant la wilaya de Médéa.

I.3 Présentation et objectif du projet

Le présent projet s'inscrit dans le cadre de l'actualisation de l'étude de dédoublement de la Route Nationale n°18 (RN18), un axe routier important du réseau national assurant la liaison entre plusieurs centres urbains de la wilaya de Médéa et les wilayas avoisinantes.

L'étude porte sur le tronçon compris entre le PK 58+000 et le PK 73+000, soit un linéaire d'environ 15 km. Ce tronçon fait partie du programme de modernisation des infrastructures routières visant à améliorer les conditions de circulation, renforcer la sécurité routière et répondre à l'augmentation progressive du trafic observée sur cet axe.

Le dédoublement de la RN18 permettra d'augmenter la capacité de la route, de réduire les conflits de circulation entre les différentes catégories de véhicules et d'améliorer le niveau de service offert aux usagers.

Les principaux objectifs de cette étude sont :

- * Améliorer la fluidité du trafic routier ;
- * Renforcer la sécurité des usagers ;
- * Réduire les temps de parcours ;
- * Assurer un meilleur confort de conduite ;
- * Adapter l'infrastructure aux besoins futurs du trafic ;
- * Garantir la durabilité de l'aménagement conformément aux normes techniques en vigueur.

Cette étude est réalisée au stade de l'Avant-Projet Détaillé (APD) et comprend l'ensemble des investigations techniques nécessaires à la définition des caractéristiques géométriques, géotechniques, hydrauliques et structurelles du projet.

I.4 Section concernée

Le tronçon retenu dans le cadre de cette étude est situé sur la Route Nationale n°18 (RN18) et s'étend du PK 58+000 au PK 73+000, soit un linéaire total d'environ 15 kilomètres.

Cette section fait partie du projet global d'actualisation de l'étude de dédoublement de la RN18 entre le PK 58+000 et le PK 83+000. Elle a été retenue en raison de son importance dans l'amélioration des conditions de circulation et du niveau de service offert aux usagers.

Le tronçon étudié traverse des zones présentant des caractéristiques topographiques et géotechniques variées, ce qui nécessite une analyse détaillée afin de définir les solutions techniques les plus adaptées aux contraintes du terrain.

L'étude de cette section comprend l'ensemble des investigations nécessaires à la conception géométrique de la route, au dimensionnement du corps de chaussée, à l'assainissement, aux ouvrages d'art ainsi qu'aux équipements de sécurité routière.



I.5 Objectifs techniques de l'aménagement :

Le projet de dédoublement de la RN18 entre le PK 58+000 et le PK 73+000 s'inscrit dans une démarche d'amélioration et de modernisation des infrastructures routières afin de répondre aux besoins actuels et futurs de la circulation.

Les principaux objectifs techniques de cet aménagement sont :

- * Augmenter la capacité de la route afin d'absorber l'évolution du trafic ;
- * Améliorer les conditions de circulation et le niveau de service offert aux usagers ;
- * Renforcer la sécurité routière en réduisant les risques d'accidents ;
- * Assurer une meilleure fluidité du trafic et diminuer les temps de parcours ;
- * Garantir un confort de conduite conforme aux normes techniques en vigueur ;
- * Adapter les caractéristiques géométriques de la route aux exigences réglementaires ;
- * Assurer une évacuation efficace des eaux de ruissellement grâce à des dispositifs d'assainissement appropriés ;
- * Concevoir une structure de chaussée capable de supporter les charges du trafic pendant sa durée de service ;
- * Préserver l'environnement et limiter les impacts liés à la réalisation du projet.

L'ensemble de ces objectifs vise à garantir une infrastructure routière performante, durable et adaptée aux besoins socio-économiques de la région.

Conclusion :

Dans ce chapitre, une présentation générale de la wilaya de Médéa ainsi que du projet de dédoublement de la RN18 entre le PK 58+000 et le PK 73+000 a été effectuée. Les principales caractéristiques de la région, du réseau routier et de la section étudiée ont été exposées afin de situer le projet dans son contexte géographique et technique.

Cette présentation préliminaire constitue une base essentielle pour la compréhension des différentes études qui seront développées dans les chapitres suivants, notamment l'étude du trafic, l'étude géométrique, l'étude géotechnique ainsi que le dimensionnement du corps de chaussée.

ETUDE DE TRAFIC

II.1 Introduction

L'étude de trafic constitue une étape fondamentale dans tout projet routier. Elle permet d'évaluer les conditions actuelles de circulation ainsi que l'évolution future du trafic afin de dimensionner correctement les infrastructures projetées.

Cette étude repose sur l'analyse des données de circulation disponibles et vise à déterminer les caractéristiques du trafic empruntant la RN18. Les résultats obtenus permettent notamment de vérifier l'adéquation de l'infrastructure projetée aux besoins des usagers et d'assurer un niveau de service satisfaisant pendant toute la durée de vie du projet.

L'étude du trafic joue également un rôle essentiel dans le dimensionnement du corps de chaussée, la définition du nombre de voies nécessaires ainsi que l'évaluation de la capacité de la route à répondre aux exigences futures de circulation.

II.3 Les données de trafic

Les données de trafic retenues pour cette étude constituent la base des calculs de capacité, de projection future et de dimensionnement du nombre de voies nécessaires.

Désignation	Symbole	Valeur
Trafic moyen journalier annuel de référence	TMJA ₂₀₂₄	10 103 véh/j
Taux d'accroissement annuel	τ	4 %
Pourcentage de poids lourds	Z	15,5 %
Coefficient d'équivalence des poids lourds	P	3
Année de référence	—	2024
Année de mise en service	—	2027
Durée de vie	n	20 ans
Année horizon	—	2047
Coefficient de pointe horaire	1/n	0,12
Coefficient lié à l'environnement	K ₁	0,85
Coefficient de réduction de capacité	K ₂	0,99
Capacité théorique par voie	C _{th}	1800 uvp/h

Tableau II.1 : Données de base de l'étude de trafic

II.4 Calcul de la capacité

La capacité d'une route traduit son aptitude à écouler un volume de trafic dans des conditions satisfaisantes de sécurité, de confort et de fluidité. Elle constitue un paramètre essentiel dans l'étude des infrastructures routières, car elle permet de vérifier si le profil projeté est capable de supporter le trafic actuel et futur .

L'évaluation de la capacité dépend de plusieurs paramètres, notamment les caractéristiques géométriques de la route, la catégorie de l'itinéraire, l'environnement traversé, la composition du trafic ainsi que les conditions d'exploitation .

Dans le cadre de cette étude, le calcul de la capacité permettra de déterminer le débit admissible par voie et de vérifier le nombre de voies nécessaire pour assurer un niveau de service satisfaisant sur le tronçon étudié de la RN18.

II.5 Projection future du trafic

La projection du trafic permet d'estimer l'évolution future de la circulation sur la route étudiée. Cette estimation est indispensable pour vérifier l'adéquation de l'infrastructure projetée aux besoins futurs et garantir un niveau de service satisfaisant pendant toute la durée de vie du projet.

L'évolution du trafic est déterminée à l'aide de la relation suivante :

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

Avec : T_n : trafic à l'année considérée ;

- T_0 : trafic de référence ;
 - τ : taux d'accroissement annuel ;
 - n : nombre d'années.
-

Pour le présent projet :

$$TMJA_{2024} = 10\,103 \text{ véh/j} ; \tau = 4\%.$$

➤ Calcul du trafic à l'année de mise en service (2027) :

$$T_{2027} = T_{2024} (1 + 0,04)^3$$

$$T_{2027} = 10\,103 \times (1,04)^3$$

$$T_{2027} = 11\,364 \text{ véh/j}$$

➤ Calcul du trafic à l'année horizon (2047) :

$$T_{2047} = T_{2027} (1 + 0,04)^{20}$$

$$T_{2047} = 11\,364 \times (1,04)^{20}$$

$$T_{2047} = 24899 \text{ véh/j}$$

II.6 Trafic induit

Le trafic induit représente l'augmentation du trafic générée par l'amélioration des conditions de circulation suite à la réalisation du projet. Ce trafic supplémentaire résulte généralement de l'attractivité accrue de l'infrastructure et du report d'une partie des usagers vers le nouvel aménagement.

Le trafic induit est déterminé par la relation suivante :

$$Ti = TMJA2024 \times \%VP \times 0,1 \times (1 + \tau)^{22}$$

Avec :

$$TMJA2024 = 10\,103 \text{ véh/j} ; \%VP = 59 \% ; \tau = 4\%.$$

Application numérique :

$$Ti = 10103 \times 0,59 \times 0,1 \times (1,04)^{22} \quad Ti = 1412 \text{ uvp/j}$$

Le trafic induit retenu pour l'étude est donc : **Ti = 1412 uvp/j.**

II.7 Trafic effectif

Le trafic effectif correspond au trafic réel pris en compte pour l'évaluation de la capacité de la route. Il tient compte de la composition du trafic ainsi que de l'influence des poids lourds.

Le trafic effectif est calculé à partir de la relation suivante :

$$Teff = [(1 - Z) + P \times Z] \times T2047$$

Avec :

$$Z = 15,5 \% ; P = 3 ; T2047 = 24899 \text{ véh/j.}$$

Application numérique :

$$Teff = [(1 - 0,155) + 3 \times 0,155] \times 24899$$

$$Teff = 32617 \text{ uvp/j}$$

En ajoutant le trafic induit :

$$Teff \text{ total} = Teff + Ti$$

$$Teff \text{ total} = 32617 + 1412$$

$$Teff \text{ total} = 34029 \text{ uvp/j}$$

II.8 Débit de pointe horaire normal

Le débit de pointe horaire normal représente le volume de trafic le plus important observé pendant une heure de pointe. Il est exprimé en unités de véhicules particuliers par heure (uvp/h).

Il est déterminé à partir du trafic effectif total selon la relation suivante :

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

Avec :

Q : débit de pointe horaire normal ;

1/n : coefficient de pointe horaire

Teff total : trafic effectif total à l'année horizon.

D'après les données retenues :

$$1/n = 0,12 ; \text{Teff total} = 34029 \text{ uvp/j.}$$

Application numérique :

$$Q = 0,12 \times 34029$$

$$Q = 4083 \text{ uvp/h}$$

Le débit de pointe horaire normal retenu pour l'étude est donc :

$$Q = 4083 \text{ uvp/h}$$

II.9 Débit horaire admissible

Le débit horaire admissible représente le débit maximal pouvant être écoulé par une voie dans des conditions normales d'exploitation. Il dépend des caractéristiques géométriques de la route ainsi que des conditions de circulation et de l'environnement traversé.

Le débit horaire admissible est donné par la relation suivante :

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

Avec :

- **K1** : coefficient correcteur lié à l'environnement ;
- **K2** : coefficient correcteur lié à la catégorie de la route ;
- **Cth** : capacité théorique du profil en travers en régime stable.

Environnement	E1	E2	E3
Valeur de K1	0,75	0,85	0,90 – 0,95

Tableau II.2 : Valeurs du coefficient réducteur K1

Catégorie de route	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E2	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E3	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96

Tableau II.3 : Valeurs du coefficient réducteur K2

Profil en travers	Capacité théorique (uvp/h)
Route à 2 voies de 3,5 m	1 500 à 2 000
Route à 3 voies de 3,5 m	2 400 à 3 200
Route à chaussées séparées	1 500 à 1 800

Tableau II.4 : Capacité théorique du profil en travers en régime stable

Pour notre projet :

K1 = 0,85

K2 = 0,99

Cth = 1800 uvp/h

Application :

$$Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 1800$$

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

Le débit horaire admissible retenu pour l'étude est donc : **Qadm = 1515 uvp/h**

II.10 Calcul du nombre de voies :

Le nombre de voies nécessaires est déterminé en fonction du débit de pointe horaire normal et du débit horaire admissible par voie.

Il est calculé à l'aide de la relation suivante :

$$N = (2/3) \times (Q / Q_{adm})$$

Avec :

- N : nombre de voies ;
- Q : débit de pointe horaire normal ;
- Q_{adm} : débit horaire admissible.

Application :

$$N = (2/3) \times (4083 / 1515)$$

$$N = 1,79$$

Le nombre de voies obtenu étant supérieur à une voie, il est retenu :

$$N \approx 2 \text{ voies}$$

Ainsi, le dédoublement de la RN18 est justifié afin d'assurer un écoulement satisfaisant du trafic à l'année horizon et de garantir un niveau de service adéquat aux usagers

II.11. Calcul de l'année de saturation :

L'année de saturation est déterminée en considérant un sens de circulation, avec un facteur 2 appliqué au débit horaire de pointe.

Formules utilisées :

$$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm}$$

$$Q_{saturation} = Q_{2027} \times (1 + \tau)^n$$

Avec :

$$\bullet \text{ Teff}_{2027} = [(1 - Z) + P \times Z] \times \text{TMJA}_{2027}$$

$$\bullet Q_{2027} = 0,12 \times \text{Teff}_{2027}$$

Application :

$$\text{Teff}_{2027} = [(1 - 0,155) + 3 \times 0,155] \times 11364$$

$$\text{Teff}_{2027} = 14886 \text{ uvp/j}$$

$$Q_{2027} = 0,12 \times 14886$$

$$Q_{2027} = 1786 \text{ uvp/h}$$

$$4 \times Q_{adm} = Q_{2027} \times (1 + \tau)^n$$

$$(4 \times Q_{adm}) / Q_{2027} = (1 + \tau)^n$$

$$\ln[(4 \times Q_{adm}) / Q_{2027}] = n \times \ln(1 + \tau)$$

$$n = \ln[(4 \times Q_{adm}) / Q_{2027}] / \ln(1 + \tau)$$

$$n = \ln[(4 \times 1515) / 1786] / \ln(1 + 0,04)$$

$$n = 31.15 \text{ ans}$$

$$\text{Année de saturation} = 2027 + 31$$

$$\text{Année de saturation} = 2058$$

II.12. Conclusion et recommandations

L'étude de trafic réalisée sur le tronçon étudié de la RN18 a permis d'évaluer l'évolution future de la circulation à partir des données de trafic disponibles et des hypothèses de croissance retenues.

Les résultats obtenus montrent une augmentation progressive du trafic à l'horizon de projet, justifiant ainsi le dédoublement de la route afin de garantir un niveau de service satisfaisant et d'assurer la sécurité des usagers.

Le calcul du débit de pointe horaire, du débit admissible et du nombre de voies a confirmé la nécessité d'adopter un profil à 2x2 voies, capable de répondre aux besoins actuels et futurs de circulation.

Par ailleurs, l'année de saturation calculée montre que l'infrastructure projetée disposera d'une capacité suffisante pour absorber l'accroissement prévisible du trafic durant toute la période d'exploitation considérée.

Ainsi, le projet de dédoublement de la RN18 constitue une solution adaptée permettant d'améliorer la fluidité du trafic, de renforcer la sécurité routière et d'accompagner le développement économique de la région.

ÉTUDE GÉOTÉCNIQUE

III.1. Introduction

L'étude géotechnique constitue une étape essentielle dans la conception d'un projet routier. Elle a pour objectif de déterminer la nature et les caractéristiques géotechniques des sols rencontrés le long du tracé afin d'évaluer leur aptitude à supporter les ouvrages projetés.

Dans le cadre du présent projet, l'étude géotechnique a été réalisée afin de caractériser les sols traversés par le tracé et de fournir les recommandations nécessaires pour la conception et la réalisation des travaux dans des conditions optimales de sécurité et de durabilité.

III.2. Objectifs de l'étude géotechnique

L'étude géotechnique a pour principaux objectifs :

- Identifier la nature et les caractéristiques des sols rencontrés le long du tracé ;
- Déterminer les propriétés géotechniques des matériaux à travers des essais in-situ et en laboratoire ;
- Évaluer les conditions de fondation des ouvrages projetés ;
- Identifier les éventuelles contraintes géotechniques susceptibles d'influencer la réalisation du projet ;
- Classer les matériaux selon les normes en vigueur afin de définir leurs domaines d'utilisation ;
- Fournir les recommandations nécessaires pour les travaux de terrassement et la conception de la structure de chaussée.

L'ensemble de ces investigations permet d'assurer une conception fiable, économique et durable du projet routier.

III.3. Moyens de reconnaissance

La reconnaissance géotechnique constitue une étape indispensable pour l'identification et la caractérisation des terrains traversés par le projet. Elle repose sur un ensemble d'investigations permettant de recueillir les informations nécessaires à l'étude du comportement des sols et à l'évaluation de leur aptitude à recevoir les ouvrages projetés.

Les moyens de reconnaissance utilisés dans le cadre de cette étude sont présentés dans les sections suivantes.

III.3.1. Étude des archives et documents existants

Cette étape consiste à collecter et à analyser l'ensemble des documents disponibles relatifs à la zone d'étude. Elle permet d'obtenir des informations préliminaires sur le contexte géologique, géotechnique et hydrogéologique de la région.

L'exploitation de ces documents constitue une base essentielle pour l'orientation des investigations de terrain et l'interprétation des résultats obtenus au cours de l'étude.

III.3.2. Visites sur site et essais in-situ

Les visites de terrain permettent d'observer directement les caractéristiques géomorphologiques du site et d'identifier les particularités susceptibles d'influencer le comportement des sols.

Les essais réalisés in-situ complètent ces observations en fournissant des informations sur la nature des terrains, leur compacité, leur portance et leur homogénéité. Ces investigations permettent d'obtenir une première appréciation des caractéristiques géotechniques des formations rencontrées.

III.3.3. Essais en laboratoire

Les essais en laboratoire ont pour objectif de déterminer les caractéristiques physiques et mécaniques des matériaux prélevés sur le terrain. Ils permettent d'évaluer le comportement des sols et leur aptitude à être utilisés dans les différentes parties du projet.

L'interprétation de ces essais permet également de définir les conditions d'utilisation des matériaux rencontrés et d'optimiser leur valorisation dans le cadre du projet.

III.4. Géologie régionale

L'Algérie se subdivise en deux grands domaines géologiques :

- Un domaine septentrional correspondant à l'ensemble atlasique ;
- Un domaine méridional correspondant à la plate-forme saharienne.

Le domaine septentrional se subdivise lui-même en trois grands ensembles structuraux :

- L'Atlas tellien au nord ;
- Les Hauts Plateaux au centre ;
- L'Atlas saharien au sud.

La zone d'étude, située dans la wilaya de Médéa sur le tronçon de la RN18 compris entre le PK 58+000 et le PK 83+000, appartient au domaine atlasique et se rattache principalement à l'Atlas tellien ainsi qu'aux Hauts Plateaux. Cette situation géologique explique la diversité des formations rencontrées le long du tracé étudié.

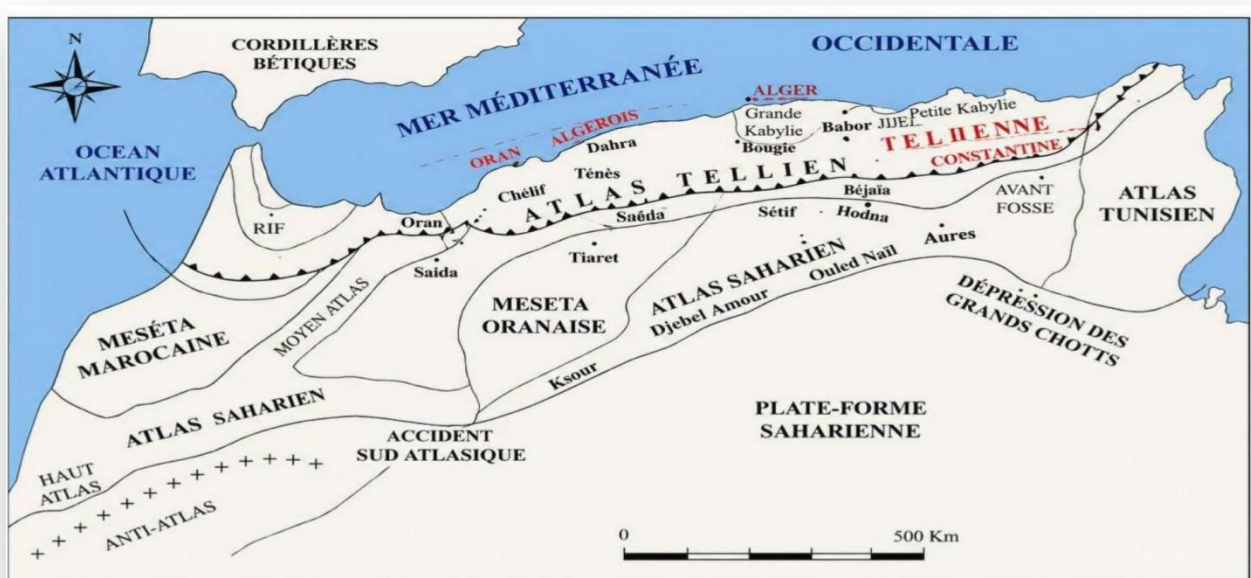


Figure IV.1 : Esquisse structurale de la Berbérie (d'après A. Caire, 1967)

III.5. Géologie locale

La zone d'étude est située dans la région de Beni Slimane (wilaya de Médéa), au sein de l'Atlas tellien. Les investigations géotechniques réalisées le long du tracé ont montré que les terrains rencontrés sont principalement constitués de formations superficielles quaternaires reposant sur un substratum plus ancien.

Les formations observées sont représentées essentiellement par des limons sableux, des argiles limoneuses calcaires, des colluvions ainsi que des niveaux graveleux comportant des cailloux et des concrétions carbonatées. Ces formations présentent une répartition variable selon la topographie et les conditions géomorphologiques du terrain traversé.

III.5.1. Stratigraphie

Les formations géologiques rencontrées dans la zone d'étude peuvent être regroupées comme suit :

- Quaternaire :

Limons sableux bruns à beige.

Argiles limoneuses calcaires à tendance tufeuse.

Colluvions de pente.

Graves et cailloux associés aux dépôts superficiels récents.

- Néogène :

Formations argilo-marneuses.

Niveaux calcaires localement indurés.

Dépôts détritiques anciens représentés par des grès et des conglomérats.

Ces formations ont été identifiées au cours des reconnaissances géotechniques réalisées le long du tracé étudié et constituent l'essentiel des terrains concernés par les travaux de terrassement.

III.5.2. Tectonique

La région étudiée appartient au domaine tellien de l'Atlas algérien. Son évolution tectonique est liée aux mouvements alpins qui ont affecté l'ensemble du nord de l'Algérie.

Les structures tectoniques observées dans la région se traduisent principalement par :

- Des plis résultant des phénomènes de compression ;
- Des failles affectant localement certaines formations géologiques ;
- Des déformations tectoniques anciennes responsables de la structuration actuelle du relief.

Ces phénomènes ont contribué à la mise en place des formations géologiques rencontrées le long du tracé et expliquent en partie la variabilité des terrains observés au cours des investigations géotechniques.

III.6. Hydrogéologie

Les formations détritiques et alluvionnaires présentes dans la région de Beni Slimane possèdent une capacité variable de stockage des eaux souterraines grâce à leur porosité et à leur perméabilité. Cette caractéristique favorise le développement de nappes aquifères superficielles et profondes.

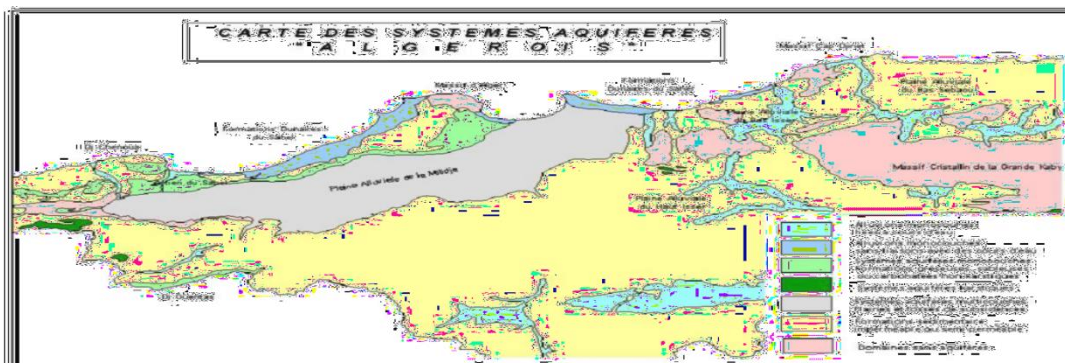


Figure IV.2 : Carte hydrogéologique simplifiée de la région de Médéa et Beni Slimane

III.6.1. Réservoir astien

Dans la région de Beni Slimane, le réservoir astien correspond à un aquifère profond développé au sein des formations gréseuses et calcaires du Néogène. Il présente une capacité de stockage relativement importante grâce à la perméabilité des niveaux gréseux et fissurés.

III.6.2. Réservoir quaternaire

Le réservoir quaternaire est développé dans les formations superficielles récentes constituées principalement de limons sableux, d'argiles limoneuses, de colluvions, de graves et de cailloux observés le long du tracé étudié.

Les reconnaissances géotechniques réalisées sur le tronçon étudié ont mis en évidence la présence d'eaux souterraines à des profondeurs variables comprises entre environ 5,20 m et 7,40 m au niveau des ouvrages de reconnaissance instrumentés.

III.7. Reconnaissances géotechniques des tracés

Le tronçon étudié dans le cadre du présent projet correspond à la RN18 entre le PK58+000 et le PK73+000. Les investigations géotechniques réalisées le long du tracé ont permis d'identifier les différentes formations géologiques rencontrées et d'évaluer leurs caractéristiques géotechniques en vue du dimensionnement des terrassements et des ouvrages projetés.

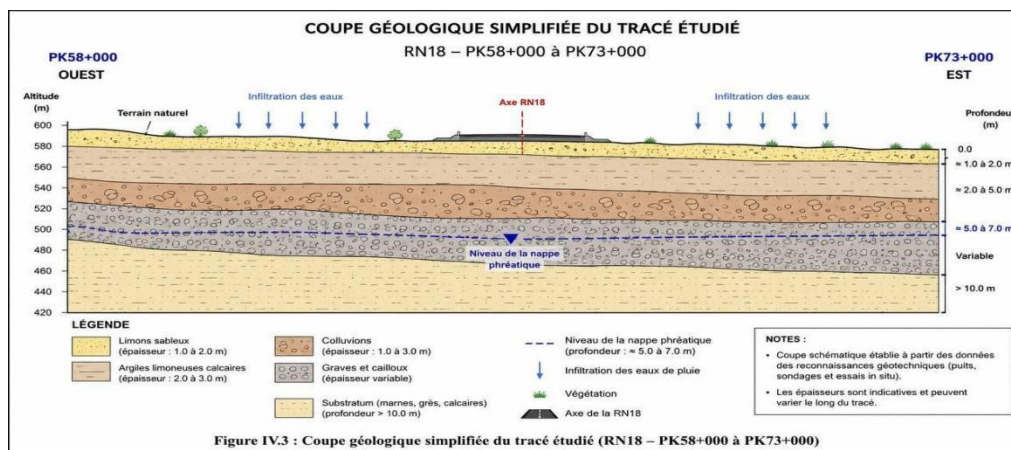


Figure IV.3 : Coupe géologique simplifiée du tracé étudié (RN18 – PK58+000 à PK73+000)

Les résultats des investigations géotechniques montrent que les matériaux rencontrés sur le tronçon étudié entre PK58+000 et PK73+000 présentent une sensibilité variable aux conditions climatiques, notamment aux variations de la teneur en eau. Par conséquent, les opérations de terrassement et de mise en remblai doivent être adaptées aux conditions météorologiques afin de garantir la qualité du compactage et la stabilité des ouvrages.

III.8. RECONNAISSANCE IN SITU

Les principaux puits de reconnaissance réalisés sur le tronçon étudié sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.1 : Implantation des puits de reconnaissance

Puits	PK	Nature du sol
07	PK 61+000	Limon sableux peu argileux avec graves et cailloux argileux
08	PK 62+000	Limon sableux peu argileux avec graves et cailloux argileux
09	PK 63+000	Sable limoneux avec concrétions carbonatées
10	PK 64+000	Sable et limon avec concrétions carbonatées
11	PK 65+000	Colluvions limono-sableuses avec graves et cailloux
12	PK 66+000	Argile limoneuse calcareuse graveleuse brunâtre
13	PK 67+000	Colluvions limono-sableuses avec graves et cailloux
14-15	PK 68+000	Limon sableux avec concrétions carbonatées
16-17	PK 69+000	Colluvions limono-sableuses avec graves et cailloux
18-19	PK 70+000	Argile limoneuse calcareuse graveleuse brunâtre
20-21	PK 71+000	Limon sableux avec concrétions carbonatées
22-23	PK 72+000	Colluvions limono-sableuses avec graves et cailloux
24-25	PK 73+000	Argile limoneuse calcareuse graveleuse brunâtre

III.9. ESSAIS DE LABORATOIRE :

Les principaux essais réalisés ainsi que les normes correspondantes sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau IV.2 : Normes associées aux essais de laboratoire

Nature d'essai	Norme
Analyse granulométrique	NF P94-056 – NF P18-560
Sédimentométrie	NF P94-057
Teneur en eau	NF P94-050
Densité apparente	NF P94-054
Limites d'Atterberg	NF P94-051
Valeur au bleu de méthylène	NF P94-068
Equivalent de sable	EN 933-8
Essai Proctor Modifié	NF P94-093
Essai CBR imbibé	NF P94-078
Los Angeles	NF P18-591
Micro-Deval	NF P18-572

III.10. Résultats des essais :

Les résultats les plus représentatifs du tronçon étudié sont regroupés dans le tableau suivant.

Tableau IV.3 : Synthèse des résultats des essais de sol du tronçon PK58+000 – PK73+000

N° Puits	PK	Analyse granulométrique (%)		Limites d'Atterberg (%)		Proctor modifié		Indice CBR/ 5 coups (%)	Classification selon	
		% < 2 mm	% < 80 µm	WL	IP	γ _{dmax} (t/m ³)	W _{opm} (%)		USCS	Classe de portance
07	Pk 61+000	58	38	38.80	19.68	1.99	8.3	12.08	SA	S3
08	Pk 62+000	85	64	35.8	17.02	1.90	14	5.37	Ap	S2
09	Pk 63+000	85	75	57.10	31.62	1.78	14.2	3.05	At	S1
10	Pk 64+000	96	84	56.70	31.77	1.71	14.1	15.96	At	S3
11	Pk 65+000	22	08	40.80	20.40	2.22	5.9	5.22	-	S2
12	Pk 66+000	57	29	37.95	18.75	1.99	10.2	20.24	SA	S4
13	Pk 67+000	97	89	44.65	22.20	1.88	12	4.91	Ap	S2
14	Pk 68+000	77	65	47.90	26.63	1.83	14.1	22.74	Ap	S4
15	Pk 68+000	77	65	47.90	26.63	1.83	14.1	22.74	Ap	S4
16	Pk 69+000	99	78	39.60	19.85	1.97	10	16.20	Ap	S3
17	Pk 69+000	99	78	39.60	19.85	1.97	10	16.20	Ap	S3
18	Pk 70+000	35	18	25.25	9.86	2.18	5.8	13.64	GA	S2
19	Pk 70+000	35	18	25.25	9.86	2.18	5.8	13.64	GA	S2
20	Pk 71+000	85	62	45.30	24.08	1.92	12.1	21.61	Ap	S3
21	Pk 71+000	85	62	45.30	24.08	1.92	12.1	21.61	Ap	S3
22	Pk 72+000	82	53	27.50	10.31	1.74	16.2	4.79	Ap	S2
23	Pk 72+000	82	53	27.50	10.31	1.74	16.2	4.79	Ap	S2
24	Pk 73+000	37	24	35.9	19.4	2.02	8.5	14.42	GA	S3
25	Pk 73+000	37	24	35.9	19.4	2.02	8.5	14.42	GA	S3

Source : Rapport géotechnique du projet RN18 (PK58+000 – PK83+000), BET MEZAAD, 2024.

III.11. Analyse des résultats et classification des sols

Le traitement des résultats des analyses granulométriques, des limites d'Atterberg, des essais Proctor modifié et des essais CBR permet de distinguer plusieurs familles de sols rencontrées le long du tronçon étudié de la RN18 entre PK58+000 et PK73+000.

• Sols limono-sableux et sableux limoneux

Les résultats montrent la présence de sols limono-sableux et sableux limoneux, parfois associés à des concrétions carbonatées. Ces matériaux présentent des pourcentages de fines variables, avec des valeurs de % < 80 µm comprises entre 38 % et 84 % selon les points de reconnaissance.

Les indices de plasticité varient généralement entre 17,02 % et 31,77 %, traduisant un comportement plastique moyen à élevé. Les valeurs de CBR obtenues pour cette famille varient entre 3,05 et 15,96, ce qui correspond à des classes de portance allant de S2 à S4.

- Sols argilo-limoneux calcaires

Les formations argilo-limoneuses calcaires, localement tufeuses et graveleuses, sont rencontrées notamment au niveau des PK66+000, PK70+000 et PK73+000. Ces sols présentent des indices de plasticité compris entre 9,86 % et 19,40 %, indiquant une plasticité faible à moyenne.

Les densités sèches maximales obtenues varient entre 1,99 t/m³ et 2,18 t/m³, tandis que les indices CBR sont compris entre 13,64 % et 20,24 %. Ces valeurs correspondent principalement à des classes de portance S2 à S4.

- Colluvions limono-sableuses avec graves et cailloux

Les colluvions observées le long du tracé sont constituées de limons sableux contenant des graves, des cailloux et parfois des traces de concrétions carbonatées. Les résultats granulométriques indiquent une proportion variable de fines, traduisant une hétérogénéité naturelle de ces matériaux.

Les valeurs de CBR relevées montrent une portance variable, généralement comprise entre faible et

moyenne. Cette variabilité impose une attention particulière lors des travaux de terrassement, notamment au niveau du compactage et du choix des matériaux à conserver ou à substituer.

D'une manière générale, les sols rencontrés sur le tronçon PK58+000 – PK73+000 présentent une hétérogénéité géotechnique notable. Les classes de portance varient de S1 à S4, ce qui montre que certains sols présentent une portance faible nécessitant des dispositions particulières, tandis que d'autres offrent des caractéristiques plus favorables pour les travaux routiers.

III.12. Classification selon le GTR (SETRA–LCPC)

Conformément au Guide des Terrassements Routiers (GTR – SETRA–LCPC), la classification des matériaux repose principalement sur deux catégories de paramètres :

- Paramètres de nature :

Granularité.

Argilosité.

- Paramètres d'état :

Très humide (th).

Humide (h).

Moyennement humide (m).

Sec (s).

Très sec (ts).

L'analyse des résultats obtenus sur les matériaux prélevés le long du tronçon étudié entre PK58+000 et PK73+000 montre que les sols rencontrés appartiennent essentiellement à la famille des sols fins de classe A.

Selon les caractéristiques granulométriques et les limites d'Atterberg mesurées, les matériaux sont principalement classés dans les sous-classes A2 et A3 avec différents états hydriques (A2p, A2m, A3, A3p et A3m).

Cette classification traduit la présence dominante de sols limoneux, limono-argileux et argilo-limoneux présentant une plasticité faible à moyenne. Les matériaux les plus fins présentent généralement des indices de plasticité plus élevés et des caractéristiques mécaniques plus sensibles aux variations de teneur en eau.

Les résultats obtenus confirment que les matériaux rencontrés le long du tracé présentent des comportements géotechniques variables mais restent globalement compatibles avec les travaux de terrassement sous réserve du respect des prescriptions techniques relatives au compactage et aux conditions de mise en œuvre

III.13. Conditions d'utilisation des matériaux en remblai

Dans le cadre du projet d'actualisation de l'étude de dédoublement de la RN18 entre PK58+000 et PK73+000, les matériaux issus des déblais peuvent être réutilisés dans la construction des remblais après vérification de leur conformité aux exigences du Guide des Terrassements Routiers (GTR).

Les résultats des essais géotechniques montrent que les matériaux rencontrés appartiennent principalement à la famille des sols fins de classe A, notamment aux sous-classes A2 et A3. Ces matériaux sont constitués essentiellement de sols limono-argileux, argilo-limoneux et limono-sableux présentant une plasticité faible à moyenne.

L'utilisation de ces matériaux en remblai est envisageable sous réserve du respect des conditions de mise

en œuvre recommandées, notamment le contrôle de la teneur en eau, l'application d'un compactage approprié et la réalisation des travaux dans des conditions météorologiques favorables.

Le recours à ces matériaux présente plusieurs avantages :

- Disponibilité locale des matériaux le long du tracé, limitant les besoins en emprunts extérieurs ;
- Réduction des coûts liés au transport et à l'approvisionnement ;
- Bon comportement mécanique après compactage lorsque les conditions d'humidité sont maîtrisées ;
- Compatibilité avec les exigences des remblais routiers pour la majorité des zones étudiées ;
- Valorisation des matériaux issus des déblais, contribuant à une gestion rationnelle des ressources du projet.

Toutefois, les matériaux présentant une forte teneur en fines ou une sensibilité accrue à l'eau nécessitent des précautions particulières lors de leur mise en œuvre afin de garantir la stabilité et la durabilité des remblai

III.14. Recommandations selon les conditions météorologiques

Les résultats des investigations géotechniques montrent que les matériaux rencontrés sur le tronçon étudié entre PK58+000 et PK73+000 présentent une sensibilité variable aux conditions climatiques, notamment aux variations de la teneur en eau. Par conséquent, les opérations de terrassement et de mise en remblai doivent être adaptées aux conditions météorologiques afin de garantir la qualité du compactage et la stabilité des ouvrages.

III.14.1. En cas de pluie forte ou modérée

Justification :

Les précipitations importantes entraînent une augmentation de la teneur en eau des matériaux fins, ce qui réduit leur portance et diminue l'efficacité du compactage.

Mesures à prendre :

- Suspendre temporairement les travaux de remblai lorsque les matériaux deviennent trop humides ;
- Éviter le compactage des couches saturées ou fortement humidifiées ;
- Assurer l'évacuation rapide des eaux de ruissellement par des dispositifs de drainage provisoires ;
- Reprendre les travaux uniquement lorsque l'humidité des matériaux redevient compatible avec les exigences de compactage.

III.14.2. En cas de pluie faible

Justification :

Une légère augmentation de l'humidité peut être tolérée lorsque les matériaux conservent des caractéristiques mécaniques satisfaisantes.

Conditions d'acceptabilité :

-
- Vérifier la teneur en eau avant la mise en œuvre ;
 - Adapter l'énergie de compactage aux conditions du terrain ;
 - Limiter l'épaisseur des couches mises en œuvre afin d'assurer un compactage homogène ;
 - Contrôler systématiquement les densités obtenues sur chantier.

III.14.3. Par temps sec

Justification :

Les conditions sèches sont généralement les plus favorables aux travaux de terrassement et permettent d'obtenir un compactage efficace des matériaux.

Recommandations :

- Maintenir une teneur en eau proche de l'optimum Proctor ;
- Réaliser les opérations de compactage immédiatement après la mise en place des matériaux ;
- Contrôler régulièrement l'état hydrique des couches afin d'éviter tout dessèchement excessif.

III.14.4. Par forte chaleur

Justification :

Les températures élevées favorisent l'évaporation rapide de l'eau contenue dans les matériaux, ce qui peut entraîner une diminution de leur aptitude au compactage.

Mesures recommandées :

- Procéder à un arrosage léger et régulier des matériaux avant compactage ;
- Réduire le délai entre l'épandage et le compactage ;
- Adapter l'organisation des travaux aux périodes les moins chaudes de la journée ;
- Vérifier régulièrement la teneur en eau afin de conserver des conditions optimales de mise en œuvre

III.15. Conclusion technique

L'étude géotechnique réalisée sur le tronçon de la RN18 compris entre PK58+000 et PK73+000 a permis de caractériser les formations géologiques et les matériaux rencontrés le long du tracé. Les investigations menées, comprenant les reconnaissances in situ ainsi que les essais de laboratoire, ont fourni les paramètres nécessaires à l'évaluation du comportement géotechnique des sols.

D'une manière générale, les matériaux rencontrés sur le tronçon étudié peuvent être réutilisés dans les travaux de terrassement sous réserve du respect des prescriptions relatives à la teneur en eau, au compactage et au contrôle de qualité. Les résultats obtenus constituent ainsi une base fiable

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSÉE

IV.1. Introduction

Le dimensionnement du corps de chaussée constitue une étape essentielle dans la conception d'un projet routier. En effet, la qualité d'une route ne dépend pas uniquement de ses caractéristiques géométriques, mais également de sa capacité à résister aux sollicitations engendrées par le trafic et aux effets des conditions climatiques tout au long de sa durée de service.

Une chaussée est soumise en permanence aux charges répétées des véhicules, notamment celles des poids lourds, ainsi qu'aux actions des agents climatiques tels que les variations de température, les précipitations et les phénomènes d'infiltration des eaux. Pour assurer la sécurité des usagers et garantir la pérennité de l'infrastructure, il est indispensable de concevoir une structure de chaussée adaptée aux conditions réelles du projet.

Le dimensionnement consiste à déterminer la nature et l'épaisseur des différentes couches constituant la chaussée afin de répartir convenablement les charges vers le sol support sans provoquer de déformations excessives ou de dégradations prématurées.

La réussite de cette opération repose principalement sur :

- La connaissance des caractéristiques géotechniques du sol support ;
- L'évaluation du trafic actuel et futur ;
- La prise en compte des conditions climatiques de la région ;
- Le choix approprié des matériaux de construction.

Dans le cadre du projet d'actualisation de l'étude de dédoublement de la RN18 entre PK58+000 et PK73+000, le dimensionnement du corps de chaussée sera réalisé en s'appuyant sur les résultats des études géotechniques et de trafic, ainsi que sur les méthodes de dimensionnement routier couramment utilisées en Algérie. L'objectif est de proposer une structure de chaussée capable d'assurer un niveau de service satisfaisant pendant toute la durée de vie du projet.

IV.2. Définition de la chaussée :

La chaussée constitue l'élément principal de l'infrastructure routière destiné à assurer la circulation des véhicules dans des conditions satisfaisantes de sécurité, de confort et de durabilité.

• Au sens géométrique :

La chaussée représente la partie aménagée de la route réservée à la circulation des véhicules. Sa largeur et sa configuration dépendent des caractéristiques du projet et de l'importance du trafic.

• Au sens structurel :

La chaussée est constituée d'un ensemble de couches de matériaux superposées reposant sur le sol support. Ces couches ont pour rôle de répartir les charges transmises par les véhicules et de les diffuser progressivement vers le terrain naturel tout en limitant les déformations et les dégradations de la structure routière.

Ainsi, une chaussée correctement dimensionnée permet d'assurer la résistance mécanique de la route et de garantir sa durée de service dans les conditions de trafic et d'environnement prévues.

IV.3. Types de chaussées

Selon la nature des matériaux utilisés et leur mode de fonctionnement mécanique, on distingue généralement trois grandes familles de chaussées :

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

IV.3.1. Chaussée souple

La chaussée souple est constituée de couches de matériaux granulaires recouvertes par des couches liées aux liants hydrocarbonés. La transmission des charges s'effectue progressivement vers les couches inférieures grâce à la déformabilité de l'ensemble de la structure.

Elle comprend principalement :

- Une couche de roulement assurant le confort et la sécurité des usagers ;
- Une couche de base et une couche de fondation constituées de matériaux granulaires ;
- Un sol support recevant les charges transmises par la structure.

Ce type de chaussée est le plus utilisé dans les projets routiers en raison de sa facilité de mise en œuvre et de son coût relativement économique.

IV.3.2. Chaussée rigide

La chaussée rigide est constituée essentiellement d'une dalle en béton de ciment reposant sur une couche de fondation ou une couche de forme.

Contrairement à la chaussée souple, la dalle en béton assure elle-même une grande partie de la répartition des charges grâce à sa rigidité élevée. Les déformations sous trafic sont généralement faibles et la durée de vie de ce type de structure est importante.

Les chaussées rigides sont principalement utilisées pour les plateformes industrielles, les aéroports et certaines routes soumises à des trafics très élevés.

IV.3.3. Chaussée semi-rigide

La chaussée semi-rigide constitue une solution intermédiaire entre les chaussées souples et les chaussées rigides.

Elle se caractérise par l'utilisation de couches de base ou de fondation traitées aux liants hydrauliques tels que le ciment, la chaux ou le laitier.

Ses principaux avantages sont :

- Une meilleure résistance mécanique que les chaussées souples.
- Une bonne répartition des charges vers le sol support.
- Une durabilité élevée sous trafic important.

Ce type de structure est fréquemment utilisé pour les routes à trafic moyen ou élevé nécessitant des performances mécaniques renforcées.

IV.4. Méthodes de dimensionnement

Dans le cadre du présent projet, le dimensionnement du corps de chaussée sera effectué à l'aide des deux approches les plus couramment utilisées en Algérie :

- La méthode C.B.R. ;
- Le catalogue algérien de dimensionnement des chaussées.

Les résultats obtenus à partir de ces deux méthodes seront ensuite comparés afin de retenir la structure de chaussée la plus adaptée au projet.

IV.4.1. Méthode C.B.R. (California Bearing Ratio)

La méthode C.B.R. est une méthode empirique de dimensionnement des chaussées basée sur l'indice portant du sol support. Elle permet d'estimer l'épaisseur équivalente nécessaire de la structure de chaussée en fonction de la portance du sol, du trafic des poids lourds et de la charge moyenne par essieu.

Dans le cadre de notre projet, cette méthode sera appliquée en tenant compte des résultats géotechniques obtenus sur le tronçon étudié de la RN18 entre PK58+000 et PK73+000, notamment les valeurs de CBR mesurées au niveau des puits de reconnaissance.

La formule utilisée pour le calcul de l'épaisseur équivalente est la suivante :

$$e = [100 + \sqrt{P \times (75 + 50 \log(N/10))}] / (ICBR + 5)$$

Avec :

- e : épaisseur équivalente de la chaussée ;
- ICBR : indice CBR du sol support ;
- N : nombre journalier de poids lourds à l'année de mise en service ou à l'année cible ;
- P : charge moyenne par essieu, exprimée en tonnes ;
- log : logarithme décimal.

Dans cette méthode, plus l'indice CBR du sol support est faible, plus l'épaisseur équivalente nécessaire de la chaussée est importante. Ainsi, les zones présentant une faible portance nécessitent une structure plus épaisse afin d'assurer une bonne répartition des charges et de limiter les déformations du sol support.

Notion d'épaisseur équivalente :

L'épaisseur équivalente permet de transformer les différentes couches de la chaussée en une épaisseur unique tenant compte de la qualité mécanique des matériaux utilisés. Elle est obtenue par la somme des produits des épaisseurs réelles par leurs coefficients d'équivalence.

Tableau V.1 : Les coefficients d'équivalence

Matériau utilisé	Coefficient d'équivalence (a)
Béton bitumineux / enrobé dense	2,00
Grave ciment / grave laitier	1,50
Sable ciment	1,00 à 1,20
Grave concassée / gravier	1,00
Tuf	0,70 à 0,80
Grave roulée / grave sableuse T.V.O	0,75
Sable	0,50
Grave bitume (GB)	1,60 à 1,70

Note : Les valeurs indiquées sont des valeurs généralement admises et peuvent varier en fonction de la nature des matériaux et des conditions du projet.

Les coefficients d'équivalence permettent de comparer les matériaux entre eux selon leur contribution mécanique dans la structure de chaussée.

IV.4.2. Méthode du catalogue algérien de dimensionnement des chaussées :

Le catalogue algérien de dimensionnement des chaussées constitue l'une des méthodes les plus utilisées pour la conception des structures routières. Il permet de déterminer rapidement une structure de chaussée adaptée en fonction des caractéristiques du trafic, du sol support, des matériaux disponibles et des conditions climatiques de la région étudiée.

Cette méthode repose sur l'exploitation des résultats d'études expérimentales et théoriques réalisées sur différents types de chaussées soumises à diverses conditions de circulation et d'environnement. Elle offre ainsi un ensemble de structures types correspondant à plusieurs classes de trafic et de portance du sol support.

Le dimensionnement selon le catalogue algérien prend en considération les paramètres fondamentaux suivants :

- Le trafic routier et son évolution durant la période de service ;
- Les caractéristiques géotechniques du sol support ;
- Les matériaux disponibles pour la construction des différentes couches ;
- Les conditions climatiques et hydrologiques de la zone étudiée.

La démarche générale du dimensionnement par le catalogue algérien comprend les étapes suivantes :

Réalisation des campagnes de comptage et analyse du trafic ;
Identification des matériaux disponibles et des conditions climatiques ;
Étude géotechnique et détermination des caractéristiques du sol support ;
Détermination de la classe de trafic et de la classe de plateforme ;
Sélection des structures de chaussée proposées par le catalogue ;
Choix de la solution la plus adaptée aux conditions techniques et économiques du projet.

Dans le cadre du présent projet, cette méthode sera utilisée parallèlement à la méthode C.B.R. afin de comparer les résultats obtenus et de retenir la structure de chaussée la plus appropriée pour le tronçon étudié de la RN18 entre PK58+000 et PK73+000

IV.5.1. Application de la méthode CBR

Données de l'étude

- Année de comptage : 2024
- Mise en service prévue : 2027
- Le trafic à l'année 2024 : $TMJA_{2027} = 11364$ véh/j
- Durée de vie de la chaussée : 20 ans
- Taux d'accroissement annuel du trafic : $\tau = 4 \%$
- Le trafic à l'année horizon 2047 : $TMJA_{2047} = 24899$ véh/j
- Pourcentage de poids lourds (PL) : $Z = 15.5 \%$
- Indice CBR retenu : $ICBR = 5$

Répartition du trafic

Pour le dimensionnement de la chaussée, seul le trafic des poids lourds circulant sur la voie la plus sollicitée est pris en considération.

Pour une chaussée bidirectionnelle à 2×2 voies, on considère que 90 % du trafic poids lourds circule sur la voie lente de chaque sens de circulation.

Calcul du trafic

Trafic de poids lourds journalier :

$$N = TMJA_{2047} \times Z \times 90 \% \times 2/3$$

$$N = 24899 \times 0.155 \times 0.90 \times 2/3$$

$$N = 2315 \text{ PL/j/sens}$$

Charge moyenne par essieu :

Pour le dimensionnement, on adopte un essieu standard de 13 tonnes.

$$P = 6.5 \text{ t}$$

Calcul de l'épaisseur équivalente :

L'épaisseur équivalente est calculée à partir de la formule CBR :

$$e = [100 + \sqrt{P} (75 + 50 \log(N/10))] / (ICBR + 5)$$

En remplaçant les valeurs obtenues :

$$e = [100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log(2315/10))] / (5 + 5)$$

$$e = 56.44 \text{ cm}$$

Par sécurité, on adopte : $e = 57 \text{ cm}$

Calcul des couches :

On fixe deux couches et on déduit la troisième :

- Couche de roulement : $BB = 6 \text{ cm}$ (coef. $a_1 = 2$)
- Couche de base : $GB = 12 \text{ cm}$ (coef. $a_2 = 1.6$)

Calcul de l'épaisseur équivalente :

$$2(6) + 1.6(12) + 1(e_3) = 57$$

$$12 + 19.2 + e_3 = 57$$

$$e_3 = 57 - 31.2$$

$$e_3 = 25.8 \text{ cm}$$

On adopte :

- Couche de fondation : $GNT = 26 \text{ cm}$ (coef. $a_3 = 1.0$)

Vérification de l'épaisseur équivalente :

$$e = 2(6) + 1.6(12) + 1(26)$$

$$e = 12 + 19.2 + 26$$

$$e = 57.2 \text{ cm}$$

Tableau récapitulatif :

Tableau V.2 : Épaisseurs des couches par la méthode CBR

Couche	Matériau	Épaisseur (cm)	Coefficient d'équivalence
Couche de roulement	BB	6	2.00
Couche de base	GB	12	1.50
Couche de fondation	GNT	26	1.00

Conclusion :

La structure dimensionnée par la méthode CBR est :

- Couche de roulement (BB) : 6 cm
- Couche de base (GB) : 12 cm
- Couche de fondation (GNT) : 26 cm

Épaisseur totale de la structure :

$$6 + 12 + 26 = 44 \text{ cm}$$

Épaisseur équivalente obtenue :

$$e = 57.2 \text{ cm}$$

La structure retenue par la méthode CBR est donc :

$$6(\text{BB}) + 12(\text{GB}) + 26(\text{GNT})$$

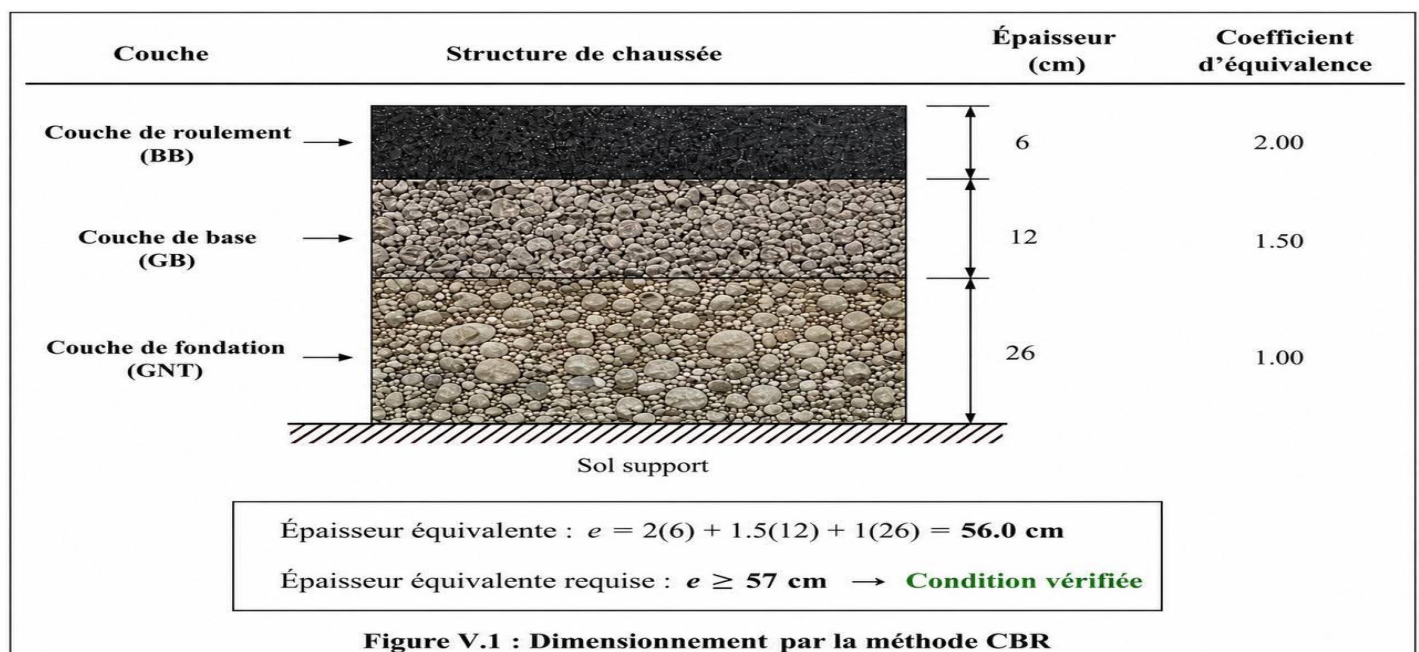


Tableau V.2 : Épaisseurs des couches par la méthode CBR

Couche	Matériau	Épaisseur (cm)	Coefficient d'équivalence
Couche de roulement	BB	6	2.00
Couche de base	GB	12	1.50
Couche de fondation	GNT	26	1.00

IV.5.2. Application de la méthode du catalogue algérien:

Détermination du type de réseau

Le trafic moyen journalier annuel enregistré en 2024 est :

$$TMJA_{2024} = 10\,103 \text{ véh/j}$$

Comme :

$$TMJA_{2024} > 1\,500 \text{ véh/j}$$

La RN18 est classée, selon le catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves, dans le réseau principal de niveau 1 : RP1

Détermination de la classe de trafic

Les données de base utilisées sont :

- Année de comptage : 2024
- Mise en service prévue : 2027
- $TMJA_{2024} = 10\,103 \text{ véh/j}$
- Taux d'accroissement annuel : $\tau = 4\%$
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 15.5 \%$
- Durée de vie du projet : 20 ans

Calcul du trafic à l'année de mise en service :

$$TMJA_{2027} = TMJA_{2024} (1 + \tau)^3$$

$$TMJA_{2027} = 10\,103 (1 + 0.04)^3$$

$$TMJA2027 = 11\,364 \text{ véh/j}$$

Calcul du trafic poids lourds (TPL)

Conformément au catalogue algérien, la classe de trafic est déterminée à l'année de mise en service.

Le trafic poids lourds par sens de circulation est donné par :

$$TPL2027 = TMJA2027 \times Z \times 0.9 \times 2/3$$

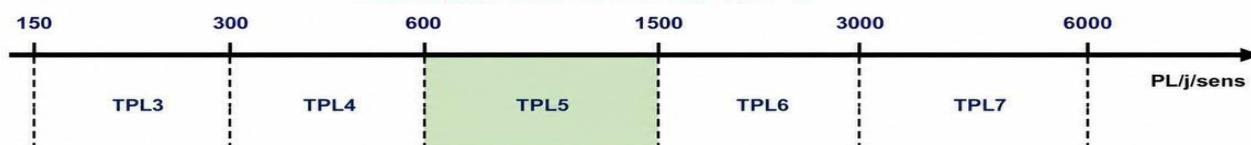
$$TPL2027 = 11364 \times 0.155 \times 0.9 \times 2/3$$

$$TPL2027 = 1056 \text{ PL/j/sens}$$

Figure V.2 : Classes de trafic TPLi pour le réseau RP1

Les classes de trafic (TPLi) sont exprimées en nombre de poids lourds (PL) par jour et par sens à l'année de mise en service.

Réseau principal de niveau 1 (RP1)



Classe de trafic	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
TPLi (PL/j/sens)	150 – 300	300 – 600	600 – 1 500	1 500 – 3 000	3 000 – 6 000

Note : TPLi est le trafic poids lourds par jour et par sens à l'année de mise en service.

D'après le catalogue algérien des chaussées neuves :

$$600 < TPL2027 < 1500$$

La classe de trafic retenue est : **TPL5**

Détermination de la classe de portance du sol-support :

L'étude géotechnique réalisée sur le tronçon étudié a permis de retenir : CBR = 5

Tableau V.3 : Classes de portance des sols

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

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir : S3, S2, S1, S0. Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessus, ont été calculées à partir la relation empirique suivante :

$$E(MPa) = 5 \times CBR$$

D'après le catalogue algérien : $5 \leq \text{CBR} \leq 10$

Le sol-support appartient à la classe : **S3**

Le module du sol-support est déterminé à partir de la relation : $E = 5 \times \text{CBR}$

$$E = 5 \times 5 \quad E = 25 \text{ MPa}$$

Tableau V.4 : Classes de portance de sol-supports

Classe de portance (Si)	Indice CBR (%)	Module de déformation E (MPa)
S4	< 5	$E < 25$
S3	5 - 10	25 - 50
S2	10 - 25	50 - 125
S1	25 - 40	125 - 200
S0	> 40	$E > 200$

Ainsi : $E = 25 \text{ MPa}$

La classe de portance retenue pour le projet est : **S3**

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

Le cas d'un sol de faible portance (S3 en RP1) a été rencontré. Le recours à une couche de forme devient alors nécessaire afin de permettre la réalisation des couches de chaussée dans des conditions acceptables et d'améliorer les caractéristiques mécaniques du sol-support.

Tableau V.5 : Sur le classement avec couche de forme en matériau non traité

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (Sj)
< S4	Matériaux non traités (*)	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	//	35 cm	S3
S4	//	60 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	70 cm (en 2 couches)	S1

D'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, pour un sol-support de classe S3, l'utilisation d'une couche de forme en matériaux non traités de 40 cm d'épaisseur, réalisée en deux couches, permet d'améliorer la classe de portance du sol-support et d'atteindre la classe S2.

Dans notre cas, on a :

Tableau V.6 : Caractéristiques de la couche de forme et amélioration de la portance du sol

Classe de portance de sol tassé (Si)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (Sj)
S3	Matériaux non traités	40 cm (en 2 couches)	S2

La solution retenue pour le projet est donc :

- Classe de portance de sol tassé : S3
- Matériau de couche de forme : Matériaux non traités
- Épaisseur de la couche de forme : 40 cm (en 2 couches)
- Classe de portance du sol-support visée : S2
- **Choix des différentes couches constituant la chaussée :**

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

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

Tableau V.7 : Zones climatiques de pluviométrie.

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Région
I	> 600	très humide	Nord
II	350 - 600	humide	Nord, Hauts-plateaux
III	100 - 350	semi - aride	Hauts-plateaux
IV	< 100	aride	Sud

Le dimensionnement de la chaussée dépend notamment :

- De l'état hydrique du sol support ;
- Des cycles saisonniers de température.

Selon la carte des zones climatiques de l'Algérie, notre projet se situe dans la zone climatique I (pluviométrie annuelle > 600 mm).

- Température équivalente

La température équivalente est généralement déterminée en fonction du zonage climatique du site.

D'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CCTP 2001), le site de notre projet est classé en zone I

Tableau V.8 : Choix des températures équivalentes.

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

La température équivalente retenue est :

$$\theta = 20^{\circ}\text{C}$$

- **Choix d'une structure de dimensionnement :**

Les paramètres du projet sont les suivants :

- Réseau principal : RP1
- Zone climatique : I
- Durée de vie prévue : 20 ans
- Classe de trafic : TPL5
- Classe de portance du sol-support après amélioration : S2
- Structure proposée selon le catalogue algérien (Fascicule n°3) :

D'après le catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves, pour un réseau principal de niveau 1 (RP1), une zone climatique I, une durée de vie de 20 ans, une classe de trafic TPL5 et une classe de portance S2, la structure retenue est :

- ✓ Couche de roulement : BB = 6 cm
- ✓ Couche de base : GB = 25 cm
- ✓ Couche de fondation : GNT = 25cm

À cette structure s'ajoute la couche de forme déjà retenue pour améliorer la portance du sol-support :

- ✓ Couche de forme : TVO = 40 cm

La structure proposée selon le catalogue algérien est donc :

$$6\text{BB} + 25\text{GB} + 25\text{GNT} + 40\text{TVO}$$

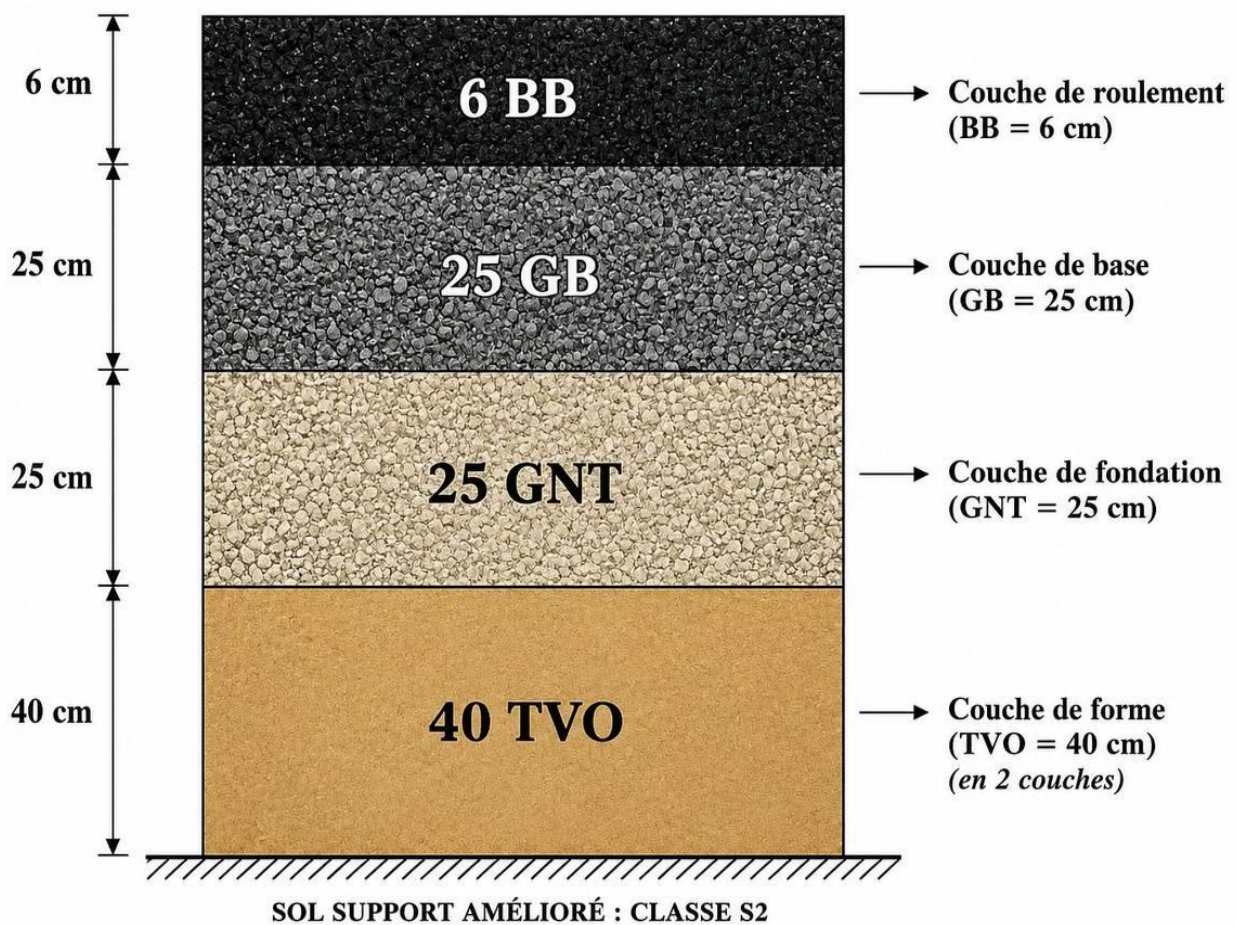


Figure V.3 : Dimensionnement par le catalogue

IV.6. Résultats des deux méthodes

Afin de comparer les résultats obtenus par les deux approches de dimensionnement, le tableau suivant présente les structures retenues selon la méthode CBR et selon le catalogue algérien.

Méthode CBR	Catalogue Algérien
Couche de roulement BB = 6 cm	Couche de roulement BB = 6 cm
Couche de base GB = 12 cm	Couche de base GB = 25 cm
Couche de fondation GNT = 26 cm	Couche de fondation GNT = 25 cm
	Couche de forme TVO = 40 cm
Structure totale 6BB + 12GB + 26GNT	Structure totale 6BB + 25GB + 25GNT + 40TVO

Tableau V.9 : Dimensionnement par les deux méthodes

IV.7. Vérification des Contraintes des Différentes Couches

Les paramètres utilisés pour la vérification mécanique de la structure sont les suivants :

- Risque de calcul : $r = 10 \%$
- Température équivalente : $\theta_{eq} = 20^{\circ}\text{C}$
- Sol support : classe S2 : $E = 50 \text{ MPa}$
- Coefficient de calage : $K_c = 1.3$
- Coefficient d'agressivité : $A = 0.6$
- Trafic poids lourd : $TPL_i = 1056 \text{ PL/j/sens}$
- Conditions d'interface : toutes les couches sont supposées parfaitement collées.

IV.7.1. Calcul de la Déformation Admissible sur le Sol Support

La déformation verticale ε_z calculée par le modèle Alizé devra être limitée à une valeur admissible $\varepsilon_{z,adm}$ donnée par la relation suivante :

$$\varepsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0.235}$$

Tel que :

$$TCE_i = TPL_i \times 365 \times [(1 + i)^n - 1] / i \times A$$

Application :

$$TCEi = 1056 \times 365 \times [((1 + 0,04)^{20} - 1) / 0,04] \times 0,6$$

$$TCEi = 6.89 \times 10^6 \text{ PL}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (6.89 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 5.44 \times 10^{-4}$$

IV.7.2. Calcul de la Déformation Admissible à la Base de la Grave Bitume (GB)

La déformation admissible en traction à la base de la couche de Grave Bitume (GB) est déterminée conformément aux recommandations du Catalogue Algérien de Dimensionnement des Chaussées Neuves (Fascicule n°2).

Les paramètres mécaniques de la Grave Bitume utilisés dans le calcul sont extraits du catalogue :

- $E(20^\circ\text{C}, 10\text{Hz}) = 7000 \text{ MPa}$
- $E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz}) = 12500 \text{ MPa}$
- $\epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) = 100 \times 10^{-6}$
- $1/b = 6,84$
- $SN = 0,45$
- $Sh = 3 \text{ cm}$
- $K_c = 1,3$

Le trafic équivalent cumulé est calculé à partir des données du projet :

- $TPLi = 770 \text{ PL/j/sens}$
- $A = 0,6$
- $i = 4 \%$
- $n = 20 \text{ ans}$

Le trafic équivalent cumulé est donné par :

$$TCEi = TPLi \times 365 \times [((1 + i)^n - 1) / i] \times A$$

Application :

$$TCEi = 1056 \times 365 \times [((1 + 0,04)^{20} - 1) / 0,04] \times 0,6$$

$$TCEi = 6.89 \times 10^6 \text{ PL}$$

La déformation admissible est déterminée à partir des coefficients suivants :

$$K_{ne} = (10^6 / TCE_i)^b$$

$$K_{\theta} = \sqrt{[E(10^\circ C) / E(\theta_{eq})]}$$

$$K_r = 10^{(-t\delta/b)}$$

avec :

$$\delta = \sqrt{[SN^2 + (c/b \times Sh)^2]}$$

Application :

$$K_{ne} = (10^6 / 5,02 \times 10^6)^{(1/6,84)}$$

$$K_{ne} = 0,79$$

$$K_{\theta} = \sqrt{(12500 / 7000)}$$

$$K_{\theta} = 1,34$$

$$\delta = \sqrt{[0,45^2 + (-0,02 \times 6,84 \times 3)^2]}$$

$$\delta = 0,61$$

$$K_r = 10^{((-1,282/6,84) \times 0,61)}$$

$$K_r = 0,77$$

La déformation admissible à la base de la couche de Grave Bitume est alors :

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10^\circ C, 25Hz) \times K_{ne} \times K_{\theta} \times K_r \times K_c$$

$$\varepsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times 0,79 \times 1,34 \times 0,77 \times 1,3$$

$$\varepsilon_{t,adm} = 105,5 \times 10^{-6}$$

Les valeurs des paramètres mécaniques de la Grave Bitume sont extraites du Catalogue Algérien de Dimensionnement des Chaussées Neuves (Fascicule n°2), tandis que la valeur du trafic cumulé TCE_i est calculée à partir des données de trafic du projet.

IV.7.3. Validation de la structure choisie selon le catalogue à l'aide d'ALIZE-LCPC

Afin de vérifier le comportement mécanique de la structure retenue selon le catalogue algérien, une simulation a été réalisée à l'aide du logiciel ALIZE-LCPC.

Le modèle utilisé prend en considération les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant la chaussée, les épaisseurs des différentes couches, les conditions d'interface ainsi que les caractéristiques du sol-support.

Les paramètres introduits dans le modèle sont ceux déterminés précédemment à partir du catalogue

algérien de dimensionnement et des données de trafic du projet.

Les résultats obtenus permettent d'évaluer les déformations critiques au niveau de la Grave Bitume

IV.8. CONCLUSION

Par ailleurs, l'application de la méthode du catalogue algérien a pris en considération les caractéristiques du trafic, la classe du réseau, la classe de trafic, les conditions climatiques de la zone d'étude ainsi que les caractéristiques mécaniques du sol-support et des matériaux de chaussée. Cette démarche a conduit à une structure composée d'une couche de roulement en BB de 6 cm, d'une couche de base en GB de 25 cm, d'une couche de fondation en GNT de 25 cm et d'une couche de forme de 40 cm permettant d'améliorer la portance du sol-support de la classe S3 à la classe S2.

Au terme de cette étude, la structure issue de la méthode du catalogue algérien apparaît comme une solution techniquement adaptée aux conditions de trafic, aux caractéristiques géotechniques du site et aux exigences de durabilité du projet. Elle constitue donc la structure retenue pour le dimensionnement du corps de chaussée de la RN18 sur le tronçon PK58+000 – PK73+000.

Assainissement

V.1. Introduction

L'assainissement constitue un élément essentiel dans la conception et l'exploitation des infrastructures routières. Son rôle principal est d'assurer la collecte, l'évacuation et le contrôle des eaux superficielles et souterraines afin de préserver la stabilité de la chaussée, la sécurité des usagers et la durabilité des ouvrages.

Dans le cadre du projet d'aménagement de la RN18 sur le tronçon PK58+000 – PK73+000, l'étude d'assainissement vise à identifier les différentes sources d'eau susceptibles d'affecter l'infrastructure routière et à proposer les dispositifs hydrauliques adaptés aux caractéristiques topographiques, hydrologiques et géotechniques de la zone d'étude.

Cette étude comprend l'analyse des données hydrologiques disponibles, l'évaluation des débits de ruissellement ainsi que le dimensionnement des ouvrages nécessaires pour assurer une évacuation efficace des eaux et protéger durablement le corps de chaussée

V.2. Objectifs du système d'assainissement

Le système d'assainissement routier a pour objectif principal d'assurer la collecte, le transport et l'évacuation des eaux susceptibles d'affecter le bon fonctionnement de l'infrastructure routière. Dans le cadre du projet RN18 (PK58+000 – PK73+000), les objectifs recherchés sont les suivants :

- Assurer une évacuation rapide et efficace des eaux de ruissellement afin d'éviter leur accumulation sur la chaussée et de garantir la sécurité de la circulation ;
- Préserver les caractéristiques mécaniques du corps de chaussée en limitant les infiltrations d'eau dans les différentes couches de la structure ;
- Réduire les risques d'érosion des talus, des accotements et des terrains avoisinants en maîtrisant les écoulements superficiels ;
- Protéger les ouvrages routiers contre les dégradations liées à l'action de l'eau et aux phénomènes hydrauliques extrêmes ;
- Assurer la continuité des écoulements naturels tout en minimisant l'impact des aménagements sur l'environnement local.

La réalisation de ces objectifs nécessite la mise en place d'ouvrages hydrauliques adaptés aux conditions topographiques, hydrologiques et géotechniques de la zone d'étud

V.3. Données générales

Le projet étudié concerne l'aménagement de la Route Nationale RN18 sur le tronçon compris entre les PK58+000 et PK73+000, situé dans la wilaya de Médéa. La zone d'étude se caractérise par un relief relativement varié, comprenant des sections en remblai et en déblai susceptibles d'influencer les conditions d'écoulement des eaux superficielles.

Les conditions climatiques de la région sont marquées par l'existence de précipitations saisonnières pouvant engendrer des ruissellements importants au niveau du bassin versant traversé par le tracé routier. Ces écoulements peuvent avoir un impact direct sur la stabilité des talus, la durabilité de la chaussée et le fonctionnement des ouvrages hydrauliques.

Dans ce contexte, l'étude d'assainissement vise à analyser les caractéristiques hydrologiques de la zone traversée par le projet afin de définir les dispositifs nécessaires à la collecte, au transport et à l'évacuation des eaux dans des conditions satisfaisantes de sécurité et de durabilité.

Les données utilisées dans cette étude proviennent des documents techniques du projet, des données topographiques disponibles ainsi que des informations hydrologiques et pluviométriques relatives à la région concernée.

V.4. Types d'eaux à évacuer

Dans le cadre des infrastructures routières, le système d'assainissement doit assurer la collecte et l'évacuation de différentes catégories d'eaux susceptibles d'affecter la stabilité et le bon fonctionnement de la route.

Les principales eaux à prendre en considération sont :

- Les eaux de ruissellement provenant directement des précipitations atmosphériques ;
- Les eaux provenant des bassins versants situés de part et d'autre du tracé ;
- Les eaux d'infiltration pouvant pénétrer dans le corps de chaussée et les couches de fondation ;
- Les eaux souterraines susceptibles d'influencer la portance des sols et la stabilité des talus.

V.4.1. Effets de l'eau sur les structures

L'eau constitue l'un des principaux facteurs de dégradation des infrastructures routières. Une évacuation insuffisante ou mal maîtrisée peut entraîner des désordres affectant aussi bien la chaussée que les ouvrages annexes.

Au niveau de la chaussée, l'eau peut provoquer une diminution de la portance des matériaux, des déformations permanentes, des affaissements localisés ainsi qu'une dégradation prématurée des couches de roulement.

Au niveau des talus et des remblais, les infiltrations et les écoulements non contrôlés peuvent entraîner des phénomènes d'érosion, d'affouillement et, dans certains cas, des instabilités de pente susceptibles de compromettre la sécurité de l'infrastructure.

La mise en place d'un système d'assainissement adapté constitue ainsi une condition essentielle pour garantir la durabilité de la chaussée et la protection des ouvrages routiers.

V.5. Ouvrages d'assainissement :

L'assainissement routier repose sur un ensemble d'ouvrages destinés à collecter, canaliser et évacuer les eaux superficielles et souterraines afin de protéger la chaussée et les terrains avoisinants contre les effets néfastes de l'eau.

Dans le cadre du projet RN18 (PK58+000 – PK73+000), les ouvrages d'assainissement peuvent être regroupés en deux grandes catégories :

Les ouvrages longitudinaux

Ils assurent la collecte et l'évacuation des eaux le long du tracé routier. Ils comprennent notamment :

- Les fossés implantés en pied ou en crête de talus selon la configuration du terrain ;
- Les fossés revêtus ou bétonnés dans les zones présentant des vitesses d'écoulement élevées ;
- Les dispositifs de drainage permettant de limiter les infiltrations d'eau dans le corps de chaussée ;
- Les ouvrages de collecte des eaux au niveau des accotements et des zones sensibles.

Les ouvrages transversaux

Ils permettent le franchissement des écoulements naturels interceptés par l'infrastructure routière et assurent la continuité hydraulique du site. Les principaux ouvrages sont :

- Les buses circulaires ;
- Les dalots rectangulaires ;
- Les ouvrages de traversée destinés à évacuer les débits de ruissellement calculés dans le cadre de l'étude hydrologique.

Le choix et le dimensionnement de ces ouvrages dépendent des caractéristiques hydrologiques du bassin versant, des débits de projet ainsi que des contraintes topographiques rencontrées sur le tracé.

V.6. Choix technique des ouvrages

Le choix des ouvrages d'assainissement dépend des caractéristiques géométriques du tracé, des conditions topographiques du terrain, des écoulements observés ainsi que des contraintes hydrologiques de la zone traversée par le projet.

Dans le cadre du projet RN18 (PK58+000 – PK73+000), la sélection des dispositifs d'assainissement vise à assurer une évacuation efficace des eaux tout en garantissant la stabilité des talus et la protection durable du corps de chaussée.

- Dans les zones en remblai, des fossés de crête peuvent être aménagés afin d'intercepter les eaux de ruissellement provenant des terrains adjacents avant qu'elles n'atteignent les talus et ne provoquent des phénomènes d'érosion ;
- Dans les zones en déblai, les eaux sont généralement collectées au pied des talus au moyen de fossés ou de cunettes permettant leur évacuation vers les exutoires prévus ;
- Lorsque les écoulements naturels sont interceptés par le tracé routier, des ouvrages transversaux tels que les buses ou les dalots sont mis en place afin d'assurer la continuité hydraulique et de limiter les risques d'inondation ;
- Dans les secteurs présentant des vitesses d'écoulement élevées, des dispositifs de protection et de revêtement peuvent être prévus afin de réduire les risques d'affouillement et d'érosion.

Le choix définitif des ouvrages est effectué en tenant compte des débits de projet, des caractéristiques du terrain et des conditions d'exploitation de l'infrastructure.

V.7. Critères de conception

La conception du système d'assainissement doit répondre à un ensemble d'exigences techniques et hydrauliques visant à garantir le bon fonctionnement des ouvrages, la protection de l'infrastructure routière et la sécurité des usagers.

1. Critères techniques généraux :

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus de manière à :

- Respecter les conditions naturelles d'écoulement des eaux dans la zone traversée par le projet ;
- Assurer une évacuation efficace des eaux sans provoquer d'érosion ou de dégradation des terrains environnants ;
- Garantir la stabilité des talus, des remblais et des déblais ;
- Faciliter les opérations d'entretien, d'inspection et de maintenance ;
- Assurer la durabilité des ouvrages et leur adaptation aux conditions d'exploitation de la route.

2. Critères hydrauliques :

Le dimensionnement des ouvrages hydrauliques est effectué en fonction des débits de projet déterminés par l'étude hydrologique.

- Les ouvrages transversaux sont généralement dimensionnés pour des débits correspondant à une période de retour centennale (100 ans) ;
- Les ouvrages longitudinaux sont dimensionnés pour des débits correspondant à une période de retour décennale (10 ans).

Ces critères permettent de garantir un niveau de sécurité hydraulique compatible avec l'importance de l'infrastructure et les conditions climatiques de la région étudiée.

V.8. Conditions environnementales

L'intégration des considérations environnementales constitue un élément important dans la conception des ouvrages d'assainissement. En effet, les eaux de ruissellement collectées par les différents dispositifs peuvent transporter des matières en suspension ainsi que divers polluants susceptibles d'affecter le milieu récepteur.

Dans le cadre du projet RN18 (PK58+000 – PK73+000), les ouvrages d'assainissement doivent être conçus de manière à assurer une évacuation efficace des eaux tout en limitant les risques d'érosion, d'affouillement et de dégradation de l'environnement naturel.

Le choix des dispositifs de protection dépend généralement du niveau de sensibilité environnementale de la zone concernée. Le tableau suivant présente les principales catégories de sensibilité ainsi que les mesures de protection habituellement recommandées.

Catégorie	Zone de sensibilité	Dispositif de protection prévu
1	Très fortement sensible	Bassin de traitement
2	Fortement sensible	Fosse subhorizontale enherbée (FSH)
3	Moyennement sensible	Bief de confinement
4	Peu ou pas sensible	Aucun dispositif obligatoire, rejet diffus à privilégier

Tableau V.1 : Dispositifs de protection selon la zone de sensibilité

Ces dispositifs ont pour objectif de réduire les impacts potentiels des rejets sur les ressources en eau, les écosystèmes locaux et les terrains avoisinants. Ils contribuent également à assurer la compatibilité des ouvrages d'assainissement avec les exigences environnementales applicables aux projets routiers.

V.9. Étude hydrologique

V.9.1. Délimitation des bassins versants

L'étude hydrologique constitue une étape essentielle dans la conception des ouvrages d'assainissement routier. Elle permet d'identifier les bassins versants influençant le projet et d'évaluer les débits susceptibles d'être générés lors des épisodes pluvieux.

Un bassin versant correspond à une surface topographique dont l'ensemble des eaux de ruissellement converge vers un même point de sortie appelé exutoire. Les limites de chaque bassin sont définies par les lignes de partage des eaux déterminées à partir de la topographie du terrain.

Chaque bassin versant se comporte comme une unité hydrologique indépendante. Les précipitations reçues sur sa surface sont transformées en écoulements de surface sous l'influence de plusieurs facteurs tels que la pente, la nature des sols, la couverture végétale et les caractéristiques climatiques de la région.

La délimitation des bassins versants traversés par le projet a été réalisée à partir des données topographiques disponibles et des outils de traitement numérique du terrain. Cette étape a permis d'identifier les zones contributives aux différents ouvrages hydrauliques projetés et de constituer la base de l'ensemble des calculs hydrologiques présentés dans la suite de l'étude.

V.9.2. Caractéristiques physiques des bassins versants

Les bassins versants identifiés au niveau de la zone d'étude présentent des caractéristiques morphométriques qui influencent directement la formation des écoulements de surface et l'estimation des débits de crue.

Les principaux paramètres physiques généralement pris en considération sont la superficie du bassin versant, la longueur du cours d'eau principal, les altitudes minimale et maximale, la dénivelée ainsi que la pente moyenne. Ces éléments permettent d'apprécier la vitesse de concentration des eaux de ruissellement et constituent une base essentielle pour les calculs hydrologiques.

Dans le cadre du présent projet, la caractérisation physique des bassins versants sera exploitée pour déterminer les temps de concentration, les intensités de pluie correspondantes ainsi que les débits de projet nécessaires au dimensionnement des ouvrages d'assainissement.

Les caractéristiques morphométriques des bassins versants recensés le long du tracé sont regroupées dans le tableau suivant :

N° BV	PK	Surface (km ²)	Longueur du cours d'eau (m)	H min (m)	H max (m)	ΔH (m)	Pente (%)
1	59+275	1,051	955	920	955	35	3,66
2	59+290	0,8	960	921	960	39	4,06
3	59+310	0,2527	923	910	923	13	1,41
4	59+380	0,2775	915	903	915	12	1,31
5	59+600	1,595	950	887	950	63	6,63
6	60+615	0,0343	850	835	850	15	1,76
7	60+860	0,1045	858	841	858	17	1,98
8	61+000	0,2091	844	829	844	15	1,78
9	61+320	0,3054	946	878	946	68	7,19
10	61+600	1,196	980	877	980	103	10,51
11	61+800	1,452	848	818	848	30	3,54
12	62+000	0,4325	874	814	874	60	6,86
13	62+400	0,715	982	852	982	130	13,24
14	62+710	2,26	1004	921	1086	165	16,43
15	62+820	2,285	1086	874	1004	130	11,97
16	63+150	2,355	890	815	890	75	8,43
17	64+150	2,529	856	805	856	51	5,96
18	64+680	2,125	850	783	850	67	7,88
19	65+050	0,807	872	834	872	38	4,36
20	67+700	1,434	900	802	900	98	10,89
21	68+360	2,106	888	812	892	80	9,01
22	69+570	0,4	779	809	880	71	9,11
23	70+010	0,43	1188	810	955	145	12,21
24	71+500	1,23	1656	754	919	165	9,96
25	71+875	4,95	5115	748	1100	352	6,88

V.10. Dimensionnement du réseau d'assainissement à projeter

Après l'identification des bassins versants et l'analyse de leurs caractéristiques physiques, il est nécessaire de procéder au dimensionnement des ouvrages d'assainissement projetés. Cette étape vise à garantir une évacuation efficace des eaux de ruissellement et à assurer la protection de la chaussée ainsi que des terrains avoisinants contre les risques d'inondation, d'érosion et d'affouillement.

Le dimensionnement des ouvrages hydrauliques repose principalement sur l'évaluation des débits de crue susceptibles d'être générés par les différents bassins versants interceptés par le tracé routier. Les débits obtenus servent ensuite de base au choix et au dimensionnement des dispositifs d'assainissement tels que les fossés, les buses et les dalots.

V.10.1. Estimation des débits de crue

L'estimation des débits de crue constitue une étape fondamentale dans le dimensionnement des ouvrages d'assainissement routier. Elle permet de déterminer les débits maximaux susceptibles d'être générés au niveau des bassins versants interceptés par le projet lors des épisodes pluvieux.

Pour les bassins versants de petite et moyenne superficie, le calcul des débits de pointe est généralement réalisé à l'aide de la méthode rationnelle. Cette méthode repose sur la prise en compte des caractéristiques hydrologiques et morphologiques du bassin versant, notamment sa superficie, son coefficient de ruissellement ainsi que l'intensité des précipitations.

La formule rationnelle s'écrit :

$$Q = K \times C \times I \times A$$

Avec :

- Q : débit maximal de crue (m³/s) .
- K : coefficient de conversion
- C : coefficient de ruissellement
- I : intensité de pluie (mm/h)
- A : superficie du bassin versant (km²).

Cette relation constitue la base des calculs hydrologiques utilisés pour le dimensionnement des ouvrages d'assainissement projetés.

V.10.1.1. Coefficient de ruissellement C

Le coefficient de ruissellement C représente la fraction des précipitations qui s'écoule à la surface du sol sans s'infiltrer. Il dépend de plusieurs facteurs tels que la pente du bassin versant, la nature géologique et géotechnique du terrain, sa perméabilité ainsi que la couverture végétale.

Dans le cadre de cette étude, l'estimation du coefficient de ruissellement est réalisée selon la méthode empirique de Kenessey, largement utilisée dans les études hydrologiques des bassins versants de petite et moyenne superficie.

Cette méthode considère que le coefficient global de ruissellement est obtenu à partir de la somme de trois composantes représentant les principales caractéristiques physiques du bassin versant :

- C1 : coefficient lié à la pente moyenne du bassin versant
- C2 : coefficient dépendant de la nature et de la perméabilité du sol
- C3 : coefficient lié à la couverture végétale.

Les valeurs de référence utilisées pour la détermination des coefficients C1, C2 et C3 sont présentées dans les tableaux suivants :

Pente (P) (%)	Coefficient (C1)
$P \leq 3,5$	0,01 – 0,05
$3,5 \leq P \leq 11$	0,06 – 0,10
$11 < P \leq 35$	0,12 – 0,20
$35 < P$	0,22 – 0,30

Tableau V.3 – Coefficient C1 selon la pente

Nature du Sol	Coefficient (C2)
Imperméable	0,22 – 0,30
Peu perméable	0,10 – 0,20
Perméable	0,06 – 0,10
Très perméable	0,06 – 0,05

Tableau V.4 – Coefficient C2 selon la nature du sol

Couverture Végétale	Coefficient (C3)
Rocheux	0,22 – 0,30
Prairie	0,17 – 0,25
Labours – Champs	0,07 – 0,15
Forêts et Terrains Sableux	0,03 – 0,05

Tableau V.5 – Coefficient C3 selon la couverture végétale

Le coefficient global de ruissellement est alors déterminé par la relation :

$$C = C1 + C2 + C3$$

Cette approche permet de prendre en considération les principaux facteurs influençant le ruissellement de surface et fournit une estimation adaptée aux conditions naturelles rencontrées dans la zone d'étude.

V.10.1.2. Intensité de la pluie I

L'intensité pluviométrique utilisée dans la formule rationnelle est estimée à l'aide de la formule de Montana. Cette relation permet de relier l'intensité de pluie à la période de retour considérée et au temps de concentration du bassin versant.

La formule de Montana s'écrit :

$$I(T, T_c) = a(T) \times T_c^{-b}$$

Avec :

- I : intensité de pluie (mm/h)
- T : période de retour (années)
- T_c : temps de concentration (min)
- a et b : coefficients empiriques déterminés à partir des données pluviométriques régionales.

Les valeurs des coefficients a et b utilisées dans la formule de Montana sont données dans le tableau suivant

Période de retour T (ans)	Coefficient a (mm/h.min^b)	Coefficient b (-)
2	202,34	0,6098
5	267,05	0,6127
10	311,15	0,6152
20	353,41	0,6183
50	415,22	0,6221
100	467,48	0,6257

Tableau V.6 – Coefficients a et b pour la formule de Montana

Pour le présent projet, une période de retour de :

$$T = 20 \text{ ans}$$

a été retenue.

D'après le tableau précédent, les coefficients correspondants sont :

$$a = 353,41$$

$$b = 0,6183$$

Ces valeurs seront utilisées pour le calcul de l'intensité de pluie associée à chaque bassin versant.

V.10.1.3. Temps de concentration

Le temps de concentration correspond à la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau tombant au point le plus éloigné du bassin versant atteigne l'exutoire. Il représente un paramètre fondamental dans les études hydrologiques puisqu'il permet de déterminer la durée critique de l'averse générant le débit maximal de crue.

Le temps de concentration dépend de plusieurs caractéristiques physiques du bassin versant, notamment sa superficie, sa longueur hydraulique, sa pente moyenne ainsi que la nature du terrain traversé. Ces paramètres influencent directement la vitesse d'écoulement des eaux de ruissellement.

Plusieurs formules empiriques ont été développées pour l'estimation du temps de concentration. Le choix de la formule la plus appropriée dépend des caractéristiques morphologiques du bassin versant et des conditions hydrologiques de la zone étudiée.

Les principales formules utilisées dans les études hydrologiques sont présentées dans la figure suivante :

Figure VI.1 : Principales Formules Empiriques de Calcul du Temps de Concentration (T_c) dans un Bassin Versant

1. FORMULE DE KIRPICH $T_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times P^{-0,385}$ Avec : T_c : temps de concentration (min) L : distance en km entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin P : pente moyenne (m/m)	2. FORMULE CALIFORNIENNE $T_c = 60 \times 0,1452 \times \left(\frac{L}{P^{0,5}} \right)^{0,77}$ Avec : T_c : temps de concentration (min) L : distance en km entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin P : pente moyenne (m/m)	3. FORMULE ESPAGNOLE $T_c = 60 \times 0,3 \times \left(\frac{L}{P^{0,25}} \right)^{0,77}$ Avec : T_c : temps de concentration (min) L : distance en km entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin P : pente moyenne (m/m)
4. FORMULE TURAZZA $T_c = 60 \times 0,108 \times (S \times L)^{0,335} \times P^{-0,5}$ Avec : T_c : temps de concentration (min) S : surface du bassin versant (km ²) L : distance en km entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin du bassin P : pente moyenne (m/m)	5. FORMULE VENTURA $T_c = 76,3 \times \left(\frac{S}{P} \right)^{0,5}$ Avec : T_c : temps de concentration (min) S : surface du bassin versant (km ²) P : pente moyenne (%)	

L'estimation du temps de concentration permettra ensuite de déterminer l'intensité pluviométrique correspondante et de procéder au calcul des débits de projet nécessaires au dimensionnement des ouvrages d'assainissement

V.10.1.4. Calcul du débit de crue

Le débit de crue de chaque bassin versant est déterminé à l'aide de la méthode rationnelle, adaptée aux bassins versants de petite et moyenne superficie.

La formule utilisée est :

$$Q = K \times C \times I \times A$$

Avec :

- Q : débit de crue (m³/s)
- K = 0,278 : coefficient de conversion
- C : coefficient de ruissellement
- I : intensité de pluie (mm/h)
- A : superficie du bassin versant (km²).

Les paramètres C, I et A sont déterminés à partir des caractéristiques physiques et hydrologiques du bassin versant. Les calculs détaillés des débits de projet seront présentés dans les sections suivantes.

V.10.1.5. Débit de saturation Qs

Le débit de saturation représente le débit maximal pouvant être évacué par un ouvrage hydraulique fonctionnant à surface libre. Il permet de vérifier la capacité hydraulique de l'ouvrage à transmettre le débit de projet sans débordement ni mise en charge excessive.

Le débit de saturation est déterminé à l'aide de la formule de Manning-Strickler :

$$Q_s = K_{st} \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

Avec :

- Qs : débit de saturation (m³/s) ;
- Kst : coefficient de rugosité de Strickler ;
- Sm : surface mouillée (m²) ;
- Rh : rayon hydraulique (m) ;
- I : pente longitudinale de l'ouvrage.

Le rayon hydraulique est donné par la relation :

$$R_h = S_m / P_m$$

où :

- P_m : périmètre mouillé (m) .

Le coefficient de Strickler dépend de la nature des parois de l'ouvrage. Les valeurs généralement adoptées sont :

- $K_{st} = 80$ pour les buses en béton préfabriqué ;
- $K_{st} = 70$ pour les dalots en béton armé coulés sur place.

La condition de vérification hydraulique est :

$$Q_s \geq Q$$

où Q représente le débit de projet calculé pour le bassin versant considéré.

V.10.1.4. Calcul du débit de crue

Le débit de crue de chaque bassin versant est déterminé à l'aide de la méthode rationnelle, adaptée aux bassins versants de petite et moyenne superficie.

La formule utilisée est :

$$Q = K \times C \times I \times A$$

Avec :

- Q : débit de crue (m^3/s) ;
- $K = 0,278$: coefficient de conversion ;
- C : coefficient de ruissellement ;
- I : intensité de pluie (mm/h) ;
- A : superficie du bassin versant (km^2).

Les paramètres C , I et A sont déterminés à partir des caractéristiques physiques et hydrologiques du bassin versant. Les calculs détaillés des débits de projet seront présentés dans les sections suivantes.

V.10.1.5. Débit de saturation Q_s :

Le débit de saturation représente le débit maximal pouvant être évacué par un ouvrage hydraulique fonctionnant à surface libre. Il permet de vérifier la capacité hydraulique de l'ouvrage à transmettre le débit de projet sans débordement ni mise en charge excessive.

Le débit de saturation est déterminé à l'aide de la formule de Manning-Strickler :

$$Q_s = K_{st} \times S_m \times R_h^{(2/3)} \times I^{(1/2)}$$

Avec :

- Q_s : débit de saturation (m^3/s) ;
- K_{st} : coefficient de rugosité de Strickler ;
- S_m : surface mouillée (m^2) ;
- R_h : rayon hydraulique (m) ;
- I : pente longitudinale de l'ouvrage.

Le rayon hydraulique est donné par la relation :

$$R_h = S_m / P_m$$

où :

- P_m : périmètre mouillé (m).

Le coefficient de Strickler dépend de la nature des parois de l'ouvrage. Les valeurs généralement adoptées sont :

- $K_{st} = 80$ pour les buses en béton préfabriqué ;
- $K_{st} = 70$ pour les dalots en béton armé coulés sur place.

La condition de vérification hydraulique est :

$$Q_s \geq Q$$

où Q représente le débit de projet calculé pour le bassin versant considéré

V.10.1.6. Prédimensionnement des ouvrages :

Le prédimensionnement consiste à définir, de manière préliminaire, le type d'ouvrage hydraulique le plus adapté à chaque point de franchissement identifié le long du tracé.

Le choix de l'ouvrage dépend principalement :

- du débit de projet Q ;
- des caractéristiques topographiques du site ;
- des contraintes géométriques de la route ;
- des conditions d'écoulement des eaux.

Les ouvrages hydrauliques généralement retenus dans le cadre des projets routiers sont :

- Les buses : ouvrages circulaires adaptés aux faibles et moyens débits ;

- Les dalots : ouvrages de section rectangulaire ou carrée utilisés pour les débits plus importants ;
- Les ponts : réservés aux franchissements majeurs des cours d'eau.

Le prédimensionnement permet d'obtenir une première estimation des dimensions des ouvrages avant les vérifications hydrauliques détaillées

V.10.1.7. Critères de dimensionnement des ouvrages hydrauliques :

Le dimensionnement des ouvrages hydrauliques doit garantir l'évacuation des débits de projet dans des conditions satisfaisantes de sécurité et de stabilité hydraulique.

Les principaux critères retenus sont les suivants :

- La capacité hydraulique de l'ouvrage doit être suffisante pour assurer l'écoulement du débit de projet :

$$Q_s \geq Q$$

- La vitesse d'écoulement à la sortie de l'ouvrage doit rester compatible avec la stabilité des terrains afin d'éviter les phénomènes d'érosion et d'affouillement :

$$V \leq 4 \text{ m/s}$$

- La hauteur d'eau amont doit rester limitée afin d'éviter la mise en charge excessive de l'ouvrage :

$$H_{am} < 1,2 H$$

Avec :

- H_{am} : hauteur d'eau à l'amont de l'ouvrage ;
- H : hauteur utile de l'ouvrage.
- Les ouvrages doivent être équipés de dispositifs de protection adaptés (têtes maçonnées, dissipateurs d'énergie ou protections contre l'érosion) lorsque les conditions hydrauliques l'exigent.

Ces critères permettent de garantir le bon fonctionnement hydraulique des ouvrages tout en assurant la pérennité de l'infrastructure routière.

Tableau VI.7 : Prédimensionnement des ouvrages transversaux

Débit de crue Q_{50} (m ³ /s)	Type d'ouvrage recommandé	Dimensionnement préliminaire
$Q_{50} < 1.25$	Buse	1 – 1Ø m
$1.25 < Q_{50} < 2.25$	Buse	1 – 1.2Ø m
$2.25 < Q_{50} < 4.25$	Buse	1 – 1.5Ø m
$4.25 < Q_{50} < 5.5$	Dalot	1 – 1.5 × 1.5 m
$5.5 < Q_{50} < 9.5$	Dalot	1 – 2 × 2 m
$9.5 < Q_{50} < 14$	Dalot	1 – 3 × 2 m
$14 < Q_{50} < 28$	Dalot	1 – 4 × 2 m

Remarques :

- Les buses sont généralement utilisées pour les faibles et moyens débits.
- Les dalots sont adoptés pour les débits plus importants ou lorsque les contraintes géométriques l'exigent.
- Les dimensions indiquées sont des valeurs préliminaires à confirmer par les vérifications hydrauliques détaillées.
- ✓ Les buses seront dimensionnées pour une période de retour : $T_r = 10$ ans
- ✓ Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour : $T_r = 50$ ans
- ✓ Les ponts seront dimensionnés pour une période de retour : $T_r = 100$ ans

Tableau VI.8 : Coordonnées et types d'ouvrages principaux

N°		Coordonnées		Longueur (m)	TN (Max) (m)	Ligne rouge correspondante (m)	Hauteur (m)	Type d'ouvrage
		PK début	PK fin					
1	Oued GUESSOUM	PK 62+475	PK 62+800	325	803.28	819.44	16	Viaduc
2	Oued BESBESS	PK 66+800	PK 67+125	325	757.86	804.44	47	Viaduc
...	...	...	...	...	...	...	...	...
n	Oued ...	PK ...+...	PK ...+...	...	...	...	...	...

Remarques :

- **PK début et PK fin** : bornes du franchissement de l'ouvrage sur le tracé de la route.
- **TN (Max)** : cote du terrain naturel maximale au droit de l'ouvrage.
- **Ligne rouge correspondante** : cote du profil en long de la route au droit de l'ouvrage.
- **Hauteur** : hauteur entre la ligne rouge et le terrain naturel (valeur minimale sous l'ouvrage).

V.10.2. Application au projet

Les paramètres hydrologiques déterminés précédemment ont été appliqués aux différents bassins versants identifiés le long du tracé étudié.

Pour chaque bassin versant, le temps de concentration, l'intensité de pluie et le débit de projet ont été évalués afin de déterminer le type d'ouvrage hydraulique le plus approprié ainsi que ses dimensions préliminaires.

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

N° BV	Coordonnées (PK)	Pente (%)	Tc (min)	I (mm/h)	L (cours d'eau) (m)	Q (m³/s)	Type d'Ouvrages	Dimensions (proposées)
1	PK 59+275	3,66	13,73	69,96	955	7,56	DALOT	(2x2m)
2	PK 59+290	4,06	13,25	71,53	960	5,88	DALOT	(2x2m)
3	PK 59+310	1,41	19,31	56,66	923	1,47	BUSE	Ø1,5m
4	PK 59+380	1,31	19,73	55,91	915	1,59	BUSE	Ø1,5m
5	PK 59+600	6,63	10,88	80,79	950	13,24	DALOT	(2x2m)
6	PK 60+615	1,76	10,65	81,85	850	0,29	BUSE	Ø1m
7	PK 60+860	1,98	16,02	63,6	858	0,68	BUSE	Ø1m
8	PK 61+000	1,78	16,48	62,5	844	1,34	BUSE	Ø1,5m
9	PK 61+320	7,19	10,51	82,53	946	2,59	BUSE	Ø1,5m
10	PK 61+600	10,51	9,33	88,83	980	10,92	DALOT	(2x2m)
11	PK 61+800	3,54	12,69	73,45	848	10,96	DALOT	(2x2m)
12	PK 62+000	6,86	10,07	84,75	874	3,77	BUSE	Ø1,5m
13	PK 62+400	13,24	8,55	93,76	982	6,89	DALOT	(2x2m)
14	PK 62+710	16,43	8	97,66	1004	22,69	DALOT	(3x2m)
15	PK 62+820	11,97	9,61	87,25	1086	20,49	DALOT	(3x2m)
16	PK 63+150	8,43	9,43	88,24	890	21,36	DALOT	(3x2m)
17	PK 64+150	5,96	10,46	82,77	856	21,51	DALOT	(3x2m)
18	PK 64+680	7,88	9,34	88,76	850	19,38	DALOT	(3x2m)
19	PK 65+050	4,36	11,97	76,16	872	6,32	DALOT	(2x2m)
20	PK 67+700	10,89	8,62	93,29	900	13,75	DALOT	(2x2m)
21	PK 68+360	9,01	9,18	89,75	888	19,43	DALOT	(3x2m)
22	PK 69+570	9,11	8,26	95,77	779	3,94	BUSE	Ø1,5m
23	PK 70+010	12,21	10,22	84	1188	3,71	BUSE	Ø1,5m
24	PK 71+500	9,96	14,27	68,32	1656	8,64	DALOT	(2x2m)
25	PK 71+875	6,88	39,21	36,57	5115	18,6	DALOT	(3x2m)

Tableau V.9 – Résultats des calculs hydrologiques et prédimensionnement des ouvrages

V.10.2.1.1. Exemple de calcul pour le bassin versant BV6 :

Le bassin versant BV6 est pris comme exemple de calcul afin d'illustrer la méthode adoptée pour la détermination des paramètres hydrologiques et le choix de l'ouvrage hydraulique correspondant.

BV	Surface (km ²)	L (km)	ΔH (m)	P (%)	Tc (min)						Type d'ouvrage adopté
					Kirpich	Californienne	Espagnole	Turazza	Ventura	Tc adopté	
6	0,0343	0,850	15	1,76	16,62	36,37	34,55	14,93	10,64	10,64	Buse Ø 1 m

Les paramètres du bassin versant BV6 sont les suivants :

$$A = 0,0343 \text{ km}^2$$

$$L = 0,850 \text{ km} = 850 \text{ m}$$

$$\Delta H = 15 \text{ m}$$

Calcul de la pente moyenne :

$$P = (\Delta H / L) \times 100$$

$$P = (15 / 850) \times 100$$

$$P = 1,76 \%$$

Donc :

$$P = 1,76 \% = 0,0176 \text{ m/m}$$

Formule de Kirpich :

$$T_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times P^{-0,385}$$

$$T_c = 0,0195 \times 850^{0,77} \times 0,0176^{-0,385}$$

$$T_c = 16,62 \text{ min}$$

Formule californienne :

$$T_c = 60 \times 0,1452 \times (L / P^{0,5})^{0,77}$$

$$T_c = 60 \times 0,1452 \times (0,850 / 0,0176^{0,5})^{0,77}$$

$$T_c = 36,37 \text{ min}$$

Formule espagnole :

$$T_c = 60 \times 0,3 \times (L / P^{0,25})^{0,77}$$

$$T_c = 60 \times 0,3 \times (0,850 / 0,0176^{0,25})^{0,77}$$

$$T_c = 34,55 \text{ min}$$

Formule de Turazza :

$$T_c = 60 \times 0,108 \times (S \times L)^{0,335} \times P^{-0,5}$$

$$T_c = 60 \times 0,108 \times (0,0343 \times 0,850)^{0,335} \times 0,0176^{-0,5}$$

$$T_c = 14,93 \text{ min}$$

Formule de Ventura :

$$T_c = 76,3 \times (S / P)^{0,5}$$

$$T_c = 76,3 \times (0,0343 / 1,76)^{0,5}$$

$$T_c = 10,64 \text{ min}$$

Le temps de concentration adopté est :

$$T_c = 10,64 \text{ min}$$

L'intensité de pluie est calculée par la formule de Montana :

$$I = a \times T_c^{-b}$$

Avec :

$$a = 353,41$$

$$b = 0,6183$$

Donc :

$$I = 353,41 \times 10,64^{-0,6183}$$

$$I = 81,92 \text{ mm/h}$$

Le débit de crue est calculé par la méthode rationnelle :

$$Q = C \times I \times A / 3,6$$

Avec :

$$C = 0,37$$

$$I = 81,92 \text{ mm/h}$$

$$A = 0,0343 \text{ km}^2$$

Donc :

$$Q = 0,37 \times 81,92 \times 0,0343 / 3,6$$

$$Q = 0,29 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'après le tableau de prédimensionnement des ouvrages transversaux, pour $Q < 1,25 \text{ m}^3/\text{s}$, l'ouvrage préconisé est une buse de diamètre 1 m.

Ouvrage retenu : Buse Ø 1 m

V.10.2.1.2. Exemple de calcul pour le bassin versant BV20 :

Le bassin versant BV20 est pris comme deuxième exemple de calcul afin d'illustrer la méthode adoptée pour la détermination des paramètres hydrologiques et le choix de l'ouvrage hydraulique correspondant.

Les paramètres du bassin versant BV20 sont les suivants :

$$A = 1,434 \text{ km}^2$$

$$L = 0,900 \text{ km} = 900 \text{ m}$$

$$\Delta H = 98 \text{ m}$$

Calcul de la pente moyenne :

$$P = (\Delta H / L) \times 100$$

$$P = (98 / 900) \times 100$$

$$P = 10,89 \%$$

Donc :

$$P = 10,89 \% = 0,1089 \text{ m/m}$$

1. Formule de Kirpich :

$$T_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times P^{-0,385}$$

$$T_c = 0,0195 \times 900^{0,77} \times 0,1089^{-0,385}$$

$$T_c = 8,62 \text{ min}$$

2. Formule californienne :

$$T_c = 60 \times 0,1452 \times (L / P^{0,5})^{0,77}$$

$$T_c = 60 \times 0,1452 \times (0,900 / 0,1089^{0,5})^{0,77}$$

$$T_c = 18,86 \text{ min}$$

3. Formule espagnole :

$$T_c = 60 \times 0,3 \times (L / P^{0,25})^{0,77}$$

$$T_c = 60 \times 0,3 \times (0,900 / 0,1089^{0,25})^{0,77}$$

$$T_c = 25,43 \text{ min}$$

4. Formule de Turazza :

$$T_c = 60 \times 0,108 \times (S \times L)^{0,335} \times P^{-0,5}$$

$$T_c = 60 \times 0,108 \times (1,434 \times 0,900)^{0,335} \times 0,1089^{-0,5}$$

$$T_c = 21,39 \text{ min}$$

5. Formule de Ventura :

$$T_c = 76,3 \times (S / P)^{0,5}$$

$$T_c = 76,3 \times (1,434 / 10,89)^{0,5}$$

$$T_c = 27,69 \text{ min}$$

Le temps de concentration adopté est :

$$T_c = 8,62 \text{ min}$$

L'intensité de pluie est calculée par la formule de Montana :

$$I = a \times T_c^{-b}$$

Avec :

$$a = 353,41$$

$$b = 0,6183$$

Donc :

$$I = 353,41 \times 8,62^{-0,6183}$$

$$I = 93,25 \text{ mm/h}$$

Le débit de crue est calculé par la méthode rationnelle :

$$Q = C \times I \times A / 3,6$$

Avec :

$$C = 0,37$$

$$I = 93,25 \text{ mm/h}$$

$$A = 1,434 \text{ km}^2$$

Donc :

$$Q = 0,37 \times 93,25 \times 1,434 / 3,6$$

$$Q = 13,75 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'après le tableau de prédimensionnement des ouvrages transversaux, le débit obtenu nécessite un ouvrage hydraulique de type dalot.

Ouvrage retenu : Dalot ($3 \times 2 \text{ m}$)

V.10.2.2. Détermination du débit Q

Le débit de projet est déterminé par la méthode rationnelle pour une période de retour de 20 ans.

Les coefficients de Montana retenus sont :

$$a = 353,41$$

$$b = 0,6183$$

La formule de l'intensité de pluie est :

$$I(T_c, 20) = a \times T_c^{-b}$$

Le débit de crue est calculé par :

$$Q = (C \times I \times A) / 3,6$$

POUR LE : Bassin versant BV6 :

Pour le BV6, on a :

$$A = 0,0343 \text{ km}^2$$

$$T_c = 4,245635 \text{ min}$$

$$C = 0,37$$

Calcul de l'intensité de pluie :

$$I(T_c, 20) = 353,41 \times 4,245635^{-0,6183}$$

$$I = 144,55 \text{ mm/h}$$

Calcul du débit :

$$Q = (0,37 \times 144,55 \times 0,0343) / 3,6$$

$$Q = 0,51 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'après le tableau de prédimensionnement des ouvrages transversaux, pour $Q < 1,25 \text{ m}^3/\text{s}$, l'ouvrage préconisé est :

Buse Ø 1 m

Remarque :

Le reste des calculs relatifs aux autres bassins versants est effectué suivant la même démarche, à l'aide d'un tableur Excel.

V.10.3. Détermination des dimensions des ouvrages hydrauliques

Le dimensionnement des ouvrages est réalisé à partir du débit de projet obtenu pour chaque bassin versant. Dans notre cas, deux types d'ouvrages sont retenus : les buses circulaires et les dalots rectangulaires.

V.10.3.1. Dimensionnement d'une buse :

Pour le bassin versant BV6, le débit de projet obtenu est :

$$Q = 0,51 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'après le tableau de prédimensionnement, l'ouvrage retenu est une buse de diamètre :

$$D = 1,00 \text{ m}$$

Le débit évacué par la buse est vérifié par la formule de Manning-Strickler :

$$Q_s = K_{st} \times S_m \times R_h^{(2/3)} \times I^{(1/2)}$$

Avec :

$K_{st} = 80$ pour les buses en béton préfabriqué

$$I = 1 \text{ \%} = 0,01$$

Pour une buse circulaire pleine :

$$S_m = \pi \times D^2 / 4$$

$$S_m = \pi \times 1^2 / 4 = 0,785 \text{ m}^2$$

$$P_m = \pi \times D$$

$$P_m = \pi \times 1 = 3,14 \text{ m}$$

$$R_h = S_m / P_m$$

$$R_h = 0,785 / 3,14 = 0,25 \text{ m}$$

Donc :

$$Q_s = 80 \times 0,785 \times 0,25^{(2/3)} \times 0,01^{(1/2)}$$

$$Q_s = 2,49 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vérification :

$$Q_s > Q$$

$$2,49 > 0,51$$

La buse de diamètre Ø1 m est donc **vérifiée**.

V.10.3.2. Dimensionnement d'un dalot

Pour le bassin versant BV20, le débit de projet obtenu est :

$$Q = 18,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'après le tableau de prédimensionnement, l'ouvrage retenu est un dalot de dimensions :

$$B = 3,00 \text{ m}$$

$$H = 2,00 \text{ m}$$

Le débit évacué par le dalot est vérifié par la formule de Manning-Strickler :

$$Q_s = K_{st} \times S_m \times R_h^{(2/3)} \times I^{(1/2)}$$

Avec :

$K_{st} = 70$ pour les dalots en béton armé coulés sur place

$$I = 1 \% = 0,01$$

Pour un dalot rectangulaire :

$$S_m = 0,8 \times H \times B$$

$$S_m = 0,8 \times 2 \times 3 = 4,80 \text{ m}^2$$

$$P_m = 1,6 \times H + B$$

$$P_m = 1,6 \times 2 + 3 = 6,20 \text{ m}$$

$$R_h = S_m / P_m$$

$$R_h = 4,80 / 6,20 = 0,774 \text{ m}$$

Donc :

$$Q_s = 70 \times 4,80 \times 0,774^{(2/3)} \times 0,01^{(1/2)}$$

$$Q_s = 28,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vérification :

$$Q_s > Q$$

$$28,34 > 18,22$$

Le dalot $3,00 \times 2,00$ m est donc **vérifié**.

V.10.4.1. Vérification avec la méthode de Delorme

Pour le bassin versant BV20, l'ouvrage retenu est un dalot de dimensions :

$$B = 3 \text{ m}$$

$$H = 2 \text{ m}$$

Le débit de projet est :

$$Q = 18,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pour les dalots, la méthode de Delorme donne :

$$Q_c = 1,50 \times B \times H^{(4/3)}$$

Donc :

$$Q_c = 1,50 \times 3 \times 2^{(4/3)}$$

$$Q_c = 11,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

Comme :

$$Q_c = 11,34 \text{ m}^3/\text{s} < Q = 18,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

la capacité critique obtenue n'est pas suffisante pour le débit du BV20 avec $H = 2$ m.

On détermine alors la hauteur critique nécessaire :

$$H_{\text{critique}} = (Q / (1,50 \times B))^{(3/4)}$$

$$H_{\text{critique}} = (18,22 / (1,50 \times 3))^{(3/4)}$$

$$H_{\text{critique}} = 2,85 \text{ m}$$

Donc :

$$H_{\text{critique}} = 2,85 \text{ m} > 2 \text{ m}$$

Conclusion :

Le dalot 3×2 m n'est pas vérifié par la méthode de Delorme pour le BV20. Il faut prévoir une hauteur supérieure ou adopter un dalot de section plus importante.

Après le prédimensionnement, le dalot retenu initialement est :

$$B = 4 \text{ m}$$

$$H = 2 \text{ m}$$

Vérification :

$$Q_c = 1,50 \times B \times H^{(4/3)}$$

$$Q_c = 1,50 \times 4 \times 2^{(4/3)}$$

$$Q_c = 15,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

Or :

$$Q_c = 15,12 \text{ m}^3/\text{s} < Q = 18,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

La section 4×2 m n'est donc pas suffisante.

On adopte alors une hauteur supérieure :

$$B = 4 \text{ m}$$

$$H = 2,5 \text{ m}$$

$$Q_c = 1,50 \times 4 \times 2,5^{(4/3)}$$

$$Q_c = 20,35 \text{ m}^3/\text{s}$$

Comme :

$$Q_c = 20,35 \text{ m}^3/\text{s} > Q = 18,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

le dalot $4 \times 2,5$ m est vérifié par la méthode de Delorme.

V.10.4.2. Vérification du régime d'écoulement

La vérification du régime d'écoulement est effectuée à l'aide du nombre de Froude afin de s'assurer que l'écoulement reste stable à l'intérieur de l'ouvrage.

Le nombre de Froude est donné par :

$$Fr = V / \sqrt{(g \times h)}$$

Avec :

Fr : nombre de Froude

V : vitesse moyenne de l'écoulement (m/s)

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

h : hauteur hydraulique (m)

Pour le dalot retenu :

$$B = 4 \text{ m}$$

$$H = 2,5 \text{ m}$$

$$Q_c = 20,35 \text{ m}^3/\text{s}$$

La surface mouillée est :

$$S_m = 0,8 \times B \times H$$

$$S_m = 0,8 \times 4 \times 2,5$$

$$S_m = 8,00 \text{ m}^2$$

La vitesse moyenne est :

$$V = Q_c / S_m$$

$$V = 20,35 / 8,00$$

$$V = 2,54 \text{ m/s}$$

Le nombre de Froude devient :

$$Fr = 2,54 / \sqrt{(9,81 \times 2,5)}$$

$$Fr = 2,54 / 4,95$$

$$Fr = 0,51$$

$$Fr < 1$$

Le régime d'écoulement est donc subcritique et la vérification est satisfaite

V.10.5. Conditions d'auto-curage

La vérification des conditions d'auto-curage permet de s'assurer que la vitesse d'écoulement dans l'ouvrage reste suffisante pour éviter le dépôt des matériaux solides, tout en restant inférieure à une valeur limite afin de prévenir l'érosion.

Les conditions à vérifier sont :

$$V_{ps} < 4 \text{ m/s}$$

$$V > 0,6 \text{ m/s pour } Q = 0,1 \text{ Qps}$$

$$V > 0,3 \text{ m/s pour } Q = 0,01 \text{ Qps}$$

Pour le dalot retenu du BV20 :

$$B = 4 \text{ m}$$

$$H = 2,5 \text{ m}$$

$$S_m = 0,8 \times B \times H$$

$$S_m = 0,8 \times 4 \times 2,5$$

$$S_m = 8,00 \text{ m}^2$$

D'après la vérification précédente :

$$Q_{ps} = 20,35 \text{ m}^3/\text{s}$$

La vitesse à pleine section est :

$$V_{ps} = Q_{ps} / S_m$$

$$V_{ps} = 20,35 / 8,00$$

$$V_{ps} = 2,54 \text{ m/s}$$

Donc :

$$V_{ps} = 2,54 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s}$$

Condition vérifiée.

La vitesse d'écoulement est estimée par la relation empirique :

$$V = 10 \times K \times S^{0,5}$$

Avec :

$$K = 0,45$$

$$S = 0,2694$$

Donc :

$$V = 10 \times 0,45 \times 0,2694^{0,5}$$

$$V = 2,34 \text{ m/s}$$

Vérification :

$$V / V_{ps} = 2,34 / 2,54$$

$$V / V_{ps} = 0,92 > 0,6$$

La condition d'auto-curage est donc **vérifiée**.

V.11. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT

Les fossés constituent l'un des éléments essentiels du système d'assainissement routier. Leur rôle principal est d'assurer la collecte et l'évacuation des eaux de ruissellement provenant de la chaussée, des accotements et des talus, afin de préserver la stabilité de la plateforme routière et de limiter les risques d'infiltration dans les couches de la structure.

Parmi les différentes solutions d'assainissement longitudinal, le fossé trapézoïdal a été retenu dans le cadre du présent projet en raison de sa simplicité d'exécution, de sa stabilité et de sa capacité hydraulique adaptée aux conditions topographiques de la zone d'étude.

Dans les sections en déblai, les fossés permettent de recueillir les eaux superficielles provenant des talus et de les acheminer vers les ouvrages de traversée. Lorsque les débits deviennent importants, ces écoulements sont ensuite dirigés vers les dalots, buses ou autres ouvrages hydrauliques prévus le long du tracé.

Afin d'assurer une protection efficace de la chaussée contre les infiltrations, le profil en travers de la route est conçu avec une pente orientée vers les fossés latéraux, favorisant ainsi l'évacuation rapide des eaux et réduisant les risques de stagnation sur la plateforme.

Le dimensionnement des fossés est réalisé en considérant les conditions hydrauliques les plus défavorables rencontrées sur le tronçon étudié. Cette approche permet de garantir une capacité d'évacuation suffisante et d'assurer la sécurité hydraulique de l'infrastructure.

Un fossé trapézoïdal est retenu le long du projet, particulièrement dans les zones en déblai.

Le profil en travers théorique du fossé est présenté dans la figure suivante.

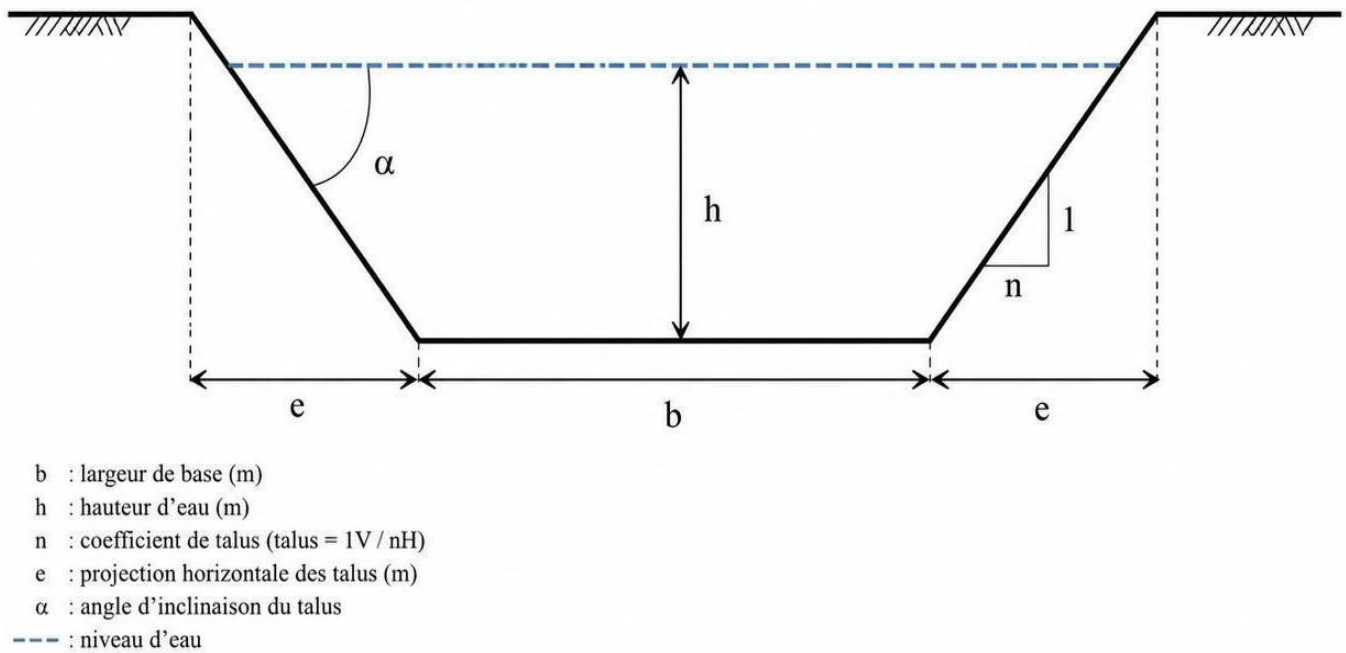


Figure VI.5 : Profil en travers du fossé trapézoïdal

Pour le dimensionnement, la largeur de base du fossé est fixée à :

$$b = 0,50 \text{ m}$$

et le talus est adopté avec une pente :

$$1/n = 1/1,5$$

Ces paramètres permettent de déterminer les caractéristiques hydrauliques du fossé et d'effectuer les vérifications nécessaires au dimensionnement.

Calcul de la surface mouillée :

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

$$S_m = bh + eh$$

Avec :

$$\text{tg } \alpha = h/e = 1/n$$

D'où :

$$e = n.h$$

Donc :

$$S_m = bh + n.h^2$$

$$S_m = h.(b + n.h)$$

Calcul du périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2B$$

Avec :

$$B = \sqrt{(h^2 + e^2)}$$

$$B = \sqrt{(h^2 + n^2 h^2)}$$

$$B = h\sqrt{(1+n^2)}$$

Donc :

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

Calcul du rayon hydraulique :

$$R_h = S_m / P_m$$

$$R_h = h.(b+n.h) / (b+2h\sqrt{(1+n^2)})$$

Calcul des dimensions des fossés :

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité entre le débit d'apport et le débit d'écoulement au point de saturation.

$$Q_a = Q_s$$

$$Q_a = K.I.C.A$$

$$Q_s = K_{st}.I^{(1/2)}.S_m.R_h^{(2/3)}$$

D'où :

$$Q_a = (K_{st}.I^{(1/2)}) . h(b+n.h) . [h(b+n.h)/(b+2h\sqrt{(1+n^2)})]^{(2/3)}$$

Le calcul de la hauteur d'eau h est effectué par itérations successives jusqu'à satisfaction de l'égalité $Q_a = Q_s$.

Avec :

$$K_{st} = 70 \text{ (béton armé)}$$

$$I = 2 \%$$

V.11.3. Application :

Le dimensionnement du fossé est effectué pour le cas hydraulique le plus défavorable, en considérant une longueur de calcul de 1 km.

Surface drainée	Coefficient de ruissellement (C)	Justification
Chaussée revêtue	0,95	Surface imperméable, ruissellement très élevé
Accotement	0,35	Surface partiellement perméable
Talus	0,25	Surface naturelle favorisant l'infiltration

Tableau V.12 : Coefficients de ruissellement adoptés pour les surfaces drainées

Les coefficients de ruissellement sont choisis selon la nature des surfaces drainées vers le fossé :

- Chaussée revêtue : $C_c = 0,95$
- Accotement : $C_a = 0,35$
- Talus : $C_t = 0,25$

Ces valeurs sont retenues car la chaussée en enrobé présente une très faible infiltration, tandis que les accotements et les talus permettent une infiltration partielle des eaux.

Les données de calcul adoptées sont :

$I_t = 60 \text{ mm/h}$

$L = 1000 \text{ m}$

Largeur de chaussée drainée : 7,00 m

Largeur d'accotement : 2,50 m

Largeur du talus : 10,00 m

Les surfaces contributives sont :

$A_c = 1000 \times 7,00 = 7000 \text{ m}^2 = 0.70 \text{ ha}$

$A_a = 1000 \times 2,50 = 2500 \text{ m}^2 = 0.25 \text{ ha}$

$A_t = 1000 \times 10,00 = 10000 \text{ m}^2 = 1 \text{ ha}$

Le débit d'apport est calculé par la formule rationnelle :

$$Q = (C \times I \times A) / 360$$

Débit provenant de la chaussée :

$$Q_c = (0,95 \times 60 \times 0.70) / 360$$

$$Q_c = 0.111 \text{ m}^3/\text{s}$$

Débit provenant de l'accotement :

$$Q_a = (0,35 \times 60 \times 0.25) / 360$$

$$Q_a = 0.015 \text{ m}^3/\text{s}$$

Débit provenant du talus :

$$Q_t = (0,25 \times 60 \times 1.00) / 360$$

$$Q_t = 0.042 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le débit total apporté au fossé est donc :

$$Q_{\text{apport}} = Q_c + Q_a + Q_t$$

$$Q_{\text{apport}} = 0.111 + 0.015 + 0.042$$

$$Q_{\text{apport}} = 0.168 \text{ m}^3/\text{s}$$

La capacité du fossé est vérifiée par la formule de Manning-Strickler :

$$Q_s = K_{st} \times S^{1/2} \times S_m \times R_h^{2/3}$$

Avec :

$$K_{st} = 70$$

$$S = 2 \% = 0,02$$

$$b = 0,50 \text{ m}$$

$$n = 1,5$$

Pour un fossé trapézoïdal :

$$S_m = h(b + n.h)$$

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

$$R_h = S_m / P_m$$

Par itération, la hauteur théorique nécessaire pour évacuer le débit d'apport est très faible :

$$h \approx 0,033 \text{ m}$$

Cette valeur étant insuffisante du point de vue constructif et pratique, on adopte une hauteur minimale :

$$h = 0,50 \text{ m}$$

Vérification pour $h = 0,50 \text{ m}$:

$$S_m = 0,50 \times (0,50 + 1,5 \times 0,50)$$

$$S_m = 0,625 \text{ m}^2$$

$$P_m = 0,50 + 2 \times 0,50 \times \sqrt{1+1,5^2}$$

$$P_m = 2,303 \text{ m}$$

$$R_h = 0,625 / 2,303$$

$$R_h = 0,271 \text{ m}$$

$$Q_s = 70 \times 0,02^{1/2} \times 0,625 \times 0,271^{2/3}$$

$$Q_s = 2,59 \text{ m}^3/\text{s}$$

Comme :

$$Q_s = 2,59 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{\text{apport}} = 0,168 \text{ m}^3/\text{s}$$

le fossé trapézoïdal adopté est largement vérifié.

Les dimensions retenues sont donc :

$$b = 0,50 \text{ m}$$

$$h = 0,50 \text{ m}$$

$$\text{talus : } 1/n = 1/1,5$$

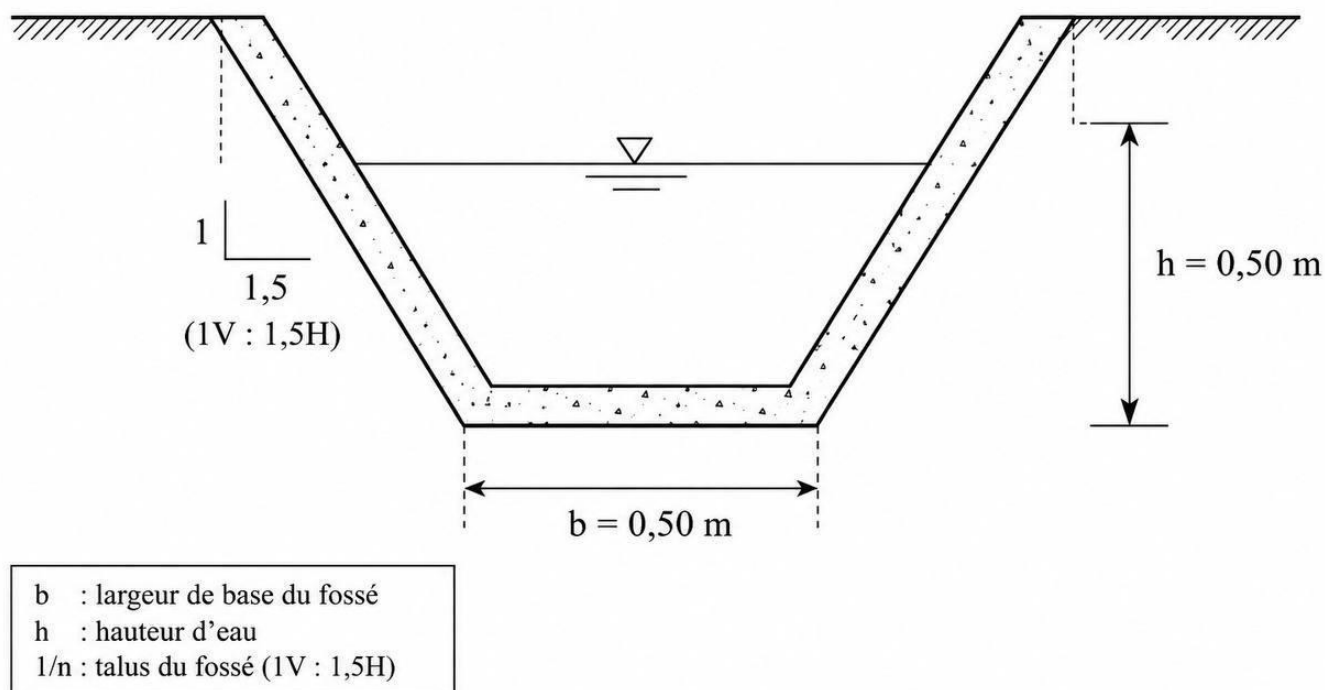


Figure VI.6 : Schéma final du fossé dimensionné ($h = 0,50$ m)

La figure VI.6 présente le profil final du fossé trapézoïdal retenu après le dimensionnement hydraulique. Les dimensions adoptées sont une largeur de base $b = 0,50$ m, une hauteur $h = 0,50$ m et des talus de pente $1V : 1,5H$. Cette géométrie assure une capacité d'évacuation suffisante des eaux de ruissellement tout en garantissant la stabilité des parois et la facilité d'exécution. Les vérifications hydrauliques effectuées ont confirmé que cette section répond aux exigences du projet et permet un écoulement satisfaisant sans risque de débordement.

Conclusion

L'étude hydraulique réalisée dans le cadre du présent projet a permis de définir les principaux ouvrages d'assainissement nécessaires à la protection de la plateforme routière et à l'évacuation des eaux de ruissellement.

Les calculs hydrologiques effectués sur les bassins versants identifiés le long du tracé ont conduit à la détermination des débits de projet, au prédimensionnement des buses et des dalots, ainsi qu'à la vérification de leur capacité hydraulique à travers différentes méthodes de contrôle.

Le dimensionnement du réseau d'assainissement longitudinal a également permis de retenir un fossé trapézoïdal adapté aux conditions du projet, garantissant une évacuation efficace des eaux superficielles et une protection durable de la chaussée contre les phénomènes d'infiltration et d'érosion. Les solutions retenues assurent ainsi la sécurité hydraulique de l'infrastructure, la pérennité des aménagements projetés et le bon fonctionnement du système d'assainissement sur l'ensemble du tronçon étudié.

ÉTUDE GÉOMÉTRIQUE

VI.1. Introduction

L'étude géométrique constitue une étape fondamentale dans la conception des infrastructures routières. Elle vise à définir les caractéristiques géométriques de la route tout en assurant la sécurité, le confort et la fluidité de la circulation des usagers.

Cette étude repose sur l'application des recommandations de l'Aménagement des Routes Principales (ARP) ainsi que des normes techniques en vigueur. Elle comprend principalement l'étude du tracé en plan, du profil en long et du profil en travers, qui permettent de définir la géométrie complète de la route.

Dans le cadre du projet de dédoublement de la RN18, l'étude géométrique a pour objectif d'adapter le tracé aux exigences de la vitesse de référence retenue, tout en tenant compte des contraintes topographiques, environnementales et fonctionnelles du site.

Les différents paramètres géométriques seront présentés et justifiés dans les sections suivantes afin de garantir la conformité du projet aux normes de conception routière et d'assurer un niveau de service satisfaisant pour les usagers.

VI.2. Type de route retenu selon la norme ARP

Le choix du type de route constitue une étape fondamentale dans l'étude géométrique, car il conditionne l'ensemble des paramètres de conception du projet conformément aux recommandations de l'Aménagement des Routes Principales (ARP).

Dans le cadre du projet de dédoublement de la **RN18**, le type de route retenu est **R80**. Ce choix est justifié par l'importance de l'itinéraire étudié, son rôle dans les échanges régionaux ainsi que par les prévisions de trafic établies dans l'étude de circulation.

La route projetée est classée dans la catégorie des routes principales à chaussées séparées (**2×2 voies**), destinées à assurer des conditions satisfaisantes de sécurité, de confort et de fluidité du trafic.

Le type **R80** présente plusieurs avantages :

- Il est adapté aux routes nationales supportant un trafic important ;
- Il permet d'assurer une meilleure continuité du tracé et un niveau de service élevé ;
- Il offre des conditions de circulation compatibles avec les exigences de sécurité routière ;
- La limitation de vitesse hors agglomération peut atteindre **110 km/h** pour ce type de route ;
- Il constitue une solution adaptée au développement futur du trafic sur la **RN18**.

La vitesse de base retenue pour la conception géométrique du projet est : **Vb = 80 km/h**

Ainsi, l'ensemble des paramètres géométriques du tracé en plan, du profil en long et du profil en travers sera défini conformément aux prescriptions de l'ARP applicables aux routes de type **R80**.

VI.3. Tracé en plan

VI.3.1. Définition

Le tracé en plan est la projection de l'axe de la route sur un plan horizontal. Il est constitué d'une succession d'alignements droits, de courbes circulaires et de courbes de raccordement permettant d'assurer la continuité géométrique de l'itinéraire.

Sa conception doit être réalisée conformément aux normes en vigueur afin de garantir des conditions satisfaisantes de circulation.

VI.3.2. Principes à respecter pour un bon tracé

Les normes utilisées dans notre projet sont celles définies par l'ARP. Leur application est indispensable lors de la conception du tracé afin d'assurer la sécurité, le confort et la fluidité de la circulation.

Pour obtenir un bon tracé, il est recommandé de respecter les principes suivants :

- Éviter autant que possible le franchissement des oueds afin de réduire les coûts des ouvrages d'art ;
- Contourner les zones forestières et les terrains présentant des contraintes environnementales importantes ;
- Limiter l'emprise sur les propriétés privées ;
- Adapter le tracé au relief naturel du terrain afin de réduire les volumes de terrassement ;
- Assurer un raccordement cohérent avec le réseau routier existant ;
- Respecter les normes géométriques en vigueur ;
- Prendre en considération la protection de l'environnement et l'intégration du projet dans son milieu naturel.

VI.3.3. Les composantes du tracé en plan

Le tracé en plan est constitué de trois éléments principaux permettant d'assurer la continuité géométrique de la route :

- Les alignements droits : ce sont les parties rectilignes du tracé. Ils offrent une bonne visibilité aux usagers et facilitent les manœuvres de dépassement.
- Les arcs de cercle : ils permettent le changement de direction de la route tout en assurant la stabilité des véhicules dans les virages.
- Les courbes de raccordement : elles assurent une transition progressive entre les alignements droits et les courbes circulaires afin d'améliorer le confort et la sécurité de conduite Géométriques et fonctionnelles de la route. L'association de ces différents éléments permet d'obtenir un tracé homogène, répondant aux exigences

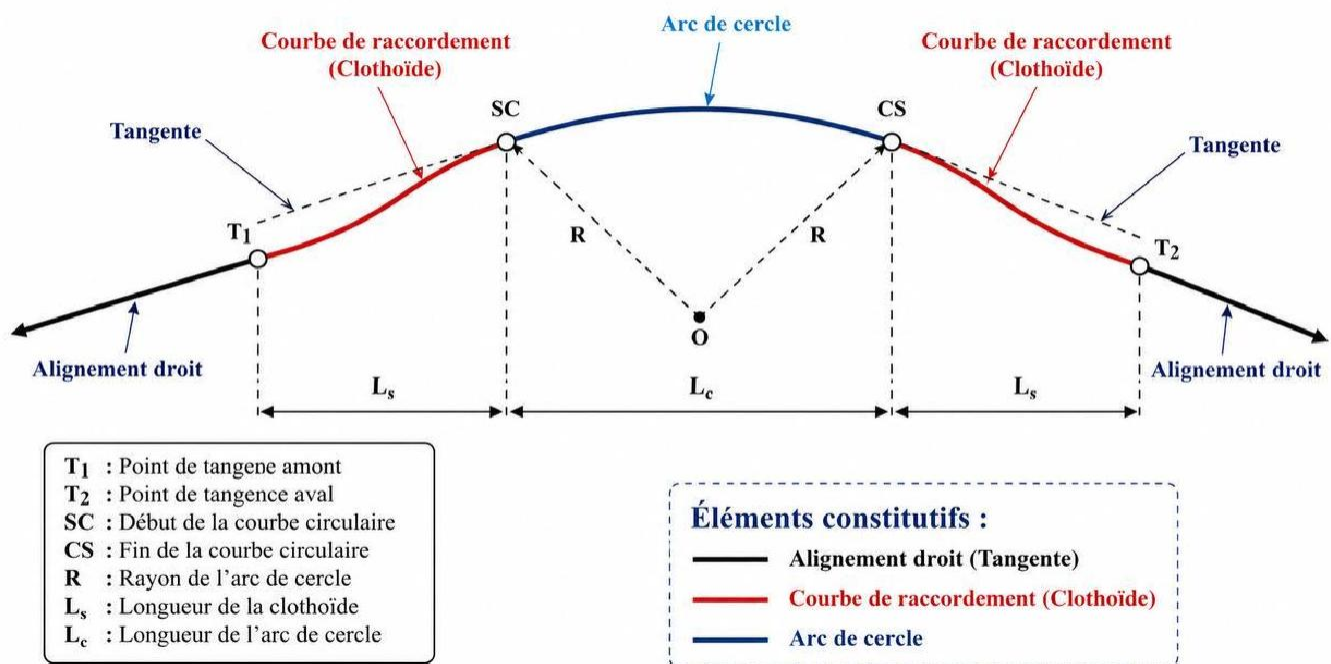


Figure VI.1 : Éléments constitutifs d'un tracé en plan.

VI.3.4. Recommandations de l'ARP

Selon les recommandations de l'Aménagement des Routes Principales (ARP), le tracé en plan doit être conçu de manière à garantir la sécurité, le confort et la fluidité de la circulation tout en respectant les caractéristiques géométriques du type de route retenu.

Dans notre projet, le type de route adopté est **R80** avec une vitesse de base : **$V_b = 80 \text{ km/h}$**

Les principaux paramètres géométriques retenus sont :

Rayon minimal : $R_m = 240 \text{ m}$;

Rayon au dévers minimal : $R_{dm} = 650 \text{ m}$;

Rayon minimal non déversé : $R_{nd} = 900 \text{ m}$;

Dévers maximal : $P_{max} = 7 \%$;

Dévers minimal : $P_{min} = 2,5 \%$.

Ces valeurs permettent de garantir la stabilité des véhicules et d'assurer une visibilité suffisante pour les usagers.

Pour une vitesse de base de 80 km/h , les rayons de courbure doivent être choisis de manière à respecter les seuils imposés par l'ARP. Ainsi :

Pour $R < 240 \text{ m}$: la courbe est non conforme ;

Pour $240 \text{ m} \leq R < 650 \text{ m}$: application du dévers maximal ;

Pour $650 \text{ m} \leq R < 900 \text{ m}$: dévers variable selon les conditions du tracé ;

Pour $R \geq 900 \text{ m}$: aucun dévers particulier n'est nécessaire.

Le tracé doit également comporter une proportion importante d'alignements droits afin d'assurer une bonne lisibilité de l'itinéraire et de faciliter les manœuvres de dépassement.

L'ensemble de ces recommandations a été pris en considération lors de l'élaboration du tracé du projet afin de garantir sa conformité aux exigences de l'ARP.

VI.3.5. Succession des courbes et des raccordements

Le raccordement entre les différents éléments du tracé en plan doit être réalisé de manière progressive afin d'assurer la sécurité et le confort des usagers.

Selon les recommandations de l'ARP, les cas suivants peuvent être rencontrés :

- Entre un alignement droit et une courbe circulaire ;
- Entre deux courbes circulaires de même sens ;
- Entre deux courbes circulaires de sens opposés.

Deux courbes de même sens doivent être séparées par un alignement droit dont la longueur minimale est donnée par :

$$L \geq 3 \times V_{85}$$

Où :

L : longueur minimale de l'alignement droit (m) ;

V₈₅ : vitesse de référence (m/s).

Pour une vitesse de référence de **90 km/h** :

$$V_{85} = 90 / 3,6 = 25 \text{ m/s}$$

$$L \geq 3 \times 25$$

DONC :

$$L \geq 75 \text{ m}$$

Ainsi, la longueur minimale retenue entre deux courbes de même sens est :

$$L = 75 \text{ m}$$

Il est recommandé d'éviter :

- Les courbes constituées d'arcs de cercle de rayons différents accolés ;
- Les courbes de même sens reliées par plusieurs arcs de clothoïde ;
- Les courbes dites « à sommet » provoquant des variations brusques de courbure.

Les courbes en « S » sont admises lorsqu'elles sont raccordées par deux clothoïdes successives ou lorsqu'elles sont séparées par un alignement droit suffisant.

Le respect de ces règles permet d'obtenir un tracé homogène, confortable et conforme aux prescriptions de l'ARP.

VI.4. Profil en long

VI.4.1. Introduction

Le profil en long est la représentation de l'axe de la route dans un plan vertical. Il permet de visualiser les variations altimétriques du terrain naturel ainsi que de la ligne de projet.

L'étude du profil en long a pour objectif d'assurer des conditions satisfaisantes de sécurité, de confort et de visibilité tout en recherchant un équilibre entre les déblais et les remblais.

La conception du profil en long doit tenir compte des caractéristiques du terrain, des contraintes d'exploitation ainsi que des recommandations de l'ARP afin de garantir un aménagement conforme aux exigences techniques du projet.

VI.4.2. Règles à respecter lors du tracé

La conception du profil en long doit respecter un ensemble de règles géométriques visant à assurer la sécurité, le confort et la fluidité de la circulation.

Les principales règles à respecter sont les suivantes :

- Éviter les déclivités excessives susceptibles de réduire les performances des véhicules lourds ;
- Assurer une visibilité suffisante pour permettre les manœuvres de dépassement et les arrêts d'urgence ;
- Limiter les changements brusques de pente par l'utilisation de raccordements paraboliques ;
- Rechercher un équilibre entre les volumes de déblais et de remblais afin de réduire les coûts de terrassement ;
- Assurer une évacuation correcte des eaux pluviales en évitant les points bas susceptibles de provoquer des stagnations d'eau ;
- Adapter le profil en long aux contraintes topographiques et environnementales du site ;
- Respecter les caractéristiques géométriques imposées par l'ARP pour une route de type R80.

Pour le présent projet, la vitesse de base retenue est : **$V_b = 80 \text{ km/h}$**

La conception du profil en long a donc été réalisée conformément aux prescriptions de l'ARP applicables aux routes de type R80 afin de garantir un niveau de service satisfaisant et des conditions optimales de sécurité.

VI.4.3. Éléments géométriques du profil

Le profil en long est constitué d'une succession d'alignements en pente reliés par des raccords paraboliques permettant d'assurer une transition progressive entre les différentes déclivités.

Les principaux éléments géométriques du profil en long sont :

- Les alignements en pente : ce sont les portions rectilignes caractérisées par une pente constante, ascendante ou descendante.
- Les raccords convexes (saillants) : ils assurent la liaison entre deux pentes de signes contraires ou de valeurs différentes en formant une courbe convexe.
- Les raccords concaves (rentrants) : ils permettent le passage progressif entre deux déclivités en formant une courbe concave.

Ces éléments sont conçus de manière à garantir une visibilité suffisante, un confort de conduite acceptable et une sécurité optimale pour les usagers.

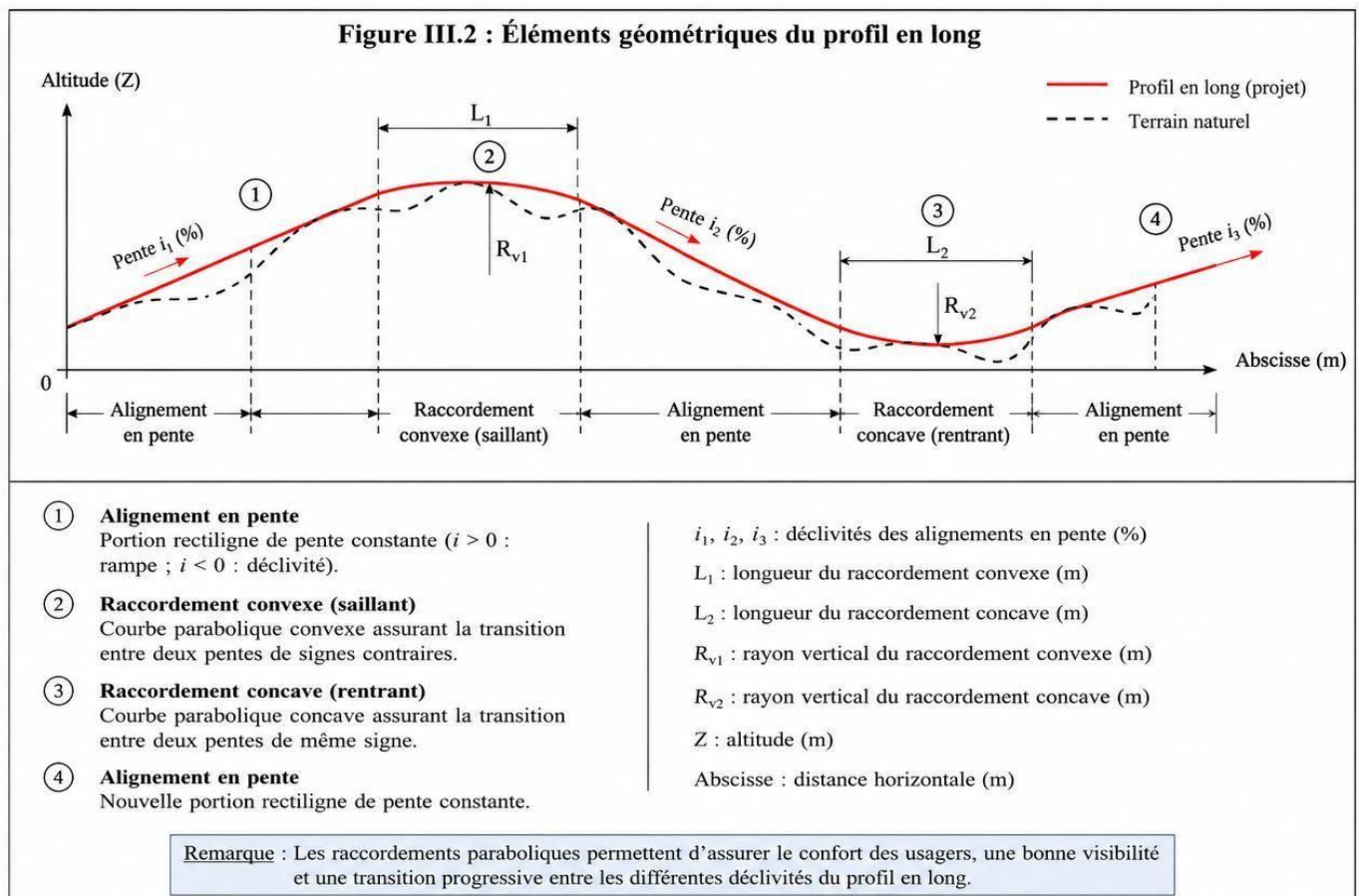


Figure VI.2 : Éléments géométriques du profil en long.

Figure III.3 : Visibilité sur un raccordement saillant (profil convexe)

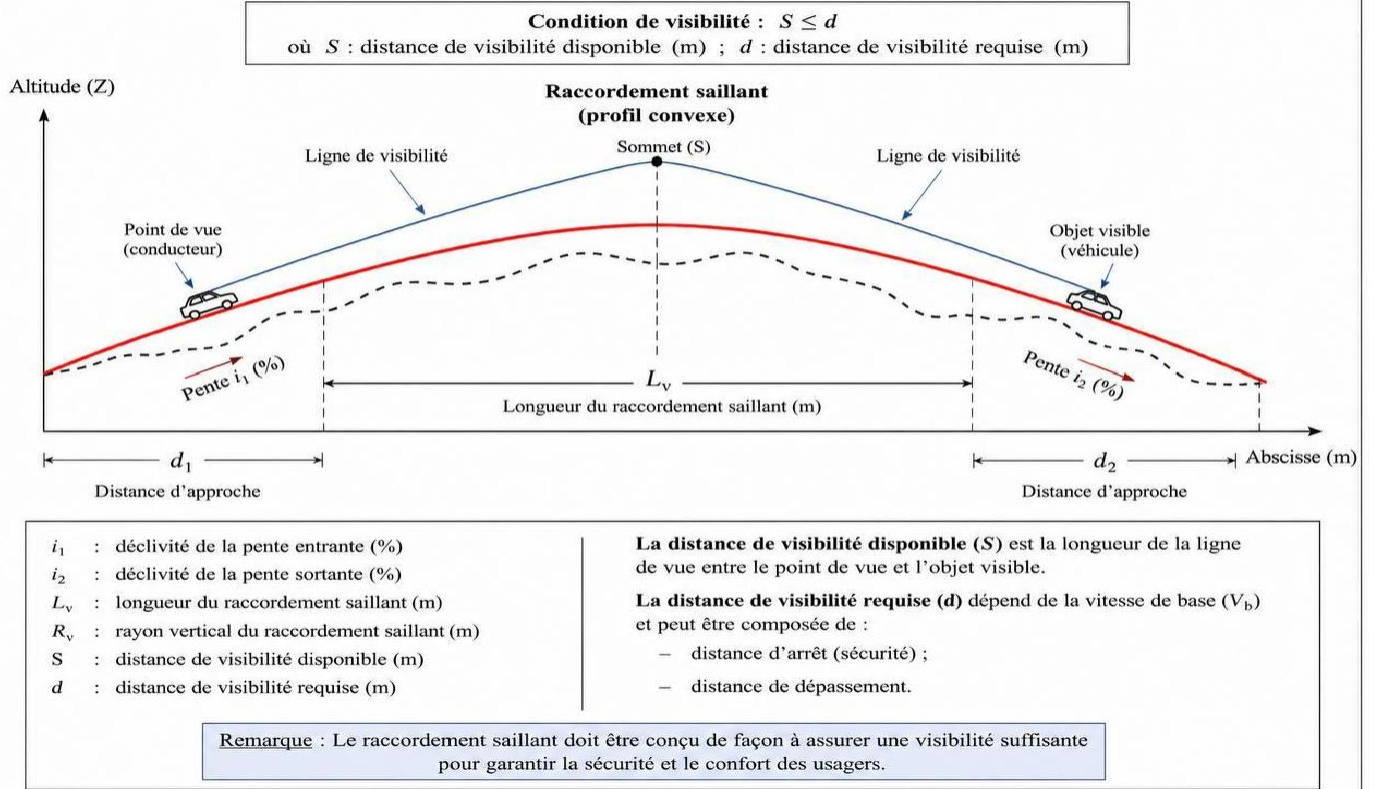


Figure VI.3 : Visibilité sur un raccordement saillant (profil convexe).

Figure III.4 : Visibilité sur un raccordement rentrant (profil concave)

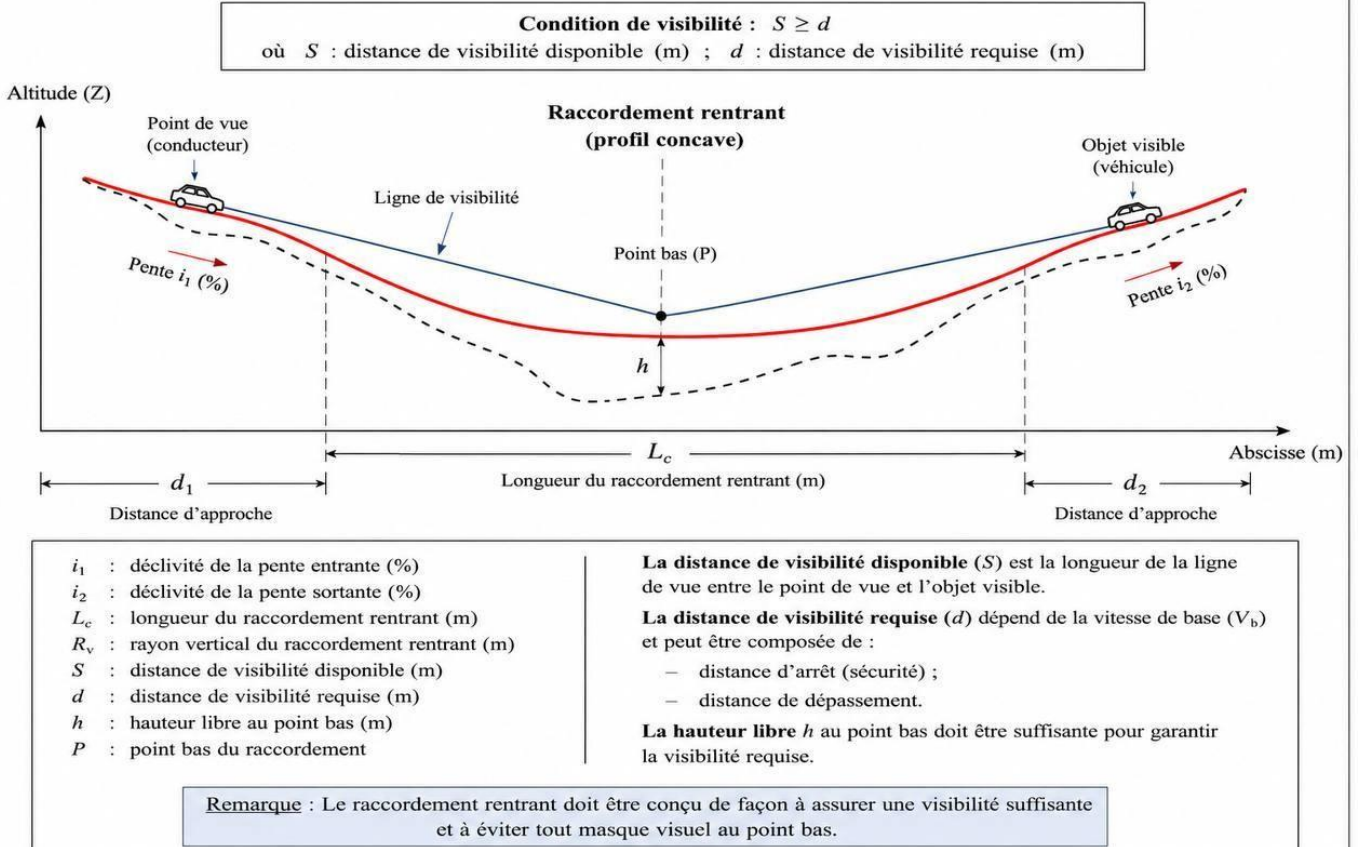


Figure VI.4 : Visibilité sur un raccordement rentrant (profil concave)

VI.4.4. Caractéristiques géométriques

Pour garantir à la fois le confort visuel et la sécurité dynamique des usagers, le profil en long doit respecter certains paramètres géométriques. Les limites à ne pas dépasser sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau III.2 : Caractéristiques limites des paramètres du profil en long

Catégorie de route	R60	R80 et T80	T100
Déclivité maximale	7 %	6 %	5 %
Rayon minimal en angle saillant (m)	1500	3000	6000
Rayon minimal en angle rentrant (m)	1500	2200	3000

Tableau VI.2 : Caractéristiques limites des paramètres du profil en long

Dans le cadre du présent projet, la route est classée de type R80. Par conséquent, les paramètres géométriques retenus sont :

- Déclivité maximale : 6 % ;
- Rayon minimal en angle saillant : 3000 m ;
- Rayon minimal en angle rentrant : 2200 m.

Ces valeurs garantissent des conditions satisfaisantes de visibilité, de sécurité et de confort pour les usagers tout en respectant les prescriptions de l'ARP

VI.4.5. Évacuation des eaux de ruissellement

Afin d'assurer un écoulement efficace des eaux de ruissellement sur et autour de la chaussée, il est recommandé d'adopter des pentes longitudinales minimales permettant d'éviter la stagnation des eaux et de garantir le bon fonctionnement des dispositifs d'assainissement.

Selon les recommandations de l'ARP :

- Une pente longitudinale minimale de 0,5 % est recommandée dans les zones où la pente transversale de la chaussée est faible, notamment lorsque des risques de verglas peuvent apparaître ;
- Une pente minimale de 0,2 % est admise dans les longues sections en déblai afin d'assurer un écoulement correct vers les ouvrages d'évacuation ;

-
- Une pente minimale de 0,2 % est également recommandée dans les sections en remblai équipées de dispositifs de drainage.

Le respect de ces valeurs permet d'éviter l'accumulation des eaux à la surface de la chaussée, de préserver la durabilité de la structure routière et d'améliorer la sécurité des usagers.

VI.4.6. Recommandations selon l'ARP

La conception du profil en long doit respecter les recommandations de l'ARP afin de garantir la sécurité des usagers, le confort de conduite ainsi qu'une exploitation optimale de l'infrastructure.

Dans le cadre du présent projet, les paramètres géométriques retenus correspondent à une route de type R80 avec une vitesse de base : $V_b = 80 \text{ km/h}$

Les principales recommandations à respecter sont les suivantes :

- Limiter les déclivités longitudinales à une valeur maximale de 6 %
- Assurer des raccordements verticaux progressifs entre les différentes pentes
- Respecter un rayon minimal de 3000 m pour les raccordements saillants
- Respecter un rayon minimal de 2200 m pour les raccordements rentrants
- Garantir les distances de visibilité compatibles avec la vitesse de base retenue
- Éviter les changements brusques de pente susceptibles de diminuer le confort et la sécurité des usagers
- Assurer un drainage efficace des eaux de ruissellement grâce à des pentes longitudinales adaptées.

L'application de ces recommandations permet d'obtenir un profil en long homogène, offrant des conditions satisfaisantes de sécurité, de visibilité et de confort tout en respectant les prescriptions de l'ARP applicables aux routes de type R80

VI.5. Profil en travers

VI.5.1. Définition

Le profil en travers est une coupe réalisée suivant un plan perpendiculaire à l'axe de la route.

Il permet de définir la disposition et les dimensions des différents éléments constituant la plateforme routière, tels que la chaussée, les accotements, le terre-plein central, les fossés ainsi que les talus de déblais et de remblais.

Le profil en travers joue un rôle essentiel dans la conception routière puisqu'il contribue à assurer la sécurité, le confort des usagers, le drainage des eaux de ruissellement et la stabilité de l'infrastructure.

VI.5.2. Types de profil en travers

Selon leur fonction dans l'étude routière, on distingue généralement trois types de profils en travers :

- Le profil en travers courant : il est établi à intervalles réguliers le long du tracé et sert principalement au calcul des terrassements (déblais et remblais).
- Le profil en travers type : il représente la géométrie théorique retenue pour le projet et précise les dimensions des différents éléments constituant la plateforme routière.

Le profil en travers particulier : il est utilisé dans les zones spécifiques telles que les carrefours, les ouvrages d'art ou les sections nécessitant un aménagement particulier.

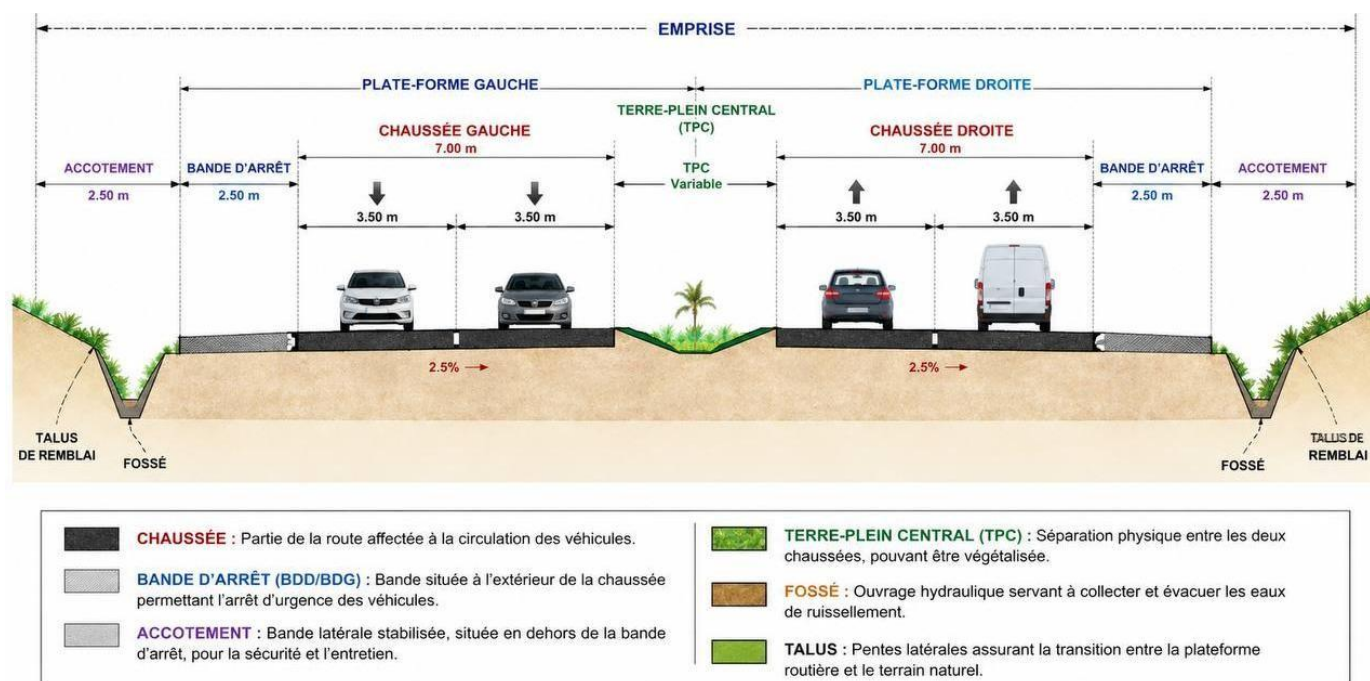


Figure VI.5 : Éléments constitutifs du profil en travers à 2×2 voies.

VI.5.3. Pentes transversales

Les pentes transversales jouent un rôle essentiel dans l'évacuation des eaux de ruissellement et dans la sécurité de circulation. Elles permettent d'éviter la stagnation des eaux sur la chaussée et d'améliorer l'adhérence des véhicules.

Les valeurs recommandées par l'ARP sont résumées dans le tableau suivant :

Pentes transversales	Accotement		Chaussée		Accotement	
	Berme	BDD (dont surlargeur de chaussée*)			BDD (dont surlargeur de chaussée*)	Berme
En alignement et courbe non déversée						
	8 %	2,5 % ou 4 % si revêtue 4 % si stabilisée	2,5 %	2,5 %	2,5 % ou 4 % si revêtue 4 % si stabilisée	8 %
En courbe déversée avec pente transversale ≤ 4 %						
	8 %	2,5 % ou 4 % si revêtue ⁽²⁾ 4 % si stabilisée	2,5 % < P ≤ 4 %		P ou 4 % si revêtue 4 % si stabilisée	8 %
En courbe déversée avec pente transversale > 4 %						
	8 %	1,5 % si revêtue ⁽²⁾ 2,5 % si stabilisée	P > 4 %		P	8 %

* Surlargeur de chaussée incluse dans la BDD.

(2) Dans le cas des BDD revêtues en enrobés, la pente peut être portée à 4 % si la largeur de cette BDD est suffisante pour assurer l'évacuation.

* Surlargeur de chaussée incluse dans la BDD.

(2) Dans le cas des BDD revêtues en enrobés, la pente peut être portée à 4 % si la largeur de cette BDD est suffisante pour assurer l'évacuation.

VI.5.4. Application au projet

Conformément aux prescriptions des normes ARP en vigueur, le profil en travers du nouvel axe projeté dans le cadre du dédoublement de la RN18 est dimensionné de manière à assurer la fluidité du trafic, la sécurité des usagers ainsi que le confort de circulation.

Le projet étant conçu en 2x2 voies, le profil en travers type comporte deux chaussées séparées par un terre-plein central, avec les bandes dérasées, les bermes et les accotements nécessaires à l'exploitation et à la sécurité de l'infrastructure.

Les éléments constitutifs et les dimensions retenues pour le profil en travers type du nouvel axe sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Description	Largeur unitaire (m)	Nombre	Largeur totale (m)
Voie de circulation (2×2 voies)	3,50	4	14,00
Bande dérasée de gauche (B.D.G.)	0,50	2	1,00
Bande médiane (B.M.)	0,60	1	0,60
Terre-plein central (T.P.C.)	1,60	1	1,60
Berme	1,00	2	2,00
Bande dérasée de droite (B.D.D.)	2,00	2	4,00
Accotement stabilisé	3,00	2	6,00
Total largeur plateforme			21,60 m

Tableau VI.5 : Caractéristiques du profil en travers type

La largeur totale de la plateforme sera retenue conformément au profil type validé dans les documents techniques du projet

CONCEPTION DES CARREFOURS

VI.1. Introduction Générale

Les carrefours constituent des éléments essentiels du réseau routier où plusieurs voies de circulation se rencontrent. Ils assurent la continuité des déplacements, facilitent les changements de direction et permettent la répartition des flux de trafic entre les différents axes.

Du point de vue fonctionnel, les carrefours contribuent à améliorer la fluidité de la circulation tout en garantissant un niveau de sécurité satisfaisant pour les usagers. Cependant, en raison des multiples mouvements de circulation qui s'y croisent, ils représentent des points sensibles nécessitant une conception rigoureuse.

On distingue généralement deux grandes catégories de carrefours :

- Les carrefours à niveau, où les mouvements de circulation se croisent sur un même plan.
- Les carrefours dénivelés, où les flux sont séparés verticalement à l'aide d'ouvrages spécifiques afin de réduire les conflits de circulation.

Le choix du type de carrefour dépend principalement du trafic, de la vitesse de référence, des contraintes topographiques, des conditions de sécurité ainsi que des objectifs d'exploitation de la route.

VI.2. Typologie des Carrefours

La typologie des carrefours repose sur plusieurs critères, notamment le type d'aménagement (à niveau ou dénivelé), le nombre de branches, la forme géométrique, le régime de priorité ainsi que la nature des routes concernées. Le choix du type de carrefour influence directement la sécurité des usagers, la fluidité du trafic et le coût des aménagements. Chaque configuration répond à des conditions d'exploitation et à des niveaux de trafic spécifiques.

VI.2. Typologie des Carrefours

La typologie des carrefours repose sur plusieurs critères, notamment le type d'aménagement (à niveau ou dénivelé), le nombre de branches, la forme géométrique, le régime de priorité ainsi que la nature des routes concernées. Le choix du type de carrefour influence directement la sécurité des usagers, la fluidité du trafic et le coût des aménagements. Chaque configuration répond à des conditions d'exploitation et à des niveaux de trafic spécifiques.

VI.2.1. Carrefours à niveau (ou plans)

Les carrefours à niveau sont les plus répandus dans les réseaux routiers. Ils se caractérisent par le croisement des différents mouvements de circulation sur un même plan. Leur conception dépend principalement du trafic, de la vitesse de référence et des conditions de sécurité.

- Le carrefour à forme irrégulière : ce type de carrefour est généralement évité dans les projets modernes en raison des difficultés d'exploitation et des risques de conflits entre usagers.

VI.2.2. Carrefours dénivelés (échangeurs)

Les carrefours dénivelés sont des aménagements où les flux de circulation sont séparés

verticalement au moyen de ponts, viaducs ou tunnels, ce qui permet d'éliminer les croisements directs entre véhicules.

- Les échangeurs simples : assurent la liaison entre deux axes sans croisement à niveau et sont couramment utilisés sur les autoroutes et voies rapides.



Figure VI.5 : Échangeur simple

- Les échangeurs complexes : comportent plusieurs niveaux et plusieurs bretelles de raccordement. Ils sont adaptés aux intersections entre axes à fort trafic nécessitant une grande capacité de circulation.

VI.2.3. Classification fonctionnelle selon le type de route

Le choix du type de carrefour doit être cohérent avec la catégorie de la route concernée. Chaque niveau du réseau routier nécessite des aménagements adaptés afin d'assurer la sécurité, la fluidité du trafic et la cohérence fonctionnelle de l'itinéraire. Cette classification permet d'adapter le type de carrefour aux caractéristiques fonctionnelles de chaque route, d'améliorer la sécurité des usagers, d'assurer une meilleure fluidité du trafic et de garantir une exploitation efficace du réseau routier.

Catégorie de route (en Algérie)	Type de carrefour recommandé
T1 Liaison entre les grands centres économiques et les grands pôles industriels.	Échangeur uniquement (aucun croisement à niveau n'est admis).
T2 Liaison entre les pôles d'industries de transformation et raccordement au réseau principal.	Échangeur ou demi-échangeur, accès très contrôlés.
T3 Liaison entre les chefs-lieux de wilayas et de daïras non desservis par T1 et T2.	Giratoire, carrefour plan aménagé, ou carrefour avec tourne-à-gauche selon le trafic.
T4 Liaison entre les centres de vie et les chefs-lieux de daïra.	Carrefour plan, carrefour en T, carrefour en croix ou giratoire compact.
T5 Routes et pistes ne faisant pas partie des catégories précédentes.	Carrefour simple en T, en croix, ou accès local aménagé.

**Tableau VI.1 : Classification des routes en Algérie
et types de carrefours recommandés**

VI.3. Le carrefour giratoire

Le carrefour giratoire est un aménagement à niveau où la circulation s'effectue autour d'un îlot central dans un sens unique. Les véhicules entrants cèdent la priorité à ceux déjà engagés sur l'anneau, ce qui améliore la sécurité, réduit les conflits et favorise la fluidité du trafic.

VI.3.1. Éléments constitutifs

Un giratoire comprend les éléments principaux suivants :

- L'îlot central : élément central destiné à canaliser les mouvements et à réduire les vitesses.
- La chaussée annulaire : voie circulaire assurant la circulation autour de l'îlot central.
- Les branches d'entrée et de sortie : permettent l'accès et la sortie des véhicules tout en garantissant des conditions de sécurité satisfaisantes.
- Les îlots séparateurs : assurent le guidage des véhicules et facilitent leur insertion dans l'anneau.

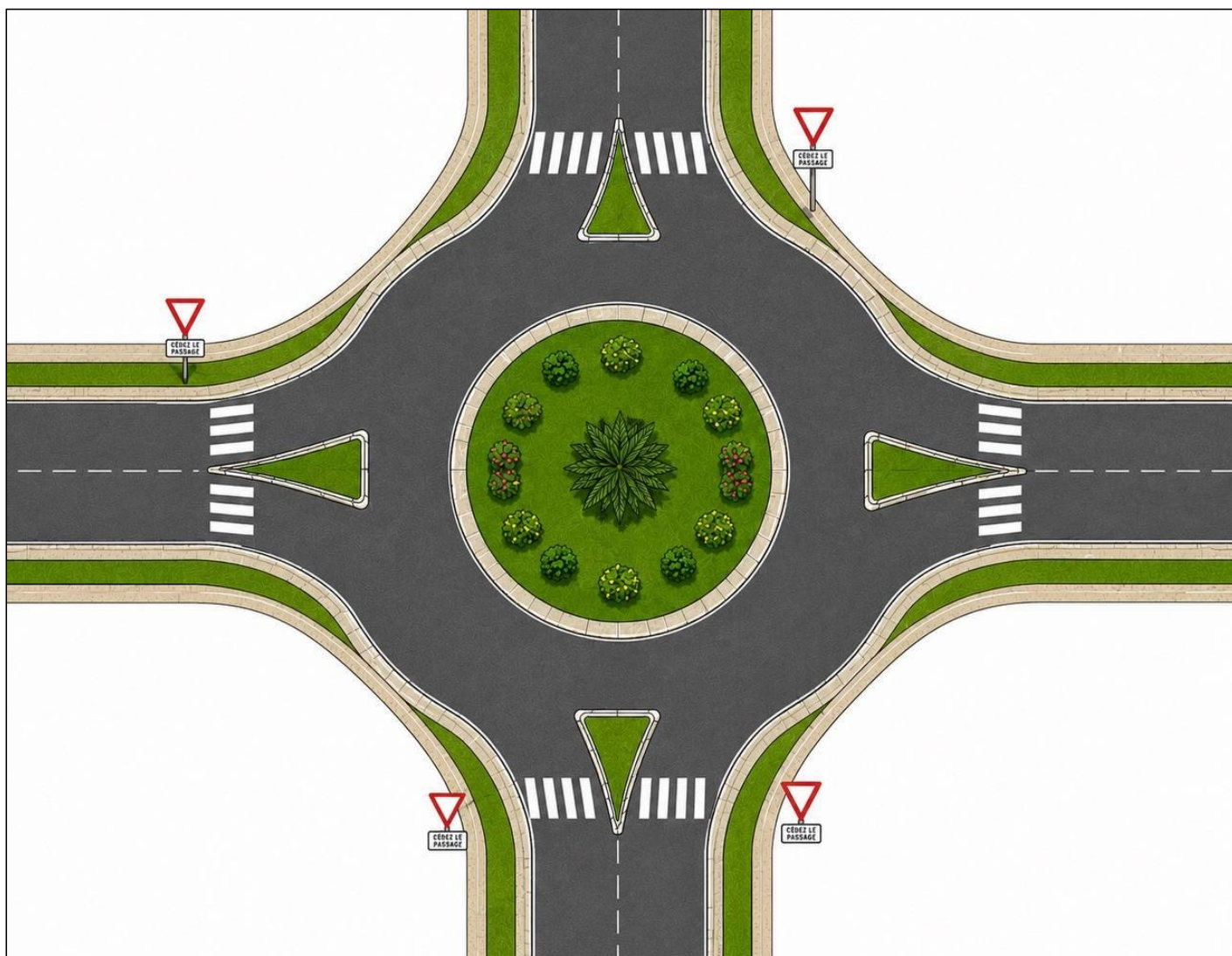


Figure VI.7 : Éléments constitutifs d'un carrefour giratoire

VI.3.2. Dimensionnement pour 2×2 voies

Le dimensionnement d'un giratoire dépend principalement du trafic, du type de véhicules et de la configuration géométrique des voies raccordées. Dans le cas d'une route à 2×2 voies, les recommandations générales sont les suivantes :

- Rayon extérieur du giratoire : supérieur à 25 m.
- Largeur de la chaussée annulaire : comprise entre 8 et 10 m.
- Branches d'accès dimensionnées pour assurer une insertion fluide des véhicules.
- Visibilité suffisante sur l'anneau et aux points d'entrée.

VI.3.3. Fonctionnement et sécurité

Le carrefour giratoire constitue une solution efficace pour améliorer la sécurité routière et fluidifier la circulation. Grâce à l'élimination des conflits frontaux et à la réduction des vitesses d'approche, il contribue à diminuer le risque et la gravité des accidents. Sur les routes à 2×2 voies, une bonne visibilité, une signalisation adaptée et une canalisation correcte des mouvements sont indispensables pour assurer un fonctionnement sûr et efficace du giratoire.

VI.4. Application au projet

Dans le cadre du projet de dédoublement de la RN18 entre PK58+000 et PK73+000, plusieurs points de raccordement avec le réseau routier existant ont été identifiés le long de l'axe étudié. Afin d'assurer la fluidité du trafic, la sécurité des usagers et la continuité des échanges avec les voies secondaires, l'aménagement de carrefours adaptés a été retenu aux principaux points d'intersection.

Les carrefours projetés permettent de relier la RN18 aux différentes voies locales et régionales desservant les agglomérations avoisinantes. Leur conception a été réalisée conformément aux recommandations de l'ARP en tenant compte du trafic prévisionnel, des conditions de visibilité et des caractéristiques géométriques de la route .

VI.5. Caractéristiques géométriques des carrefours giratoires

Les caractéristiques géométriques des carrefours giratoires sont définies conformément aux recommandations techniques relatives à l'aménagement des carrefours interurbains. Elles concernent principalement les dimensions de l'anneau circulaire, les rayons d'entrée et de sortie, les largeurs des voies ainsi que les îlots séparateurs. Ces paramètres ont pour objectif d'assurer un écoulement fluide du trafic, de réduire les vitesses d'approche et d'améliorer la sécurité des usagers.

Paramètre	Notations	Paramétrage	Valeurs courantes (en m)			
			$R_g = 12$	$R_g = 15$	$R_g = 20$	$R_g = 25$
Rayon du giratoire	R_g	$12 \text{ m} \leq R_g \leq 25 \text{ m}$	12	15	20	25
Largeur de l'anneau	ℓ_a	$6 \text{ m} \leq \ell_a \leq 9 \text{ m}$	7	7	7	8
Surlargeur franchissable	s_{lf}	$1,5 \text{ m si } R_g \leq 15 \text{ m}$	1,5	1,5	—	—
Rayon inférieur	R_i	$R_i = R_g - \ell_a - s_{lf}$	3,5	6,5	13	18
Rayon d'entrée*	R_e	$10 \text{ m} \leq R_e \leq 15 \text{ m et } \leq R_g$	12	15	15	15
Largeur de la voie entrante	ℓ_e	$\ell_e = 4 \text{ m}$	4	4	4	4
Rayon de sortie*	R_s	$15 \text{ m} \leq R_s \leq 30 \text{ m et } > R_i$	15	20	20	20
Largeur de la voie sortante	ℓ_s	$4 \text{ m} \leq \ell_s \leq 5 \text{ m}$	4	4	4,5	5
Rayon de raccordement	R_r	$R_r = 4 R_g$	48	60	80	100

Tableau VII.2 : Synthèse des paramètres géométriques pour la conception des voies d'entrée et de sortie des giratoires

Les valeurs présentées dans le tableau constituent des références de conception permettant d'assurer un dimensionnement cohérent des carrefours giratoires et une adaptation optimale aux conditions de circulation du projet.

VI.5.1. Paramètres géométriques des îlots séparateurs

Les îlots séparateurs constituent des éléments essentiels dans la conception des carrefours giratoires. Ils assurent le guidage des véhicules, améliorent la lisibilité de l'aménagement et renforcent la sécurité des usagers en séparant clairement les flux de circulation. Leurs dimensions sont définies en fonction du rayon du giratoire et des recommandations techniques applicables.

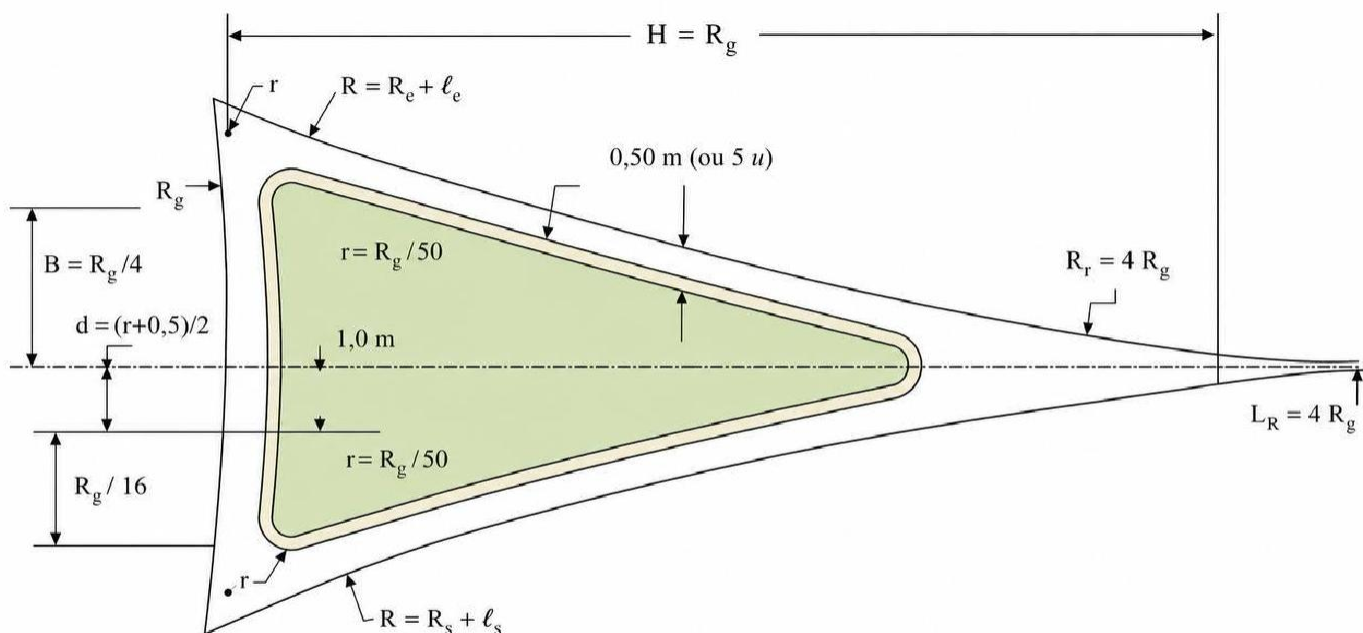


Figure VII.8 : Caractéristiques géométriques des îlots séparateurs

Les principales dimensions géométriques adoptées pour les îlots séparateurs sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau VII.3 : Synthèse des paramètres géométriques pour la conception des îlots séparateurs

Paramètre	Notation	Paramétrage	Valeurs courantes (en m)			
			$R_g < 15$	$R_g = 15$	$R_g = 20$	$R_g = 25$
Rayon giratoire	R_g	—	< 15	15	20	25
Hauteur du triangle de construction	H	$H = R_g$	12 à 15	15	20	25
Base du triangle de construction	B	$B = R_g / 4$	3 à 3,75	3,75	5,00	6,25
Départ de l'îlot sur l'axe	d	$d = (0,5 + R_g / 50) / 2$ ou 0	0	0,40	0,45	0,50
Rayon de raccordement des bordures	r	$r = R_g / 50$	0,25	0,30	0,40	0,50

Remarque : les valeurs présentées constituent des références recommandées pour la conception des îlots séparateurs.

Tableau VI.3 : Synthèse des paramètres géométriques pour la conception des îlots séparateurs

VI.5.2. Cas des routes à deux chaussées

Pour les routes à deux chaussées, il est généralement recommandé d'adopter un rayon de giratoire de 25 m afin d'assurer une bonne fluidité de circulation et un niveau de sécurité satisfaisant. La largeur de la chaussée annulaire ne doit toutefois pas être inférieure à 6 m.

VI.6. Résultats de conception pour le giratoire

Sur la base des recommandations techniques et des caractéristiques de la route étudiée, les paramètres géométriques du giratoire ont été retenus en considérant un rayon de giratoire de 25 m. Les dimensions finales adoptées pour les différents éléments constitutifs du giratoire sont récapitulées dans le tableau suivant.

Tableau VII.4 : Paramètres géométriques récapitulatifs pour la conception d'un giratoire

Élément concerné	Notation	Valeur
Rayon du giratoire	R_g	25
Largeur de l'anneau	ℓ_a	8
Rayon intérieur	R_i	18
Rayon d'entrée	R_e	15
Largeur de la voie entrante	ℓ_e	4
Rayon de sortie	R_s	20
Largeur de la voie sortante	ℓ_s	5
Rayon de raccordement	R_r	100
Hauteur du triangle de l'îlot	H	25
Base du triangle de l'îlot	B	6,25
Départ de l'îlot sur l'axe	d	0,50
Rayon de raccordement des bordures	r	0,50

Tableau VI.4 Paramètres géométriques récapitulatifs pour la conception d'un giratoire

OUVRAGES D'ART

VIII.1. Introduction

Les ouvrages d'art sont des structures destinées à assurer le franchissement d'obstacles naturels ou artificiels rencontrés le long d'un tracé routier, tels que les oueds, les voies de communication ou les zones à forte dénivellation. Ils contribuent à la continuité de l'itinéraire, à la sécurité des usagers et à la protection de l'infrastructure routière.

Selon leur fonction, les ouvrages d'art peuvent prendre différentes formes, notamment les ponts, les viaducs, les tunnels, les murs de soutènement et les ouvrages hydrauliques. Leur conception dépend des contraintes topographiques, géotechniques, hydrauliques et des exigences d'exploitation de la route.

VIII.2. Conception des ouvrages d'art

La conception des ouvrages d'art vise à garantir la sécurité, la durabilité et le bon fonctionnement de l'infrastructure tout au long de sa durée de vie. Elle doit prendre en considération les caractéristiques du site, les conditions géotechniques et hydrauliques ainsi que les exigences d'exploitation de la route.

Deux aspects principaux interviennent dans la conception des ouvrages d'art :

- Les exigences fonctionnelles, liées aux performances attendues de l'ouvrage en matière de franchissement, de résistance et de sécurité des usagers ;
- Les exigences environnementales, qui tiennent compte des contraintes naturelles du site, de l'intégration de l'ouvrage dans son environnement et du respect des réglementations en vigueur.

La conception d'un ouvrage d'art repose principalement sur plusieurs critères fondamentaux :

- La sécurité des usagers ;
- L'optimisation économique du projet ;
- La stabilité structurelle et géotechnique ;
- Les conditions et délais de réalisation ;
- Le respect des contraintes environnementales et réglementaires.

VIII.3. Gabarits à respecter

Le gabarit correspond à l'espace libre minimal à préserver autour ou au-dessus de la voie franchie afin d'assurer la circulation en toute sécurité des usagers et des véhicules. Sa valeur dépend de la nature de l'infrastructure concernée ainsi que des prescriptions réglementaires en vigueur.

En Algérie, les gabarits généralement adoptés sont les suivants :

- Autoroutes et routes express : gabarit libre de 5,25 m ;
- Routes ordinaires : gabarit compris entre 4,50 m et 4,80 m ;

-
- Voies ferrées : gabarit libre de 6,20 m.

VIII.4. Choix des types d'ouvrages

Le choix du type d'ouvrage d'art constitue une étape essentielle de la conception. Il doit répondre aux exigences techniques, économiques et environnementales du projet tout en garantissant la sécurité, la durabilité et la fonctionnalité de l'ouvrage.

Plusieurs paramètres interviennent dans ce choix, notamment :

- La nature du sol et les conditions géotechniques ;
- Le gabarit à respecter pour la voie franchie ;
- Le profil en long de la chaussée ;
- La portée à franchir ;
- La possibilité d'implanter des appuis intermédiaires.

En fonction des caractéristiques du site et de la portée à franchir, différentes solutions peuvent être envisagées :

- Les ponts à poutres, adaptés aux portées courantes et largement utilisés dans les projets routiers ;
- Les ponts voûtés, utilisés dans certaines configurations particulières ;
- Les ponts en arc, adaptés aux grandes portées ;
- Les ponts suspendus, destinés aux franchissements exceptionnels ;
- Les ponts haubanés, utilisés pour les longues portées et les ouvrages de grande importance.

Le choix final repose sur une analyse comparative prenant en compte les performances techniques, le coût de réalisation, les conditions d'entretien, la durabilité et l'intégration de l'ouvrage dans son environnement.

VIII.5. Solution technique retenue

Après l'analyse des contraintes topographiques, géotechniques et hydrauliques rencontrées le long du tracé étudié, les solutions techniques des ouvrages d'art ont été définies de manière à garantir la sécurité des usagers, la stabilité des structures et la continuité de l'infrastructure routière.

Le choix des ouvrages retenus repose sur plusieurs critères, notamment les caractéristiques du terrain naturel, les portées à franchir, les conditions hydrauliques, les exigences d'exploitation de la route ainsi que les aspects économiques liés à la réalisation et à l'entretien des ouvrages.

Pour chaque site identifié, une solution technique adaptée a été recherchée afin d'assurer un comportement structurel satisfaisant et une intégration optimale dans l'environnement du projet. Les caractéristiques des principaux ouvrages retenus seront récapitulées dans le tableau suivant.

VIII.6. Conclusion

L'étude des ouvrages d'art a permis d'identifier les critères essentiels intervenant dans le choix des solutions de franchissement. Les différentes typologies d'ouvrages ont été analysées en tenant compte des contraintes géométriques, géotechniques, hydrauliques et environnementales propres au projet.

Les solutions retenues visent à assurer la sécurité des usagers, la durabilité des structures et la continuité de l'itinéraire dans les meilleures conditions d'exploitation. Elles constituent ainsi une réponse adaptée aux exigences techniques et fonctionnelles du projet de dédoublement de la RN18.

CUBATURES

IX.1. Introduction

La réalisation d'un projet routier nécessite généralement une modification du terrain naturel afin de permettre l'implantation correcte de l'infrastructure projetée. Ces modifications apparaissent principalement à travers les opérations de déblais et de remblais nécessaires à l'obtention du profil de la route.

Les terrassements peuvent être réalisés de deux manières :

- Par apport de matériaux pour constituer des remblais servant de support à la chaussée ;
- Par excavation des terrains situés au-dessus du niveau projeté afin de réaliser les déblais.

L'évaluation des volumes de terre à déplacer constitue une étape essentielle dans la conception et la réalisation des projets routiers. Cette opération est appelée calcul des cubatures de terrassement.

IX.2. Définition

IX.2.1. Cubatures

Les cubatures correspondent à l'estimation des volumes de déblais et de remblais nécessaires à la réalisation du projet. Elles permettent de quantifier les mouvements de terre et d'assurer l'équilibre des travaux de terrassement.

Le calcul des cubatures repose principalement sur :

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

La précision des résultats dépend directement de la qualité des données topographiques et du nombre de profils utilisés pour représenter les variations du terrain naturel.

IX.2.2 Terrassements

Les terrassements regroupent l'ensemble des opérations visant à modifier le terrain naturel afin de l'adapter aux exigences du projet routier. Ils comprennent principalement les travaux de déblais et de remblais nécessaires à la réalisation de la plateforme.

IX.2.2.1 Classification des terrassements

Les terrassements peuvent être classés en deux grandes catégories :

- Terrassements à grands volumes : réalisés dans les projets d'infrastructures importantes telles que les routes, les voies ferrées ou les barrages.
- Terrassements à faibles volumes : rencontrés dans les travaux de tranchées, fondations et réseaux divers.

Le choix des méthodes de terrassement dépend principalement des caractéristiques physiques et mécaniques du sol.

IX.2.2.2 Classification des terrains

Selon leur résistance à l'excavation, les terrains peuvent être classés comme suit :

- **Sol meuble** : facile à extraire et à mettre en œuvre.
- **Sol moyennement rocheux** : nécessitant des moyens d'excavation plus importants.
- **Sol rocheux** : terrain difficile à excaver pouvant nécessiter des équipements spécifiques.

IX.2.2.3 Cubatures des terrassements

Les cubatures de terrassement correspondent à l'évaluation des volumes de déblais et de remblais nécessaires à la réalisation du projet. Elles permettent d'estimer les quantités de matériaux à déplacer et d'assurer l'équilibre des mouvements de terre. Le calcul des cubatures repose principalement sur :

IX.3. Méthodes de calcul de cubature

Le calcul des cubatures permet de déterminer les volumes de déblais et de remblais nécessaires à la réalisation d'un projet routier. Il repose sur l'exploitation des profils en travers et sur l'estimation des volumes compris entre deux profils successifs.

Le principe général consiste à mesurer les surfaces de déblais (SD) et de remblais (SR) sur chaque profil, puis à calculer les volumes correspondants sur l'ensemble du tracé.

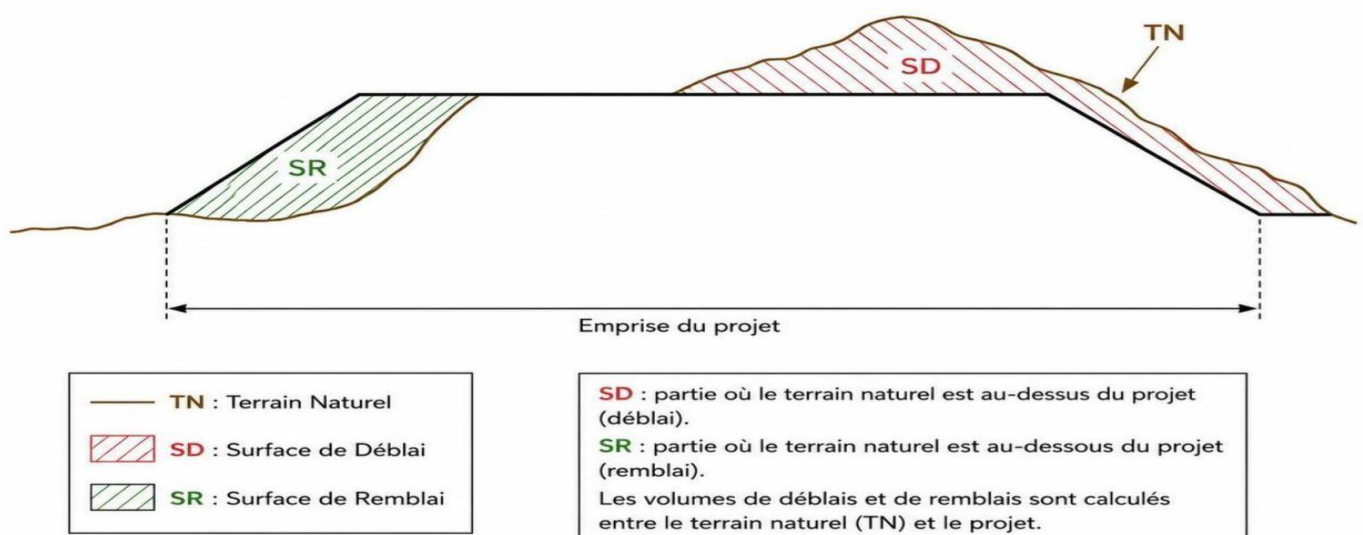


Figure IX.1 : Les cubatures

Avec :

- TN : Terrain Naturel • SD : Surface de Déblai • SR : Surface de Remblai.

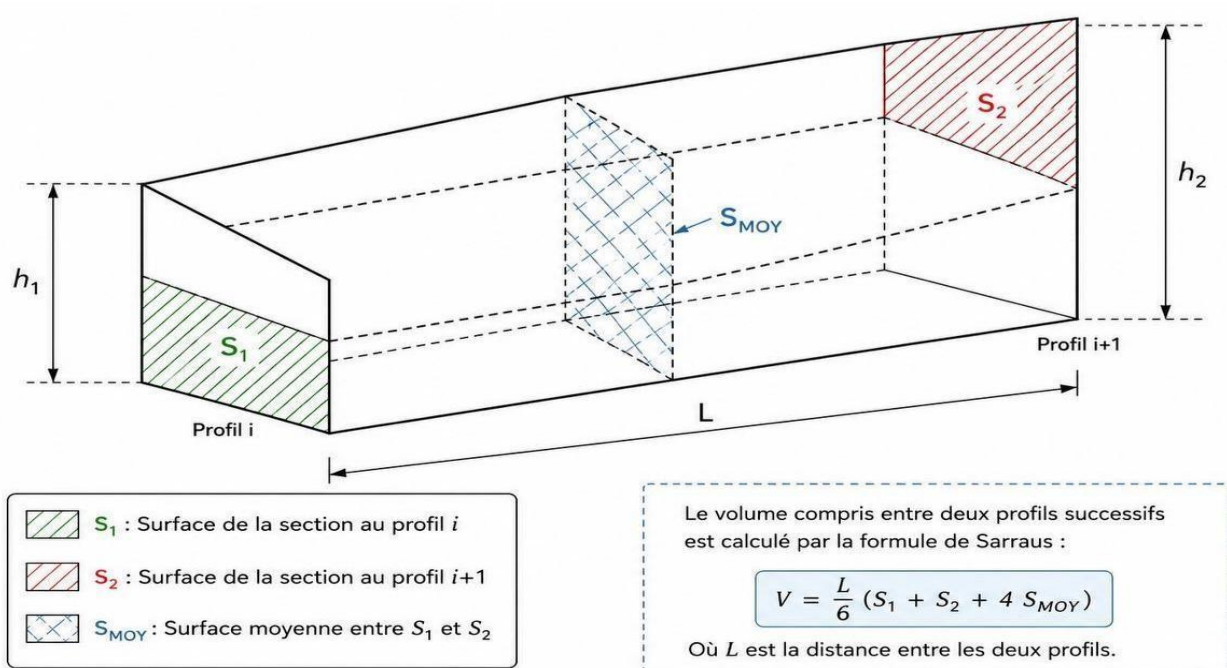
IX.3.1. Formule de Sarraus

La méthode de Sarraus est l'une des méthodes les plus utilisées pour le calcul des volumes entre deux profils successifs. Elle repose sur la prise en compte des surfaces extrêmes ainsi que de la surface moyenne intermédiaire.

La formule générale s'écrit :

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

- V : volume compris entre deux profils ;
- L : distance entre les profils ;
- S_1 et S_2 : surfaces des profils extrêmes ;
- S_m : surface moyenne.



L'application de cette méthode sur une succession de profils permet d'obtenir le volume global de déblais

ou de remblais du projet.

Figure IX.3 : Application de la méthode de Sarraus sur une série de profils

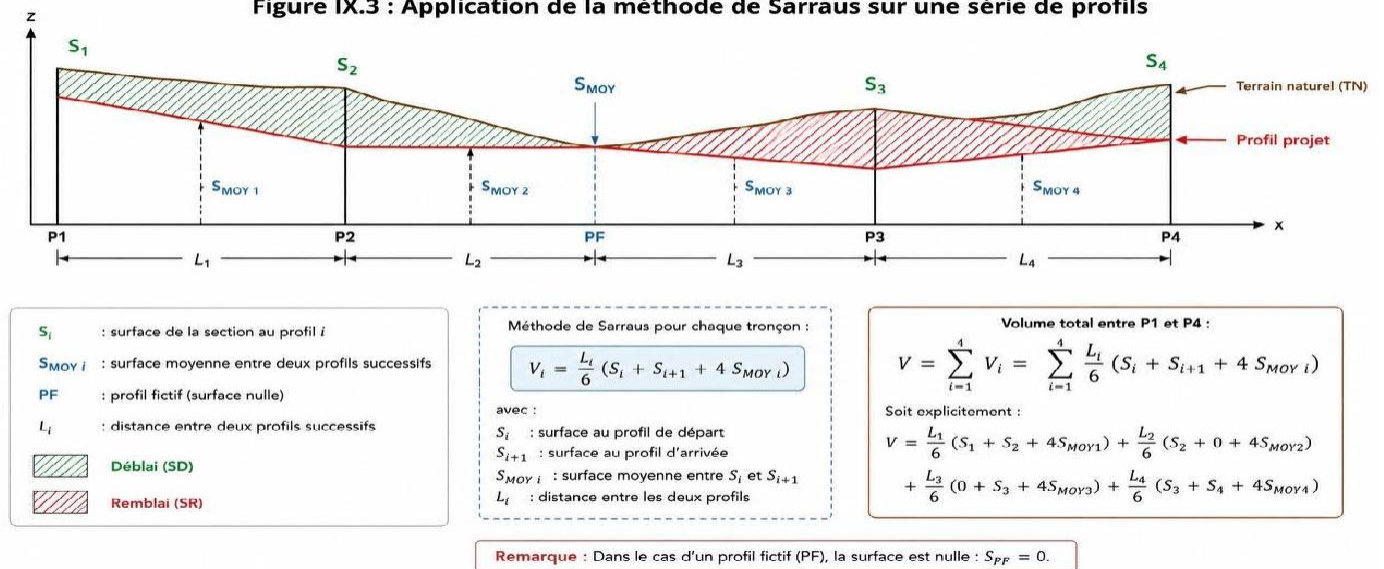


Figure IX.3 : Application de la méthode de Sarraus sur une série de profils

IX.3.2. Méthode de Gulden

La méthode de Gulden repose sur l'évaluation des surfaces et des dimensions des profils en tenant compte de la géométrie réelle du terrain. Elle permet une estimation plus représentative des volumes lorsque les variations du relief sont importantes.

Cette méthode considère la répartition spatiale des matériaux le long du tracé et améliore la précision des calculs dans certaines configurations particulières du terrain.

IX.3.3. Méthode linéaire

La méthode linéaire est une approche simplifiée consistant à calculer les volumes à partir des sections moyennes et de la longueur des tronçons considérés. Elle est principalement utilisée lorsque les profils successifs présentent des variations limitées.

Bien que moins précise que les méthodes basées sur les profils détaillés, elle reste adaptée aux tracés relativement réguliers.

IX.4. Application au projet

Les résultats détaillés des cubatures obtenues sont présentés dans les tableaux et figures suivants.

Résumé des volumes obtenus

Les volumes de terrassement calculés pour le projet sont récapitulés ci-après :

- Volume des déblais : **1372361.8** m³
- Volume des remblais **1247976.2** m³

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

X.1. Introduction

Tout projet d'infrastructure routière doit faire l'objet d'une étude d'impact sur l'environnement afin d'identifier et d'évaluer les effets potentiels du projet sur le milieu physique, naturel et humain. Cette étude permet également de proposer des mesures visant à prévenir, réduire ou compenser les impacts négatifs éventuels.

Dans le cadre du projet de dédoublement de la RN18, l'étude environnementale contribue à assurer une intégration harmonieuse de l'infrastructure dans son environnement tout en garantissant la durabilité des aménagements réalisés.

X.2. Cadre juridique

L'étude d'impact sur l'environnement en Algérie s'appuie sur les dispositions réglementaires relatives à la protection de l'environnement et au développement durable. Elle impose l'analyse préalable des effets du projet ainsi que la mise en place de mesures adaptées pour limiter les impacts identifiés.

Cette démarche comprend généralement :

- L'analyse détaillée du projet ;
- L'étude de l'état initial du milieu ;
- L'identification et l'évaluation des impacts ;
- La définition des mesures d'atténuation et de suivi.

X.3. Objectifs de l'étude

L'étude d'impact environnemental vise principalement à :

- Assurer l'intégration du projet dans son environnement ;
- Préserver les ressources naturelles et les milieux sensibles ;

X.4. Identification des impacts environnementaux

X.4.1. Impacts sur le milieu physique

X.4.1.1. Qualité de l'air

Les travaux de chantier peuvent entraîner des émissions de poussières et de gaz d'échappement susceptibles d'altérer temporairement la qualité de l'air à proximité du projet.

X.4.1.2. Sols et érosion

Les opérations de terrassement peuvent favoriser l'érosion des sols et augmenter les risques d'instabilité locale, notamment sur les zones en pente.

X.4.1.3. Eaux de surface et souterraines

Les eaux de ruissellement peuvent transporter des particules ou des polluants vers les cours d'eau et les nappes souterraines. Des dispositifs appropriés de drainage et d'assainissement permettent de limiter ces impacts.

X.4.2. Impacts sur le milieu naturel

X.4.2.1. Faune et flore

Les travaux peuvent provoquer des perturbations temporaires de la faune et de la flore locales, notamment par le bruit, la circulation des engins et l'occupation temporaire des terrains. Une attention particulière doit être accordée à la préservation de la biodiversité locale.

X.4.3. Impacts sur le cadre humain

X.4.3.1. Bruit

Les travaux de construction peuvent engendrer des nuisances sonores temporaires liées à la circulation des engins et aux opérations de chantier. Ces effets restent limités à la période des travaux.

X.4.3.2. Risques pour la sécurité et la santé

La présence d'engins de chantier et l'augmentation du trafic de poids lourds peuvent présenter des risques temporaires pour les usagers et les riverains. Des mesures de signalisation et de protection adaptées doivent être mises en place.

X.4.3.3. Accès et paysage

Les travaux peuvent entraîner des perturbations temporaires des accès aux parcelles riveraines ainsi que des modifications du paysage local. Des aménagements appropriés permettront de limiter ces impacts et d'assurer une bonne intégration du projet.

X.5. Mesures de réduction des impacts

Afin de limiter les effets du projet sur l'environnement, plusieurs mesures d'atténuation sont proposées :

Tableau X.1 : Mesures de réduction des impacts environnementaux

Composante environnementale	Impacts potentiels	Mesures de réduction / d'atténuation	Phase concernée
 Air	- Émissions de poussières - Gaz d'échappement des engins et véhicules	- Arrosage régulier des pistes et zones de travail - Entretien périodique des engins et véhicules - Limitation de la vitesse sur les pistes de chantier - Couverture des camions transportant des matériaux	Chantier
 Eaux de surface et souterraines	- Pollution accidentelle (huiles, carburants, produits chimiques) - Entrainement de particules par ruissellement - Risque de contamination des nappes	- Mise en place de fossés de drainage et bassins de rétention - Stockage des hydrocarbures et produits dangereux sur des aires étanches - Nettoyage régulier des zones de stockage et des engins - Interdiction de rejets directs dans les cours d'eau	Chantier et exploitation
 Sols	- Érosion des sols - Instabilité des talus et pentes - Dégradation des terres agricoles	- Modelage des talus selon les pentes stables - Protection des talus (engazonnement, géotextiles, gabions) - Réutilisation des terres végétales - Remise en état des zones d'emprunt et de dépôt	Chantier et exploitation
 Faune / Flore	- Perturbation de la faune locale - Destruction ou altération de la végétation - Fragmentation des habitats	- Délimitation et balisage des zones sensibles à éviter - Élagage et défrichement limités aux besoins stricts - Reboisement et plantations compensatoires - Maintien des corridors écologiques	Chantier et exploitation
 Bruit	Nuisances sonores pour les riverains	- Entretien des engins et silencieux en bon état - Limitation des horaires de travaux bruyants (07h – 18h) - Utilisation d'équipements moins bruyants - Information préalable des riverains	Chantier
 Paysage / Accès	- Dégradation visuelle du paysage - Perturbation des accès aux parcelles	- Intégration paysagère (plantations, traitements des talus) - Création et entretien de pistes de desserte temporaires - Rétablissement des accès après les travaux	Chantier et exploitation
 Sécurité et santé	- Risques d'accidents pour les riverains et usagers - Risques sanitaires (poussières, bruit, circulation)	- Mise en place de signalisation temporaire et permanente - Clôture des zones de chantier dangereuses - Sensibilisation du personnel et respect des EPI - Organisation de la circulation des engins sur le chantier	Chantier

Note : Les mesures proposées doivent être suivies d'un plan de suivi environnemental pour vérifier leur efficacité et ajustées si nécessaire tout au long du projet.

Tableau X.1 : Mesures de réduction des impacts environnementaux

X.6. Conclusion

L'étude d'impact sur l'environnement a permis d'identifier les principaux effets potentiels du projet sur les milieux physique, naturel et humain. Les impacts recensés demeurent globalement maîtrisables à condition de mettre en œuvre les mesures de prévention, de protection et de suivi prévues.

Le projet de dédoublement de la RN18 reste compatible avec son environnement et contribue à l'amélioration des conditions de circulation tout en respectant les exigences du développement durable et de la protection de l'environnement.

SIGNALISATION ROUTIÈRE

XI.1. Introduction :

La signalisation routière constitue un élément essentiel de l'aménagement des infrastructures routières. Elle permet d'informer, d'avertir, de guider et de réglementer les usagers afin d'assurer la sécurité, la fluidité et le confort de la circulation.

Grâce à des dispositifs normalisés et facilement identifiables, la signalisation facilite la compréhension de l'environnement routier et contribue à réduire les risques d'accidents. Elle accompagne l'usager tout au long de son déplacement en lui fournissant les informations nécessaires à une conduite sûre et adaptée aux conditions de circulation.

XI.2. Catégories de signalisation

La signalisation routière comprend plusieurs catégories complémentaires :

- La signalisation verticale constituée principalement des panneaux routiers ;
- La signalisation lumineuse assurée par les feux de circulation et dispositifs lumineux spécifiques ;
- La signalisation horizontale réalisée par les marquages au sol ;
- Les dispositifs de balisage tels que les balises, plots et glissières de sécurité ;
- Le bornage kilométrique et hectométrique permettant le repérage sur le réseau routier.

Chaque catégorie joue un rôle spécifique et participe à la cohérence globale du système de signalisation.

XI.3. Principes généraux à respecter

Une signalisation efficace doit respecter plusieurs principes fondamentaux afin de garantir son efficacité et sa compréhension par les usagers :

- Assurer une cohérence entre les caractéristiques de la route et les informations fournies ;
- Respecter les normes et réglementations en vigueur ;
- Garantir la complémentarité entre la signalisation verticale et horizontale ;
- Éviter tout élément susceptible de gêner la visibilité ou la lecture des panneaux ;

XI.4. Types de signalisation

La signalisation routière est généralement répartie en deux catégories principales : la signalisation horizontale et la signalisation verticale. Ces deux formes de signalisation sont complémentaires et contribuent à l'organisation, à la sécurité et à la fluidité du trafic.

XI.4.1. Signalisation horizontale

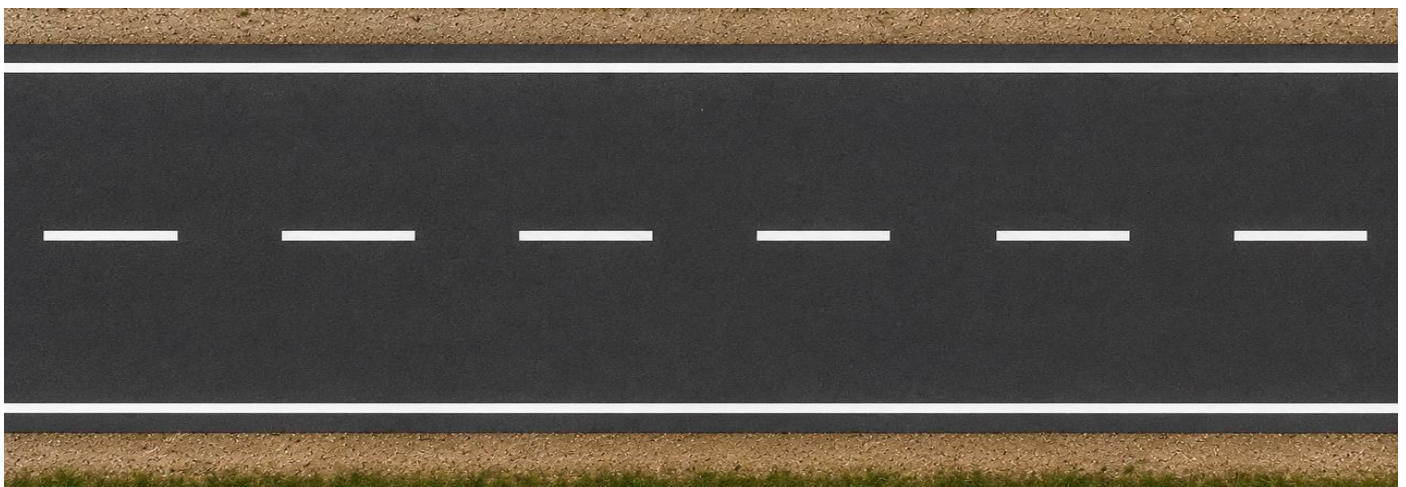
La signalisation horizontale regroupe l'ensemble des marquages réalisés sur la chaussée. Elle permet de guider les usagers, de délimiter les voies de circulation et d'indiquer les règles de priorité.

XI.4.1.1. Marquages longitudinaux

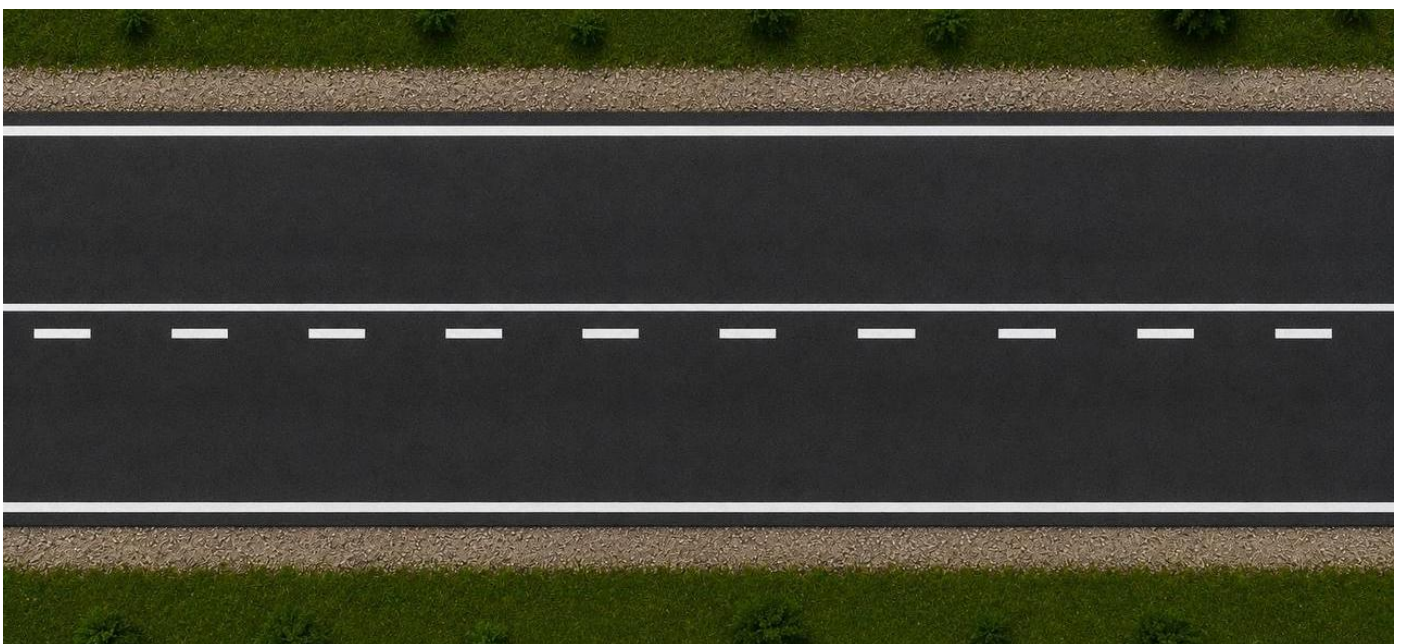
Les marquages longitudinaux sont tracés dans le sens de la circulation et servent principalement à séparer les voies et à réglementer les manœuvres des usagers.

- **Ligne axiale discontinue :**

Les lignes continues interdisent le franchissement de l'axe ainsi que les changements de voie dans les zones où la visibilité ou les conditions de circulation ne garantissent pas la sécurité.



- **Lignes mixtes :**



Les lignes mixtes sont constituées d'une ligne continue associée à une ligne discontinue. Le franchissement n'est autorisé que du côté où se trouve la ligne discontinue.

XI.4.1.2. Marquages transversaux et symboles

Les marquages transversaux et les symboles complètent la signalisation longitudinale. Ils permettent de transmettre des informations spécifiques aux usagers concernant les priorités, les arrêts obligatoires, les traversées piétonnes ainsi que les changements de direction.

- **Lignes continues transversales :**

Les lignes continues transversales indiquent un arrêt obligatoire avant une intersection ou un point de contrôle. Elles sont généralement associées à la signalisation STOP.

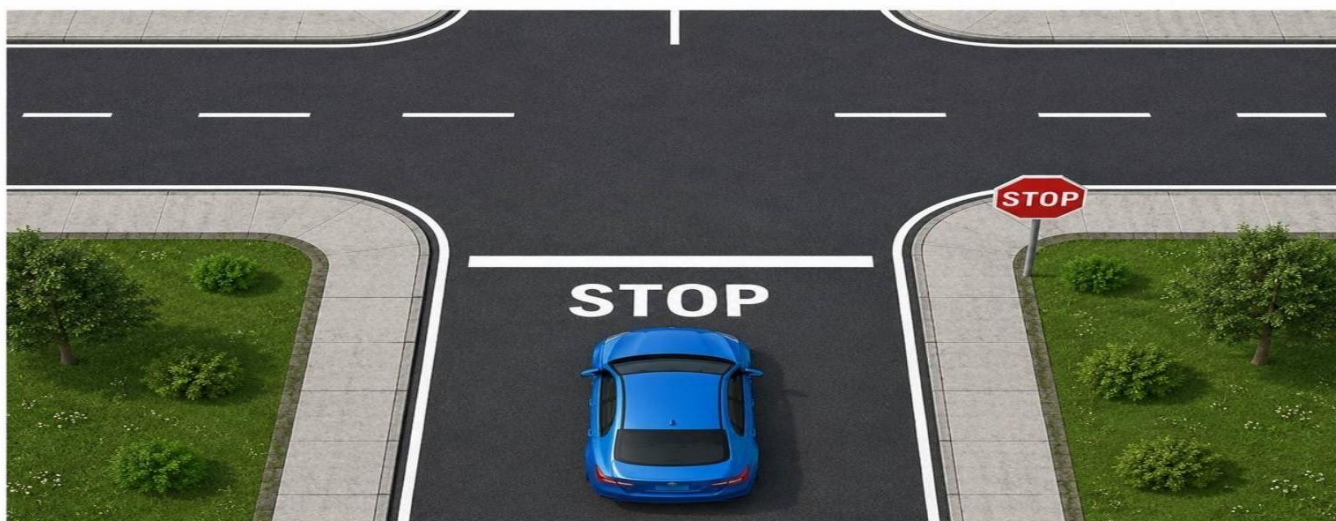


Figure XI.5 : Ligne STOP

- **Lignes discontinues transversales :**

Les lignes discontinues transversales matérialisent les zones de cédez-le-passage. Elles informent l'utilisateur de l'obligation de ralentir et de laisser la priorité aux véhicules circulant sur la voie principale.

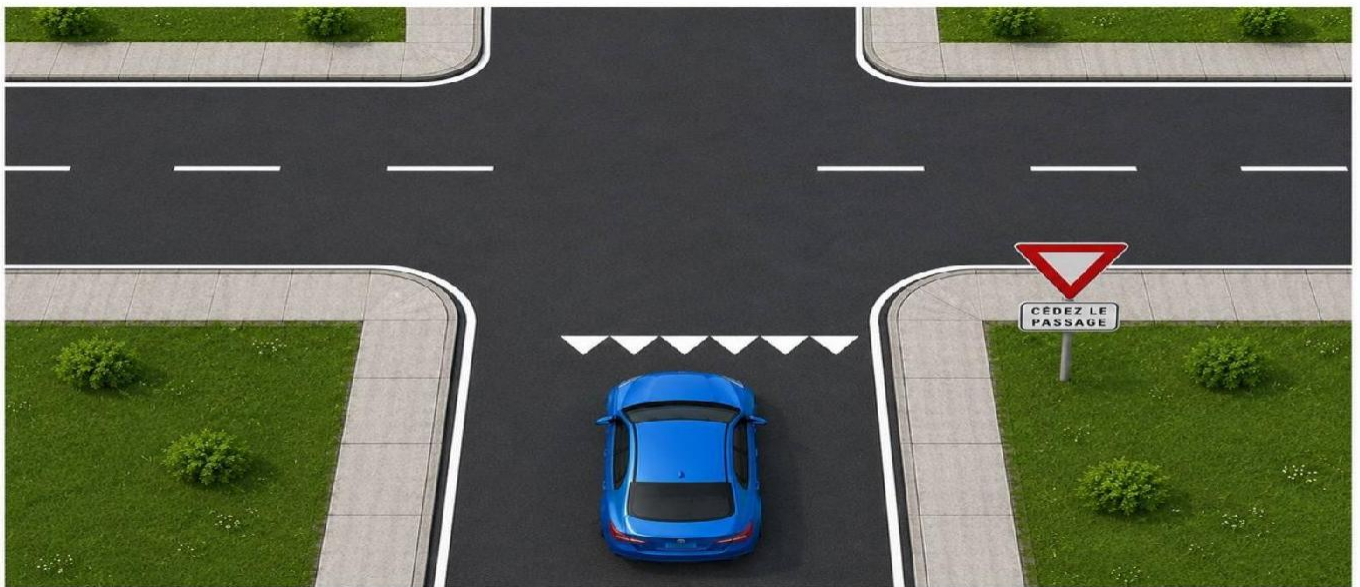


Figure XI.6 : Ligne Cédez le passage

- **Passages pour piétons :**

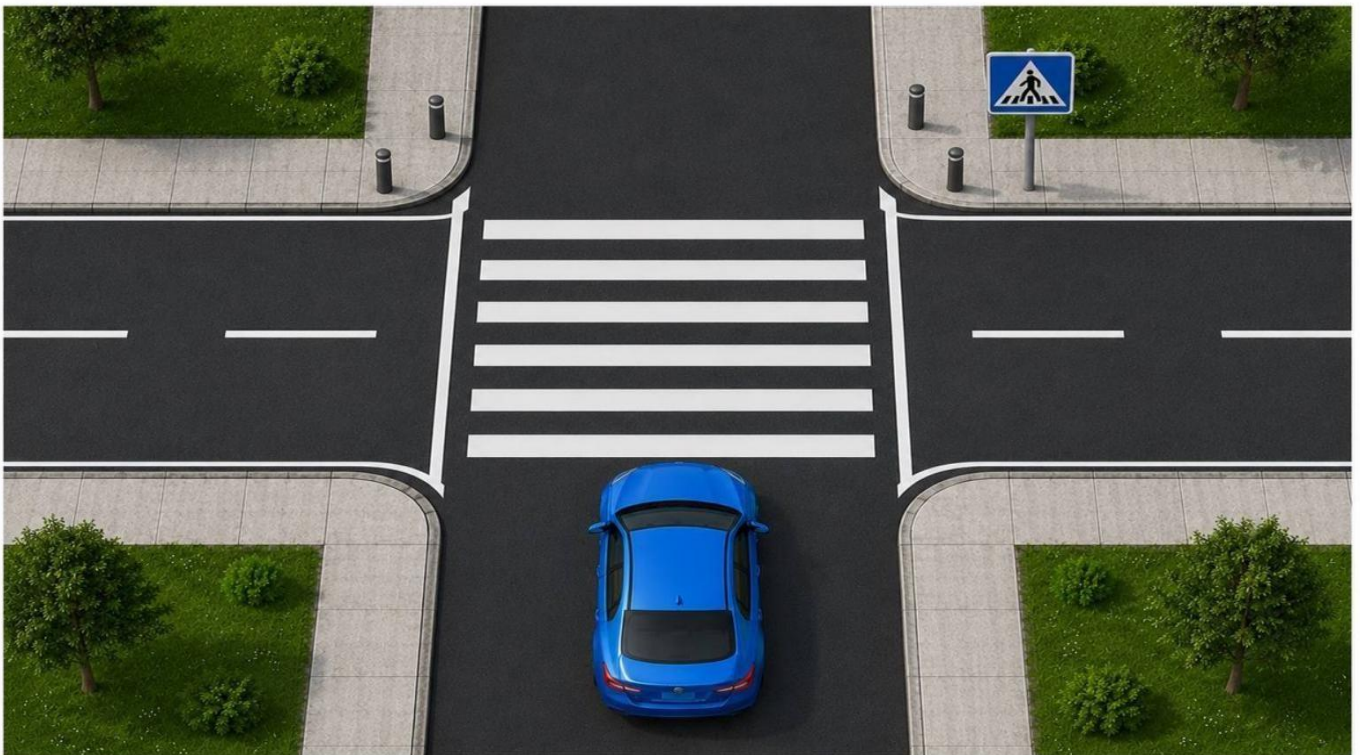


Figure XI.7 : Passage pour piétons

Les passages pour piétons sont constitués de bandes blanches parallèles peintes sur la chaussée. Ils assurent la sécurité des traversées piétonnes et améliorent la visibilité des zones de passage.

- **Flèches de rabattement :**

Les flèches de rabattement sont utilisées pour guider progressivement les véhicules vers une voie déterminée, notamment lors des réductions du nombre de voies ou à l'approche d'un obstacle.



Figure XI.8 : Flèche de rabattement

• Flèches de sélection :

Les flèches de sélection indiquent aux conducteurs la direction à suivre dans chaque voie avant une intersection ou un échangeur. Elles permettent d'orienter les usagers et de limiter les changements de voie tardifs.

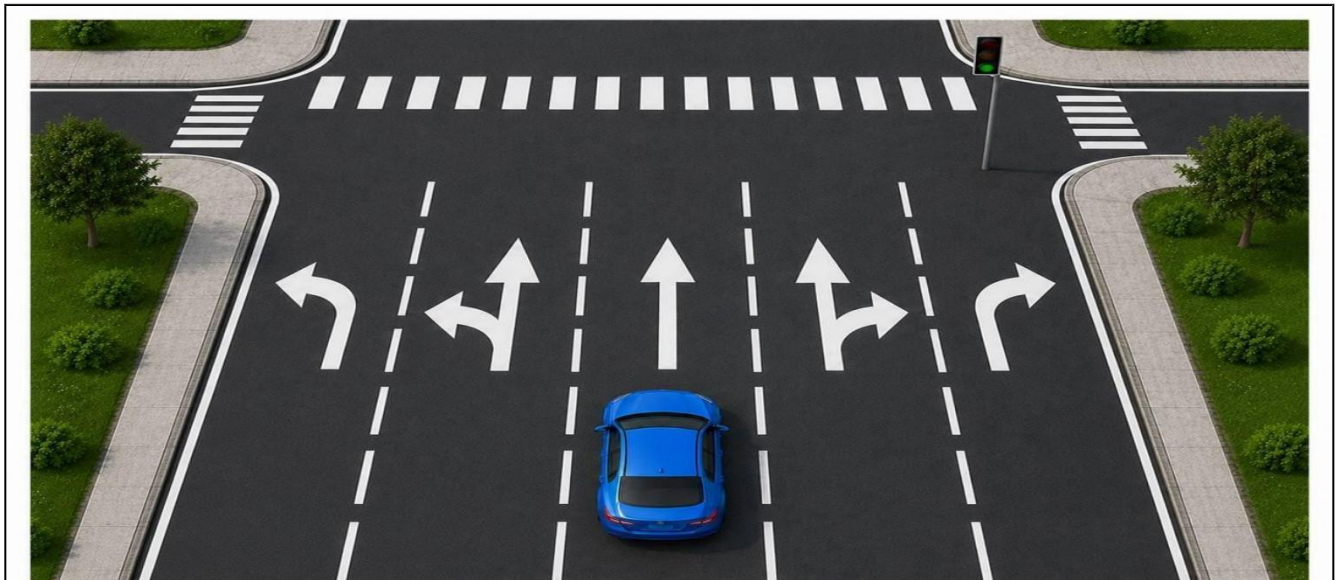


Figure XI.9 : Flèche de sélection

XI.4.2. Signalisation verticale:

La signalisation verticale regroupe l'ensemble des panneaux implantés le long de la route afin d'informer, avertir, obliger ou interdire certains comportements aux usagers. Elle constitue un élément essentiel de la sécurité routière et participe à l'amélioration de la lisibilité du réseau.

XI.4.2.1. Signalisation avancée

La signalisation avancée a pour rôle d'alerter les usagers de la présence d'un danger, d'une intersection ou d'une modification des conditions de circulation. Elle permet au conducteur d'anticiper les situations rencontrées et d'adapter son comportement en conséquence.

XI.4.2.2. Signalisation de position

La signalisation de position indique l'endroit précis où une prescription doit être respectée. Elle est généralement utilisée pour matérialiser un arrêt obligatoire, un cédez-le-passage ou toute autre règle de circulation nécessitant une localisation précise.

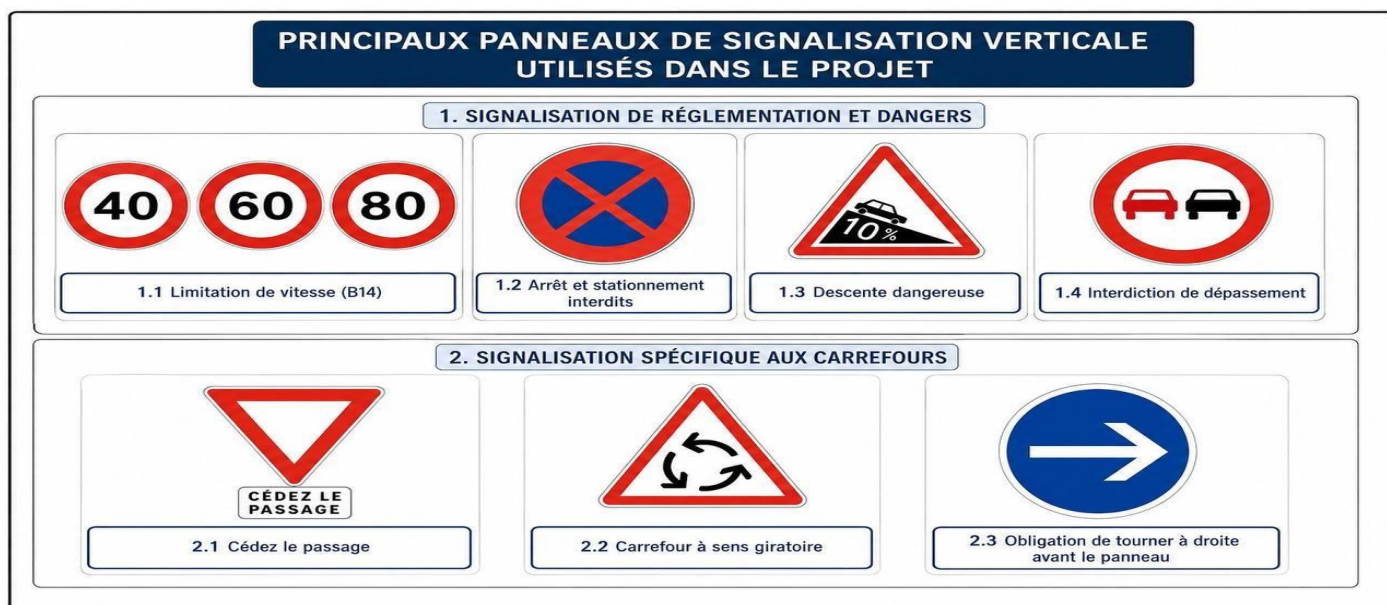
XI.4.2.3. Signalisation directionnelle

La signalisation directionnelle permet d'orienter les usagers vers leurs destinations en indiquant clairement les directions à suivre. Elle contribue à améliorer la fluidité du trafic et à réduire les risques d'erreur d'itinéraire.

XI.5. Application au projet

XI.5.1. Signalisation verticale

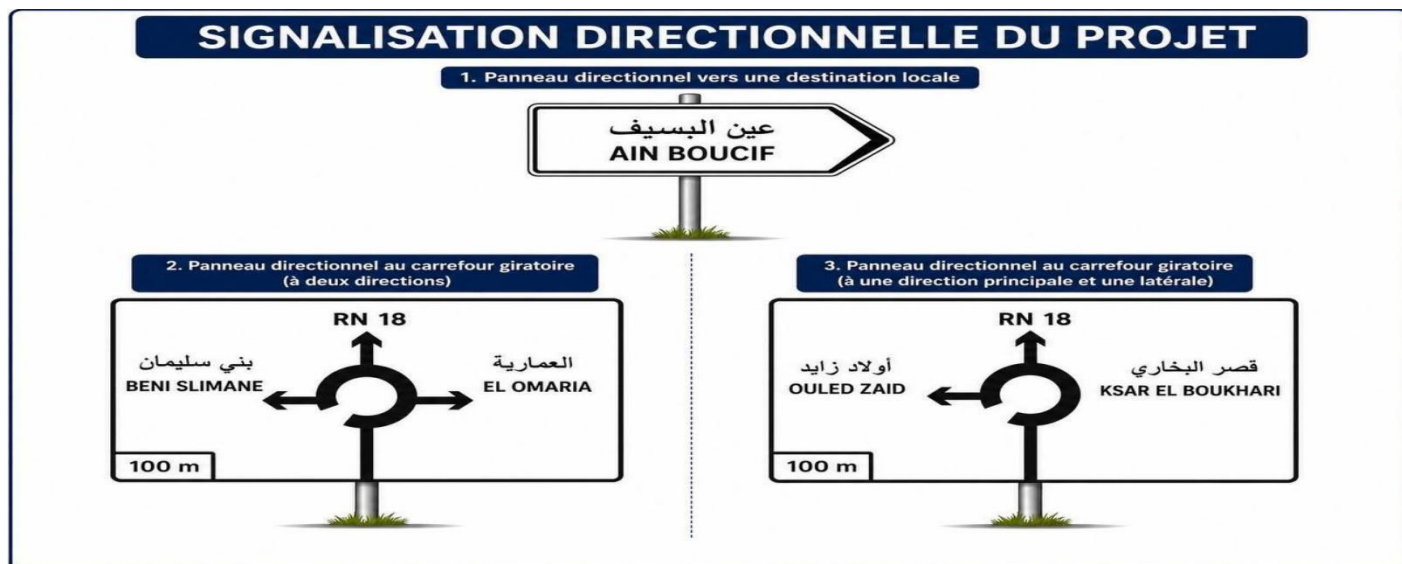
Afin d'assurer un niveau élevé de sécurité et de confort pour les usagers, le projet prévoit l'implantation de différents panneaux de signalisation adaptés aux caractéristiques géométriques de la route ainsi qu'aux aménagements réalisés. Les principaux panneaux retenus concernent la limitation de vitesse, l'interdiction de stationnement, l'annonce des zones à risque, la réglementation des dépassements et la gestion des mouvements au niveau des carrefours.



La signalisation mise en place contribue à améliorer la perception de l'infrastructure par les conducteurs,

à renforcer la sécurité des déplacements et à garantir une exploitation efficace de la route dans le respect des normes en vigueur.

La signalisation directionnelle permet d'orienter les usagers vers les différentes destinations desservies par le réseau routier. Les panneaux présentés indiquent les directions à suivre au niveau des carrefours et des giratoires afin d'assurer une circulation fluide et sécurisée.



XI.5.2. Signalisation horizontale

La signalisation horizontale complète la signalisation verticale en assurant un guidage direct des usagers sur la chaussée. Elle comprend l'ensemble des marquages réalisés sur la surface de la route afin de réglementer les mouvements de circulation, améliorer la lisibilité du tracé et renforcer la sécurité des déplacements.

Pour le présent projet, le marquage routier est réalisé conformément aux prescriptions réglementaires en vigueur. Les lignes longitudinales sont dimensionnées selon les caractéristiques de la route et les conditions d'exploitation prévues.

L'unité de largeur retenue pour les marquages horizontaux est de : • U = 6 cm.

Le marquage de la chaussée comprend notamment les lignes continues, les lignes discontinues, les flèches directionnelles ainsi que les différents symboles réglementaires nécessaires à l'exploitation sécurisée de la route.

XI.6. Éclairage

XI.6.1. Introduction

L'éclairage routier constitue un élément important de la sécurité des infrastructures de transport. Son rôle principal est d'améliorer la visibilité des usagers pendant les périodes nocturnes ou lors des conditions de faible luminosité.

Un éclairage adapté facilite la perception des obstacles, des intersections, des changements de direction et des autres usagers de la route. Il contribue également à réduire les risques d'accidents et à améliorer

le confort de conduite.

Dans le cadre des aménagements routiers modernes, l'éclairage est conçu comme un complément indispensable aux dispositifs de signalisation afin de garantir un niveau élevé de sécurité et de lisibilité de l'infrastructure.

XI.6.2. Catégories d'éclairage

Les installations d'éclairage routier peuvent être classées selon leur fonction et la nature de la voie concernée. On distingue généralement plusieurs catégories adaptées aux différents contextes d'exploitation :

- Classe A : éclairage des routes principales et des axes à trafic important ;
- Classe B : éclairage des voies urbaines et des artères de distribution ;
- Classe C : éclairage des voies secondaires et des dessertes locales ;
- Classe D : éclairage ponctuel des zones particulières telles que les carrefours, les giratoires, les ouvrages d'art ou les zones nécessitant une attention particulière.

Le choix de la catégorie dépend principalement du niveau de trafic, de la vitesse pratiquée et des caractéristiques géométriques de la route.

XI.6.3. Critères fonctionnels à prendre en compte

La conception d'un système d'éclairage efficace repose sur plusieurs paramètres techniques et fonctionnels permettant d'assurer un niveau satisfaisant de sécurité et de confort visuel.

Les principaux critères pris en considération sont :

- La nature des usagers circulant sur l'axe étudié
- La vitesse d'exploitation de la route
- Les caractéristiques géométriques de la chaussée
- Le nombre de voies et la configuration de la plateforme
- Les contraintes particulières liées à la sécurité routière
- Les conditions de circulation et l'intensité du trafic
- La présence éventuelle de carrefours, giratoires ou zones sensibles nécessitant un renforcement de l'éclairage.

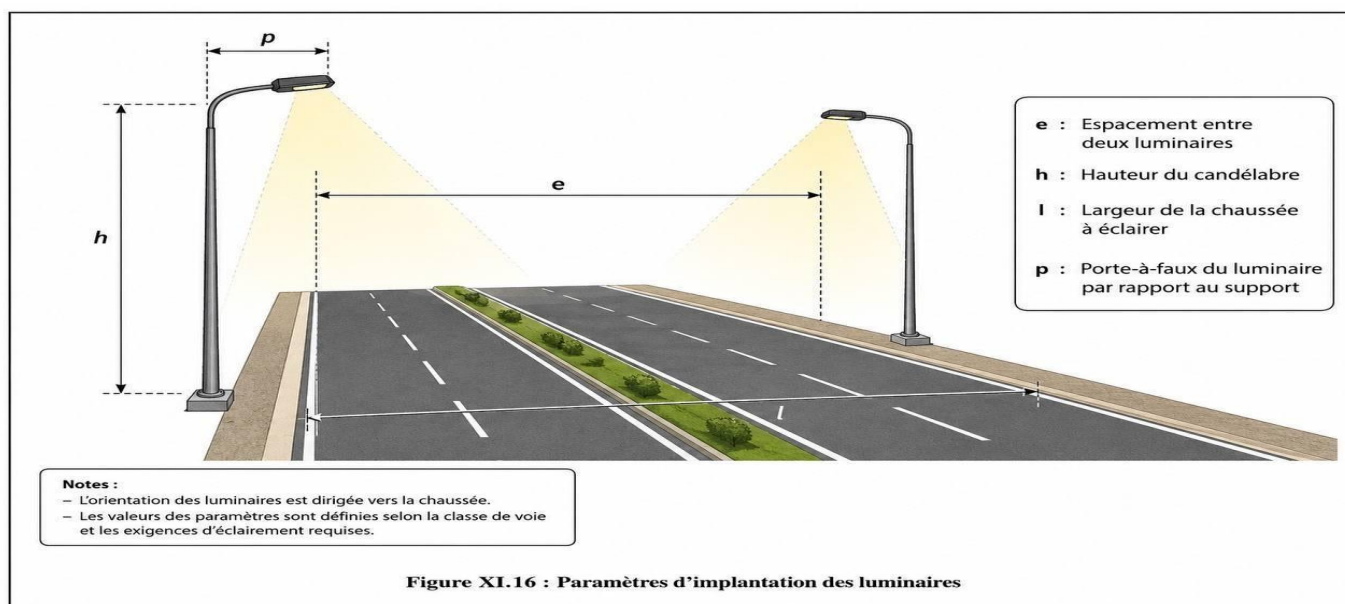
L'ensemble de ces critères permet de définir le niveau d'éclairement requis ainsi que les caractéristiques techniques des équipements à installer.

XI.6.4. Paramètres d'implantation des luminaires

La conception d'un réseau d'éclairage routier nécessite la prise en compte d'un ensemble de paramètres techniques permettant d'assurer une couverture lumineuse efficace tout en garantissant la sécurité et le confort des usagers durant les périodes nocturnes.

Les principaux paramètres à considérer sont :

- L'espacement (e) entre deux candélabres successifs, qui influence directement l'uniformité de l'éclairage ;
- La hauteur (h) des mâts d'éclairage, déterminant la zone couverte par le flux lumineux ;
- La largeur (l) de la chaussée à éclairer ;
- Le porte-à-faux (p) du luminaire par rapport au support, permettant un meilleur centrage de l'éclairage sur la chaussée ;



XI.6.5. Application au projet

Dans le cadre du projet d'aménagement de la RN18 entre PK58+000 et PK73+000, un système d'éclairage public est prévu afin d'améliorer les conditions de circulation nocturne et de renforcer la sécurité des usagers au niveau des zones sensibles du tracé, notamment les carrefours et les secteurs nécessitant une visibilité accrue.

Les candélabres retenus présentent une hauteur standard de 10 m et seront implantés le long des accotements extérieurs de la plateforme routière. Cette disposition permet d'assurer une répartition homogène du flux lumineux tout en facilitant les opérations d'entretien et de maintenance.

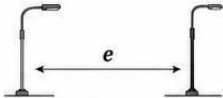
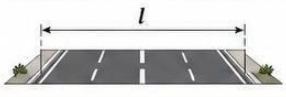
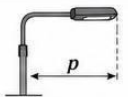
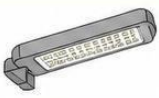
Chaque candélabre sera équipé de luminaires de type LED orientés vers la chaussée afin de garantir un éclairage uniforme des voies de circulation. Les points lumineux seront espacés d'environ 20 m, conformément aux pratiques couramment adoptées pour ce type d'infrastructure

routière.

Afin de synthétiser les principaux paramètres retenus pour le système d'éclairage du projet, le tableau suivant présente les caractéristiques d'implantation des luminaires adoptées pour la section étudiée.

Ces paramètres ont été définis conformément aux recommandations techniques applicables aux routes à chaussées séparées.

Tableau XI.1 : Paramètres d'implantation des luminaires retenus pour le projet

Paramètre	Symbole	Valeur retenue
 Hauteur du candélabre	<i>h</i>	10 m
 Espacement entre luminaires	<i>e</i>	20 m
 Largeur de chaussée éclairée	<i>l</i>	2 × 7,00 m
 Porte-à-faux du luminaire par rapport au support	<i>p</i>	1,50 m
 Type de luminaire	—	LED
 Mode d'implantation	—	Accotements extérieurs
 Éclairage	—	Symétrique

L'implantation définitive des équipements d'éclairage pourra être adaptée lors des phases ultérieures du projet en fonction des contraintes du terrain, des études d'exécution et des prescriptions techniques en vigueur.

DEVIS ESTIMATIF

XII.1. Introduction

Le devis estimatif constitue une étape essentielle dans l'étude d'un projet routier. Il permet d'évaluer le coût prévisionnel des travaux à partir des quantités calculées lors des différentes phases de conception.

Cette estimation financière regroupe l'ensemble des prestations nécessaires à la réalisation du projet, notamment les travaux préparatoires, les terrassements, l'assainissement, les ouvrages annexes, la signalisation et l'éclairage.

L'objectif principal du devis estimatif est de fournir une évaluation globale du coût du projet afin de faciliter la planification financière et la programmation des travaux.

XII.2. Méthodologie d'estimation :

L'estimation du coût du projet est réalisée à partir :

- Des quantités issues des calculs de cubatures ;
- Des mètres des différents ouvrages ;
- Des prix unitaires de référence appliqués aux travaux routiers.

Le montant total du projet est obtenu en multipliant chaque quantité par son prix unitaire correspondant puis en effectuant la somme de l'ensemble des postes retenus.

XII.3. Devis quantitatif et estimatif

- Le tableau suivant présente le devis quantitatif et estimatif relatif au projet d'aménagement de la RN18 entre PK58+000 et PK73+000 .

N°	DESIGNATION	U	Qts Marché	Prix Unitaire	Montant HT
1	PREPARATION DU TERRAIN				
1.02	Scarification	M ²	196 416,00	200,00	39 283 200,00
1.03.01	En Zimmerman	ML	40,80	1 000,00	40 800,00
1.03.02	En brique	ML	408,00	1 500,00	612 000,00
1.04	Démolition d'ouvrages existants	U	27,20	4 000,00	108 800,00
TOTAL 1					40 044 800,00
2	TERRASSEMENT				
2.01	Décapage terre végétale	M3	135 773,00	300,00	40 731 900,00
2.02	Remblai en provenance d'emprunt en tuf	M3	1247976. 2	600,00	748785720
2.03	Déblai en sol	M3	1372361. 8	300,00	411708540
TOTAL 2					1160494260
3	ASSAINISSEMENT				
3.01	Fossés				
3.01.01	Fossés trapézoïdaux en béton H=0,5 m	ML	3 128,00	4 500,00	14 076 000,00
3.02	Pose et enrobage des tuyaux				
3.02.01	Hérisson en pierre sur 20 cm sous y c/ BP 10 CM	M ²	594,32	1 500,00	891 480,00
3.03	Tuyaux circulaires en béton armé série 135A				
3.03.01	Diamètre 1000 mm	ML	171,36	30 000,00	5 140 800,00
3.03.02	Diamètre 600 mm	ML	34	10 000,00	340 000,00
3.03.03	Diamètre 1500 mm	ML	91,12	40 000,00	3 644 800,00
3.04	Tête de buse				
3.04.01	Béton pour lit de pose, têtes d'ouvrage busés	M ³	193,12	15 000,00	2 896 800,00
3.04.02	Acier FE400 pour lit de pose, têtes d'ouvrage busés	T	25,84	180 000,00	4 651 200,00
3.04.03	Enrobage en béton des ouvrages busés 600, 1000 et 1500	M ³	220,32	14 000,00	3 084 480,00
3.05	Pose de cunette sur le talus (Descente d'eau) type 1	ML	1 364,00	1 200,00	1 636 800,00
TOTAL3					36 358 360,00

4	CHAUSSÉE				
4.01	Couche de forme 40 cm	M ²	113 444,80	1 500,00	170 167 200,00
4.02	Couche de base en GB	M ²	37 029,52	9 000,00	333 265 680,00
4.03	Fourniture et mise en œuvre de GNT	M ²	81 041,76	120,00	9 725 011,20
4.04	Couche de revêtement	M ²	11 100,80	10 000,00	111 008 000,00
4.05	Accotement en grave concassée	M ²	18 942,64	2 400,00	45 462 336,00
TOTAL 4					669 628 227,20
5	OUVRAGE D'ART				
5.01	Béton pour ouvrages courants	M3	918,00	20 000,00	18 360 000,00
5.02	Acier FE400	T	104,72	180 000,00	18 849 600,00
5.03	OUVRAGE D'ART	F	2,00	6 000 000 ,00	12 000 000 ,00
TOTAL 5					32 685 600,00
6	EQUIPEMENTS ROUTIERS ET SIGNALISATION				
6.01	Plaques verticales	U	1 840,00	650,00	1 196 000,00
6.02	Marquage ligne continues	ML	21 760,00	150,00	3 264 000,00
6.03	Marquage ligne discontinues	ML	10 880,00	100,00	1 088 000,00
6.04	Glissière simple	ML	17 000,00	5 000,00	85 000 000,00
TOTAL 6					90 584 000,00
				Montant HT (DA)	14038833250
				TVA 19%	2667378317
				Montant TTC (DA)	16706211570

Conclusion Générale :

Ce projet de fin d'études a porté sur l'étude en Avant-Projet Détaillé (APD) de l'aménagement de la Route Nationale RN18 sur le tronçon compris entre PK58+000 et PK73+000. L'objectif principal était de proposer une infrastructure routière répondant aux exigences actuelles de sécurité, de confort et de fluidité du trafic tout en respectant les recommandations techniques et réglementaires en vigueur.

L'étude réalisée a permis d'aborder l'ensemble des aspects nécessaires à la conception d'un projet routier moderne, depuis l'analyse du trafic jusqu'à l'évaluation environnementale, en passant par les études géométriques, géotechniques, hydrauliques et structurelles.

Les principaux résultats obtenus peuvent être résumés comme suit :

1. Étude de trafic :

L'analyse du trafic et les projections à l'horizon de calcul ont permis de justifier les choix d'aménagement retenus pour le projet et de vérifier l'adéquation de l'infrastructure proposée aux besoins futurs de circulation.

2. Étude géométrique :

Le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers ont été conçus conformément aux recommandations de l'ARP afin de garantir la sécurité, le confort et la visibilité des usagers.

3. Étude géotechnique :

Les caractéristiques géotechniques des matériaux rencontrés ont été analysées afin de définir les conditions de réutilisation des sols et les solutions adaptées à la réalisation des remblais et de la plateforme routière.

4. Dimensionnement de la chaussée :

Le dimensionnement de la structure de chaussée a été effectué à l'aide des méthodes et logiciels spécialisés, permettant de proposer une solution technique adaptée au trafic prévu et aux conditions de portance du sol support.

5. Assainissement :

Les dispositifs d'assainissement nécessaires à la protection de la plateforme routière et à l'évacuation des eaux de ruissellement ont été étudiés et dimensionnés conformément aux exigences hydrauliques du projet.

6. Conception des carrefours :

Les aménagements des intersections ont été étudiés afin d'assurer une circulation fluide et sécurisée, tout en améliorant les conditions d'exploitation de la route.

7. Signalisation et éclairage :

Les équipements de signalisation horizontale, verticale et d'éclairage ont été définis dans le but

d'améliorer la sécurité des usagers et la lisibilité de l'infrastructure, particulièrement durant les périodes nocturnes.

8. Étude d'impact sur l'environnement :

L'analyse environnementale a permis d'identifier les principaux impacts du projet et de proposer des mesures de réduction, de compensation et de suivi adaptées.

9. Cubatures et estimation financière :

Les volumes de terrassement ainsi que l'estimation financière du projet ont été établis sur la base des données techniques disponibles afin d'évaluer les besoins de réalisation du projet.

Au-delà des résultats techniques obtenus, ce travail a constitué une expérience enrichissante permettant de mettre en pratique les connaissances acquises durant le cursus de formation et de maîtriser plusieurs outils professionnels tels que AutoCAD, Covadis, Alizé-LCPC et les logiciels bureautiques utilisés dans les études routières.

Enfin, cette étude confirme l'importance des infrastructures routières dans le développement économique et social des régions et met en évidence le rôle essentiel de l'ingénieur dans la conception d'aménagements durables, sûrs et adaptés aux besoins des usagers.

Bibliographie

Références réglementaires et techniques

ARP (1994), *Aménagement des Routes Principales*, Ministère des Travaux Publics, Algérie.

Catalogue Algérien de Dimensionnement des Chaussées Neuves (CTTP).

SETRA (2006), *Guide Technique d'Assainissement Routier*, Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes, France.

SETRA (1998), *Aménagement des Carrefours Interurbains*, France.

GTR (Guide des Terrassements Routiers), Réalisation des remblais et des couches de forme.

LCPC – SETRA (1992), Norme NF P 11-300 relative à la classification des matériaux utilisables en terrassement.

B40, *Normes techniques d'aménagement des routes*.

Guides techniques de signalisation routière, SETRA.

Ouvrages et supports pédagogiques

Cours de Route, École Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP).

Cours de Géotechnique Routière, ENSTP.

Cours d'Hydraulique Routière, ENSTP

.

Cours de Dimensionnement des Chaussées, ENSTP.

Aide-Mémoire Routes.

Mémoires de fin d'études de l'ENSTP consultés dans le cadre du projet.

Logiciels utilisés

AutoCAD Civil 3D.

Covadis.

Alizé-LCPC.

Microsoft Office.

Sites web consultés

CEREMA

Ministère des Travaux Publics et des Infrastructures de Base (Algérie)
Université Gustave Eiffel (ex-LCPC)

Axe En Plan 'Axe 01'

Nom du fichier : Drawing5.dwg
Date du listing : 14/06/2026 à 16:04

Eléments caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	100.0179	7.281	0.000	493177.584	3999572.991
Arc 1	Rayon	800.000	256.458	7.281	493184.866	3999572.989
	Centre X	493185.090				
	Centre Y	4000372.989				
Droite 2	Gisement	79.6096	388.735	263.739	493436.965	3999613.674
Arc 2	Rayon	-750.000	98.419	652.474	493805.930	3999736.064
	Centre X	494042.063				
	Centre Y	3999024.206				
Droite 3	Gisement	87.9637	250.641	750.893	493901.107	3999760.842
Arc 3	Rayon	700.000	512.621	1001.535	494147.282	3999807.947
	Centre X	494015.723				
	Centre Y	4000495.474				
Droite 4	Gisement	41.3430	415.768	1514.156	494573.229	4000072.170
Arc 4	Rayon	660.000	141.911	1929.924	494824.653	4000403.303
	Centre X	494299.003				
	Centre Y	4000802.418				
Droite 5	Gisement	27.6546	456.588	2071.835	494897.705	4000524.648
Arc 5	Rayon	-660.000	635.401	2528.423	495089.866	4000938.830
	Centre X	495688.568				
	Centre Y	4000661.060				
Droite 6	Gisement	88.9438	229.828	3163.824	495574.521	4001311.132
Arc 6	Rayon	-700.000	291.482	3393.652	495800.892	4001350.845
	Centre X	495921.851				
	Centre Y	4000661.375				
Droite 7	Gisement	115.4528	63.295	3685.134	496090.100	4001340.855
Arc 7	Rayon	660.000	322.499	3748.428	496151.539	4001325.642
	Centre X	496310.174				
	Centre Y	4001966.294				
Droite 8	Gisement	84.3454	84.894	4070.927	496470.838	4001326.148
Arc 8	Rayon	900.000	410.133	4155.821	496553.179	4001346.814
	Centre X	496334.090				
	Centre Y	4002219.740				
Droite 9	Gisement	55.3344	24.734	4565.954	496914.990	4001532.313
Arc 9	Rayon	-800.000	112.661	4590.688	496933.882	4001548.278
	Centre X	497450.238				
	Centre Y	4000937.232				
Droite 10	Gisement	64.2997	2.499	4703.349	497024.762	4001614.705
Arc 10	Rayon	-800.000	151.229	4705.848	497026.878	4001616.034

	Centre X	497452.354				
	Centre Y	4000938.561				
Droite 11	Gisement	76.3342	3707.216	4857.077	497161.763	4001683.918
Arc 11	Rayon	800.000	779.055	8564.293	500615.761	4003030.524
	Centre X	500325.169				
	Centre Y	4003775.881				
Droite 12	Gisement	14.3389	693.258	9343.348	501104.963	4003597.213
Arc 12	Rayon	-800.000	798.941	10036.606	501259.792	4004272.960
	Centre X	502039.585				
	Centre Y	4004094.292				
Droite 13	Gisement	77.9166	670.830	10835.547	501767.609	4004846.641
Arc 13	Rayon	800.000	144.016	11506.378	502398.482	4005074.703
	Centre X	502126.506				
	Centre Y	4005827.052				
Droite 14	Gisement	66.4561	3402.788	11650.394	502528.795	4005135.558
Arc 14	Rayon	-800.000	603.423	15053.182	505470.053	4006846.688
	Centre X	505872.342				
	Centre Y	4006155.194				
Droite 15	Gisement	114.4750	1.684	15656.604	506052.677	4006934.603
Arc 15	Rayon	800.000	273.779	15658.288	506054.317	4006934.224
	Centre X	506234.652				
	Centre Y	4007713.634				
Droite 16	Gisement	92.6884	539.128	15932.067	506326.330	4006918.904
Arc 16	Rayon	800.000	426.740	16471.194	506861.907	4006980.687
	Centre X	506770.228				
	Centre Y	4007775.417				
Droite 17	Gisement	58.7295	334.039	16897.934	507253.278	4007137.715
Arc 17	Rayon	-800.000	417.822	17231.973	507519.549	4007339.412
	Centre X	508002.599				
	Centre Y	4006701.711				
Droite 18	Gisement	91.9787	2209.699	17649.794	507902.067	4007495.369
Arc 18	Rayon	-800.000	418.792	19859.493	510094.249	4007773.051
	Centre X	510194.781				
	Centre Y	4006979.393				
Droite 19	Gisement	125.3051	1218.135	20278.285	510504.466	4007717.021
Arc 19	Rayon	800.000	199.238	21496.420	511627.629	4007245.473
	Centre X	511937.315				
	Centre Y	4007983.101				
Droite 20	Gisement	109.4502	1071.265	21695.658	511818.995	4007191.899
				22766.923	512878.479	4007033.460
Longueur totale de l'axe 22766.923 mètres						

Elts	Caractéristiques			Points de Contacts		Sommet	
Nom	Pente / Rayon	Valeur	Longueur (m)	Abscisse PC	Altitude PC	Sommet Absc.	Sommet Alt.
Pente 1	Pente	-1.87 %	1772.968	0+000.000	917.960		
Parabole 1	Rayon	-3200.000 m	54.064	1+772.968	884.756	1+713.038 m	885.317 m
Pente 2	Pente	-3.56 %	992.241	1+827.032	883.286		
Parabole 2	Rayon	-3200.000 m	32.716	2+819.273	847.940	2+705.279 m	849.970 m
Pente 3	Pente	-4.58 %	600.327	2+851.989	846.607		
Parabole 3	Rayon	4000.000 m	145.368	3+452.316	819.084	3+635.703 m	814.880 m
Pente 4	Pente	-0.95 %	463.822	3+597.684	815.061		
Parabole 4	Rayon	4100.000 m	276.989	4+061.506	810.653	4+100.475 m	810.467 m
Pente 5	Pente	5.81 %	151.483	4+338.494	817.376		
Parabole 5	Rayon	-3200.000 m	220.046	4+489.977	826.170	4+675.748 m	831.563 m
Pente 6	Pente	-1.07 %	1029.970	4+710.023	831.379		
Parabole 6	Rayon	3900.000 m	107.453	5+739.993	820.347	5+781.766 m	820.124 m
Pente 7	Pente	1.68 %	359.033	5+847.446	820.677		
Parabole 7	Rayon	-3200.000 m	139.399	6+206.479	826.723	6+260.371 m	827.177 m
Pente 8	Pente	-2.67 %	449.525	6+345.879	826.035		
Parabole 8	Rayon	4100.000 m	59.192	6+795.404	814.023	6+904.961 m	812.559 m
Pente 9	Pente	-1.23 %	1115.969	6+854.596	812.868		
Parabole 9	Rayon	3100.000 m	8.870	7+970.565	799.159	8+008.646 m	798.925 m
Pente 10	Pente	-0.94 %	741.678	7+979.435	799.063		
Parabole 10	Rayon	3100.000 m	7.774	8+721.113	792.074	8+750.324 m	791.937 m
Pente 11	Pente	-0.69 %	1633.208	8+728.887	792.011		
Parabole 11	Rayon	-3200.000 m	75.809	10+362.096	780.717	10+339.967 m	780.793 m
Pente 12	Pente	-3.06 %	737.045	10+437.904	779.295		
Parabole 12	Rayon	3100.000 m	55.244	11+174.950	756.737	11+269.827 m	755.285 m
Pente 13	Pente	-1.28 %	3648.579	11+230.194	755.538		
Parabole 13	Rayon	-3300.000 m	142.454	14+878.773	708.892	14+836.583 m	709.162 m
Pente 14	Pente	-5.60 %	676.613	15+021.227	703.996		
Parabole 14	Rayon	3100.000 m	154.319	15+697.841	666.138	15+871.294 m	661.285 m
Pente 15	Pente	-0.62 %	1468.257	15+852.159	661.344		
Parabole 15	Rayon	-2300.000 m	9.166	17+320.417	652.281	17+306.220 m	652.325 m

Pente 16	Pente	-1.02 %	2369.272	17+329.583	652.207		
Parabole 16	Rayon	-2300.000 m	2.290	19+698.855	628.140	19+675.493 m	628.259 m
Pente 17	Pente	-1.12 %	2042.105	19+701.145	628.116		
Parabole 17	Rayon	3100.000 m	13.500	21+743.250	605.340	21+777.825 m	605.147 m
Pente 18	Pente	-0.68 %	507.110	21+756.750	605.219		
Fin Axe				22+263.860	601.771		
Longueur totale de l'axe : 22263.860 mètre(s)							
Longueur développée totale de l'axe : 22268.719 mètre(s)							

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Axe : Axe 01 | Table courante : ARP R80 2x2 voies

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PR01	0+000.000	3.641	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
PR02	0+007.281	12.500	78.45	0.03	979.8	0.4	979.8	0.4
PR03	0+025.000	21.359	103.50	0.06	2210.0	1.4	3189.9	1.8
PR04	0+050.000	25.000	127.67	0.06	3189.1	1.6	6379.0	3.4
PR05	0+075.000	25.000	165.91	0.06	4148.3	1.4	10527.3	4.8
PR06	0+100.000	25.000	199.39	0.03	4990.3	0.7	15517.6	5.5
PR07	0+125.000	25.000	206.79	0.03	5162.5	0.8	20680.1	6.3
PR08	0+150.000	25.000	211.05	0.03	5254.5	0.8	25934.7	7.1
PR09	0+175.000	25.000	220.13	0.03	5474.4	0.8	31409.1	7.8
PR10	0+200.000	25.000	235.14	0.03	5843.8	0.7	37252.9	8.6
PR11	0+225.000	25.000	246.92	0.03	6133.9	0.7	43386.8	9.3
PR12	0+250.000	19.369	294.53	0.03	5670.6	0.6	49057.4	9.8
PR13	0+263.739	12.500	301.73	0.03	3760.4	0.4	52817.8	10.2
PR14	0+275.000	18.131	327.89	0.03	5944.9	0.6	58762.7	10.8
PR15	0+300.000	25.000	369.66	0.03	9241.5	0.8	68004.2	11.6
PR16	0+325.000	25.000	398.89	0.03	9972.3	0.8	77976.5	12.4
PR17	0+350.000	25.000	440.93	0.03	11023.2	0.8	88999.7	13.2
PR18	0+375.000	25.000	472.14	0.03	11803.5	0.7	100803.2	13.9
PR19	0+400.000	25.000	547.17	0.03	13679.2	0.7	114482.4	14.7
PR20	0+425.000	25.000	573.86	0.00	14346.6	0.0	128829.0	14.7
PR21	0+450.000	25.000	616.59	0.00	15414.6	0.0	144243.6	14.7
PR22	0+475.000	25.000	595.79	0.00	14894.8	0.0	159138.4	14.7
PR23	0+500.000	25.000	698.88	0.00	17472.0	0.0	176610.4	14.7
PR24	0+525.000	25.000	687.73	0.00	17193.2	0.0	193803.6	14.7
PR25	0+550.000	25.000	735.75	0.00	18393.8	0.0	212197.4	14.7
PR26	0+575.000	25.000	784.88	0.00	19622.1	0.0	231819.5	14.7
PR27	0+600.000	25.000	831.80	0.00	20795.1	0.0	252614.6	14.7
PR28	0+625.000	25.000	861.45	0.00	21536.4	0.0	274151.0	14.7
PR29	0+650.000	13.737	847.61	0.00	11643.7	0.0	285794.6	14.7
PR30	0+652.474	12.500	847.90	0.00	10533.1	0.0	296327.7	14.7
PR31	0+675.000	23.763	833.22	0.00	19669.0	0.0	315996.7	14.7
PR32	0+700.000	25.000	765.17	0.00	18835.5	0.0	334832.3	14.7
PR33	0+725.000	25.000	750.08	0.00	18399.4	0.0	353231.7	14.7
PR34	0+750.000	12.947	758.67	0.00	9667.1	0.0	362898.8	14.7
PR35	0+750.893	12.500	766.75	0.00	9579.0	0.0	372477.8	14.7
PR36	0+775.000	24.553	852.14	0.00	20922.8	0.0	393400.6	14.7
PR37	0+800.000	25.000	733.12	0.00	18328.0	0.0	411728.6	14.7
PR38	0+825.000	25.000	908.93	0.00	22723.3	0.0	434451.9	14.7
PR39	0+850.000	25.000	942.29	0.00	23557.3	0.0	458009.2	14.7
PR40	0+875.000	25.000	847.13	0.00	21178.2	0.0	479187.4	14.7
PR41	0+900.000	25.000	528.33	0.03	13208.2	0.8	492395.6	15.5
PR42	0+925.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR43	0+950.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR44	0+975.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR45	1+000.000	13.267	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR46	1+001.535	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR47	1+025.000	24.233	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR48	1+050.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR49	1+075.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR50	1+100.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR51	1+125.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR52	1+150.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR53	1+175.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR54	1+200.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR55	1+225.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR56	1+250.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR57	1+275.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR58	1+300.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR59	1+325.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR60	1+350.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR61	1+375.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR62	1+400.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR63	1+425.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR64	1+450.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR65	1+475.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR66	1+500.000	19.578	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR67	1+514.156	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR68	1+525.000	17.922	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR69	1+550.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR70	1+575.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR71	1+600.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR72	1+625.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR73	1+650.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PR74	1+675.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR75	1+700.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR76	1+725.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR77	1+750.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR78	1+775.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR79	1+800.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR80	1+825.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR81	1+850.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR82	1+875.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR83	1+900.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR84	1+925.000	14.962	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR85	1+929.924	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR86	1+950.000	22.538	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR87	1+975.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR88	1+1000.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR89	2+025.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR90	2+050.000	23.418	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR91	2+071.835	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR92	2+075.000	14.082	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR93	2+100.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR94	2+125.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR95	2+150.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR96	2+175.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR97	2+200.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR98	2+225.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR99	2+250.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR100	2+275.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR101	2+300.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR102	2+325.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR103	2+350.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR104	2+375.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR105	2+400.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR106	2+425.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR107	2+450.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR108	2+475.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR109	2+500.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR110	2+525.000	14.212	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR111	2+528.423	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR112	2+550.000	23.288	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR113	2+575.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR114	2+600.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR115	2+625.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR116	2+650.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR117	2+675.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR118	2+700.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR119	2+725.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR120	2+750.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR121	2+775.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	492395.6	15.5
PR122	2+800.000	25.000	377.63	0.02	9716.0	0.4	502111.6	15.9
PR123	2+825.000	25.000	534.30	0.02	13408.6	0.4	515520.2	16.4
PR124	2+850.000	25.000	465.99	0.02	11500.2	0.4	527020.4	16.8
PR125	2+875.000	25.000	208.44	40.76	5025.1	1028.7	532045.5	1045.4
PR126	2+900.000	25.000	0.21	51.52	5.1	1286.0	532050.6	2331.4
PR127	2+925.000	25.000	0.31	16.86	7.6	415.6	532058.1	2746.9
PR128	2+950.000	25.000	1.26	88.72	30.6	2199.0	532088.8	4946.0
PR129	2+975.000	25.000	0.72	209.88	17.4	5246.1	532106.2	10192.1
PR130	3+000.000	25.000	0.67	185.62	16.1	4605.7	532122.3	14797.8
PR131	3+025.000	25.000	0.53	143.64	12.9	3550.7	532135.2	18348.5
PR132	3+050.000	25.000	0.42	84.99	10.1	2085.2	532145.3	20433.6
PR133	3+075.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR134	3+100.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR135	3+125.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR136	3+150.000	19.412	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR137	3+163.824	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR138	3+175.000	18.088	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR139	3+200.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR140	3+225.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR141	3+250.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR142	3+275.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR143	3+300.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR144	3+325.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR145	3+350.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR146	3+375.000	21.826	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR147	3+393.652	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR148	3+400.000	15.674	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR149	3+425.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR150	3+450.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR151	3+475.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR152	3+500.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR153	3+525.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR154	3+550.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR155	3+575.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR156	3+600.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR157	3+625.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR158	3+650.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR159	3+675.000	17.567	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR160	3+685.134	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PR161	3+700.000	19.933	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR162	3+725.000	24.214	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR163	3+748.428	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR164	3+750.000	13.286	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR165	3+775.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR166	3+800.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR167	3+825.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532145.3	20433.6
PR168	3+850.000	25.000	0.26	183.85	6.8	4679.1	532152.0	25112.7
PR169	3+875.000	25.000	1.11	287.43	28.2	7258.2	532180.2	32371.0
PR170	3+900.000	25.000	2.55	249.71	64.3	6321.1	532244.6	38692.1
PR171	3+925.000	25.000	2.09	233.81	51.7	5891.2	532296.3	44583.2
PR172	3+950.000	25.000	0.53	287.07	13.5	7243.3	532309.8	51826.6
PR173	3+975.000	25.000	2.70	358.30	69.3	9015.1	532379.1	60841.7
PR174	4+000.000	25.000	0.79	411.45	19.1	10297.4	532398.1	71139.1
PR175	4+025.000	25.000	0.30	307.51	7.2	7616.1	532405.3	78755.2
PR176	4+050.000	22.964	0.24	194.04	5.3	4376.1	532410.6	83131.3
PR177	4+070.927	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	532410.6	83131.3
PR178	4+075.000	14.536	0.00	0.00	0.0	0.0	532410.6	83131.3
PR179	4+100.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532410.6	83131.3
PR180	4+125.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	532410.6	83131.3
PR181	4+150.000	15.411	0.00	0.00	0.0	0.0	532410.6	83131.3
PR182	4+155.821	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	532410.6	83131.3
PR183	4+175.000	22.089	0.00	0.00	0.0	0.0	532410.6	83131.3
PR184	4+200.000	25.000	0.29	65.69	7.1	1615.4	532417.7	84746.7
PR185	4+225.000	25.000	25.74	1.34	637.0	33.6	533054.8	84780.3
PR186	4+250.000	25.000	296.34	0.03	7409.2	0.8	540464.0	84781.1
PR187	4+275.000	25.000	284.69	0.06	7131.3	1.4	547595.3	84782.5
PR188	4+300.000	25.000	284.00	0.14	7106.3	3.6	554701.7	84786.1
PR189	4+325.000	25.000	353.85	0.08	8806.9	2.0	563508.6	84788.1
PR190	4+350.000	25.000	1645.82	0.09	39721.2	2.3	603229.7	84790.3
PR191	4+375.000	25.000	616.04	0.07	15247.6	1.6	618477.3	84792.0
PR192	4+400.000	25.000	681.73	0.07	16907.7	1.6	635385.0	84793.6
PR193	4+425.000	25.000	655.57	0.06	16237.1	1.4	651622.1	84795.0
PR194	4+450.000	25.000	708.35	0.02	17574.4	0.6	669196.5	84795.6
PR195	4+475.000	25.000	694.13	0.02	17334.9	0.6	686531.5	84796.2
PR196	4+500.000	25.000	488.29	0.02	12320.7	0.6	698852.2	84796.9
PR197	4+525.000	25.000	207.66	0.02	5300.3	0.4	704152.5	84797.3
PR198	4+550.000	20.477	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR199	4+565.954	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR200	4+575.000	12.367	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR201	4+590.688	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR202	4+600.000	17.156	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR203	4+625.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR204	4+650.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR205	4+675.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR206	4+700.000	14.175	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR207	4+703.349	2.924	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR208	4+705.848	10.825	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR209	4+725.000	22.076	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR210	4+750.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR211	4+775.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR212	4+800.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR213	4+825.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR214	4+850.000	16.039	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR215	4+857.077	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR216	4+875.000	21.461	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR217	4+900.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR218	4+925.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR219	4+950.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR220	4+975.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR221	4+1000.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR222	5+025.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR223	5+050.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR224	5+075.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR225	5+100.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR226	5+125.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR227	5+150.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR228	5+175.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR229	5+200.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR230	5+225.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR231	5+250.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR232	5+275.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR233	5+300.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR234	5+325.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR235	5+350.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR236	5+375.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR237	5+400.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR238	5+425.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR239	5+450.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR240	5+475.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR241	5+500.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR242	5+525.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR243	5+550.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR244	5+575.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR245	5+600.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR246	5+625.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3
PR247	5+650.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	704152.5	84797.3

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PR248	5+675.000	25.000	16.09	0.55	402.2	13.7	704554.7	84811.1
PR249	5+700.000	25.000	5.96	1.91	149.0	47.7	704703.6	84858.8
PR250	5+725.000	25.000	0.11	48.28	2.9	1206.9	704706.5	86065.6
PR251	5+750.000	25.000	2.60	5.12	65.1	128.1	704771.5	86193.8
PR252	5+775.000	25.000	15.23	1.82	380.9	45.5	705152.4	86239.3
PR253	5+800.000	25.000	32.15	0.12	803.7	3.0	705956.1	86242.3
PR254	5+825.000	25.000	58.72	0.06	1468.1	1.4	707424.2	86243.7
PR255	5+850.000	25.000	90.59	0.06	2264.6	1.4	709688.8	86245.1
PR256	5+875.000	25.000	127.24	0.03	3181.0	0.7	712869.8	86245.8
PR257	5+900.000	25.000	165.96	0.03	4148.9	0.7	717018.7	86246.6
PR258	5+925.000	25.000	205.76	0.12	5143.9	2.9	722162.6	86249.5
PR259	5+950.000	25.000	246.93	0.03	6173.3	0.7	728335.9	86250.2
PR260	5+975.000	25.000	288.79	0.03	7219.8	0.7	735555.7	86250.9
PR261	6+000.000	25.000	329.51	0.03	8237.8	0.7	743793.5	86251.6
PR262	6+025.000	25.000	368.10	0.03	9202.5	0.7	752996.0	86252.3
PR263	6+050.000	25.000	397.28	0.03	9931.9	0.7	762927.9	86253.0
PR264	6+075.000	25.000	421.84	0.03	10545.9	0.7	773473.8	86253.7
PR265	6+100.000	25.000	439.00	0.03	10975.1	0.7	784448.9	86254.4
PR266	6+125.000	25.000	474.74	0.03	11868.5	0.7	796317.4	86255.1
PR267	6+150.000	25.000	513.16	0.03	12829.0	0.7	809146.4	86255.8
PR268	6+175.000	25.000	547.39	0.03	13684.8	0.7	822831.2	86256.5
PR269	6+200.000	25.000	579.68	0.03	14491.9	0.7	837323.1	86257.1
PR270	6+225.000	25.000	601.46	0.02	15036.5	0.5	852359.7	86257.6
PR271	6+250.000	25.000	634.56	0.02	15864.1	0.4	868223.8	86258.0
PR272	6+275.000	25.000	580.00	0.05	14500.0	1.1	882723.8	86259.1
PR273	6+300.000	25.000	535.26	0.03	13381.5	0.8	896105.3	86259.9
PR274	6+325.000	25.000	482.19	0.05	12054.9	1.3	908160.1	86261.3
PR275	6+350.000	25.000	395.58	0.05	9889.5	1.3	918049.6	86262.6
PR276	6+375.000	25.000	261.36	0.06	6534.1	1.6	924583.7	86264.1
PR277	6+400.000	25.000	221.24	0.05	5531.0	1.3	930114.8	86265.4
PR278	6+425.000	25.000	367.59	0.05	9189.8	1.2	939304.6	86266.6
PR279	6+450.000	25.000	429.81	0.05	10745.3	1.4	950049.9	86268.0
PR280	6+475.000	25.000	465.76	0.06	11644.0	1.5	961693.9	86269.5
PR281	6+500.000	25.000	480.20	0.07	12004.9	1.7	973698.8	86271.1
PR282	6+525.000	25.000	8602.46	0.03	215061.4	0.7	1188760.2	86271.8
PR283	6+550.000	25.000	444.26	0.06	11106.6	1.6	1199866.8	86273.4
PR284	6+575.000	25.000	413.66	0.06	10341.6	1.5	1210208.4	86274.9
PR285	6+600.000	25.000	367.04	0.06	9176.0	1.5	1219384.4	86276.4
PR286	6+625.000	25.000	314.63	0.06	7865.9	1.5	1227250.2	86277.9
PR287	6+650.000	25.000	258.76	0.06	6468.9	1.5	1233719.2	86279.4
PR288	6+675.000	25.000	202.15	0.06	5053.8	1.6	1238773.0	86280.9
PR289	6+700.000	25.000	131.94	0.06	3298.4	1.5	1242071.3	86282.5
PR290	6+725.000	25.000	79.87	0.06	1996.7	1.5	1244068.0	86283.9
PR291	6+750.000	25.000	35.18	0.05	879.4	1.3	1244947.4	86285.3
PR292	6+775.000	25.000	4.68	16.34	117.1	408.5	1245064.5	86693.8
PR293	6+800.000	25.000	0.89	56.74	22.3	1418.5	1245086.8	88112.3
PR294	6+825.000	25.000	0.48	47.72	11.9	1193.0	1245098.7	89305.3
PR295	6+850.000	25.000	0.30	27.18	7.4	679.5	1245106.1	89984.8
PR296	6+875.000	25.000	1.01	30.46	25.2	761.5	1245131.2	90746.3
PR297	6+900.000	25.000	16.70	0.13	417.5	3.1	1245548.7	90749.4
PR298	6+925.000	25.000	63.82	0.06	1596.5	1.5	1247144.2	90750.9
PR299	6+950.000	25.000	142.36	0.06	3558.9	1.4	1250703.2	90752.4
PR300	6+975.000	25.000	211.39	0.06	5284.8	1.6	1255987.9	90753.9
PR301	7+000.000	25.000	235.37	0.06	5884.1	1.5	1261872.1	90755.4
PR302	7+025.000	25.000	242.83	0.06	6070.7	1.5	1267942.8	90756.9
PR303	7+050.000	25.000	250.68	0.06	6267.0	1.6	1274209.8	90758.5
PR304	7+075.000	25.000	229.06	0.09	5726.4	2.3	1279936.2	90760.8
PR305	7+100.000	25.000	221.87	0.06	5546.9	1.5	1285483.1	90762.3
PR306	7+125.000	25.000	206.46	0.06	5161.6	1.5	1290644.7	90763.8
PR307	7+150.000	25.000	198.11	0.06	4952.8	1.5	1295597.5	90765.2
PR308	7+175.000	25.000	170.37	0.06	4259.4	1.5	1299856.8	90766.7
PR309	7+200.000	25.000	153.00	0.06	3825.1	1.5	1303682.0	90768.2
PR310	7+225.000	25.000	148.78	0.06	3719.5	1.5	1307401.5	90769.7
PR311	7+250.000	25.000	143.35	0.06	3583.7	1.5	1310985.2	90771.3
PR312	7+275.000	25.000	127.91	0.06	3197.8	1.5	1314183.0	90772.8
PR313	7+300.000	25.000	121.31	0.03	3032.7	0.8	1317215.7	90773.6
PR314	7+325.000	25.000	69.10	0.04	1727.5	1.1	1318943.2	90774.7
PR315	7+350.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1318943.2	90774.7
PR316	7+375.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1318943.2	90774.7
PR317	7+400.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1318943.2	90774.7
PR318	7+425.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1318943.2	90774.7
PR319	7+450.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1318943.2	90774.7
PR320	7+475.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1318943.2	90774.7
PR321	7+500.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1318943.2	90774.7
PR322	7+525.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1318943.2	90774.7
PR323	7+550.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1318943.2	90774.7
PR324	7+575.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1318943.2	90774.7
PR325	7+600.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1318943.2	90774.7
PR326	7+625.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1318943.2	90774.7
PR327	7+650.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1318943.2	90774.7
PR328	7+675.000	25.000	3.29	0.22	82.4	5.6	1319025.6	90780.3
PR329	7+700.000	25.000	1.45	3.62	36.2	90.6	1319061.8	90870.9
PR330	7+725.000	25.000	0.29	13.87	7.2	346.6	1319069.0	91217.5
PR331	7+750.000	25.000	0.62	27.22	15.6	680.5	1319084.6	91898.0
PR332	7+775.000	25.000	0.52	44.37	12.9	1109.3	1319097.5	93007.3
PR333	7+800.000	25.000	0.48	68.05	12.0	1701.3	1319109.5	94708.6
PR334	7+825.000	25.000	0.53	113.47	13.2	2836.9	1319122.7	97545.5

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PR335	7+850.000	25.000	0.44	185.70	11.0	4642.5	1319133.7	102188.0
PR336	7+875.000	25.000	0.47	218.99	11.9	5474.9	1319145.6	107662.9
PR337	7+900.000	25.000	0.51	45.45	12.7	1136.1	1319158.3	108799.0
PR338	7+925.000	25.000	0.69	11.75	17.2	293.7	1319175.5	109092.7
PR339	7+950.000	25.000	2.95	2.38	73.7	59.6	1319249.2	109152.3
PR340	7+975.000	25.000	8.32	0.06	208.1	1.5	1319457.3	109153.8
PR341	8+000.000	25.000	15.17	0.06	379.2	1.5	1319836.5	109155.3
PR342	8+025.000	25.000	21.66	0.06	541.5	1.5	1320378.0	109156.8
PR343	8+050.000	25.000	25.59	0.06	639.9	1.5	1321017.9	109158.3
PR344	8+075.000	25.000	27.69	0.06	692.1	1.5	1321710.0	109159.8
PR345	8+100.000	25.000	27.92	0.06	698.0	1.5	1322408.0	109161.4
PR346	8+125.000	25.000	25.83	0.06	645.8	1.5	1323053.9	109162.9
PR347	8+150.000	25.000	13.99	0.06	349.8	1.5	1323403.7	109164.4
PR348	8+175.000	25.000	1.28	2.99	32.1	74.7	1323435.8	109239.1
PR349	8+200.000	25.000	0.45	28.11	11.2	702.7	1323447.0	109941.7
PR350	8+225.000	25.000	0.53	96.63	13.2	2415.7	1323460.3	112357.4
PR351	8+250.000	25.000	0.53	185.37	13.2	4634.2	1323473.4	116991.6
PR352	8+275.000	25.000	0.46	297.85	11.6	7446.4	1323485.0	124437.9
PR353	8+300.000	25.000	0.45	464.90	11.2	11622.5	1323496.2	136060.4
PR354	8+325.000	25.000	0.43	662.06	10.7	16551.6	1323506.9	152612.1
PR355	8+350.000	25.000	0.53	980.30	13.2	24507.4	1323520.2	177119.5
PR356	8+375.000	25.000	0.62	1737.81	15.6	43445.3	1323535.7	220564.8
PR357	8+400.000	25.000	0.00	2828.96	0.0	70723.9	1323535.7	291288.7
PR358	8+425.000	25.000	0.00	3857.49	0.0	96437.3	1323535.7	387726.0
PR359	8+450.000	25.000	0.00	4171.57	0.0	104289.3	1323535.7	492015.3
PR360	8+475.000	25.000	0.00	4060.59	0.0	101514.6	1323535.7	593529.9
PR361	8+500.000	25.000	0.00	3444.07	0.0	86101.7	1323535.7	679631.7
PR362	8+525.000	25.000	0.42	2482.79	10.4	62069.6	1323546.1	741701.3
PR363	8+550.000	19.646	0.68	1720.68	13.4	33805.2	1323559.6	775506.5
PR364	8+564.293	12.500	0.74	1390.44	9.1	17361.7	1323568.6	792868.1
PR365	8+575.000	17.854	0.74	1172.01	12.5	20862.0	1323581.1	813730.1
PR366	8+600.000	25.000	0.55	675.07	13.2	16823.2	1323594.3	830553.3
PR367	8+625.000	25.000	0.75	289.30	18.3	7207.3	1323612.7	837760.6
PR368	8+650.000	25.000	14.00	0.15	346.2	3.8	1323958.9	837764.4
PR369	8+675.000	25.000	10.15	0.03	249.9	0.8	1324208.7	837765.2
PR370	8+700.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR371	8+725.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR372	8+750.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR373	8+775.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR374	8+800.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR375	8+825.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR376	8+850.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR377	8+875.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR378	8+900.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR379	8+925.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR380	8+950.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR381	8+975.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR382	8+1000.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR383	9+025.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR384	9+050.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR385	9+075.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR386	9+100.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR387	9+125.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR388	9+150.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR389	9+175.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR390	9+200.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR391	9+225.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR392	9+250.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR393	9+275.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR394	9+300.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR395	9+325.000	21.674	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR396	9+343.348	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR397	9+350.000	15.826	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR398	9+375.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR399	9+400.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR400	9+425.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR401	9+450.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR402	9+475.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR403	9+500.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR404	9+525.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR405	9+550.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR406	9+575.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR407	9+600.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR408	9+625.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR409	9+650.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR410	9+675.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR411	9+700.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR412	9+725.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR413	9+750.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR414	9+775.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR415	9+800.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR416	9+825.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR417	9+850.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR418	9+875.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR419	9+900.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR420	9+925.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR421	9+950.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PR422	9+975.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR423	9+1000.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR424	10+025.000	18.303	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR425	10+036.606	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR426	10+050.000	19.197	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR427	10+075.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR428	10+100.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR429	10+125.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR430	10+150.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR431	10+175.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR432	10+200.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324208.7	837765.2
PR433	10+225.000	25.000	0.30	311.66	7.7	7799.5	1324216.4	845564.6
PR434	10+250.000	25.000	0.48	298.97	12.0	7451.6	1324228.4	853016.3
PR435	10+275.000	25.000	0.48	239.66	11.9	5976.2	1324240.3	858992.5
PR436	10+300.000	25.000	0.37	205.83	9.3	5139.5	1324249.6	864132.0
PR437	10+325.000	25.000	0.49	198.48	12.4	4957.1	1324262.0	869089.1
PR438	10+350.000	25.000	0.51	187.38	12.7	4677.6	1324274.7	873766.7
PR439	10+375.000	25.000	0.19	132.53	4.7	3290.9	1324279.5	877057.6
PR440	10+400.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR441	10+425.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR442	10+450.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR443	10+475.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR444	10+500.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR445	10+525.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR446	10+550.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR447	10+575.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR448	10+600.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR449	10+625.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR450	10+650.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR451	10+675.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR452	10+700.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR453	10+725.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR454	10+750.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR455	10+775.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR456	10+800.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR457	10+825.000	17.774	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR458	10+835.547	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR459	10+850.000	19.726	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR460	10+875.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR461	10+900.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR462	10+925.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR463	10+950.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324279.5	877057.6
PR464	10+975.000	25.000	0.27	805.25	6.7	20131.2	1324286.2	897188.8
PR465	11+000.000	25.000	0.15	1468.04	3.6	36701.0	1324289.8	933889.8
PR466	11+025.000	25.000	0.22	1952.47	5.5	48811.6	1324295.3	982701.4
PR467	11+050.000	25.000	0.00	2119.43	0.0	52985.7	1324295.3	1035687.1
PR468	11+075.000	25.000	1.81	1819.44	45.2	45486.1	1324340.5	1081173.2
PR469	11+100.000	25.000	0.34	1698.65	8.6	42466.2	1324349.1	1123639.4
PR470	11+125.000	25.000	0.25	1627.10	6.1	40677.5	1324355.3	1164316.9
PR471	11+150.000	25.000	0.28	1475.72	7.0	36893.0	1324362.3	1201209.9
PR472	11+175.000	25.000	0.24	1146.43	5.9	28660.8	1324368.2	1229870.7
PR473	11+200.000	25.000	0.25	693.59	6.3	17339.8	1324374.5	1247210.5
PR474	11+225.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR475	11+250.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR476	11+275.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR477	11+300.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR478	11+325.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR479	11+350.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR480	11+375.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR481	11+400.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR482	11+425.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR483	11+450.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR484	11+475.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR485	11+500.000	15.689	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR486	11+506.378	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR487	11+525.000	21.811	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR488	11+550.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR489	11+575.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR490	11+600.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR491	11+625.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR492	11+650.000	12.697	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR493	11+650.394	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR494	11+675.000	24.803	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR495	11+700.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR496	11+725.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR497	11+750.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR498	11+775.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR499	11+800.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR500	11+825.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR501	11+850.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR502	11+875.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR503	11+900.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR504	11+925.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR505	11+950.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR506	11+975.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR507	11+1000.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR508	12+025.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PR596	14+175.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR597	14+200.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR598	14+225.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR599	14+250.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR600	14+275.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR601	14+300.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR602	14+325.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR603	14+350.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR604	14+375.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR605	14+400.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR606	14+425.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR607	14+450.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR608	14+475.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR609	14+500.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR610	14+525.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR611	14+550.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR612	14+575.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR613	14+600.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR614	14+625.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR615	14+650.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR616	14+675.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR617	14+700.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR618	14+725.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR619	14+750.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR620	14+775.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1324374.5	1247210.5
PR621	14+800.000	25.000	83.33	0.03	2083.2	0.7	1326457.8	1247211.2
PR622	14+825.000	25.000	124.98	0.03	3124.5	0.7	1329582.3	1247211.8
PR623	14+850.000	25.000	169.94	0.03	4248.6	0.7	1333830.9	1247212.5
PR624	14+875.000	25.000	249.73	0.02	6243.2	0.6	1340074.1	1247213.1
PR625	14+900.000	25.000	335.61	0.02	8390.3	0.6	1348464.3	1247213.7
PR626	14+925.000	25.000	369.44	0.04	9236.0	1.0	1357700.3	1247214.7
PR627	14+950.000	25.000	333.59	0.08	8339.7	1.9	1366040.1	1247216.7
PR628	14+975.000	25.000	190.25	0.06	4756.2	1.5	1370796.2	1247218.2
PR629	15+000.000	25.000	62.62	30.32	1565.5	758.0	1372361.8	1247976.2