

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
فرنسيس جانشون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson



Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructure de Base

Thème

*Etude APD d'un tronçon autoroutier de la 3ème rocade d'Alger
reliant la wilaya de Tipaza à la wilaya de Tizi Ouzou
du PK60+000 au PK70+000
avec la conception d'un échangeur LARBAA*

Présenté par :

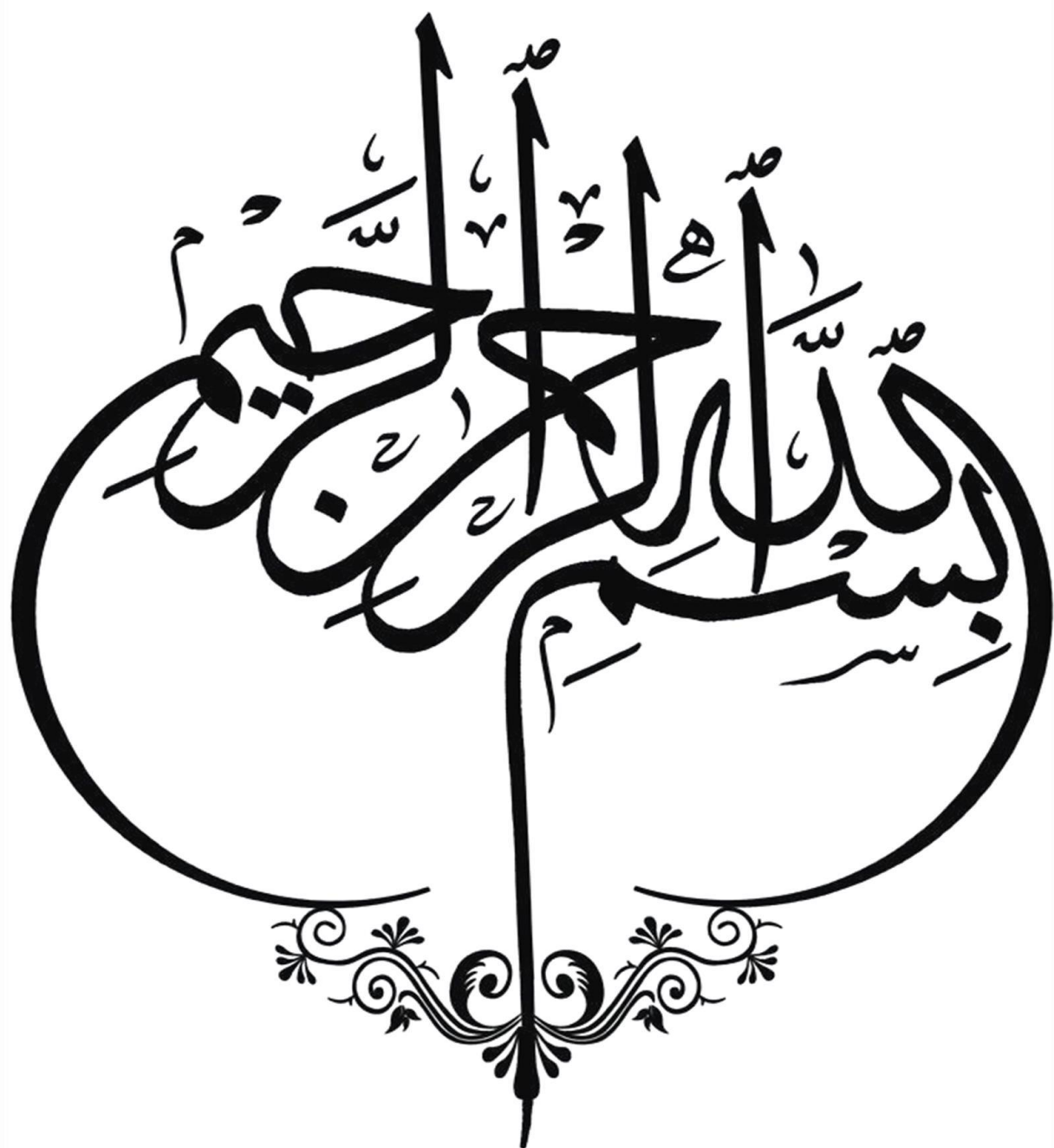
BEN AMOR SEIF EDDINE

OULED AMAR ELBOUKHARI

Encadré par :

Mr: BENBOUZID MOHAMED

Promotion 2023/2024-1445/1446



إهداء:

بسم الله الرحمن الرحيم والحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين،

أما بعد فهذا العمل الذي أملك هو توفيق من الله سبحانه وحده وتكرم منه على عبديه لقوله تعالى : " وعلمك ما لم تكن تعلمَ وَكَانَ فَضْلُ اللَّهِ عَلَيْكَ عَظِيمًا (سورة النساء - الآية 113)؛ فنحمد الله تعالى على فضله علينا ونشكره على نعمه الظاهرة والباطنة. فما كان في المحتوى من صواب فمن الله تعالى وما كان من خطأ فمن أنفسنا والشيطان. بكل فخر وامتنان، أهدي هذا العمل إلى:

- ❖ والديَّ العزيزين، اللذين كانا دومًا مصدر دعم وإلهام لي، بتوجيهاتهما ونصائحهما الثمينة التي لا تقدر بثمن. فنسأل الله أن يحفظهما ويحسن خاتمتهم ويسكنهما العلى من الجنة.
- ❖ إلى إخواني الأعمام، اللذين كانوا دائمًا بجانبني، يقدمون لي الدعم والمساندة في كل خطوة من خطواتي.
- ❖ إلى أساتذتي الأفاضل، اللذين لم يبخلوا عليّ بعلمهم ومعرفتهم، وفتحوا لي أبواب الفهم والإدراك.
- ❖ إلى أصدقائي الأعمام، اللذين كانوا سنداً لي في الأوقات الصعبة وشركاء في النجاح والفرح.
- ❖ وإلى كل من ساندني بكلمة، بفعل، أو بدعوة صادقة في غيابي، لكل من آمن بقدراتي وشجعني على المضي قدماً.

شكرًا لكم جميعًا، فلولاكم لما كان لهذا الإنجاز أن يتحقق.

وفي الأخير نرجو أن تصل به الثواب لنا ولوالدينا والنفع لإخواننا ممن قرأه أو اطلع عليه.

وصلّى الله وبارك على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه.

بن عمر سيف الدين

5 ذو الحجة 1445 هـ الموافق 11 جوان 2024 م

البياضة ولاية الوادي- الجزائر

إهداء:

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين، نبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

أما بعد:

إلى أرواح أحبتي، إلى أهلي ومشايخنا الأعلام و أساتذاتي الكرام و أصدقائي الأعزاء، وإلى كل من ساهم بالقرب والدعم، فإنني أقدم لكم هذه المذكرة كنتاج لجهودي وعطائي خلال سنوات الدراسة. قد كانت رحلة مليئة بالتحديات والإنجازات، ولولا الله ثم دعمكم لما تمكنت من تحقيقها.

وإذا أتفرد بذكر الحمد والشكر لله، فإنني أعبر لكم عن امتناني العميق لكل لحظة قضيتها معها معي، وكل كلمة نصحتموني بها، وكل دعاء صادفته منكم. فقد كانت محفزاتكم هي الدافع الحقيقي وراء تحقيقي لهذا الإنجاز.

وإذا كانت كلماتي تعجز عن وصف مدى شكري وامتناني لكم، فإنني أرفع أعلى درجات الدعاء والبركة إليكم، وأسأل الله العظيم رب العرش العظيم أن يجزيكم خير الجزاء في الدنيا والآخرة و لا ننس إخواننا المسلمين المضطهدين في فلسطين و غزة و في مشارق الأرض و مغاربها أن يؤيدهم بالنصر و التمكين اللهم ارفع الضرر عن أهلنا في غزة وفلسطين اللهم قوهم بإيمانك الكبير وانصرهم على أعدائهم وأعداء الإسلام يا رب العالمين اللهم غزة وفلسطين في جماك فرد كيد اليهود على أنفسهم اللهم يامن لا يهزم جنده ولا يخلف وعده، ولا إله غيره، كُنْ لأهلنا في فلسطين عونًا ونصيرًا و جميع أمة محمد صلى الله عليه و سلم و آخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين.

وصلى الله على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

أولاد اعمر البخاري

5 ذو الحجة 1445 هـ الموافق 11 جوان 2024 م

زاوية كنتة ولاية أدرار - الجزائر

Sommaire

Chapitre I : Présentation De Projet12

I	Introduction :	1
II	Présentation de la wilaya :	1
II.1	situation géographique :	1
II.2	Relief :	1
II.3	Climat :	2
II.4	Sismicité :	3
III	Hydraulique et pluviométrie :	3
IV	Description de projet :	4
V	Objectif de projet :	7
VI	Conclusion :	7

Chapitre II : Etude de trafic

I	Introduction :	8
II	Analyse du trafic :	8
II.1	Modèles de présentation du trafic :	8
II.2	Trafic effectif :	8
II.3	Débit de point horaire normal :	9
II.4	Débit horaire admissible :	9
II.5	Calcul de nombre de voies :	10
III	Résultats de comptage.....	10
IV	Application sur la rocade :	10
IV.1	Calcul de TJMA horizon :	10
IV.2	Calcul du trafic effectif :	11
IV.3	Débit de pointe horaire.....	11
IV.4	Débit horaire	11
IV.5	Nombre de voies :	11
V	Calcul de la saturation du trafic :	12
VI	Conclusion	12

Chapitre III: Tracé en plan

I	Introduction :	14
II	Règles à respecter pour le tracé en plan :	14
III	La catégories de la da section autoroutière :	15
IV	Les éléments de tracé en plan :	16
IV.1	Les arcs de cercles :	16

IV.2	Les raccordement progressif :.....	16
V	Enchainement des éléments de tracé en plan :.....	16
VI	Calcul manuel d'axe de tracé en plan :	17

Chapitre IV : Profil En Long

I	Introduction :.....	20
II	Règle à respecter pour tracer la ligne du projet :	20
III	Déclivité :.....	20
III.1	Déclivité minimale :.....	20
III.2	Déclivité maximale :.....	21
IV	Raccordement en profil en long :.....	21
IV.1	Raccordements convexes (angle saillant) :	21
IV.2	Raccordement concave (angle rentrant) :	21
V	Caractéristique de profil en long :.....	21
VI	Calcul manuel de profil en long :.....	22
VII	Conclusion :	23

Chapitre V : Profil En Travers

I	Introduction :.....	25
II	CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS :.....	25
III	Les éléments constructifs du profil en travers :	25
IV	Les pentes transversale :	25
IV.1	En alignement et en courbe non déversée :	25
IV.2	En courbe déversée :.....	26
V	Les éléments de profil en travers de notre projet :.....	26

Chapitre VI : Cubature

I	Introduction :.....	29
II	Les méthodes de calcul des cubatures :	29
III	Description de la méthode :	29
IV	Application sur notre projet :	31
V	Les matériaux du terrassement :	31
VI	Les matériaux de la chaussée :.....	31

Chapitre VII : STABILITE DES TALUS

I	Introduction:.....	33
II	Objectif de l'étude :	33
III	Analyse de la stabilité des talus :	33
IV	Analyse de stabilité du déblai :	34

IV.1	Facteur de sécurité :	34
IV.2	Paramètres Géotechniques :	34
IV.3	Résultats d'analyse par logiciel :	35
IV.4	Interprétation des résultats :	36
V	Analyse de stabilité du remblai :	36
V.1	Paramètres Géotechniques :	37
V.2	Charge d'exploitation :	37
V.3	Résultats d'analyse par logiciel :	37
V.4	Interprétation des résultats :	38
VI	Conclusion :	38

CHAPITRE VIII : ETUDE GEOLOGIE ET GEOTECHNIQUE

I	Introduction :	40
II	Etude géologique :	40
II.1	Géologie régionale :	40
II.2	Géologie de site :	41
III	Etude géotechnique :	41
III.1	Les essais in situ :	41
III.2	Application sur notre projet :	42
III.3	Programme des investigations in situ :	42
III.4	Programme des essais au laboratoire :	44
III.5	Les puits de reconnaissance :	44
III.6	Les sondages carottés :	45
III.7	Résultats des investigations géotechnique :	46
III.8	Résultats des essais de laboratoire :	48

Chapitre IX : Dimensionnement corps de chaussé

I.	Introduction :	52
II.	La Chaussée :	52
III.	Méthodologie de dimensionnement structural :	52
III.1	Méthode de C.B.R : (California – Bearing – Ratio) :	53
III.2	Méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) :	55
▪	La durée de vie :	58
•	Le coefficient d'agressivité structurelle moyenne (CAM) :	58
IV.	Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :	61
IV.1	Performances mécaniques des matériaux bitumineux :	61
IV.2	Calcul de la déformation admissible de traction (ξ_t , adm) :	61

Conclusion :	65
--------------	----

Chapitre X : Assainissement

I	Introduction :	67
II	Etude hydrologique :	67
III	Période de retour pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques :	67
IV	La pluviométrie :	67
IV.1	Les pluies maximales journalières :	67
IV.2	Les pluies de courtes durées :	68
IV.3	Courbe IDF :	68
V	caractéristique physique des bassins versant :	68
VI	Calcul des débits :	69
VI.1	Méthode des débits spécifique ($S < 1 \text{ KM}^2$) :	69
VI.2	Méthode rationnelle ($1 \text{ Km}^2 < S < 125 \text{ Km}^2$) :	70
VII	Dimensionnement de réseau d'assainissement à projeter :	71
VIII	Application au projet :	72
VIII.1	dimensionnement des buses :	72
VIII.2	dimensionnement d'un dalot : ($\Phi > 2\text{m}$) :	73
VIII.3	dimensionnement des grands ouvrages hydrauliques :	74
VIII.4	Tableau récapitulatif Des dalots et des buses :	75
VIII.5	dimensionnement des fossés :	75

Chapitre XI : Ouvrages d'Art

I	Introduction :	80
II	Choix de type de l'ouvrage :	80
III	Les paramètres qui interviennent dans le choix de types d'ouvrage :	80
IV	Gabarit réservé :	80
V	Les voix de rétablissement :	80
VI	Les ouvrages existant dans notre projet :	81

Chapitre XII : Conception Et Choix De Type D'Echangeur

I	Introduction :	83
II	Types d'échangeurs :	83
II.1	Echangeurs majeurs :	83
II.2	Echangeurs mineurs :	83
III	Caractéristiques géométriques des échangeurs :	84
IV	Description de l'échangeur LARBAA :	84
V	Géométrie en plan des brettelles :	84

V.1	Rayon :	84
V.2	Raccordement progressif :	85
V.3	Profil en long des bretelles :	85
V.4	Profil en travers des bretelles :	85
V.5	Tracé en plan des boucles :	86
VI	Zones de décélération et d'accélération :	86
VII	Rentré et la sortie d'autoroute :	88
VIII	Visibilité :	88
IX	Vue en plan de l'échangeur :	89

Chapitre XIII : Signalisation

I	Introduction :	91
II	Types de la signalisation :	91
III	Dispositifs de retenue :	92
IV	Clôture :	93
V	Application au projet :	93
V.1	Signalisation horizontale :	93
V.2	Signalisation verticale :	96

Chapitre XIV : Etude D'impact Sur L'environnement

I	Introduction :	99
II	Cadre juridique :	99
III	Les objectifs d'étude d'impact sur l'environnement :	99
IV	Etude d'impact sur l'environnement :	99
IV.1	Impact sur l'agriculture :	100
IV.2	Impact sur la nature :	100
IV.3	Impact sur les habitants :	101
V	Conclusion :	102

Chapitre XV : Devis Quantitatif Et Estimatif

CONCLUSION GENERALE:

ملخص

مشروعنا يتضمن دراسة تفصيلية لمقطع من الطريق الاجتيابي رقم 3 للجزائر العاصمة، على مستوى ولاية البليدة ، يمتد من الحجر الكيلو متري 60 الى الحجر الكيلو متري رقم 70 على مدى 10 كم، مع تصميم مبادل الطرق الذي يربط الطريق الاجتيابي رقم 3 بالطريق الوطنية 8 عند بلدية الاربعاء المقترح من طرف الوكالة الجزائرية للطرق السريعة باستعمال معايير **ICTAAL 2000** وبرنامج **CIVIL 3D** .

لإنجاز هذا العمل المتواضع قمنا بإتباع مخطط عمل اقترحها المشرف تبدأ بمقدمة عامة، دراسة حركة المرور، دراسة جيومترية، دراسة جيوتقنية دراسة قنوات صرف المياه استقرار المنحدرات تصميم المحول دراسة تأثير المشروع على البيئة، مقايسة تقديرية وخاتمة.

النهج الذي تم اعتماده في هذا المشروع يهدف إلى إيجاد حل يضمن سلامة البنية التحتية بتكلفة محسنة. تتخذ مراحل المشروع المختلفة وفقا لاستراتيجية محددة بشكل جيد.

Résumé

Le projet de fin d'études consiste en la réalisation d'un tronçon autoroutier de la 3 ème Rcade, en phase APD (avant-projet détaillé), dans la Wilaya de **BLIDA**, sur une distance de 10 km, allant du **PK 60+000** au **PK 70+000**. Il comprend également la conception d'un échangeur reliant la Rcade à la RN 8 au niveau de la commune de **LARBAA**. Le projet suit les normes de l'**ICTAAL 2000**, en utilisant le logiciel **CIVIL 3D**. Ce projet a été proposé par l'Agence Nationale des Autoroutes (ADA).

L'étude complète comprend différentes phases, de la conception à la planification, en passant par l'analyse de trafic, l'étude géotechnique et hydraulique, le dimensionnement de la chaussée, la conception de l'échangeur, la signalisation et l'évaluation de l'impact environnemental.

L'approche adoptée dans ce projet vise à trouver une solution de tracé pour optimiser les coûts tout en garantissant la sécurité de l'infrastructure. Les différentes étapes du projet sont réalisées en suivant une stratégie bien défin

Introduction Générale :

Les infrastructures de transport, qu'elles soient routières, ferroviaires, aériennes ou maritimes, sont indispensables à la vie quotidienne des êtres humains. Elles doivent non seulement être économiquement viables, mais aussi socialement bénéfiques. En évaluant les avantages et les coûts sociaux des projets d'aménagement, ces infrastructures deviennent les principaux canaux de communication et d'échange entre les populations. Elles jouent un rôle crucial dans l'intégration des activités économiques dans la vie locale, favorisant ainsi le développement et la connectivité des communautés.

La problématique des projets d'infrastructures routières est souvent liée à l'augmentation du Trafic (augmentation de nombre de véhicules), pour bien cerner cette problématique, il est nécessaire de préciser les contours, puis pour dessiner les solutions et quantifier précisément les composantes.

Dans cette perspective, notre étude sera traitée selon la recommandation faite par

L'Algérienne Des Autoroutes (L'ADA). Elle s'agit d'étudier la Phase d'avant-projet détailler (APD) d'un tronçon de la rocade 3 située du PK 60+000 jusqu'au PK 70+000 reliant la ville de Sidi Rached (Tipaza) et la liaison de la pénétrante de Tizi-Ouzou. Il s'agit d'une infrastructure 2x2 voies de 3.5 mètres de largeur élargissable à terme en 2x 3 voies vers l'intérieur, avec conception d'un échangeur Larbaa au PK 66+301.

Ce projet dans ses grandes phases est constitué de :

- La conception géométrique de la route (Trace en plan, profil en long, profil en travers et calcul des cubatures par logiciel Civil 3D).
- La conception structurale (composée de l'étude du trafic et dimensionnement de corps de chaussée).
- Etude géotechnique, étude d'assainissement, conception d'un échangeur, signalisation ainsi devis quantitatif et estimatif.

Chapitre I : Présentation De Projet

I Introduction :

Le projet de la troisième rocade d'Alger vise à créer une liaison autoroutière de 149 km entre Sidi Rached (wilaya de Tipaza) et Tizi Ouzou (wilaya de Tizi Ouzou), traversant les wilayas de Blida et Alger et Boumerdes. Cette nouvelle rocade commence à l'intersection de la route nationale 67 avec la pénétrante de Tipaza à Sidi Rached (PK 0+000) et se termine à la liaison de la pénétrante de Tizi Ouzou et la route nationale 12 (PK 149+000).

L'objectif principal de la réalisation de cette troisième rocade est de soulager la région algéroise de la circulation de transit, actuellement prise en charge par les première et deuxième rocade d'Alger. Ce projet est essentiel pour le développement économique et social de la région et du pays dans son ensemble.

II Présentation de la wilaya :

II.1 situation géographique :

La wilaya de Blida est une wilaya algérienne située au nord du Tell central, à environ 50 km au sud-ouest de la capitale, Alger. Le chef-lieu de la wilaya est Blida. Elle s'étend sur une superficie de 1 696 km² avec une population de 1 009 957 habitants en 2008. Elle est bordée au nord par Alger et Tipaza, à l'ouest par Aïn Defla, au sud par Médéa et à l'est par Bouira et Boumerdes. L'altitude moyenne de la wilaya est de 260 m.



Figure I.1 : carte géographique de la wilaya de BLIDA et ses frontières.

II.2 Relief :

Le territoire de la wilaya couvre une superficie de 1696 km² qui se répartie en :

- Montagne : 30 %
- les vallées: 10 %

- Plaines : 60 %

La wilaya de Blida offre une diversité de reliefs qui façonnent son paysage géographique. Au sud, les majestueuses montagnes de l'Atlas blidéen dominant l'horizon, offrant des sommets imposants et des vallées profondes. Dans les régions centrales, les collines et les piémonts offrent des paysages vallonnés. Au nord, la plaine de la Mitidja s'étend sur de vastes étendues de terres plates et fertiles. (Reference : Wikipédia)

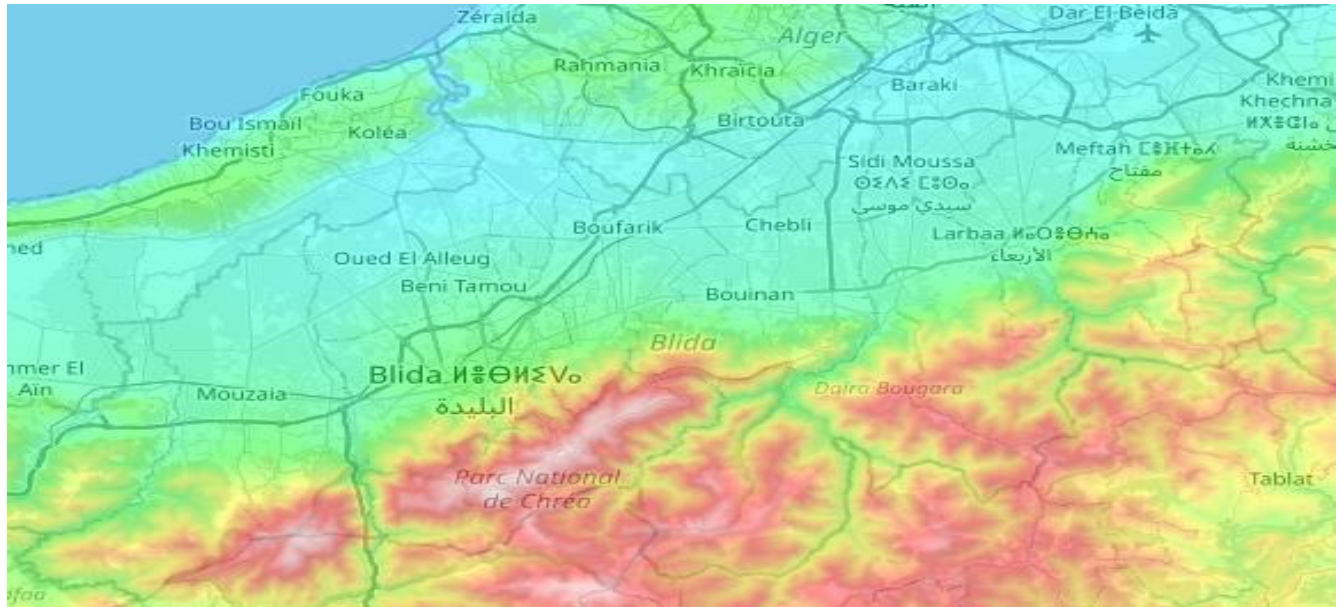


Figure I.2 : Relief de la wilaya de BLIDA.

II.3 Climat :

La wilaya de Blida est caractérisée par un climat méditerranéen, offrant des étés chauds et secs ainsi que des hivers doux et pluvieux. Pendant les mois estivaux, les températures oscillent généralement entre 25 et 35°C. En revanche, les hivers voient des températures moyennes de 5 à 15°C, accompagnées de précipitations significatives. Avec des précipitations annuelles d'environ 700 à 900 millimètres et un ensoleillement moyen annuel de 2500 à 2800 heures. (Reference : Wikipédia)

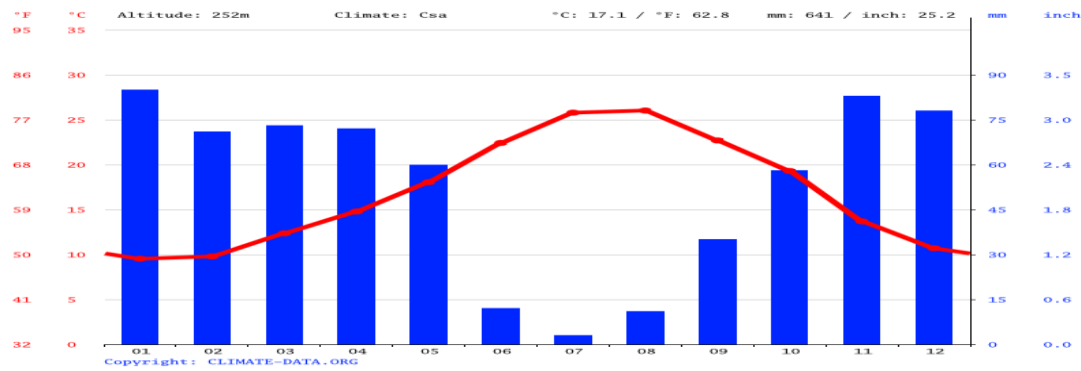


Figure I.3 : Climat de la wilaya de BLIDA.

II.4 Sismicité :

Le zonage sismique de la wilaya de Blida est déterminé par le Règlement Parasismique Algérien de 1999 (RPA 99), qui classe les différentes régions en fonction de leur niveau de risque sismique. Blida est classée dans la zone III selon ce règlement, ce qui indique un niveau de sismicité élevé. Cette classification est basée sur divers facteurs géologiques, géotechniques et sismiques propres à la région.

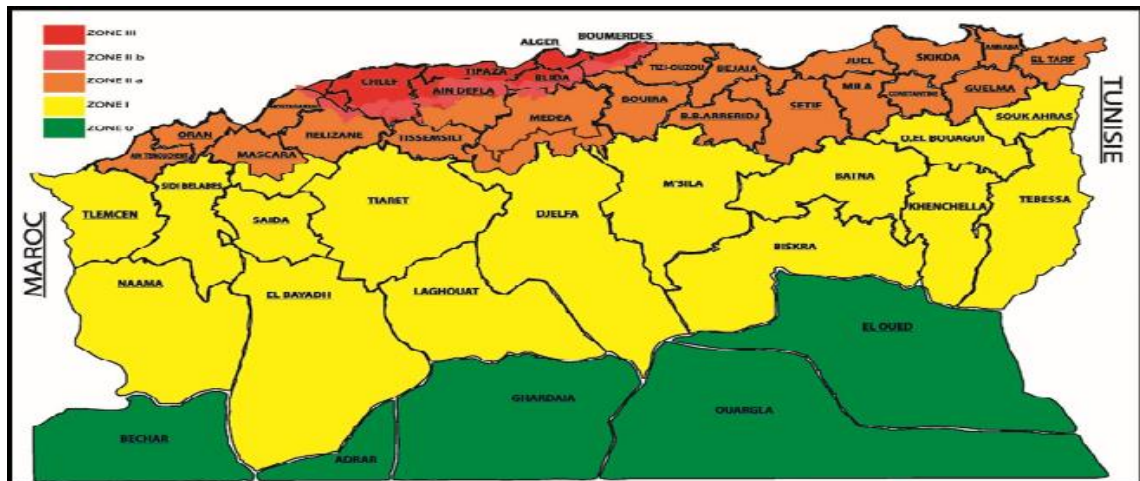


Figure I.4. Zonage sismique de l'Algérie.

III Hydraulique et pluviométrie :

Traversée par plusieurs oueds, tels que l'oued Mazafran et l'oued El Harrach, la région dispose d'une infrastructure hydraulique importante . La précipitation moyenne

enregistrées par la station fait ressortir une pluviomètre moyenne annuelle de 600-900 mm durant la période 1978-2004.

IV Description de projet :

La 3ème Rcade est conçue en 2 x 2 élargissable à terme en 2x 3 voies par l'intérieur avec un terre-plein central (TPC) de 10 m, les ouvrages d'art sont étudiés seront réalisés directement en 2x3 voies.

La 3ème Rcade d'Alger relie Tipaza à Tizi Ouzou. Elle prend origine sur la pénétrante de Tipaza à l'Autoroute Est-Ouest, évolue dans l'emprise de la RN67 sur 32 km.

Le tracé évolue sur 8 km dans la wilaya d'Alger où il contourne, par le Nord, la localité de Ben Chaabane parallèlement au CW112. Dans la Wilaya de Blida, le tracé intercepte l'Autoroute Est-Ouest au Nord de Boufarik, passe au Nord de Bouinan, Bougara et Larbaa puis évolue dans un relief difficile jusqu'à la limite Est de Blida. Dans la Wilaya de Boumerdes, le tracé passe au Sud de Khemis El Khechna, intercepte par la suite l'Autoroute Est-Ouest à 1.5 km au Nord de Larbaatache pour rejoindre le tracé de la 2^{ème} Rcade. Ensuite, il évolue sur cette dernière sur 6.5 km. Le tracé contourne par le sud la ville de Ben Merzouga. Après cela, il longe la RN 5, entre Tidjelabine et Thénia, et par la suite, la RN 12, entre Si-Mustapha et Bordj-Menaïel. Il cohabite avec des réseaux de transport variés. Ce tronçon côtoie, en effet, de nombreuses infrastructures de transport, telles que des lignes électriques, des conduites de gaz, une route nationale et une voie ferrée. Ce tracé permet d'éviter la solution plus complexe et plus coûteuse consistant en le passage du tracé sur le versant sud des montagnes. Le tracé continue son cheminement par la suite sur la RN 12 à 1 Km du carrefour dénivelé existant à l'est de Bordj-Menaïel. Il emprunte le tracé de cette route (aménagée actuellement en 2 x 2 voies) sur 10 km, traverse Naciria, coupe la RN25 à 1 km au Nord de Tadmait au niveau de la limite Est de Boumerdès, puis continue dans la wilaya de Tizi Ouzou, traverse l'oued Sebaou et évolue parallèlement à la rive nord de ce dernier sur 8 Km et le traverse une deuxième fois, puis rejoint la RN 12 au droit de l'échangeur au début de la Pénétrante de Tizi Ouzou (qui relie la wilaya de Tizi Ouzou à l'Autoroute Est-Ouest).

Notre projet consiste à étudier un tronçon autoroutier du 10 km sur la rocade 3 lié entre Tipaza et Tizi Ouzou qui se trouve à PK60+000 au PK70+000 passe au Bougara et Larbaa puis évolue dans un relief difficile jusqu'à la limite Est de Blida. et passe au oued ejemaa PK 62+290 , CW 117 , CW 112, RN29 avec la conception d'un échangeur Larbaa au niveau du PK 66+300



Figure I.5 : La localisation de projet

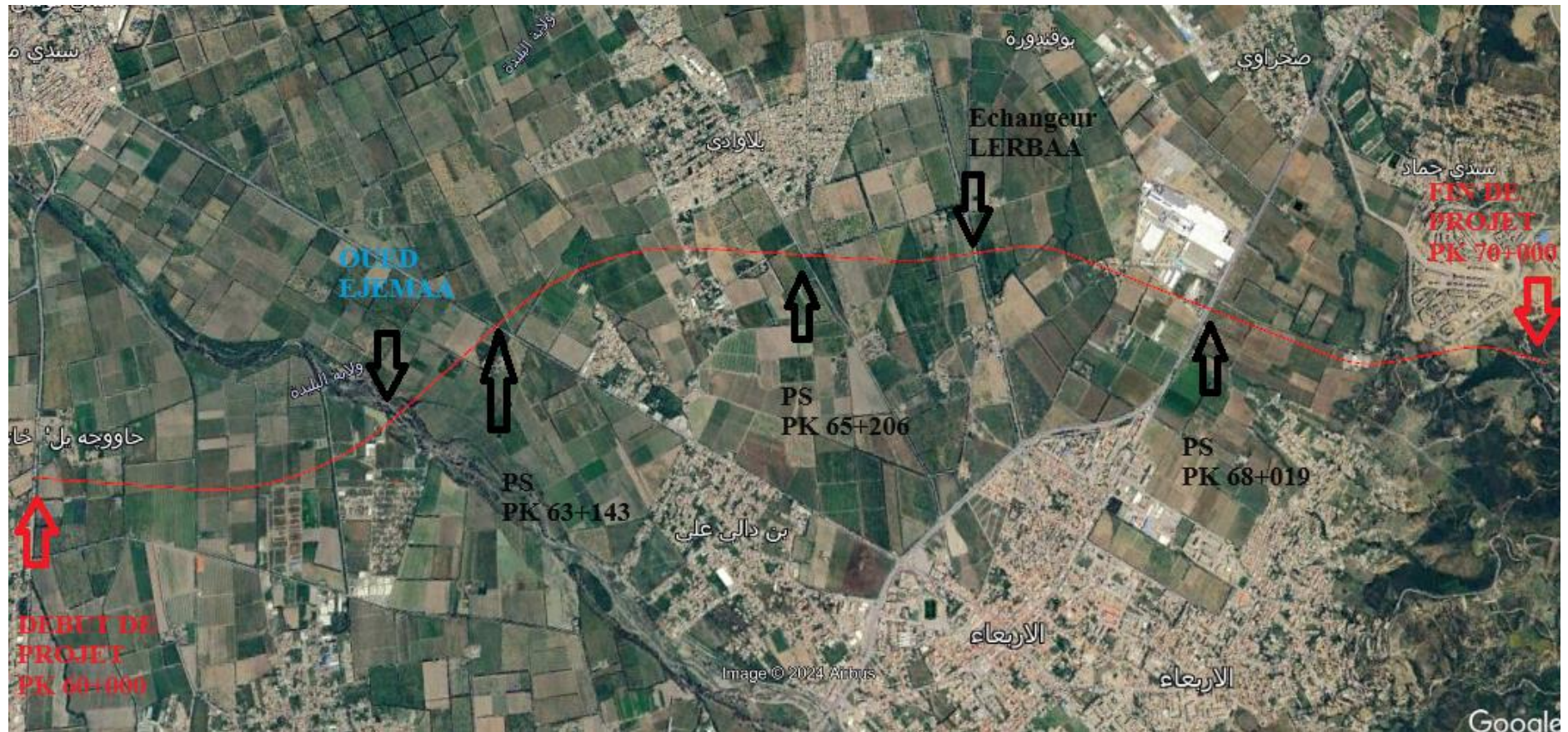


Figure I.6 : La localisation de projet pk 60+000 à pk 70+000

Notre tronçon traverse les contraintes suivantes :

Tableau I.1 : Contraintes de tronçon d'étude

Passage supérieure	Ouvrage hydraulique
• Echangeur LERBAA PK 66+300 • Piste PK 63+143 • Piste PK 65+206 • Piste PK 68+019	• Oued EJEMAA PK 62+290

V Objectif de projet :

Les objectifs principaux de la réalisation de la rocade 3 sont multiples et visent à répondre aux besoins divers de la région :

- Atténuer le trafic de transit dans la région d'Alger, actuellement absorbé par les première et deuxième Rocades, afin de réduire la congestion routière et d'améliorer la fluidité du trafic.
- Accroître l'accessibilité aux zones d'activités économiques et touristiques, notamment pendant la saison estivale, pour stimuler le développement économique et le tourisme local.
- Réduire le nombre d'accidents routiers en créant un itinéraire plus sûr et mieux conçu, avec des caractéristiques routières améliorées.
- Offrir un confort accru aux usagers de la route en réduisant les temps de trajet et en améliorant la qualité de l'infrastructure routière.
- Concevoir un tracé optimal pour la nouvelle rocade, tenant compte des contraintes géographiques, environnementales et urbaines, ainsi que des besoins des usagers.
- Diminuer les coûts de transport pour les entreprises et les particuliers en rationalisant les itinéraires et en réduisant la consommation de carburant.
- Garantir un flux de trafic efficace et sûr sur le nouveau tracé, en veillant à sa conformité aux normes de sécurité routière et à sa capacité à absorber les volumes de circulation prévus.
- Améliorer la qualité de vie des habitants riverains en réduisant les nuisances sonores, les émissions polluantes et les risques liés à la circulation routière dans leur environnement immédiat.

VI Conclusion :

Le projet vise à élaborer un avant-projet détaillé (APD) pour un segment de la troisième rocade, s'étendant du PK 60+000 au PK 70+000, reliant ainsi les villes de Tipaza et Tizi Ouzou. Une composante essentielle de ce projet est la conception d'un échangeur "LERBAA"

Chapitre II : Etude de trafic

I Introduction :

Lors de la planification des projets de transport et de réseaux routiers, il est essentiel de comprendre les pratiques de déplacement et d'estimer le trafic actuel et futur. Cela implique l'utilisation de méthodologies de modélisation pour estimer le trafic et les conditions de fonctionnement. Une étude de trafic est cruciale en amont de tout projet routier, permettant de déterminer l'intensité et la nature du trafic, notamment la présence de poids lourds. Le dimensionnement de la route dépend du trafic journalier moyen annuel (TJMA) et du trafic de poids lourds (TPL).

II Analyse du trafic :

L'analyse du trafic comprend plusieurs approches complémentaires :

- Comptages manuels.
- Comptages automatiques.
- Les enquêtes : elles permettent de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux.

Pour évaluer le trafic, il est important de considérer différents types :

- Trafic normal.
- Trafic induit.
- Trafic dévié.
- Trafic local.
- Trafic de transit.
- Le trafic d'échange.

II.1 Modèles de présentation du trafic :

La méthode choisie est la "prolongation de l'évolution passée", en raison de sa simplicité et de son intégration des variables économiques régionales. Elle consiste à projeter l'évolution du trafic observé dans le passé sur les années à venir, souvent en utilisant un modèle de croissance exponentielle.

Le trafic T_n à l'année n sera :

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

Où :

T_0 : le trafic à l'arrivée pour l'origine.

τ : le taux de croissance ($\tau=4\%$)

T_n : le trafic à l'année horizon.

T_0 : le trafic à l'année de référence

II.2 Trafic effectif :

Le trafic effectif donné par la relation :

$$T_{eff} = [(1 - Z) + P.Z].T_n$$

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P/j). **Z** : pourcentage de poids lourds (%).

P : coefficient d'équivalence pour les poids lourds.

Tableau II.1 : Valeurs du coefficient d'équivalence « P »

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne Caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite	3-6	6-12	16-24

P= 3 car l'environnement est E1 et la route a bonne caractéristique (d'après le tableau de coefficient d'équivalence).

II.3 Débit de point horaire normal :

Le débit de point horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon donné par la formule suivante :

$$Q = (1/n) T_{eff} \quad (\text{UVP/h}).$$

1/n : Coefficient de pointe horaire pris est égal **0.12**

II.4 Débit horaire admissible :

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

$$Q_{adm} (\text{uvp/h}) = K1.K2. C_{th}$$

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Tableau II.2 : Valeurs du coefficient « k1 »

L'environnement	E1	E2	E3
K ₁	0.75	0.85	0.9 ou 0.95

Tableau II.3 : Valeurs du coefficient « k2 »

La catégorie L'environnement	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	0.95	0.95

Tableau II.4 : Valeurs du coefficient « Cth »

Direction	Capacité
Route 2 direction de 3.5 m	1500 à 2000
Route 3 direction de 3.5 m	2400 à 3200
Route 2 le séparateur	1500 à 1800

II.5 Calcul de nombre de voies :

- Cas d'une chaussée unidirectionnelle :
Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport $S \cdot Q / Q_{adm}$
Avec :

$$N = S \cdot Q / Q_{adm}$$

$S=2/3$: coefficient dissymétrie

Q_{adm} : débit admissible par voie

III Résultats de comptage

D'après les données de comptages

Trafic actualisé en 2023 est TJMA = 7800 veh/j ;

Taux d'accroissement : $\tau = 4\%$.

Pourcentage de poids lourds, PL = 35%.

Vitesse de base : 130 Km/h ;

Année de mise en service : 2026 ;

Durée de vie : 20 ans.

IV Application sur la rocade :**IV.1 Calcul de TJMA horizon :**

Nombre d'année est : $n = 2026 - 2023$ donc $n = 3$ ans

- $TJMA_{2026} = (1 + \tau)^n \times TJMA_{2023}$
- $TJMA_{2026} = (1 + 0.04)^3 \times 7800 = 8773.94$
- $TJMA_{2026} = 8774 \text{ v/j/sens}$
- $TJMA_{2046} = (1 + \tau)^n \times TJMA_{2026}$

- $TJMA_{2046} = (1+0.04)^{20} \times 8437 = 19224.91$
- $TJMA_{2046} = 19225 \text{ v/j/sens}$

IV.2 Calcul du trafic effectif :

$P=3$ car l'environnement est E1 et la route a bonne caractéristique (d'après le tableau de coefficient d'équivalence).

$$T_{eff} (2026) = [(1 - Z) + P \cdot Z] \cdot T_n$$

$$T_{eff} (2026) = [(1 - 0.35) + 3 \times 0.35] \times 8774 = 14915.8$$

$$T_{eff} (2026) = 14916 \text{ uvp/j}$$

$$T_{eff} (2046) = [(1 - 0.35) + 3 \times 0.35] \times 19225 = 32682.5$$

$$T_{eff} (2046) = 32683 \text{ uvp/j}$$

IV.3 Débit de pointe horaire

$$Q_n = 0.12 \times T_{eff}$$

$$Q_{2026} = 0.12 \times 14916 = 1789.92$$

$$Q_{2026} = 1790 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{2046} = 0.12 \times 32683 = 3921.96$$

$$Q_{2046} = 3922 \text{ uvp/h}$$

IV.4 Débit horaire

Environnement de projet est E1
A partir du tableau : $C_{th} = 1800 \text{ uvp/h}$.

$$Q_{adm} = k_1 \times k_2 \times C_{th}$$

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 1800 = 1350$$

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

IV.5 Nombre de voies :

Cas d'une chaussée unidirectionnelle Pour ce cas c'est une pénétrante donc une chaussée unidirectionnelle.

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

$$N = S \cdot Q / (Q_{adm}) = (2/3) \cdot (3922/1350) = 1.94$$

avec $S = 2/3$ (le trafic est dysmétrie)

Donc le nombre de voie $N=2$

V Calcul de la saturation du trafic :

$$Q_{sat} = (1+\tau)^n \cdot Q_{adm}$$

$$Q_{sat} = 2 \times Q_{adm} = 2 \times 1350 = 2700 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{2026} = 1790 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{2026} = (2/3) \times 1790 = 1193.34$$

$$Q_{2026} = 1194 \text{ uvp/h/sens}$$

$$n = [(\ln(Q_{sat}/Q_{2026}))/\ln(1+\tau)] = [(\ln(2700/1194))/\ln(1+0.04)] = 20.8$$

D'où notre route sera saturée en 21 ans après l'année mise en service. C'est à dire en 2047.

VI Conclusion

D'après le calcul de la capacité de la rocade, on conclut que son profil en travers est constitué de **2 voies** dans chaque sens de circulation, avec une bande d'arrêt d'urgence (**BAU**) de **3.00** mètres. De plus, il y a une **berme** de **1.00** mètre (**accotement** de **4.00** mètres) et un terre-plein central (**TPC**) de **10.00** mètres.

Chapitre III: Tracé en plan

I Introduction :

L'élaboration de tout projet routier débute par la recherche d'un emplacement adéquat dans la nature, en tenant compte de la topographie du terrain. Le tracé en plan représente l'axe de la route sur une surface horizontale. Il est constitué d'alignements droits reliés par des courbes, et sa configuration est déterminée en fonction de la vitesse de référence, également appelée vitesse de base. Cette vitesse guide la définition des caractéristiques géométriques nécessaires à la conception routière.

Le principal objectif de ce chapitre est de développer le tracé en plan en suivant les règles de conception établies par l'ICTAAL (Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison). Ces règles offrent des directives précieuses pour garantir que le tracé de la route soit optimal en termes de sécurité, de fluidité du trafic et d'efficacité. En se basant sur ces règles, les ingénieurs peuvent concevoir des routes qui répondent aux normes techniques et aux exigences spécifiques du projet.

II Règles à respecter pour le tracé en plan :

Pour faire un bon tracé dans les normes, on respecte les recommandations de l'ICTAAL 2000 (Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison) qui exige certaines conditions :

- L'adaptation du tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les grands terrassements.
- Éviter de traverser les terrains agricoles et les zones forestières autant que possible
- Éviter la démolition du bâti (maisons, constructions et habitats).
- Éviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais.
- Respecter la cote des plus hautes eaux.
- Rechercher le tracé optimal qui satisfait ces critères tout en assurant la sécurité et l'efficacité de la route.
- Éviter les sites présentant des problèmes géologiques, tels que la présence de failles, pour assurer la stabilité du tracé.

III La catégories de la da section autoroutière :

Les autoroutes de liaison sont classées en deux catégories : L1 et L2. Chaque catégorie est associée à une vitesse maximale autorisée, respectivement de 130 et de 110 kilomètres par heure pour L1 et L2 selon la conception de l'ICTAAL2000.

La norme Algérienne en vigueur prévoit 120 Km/h pour la catégorie L1 et 100 Km/h pour la catégorie L2 ;

- **La catégorie L1** est appropriée à des régions de plaines ou vallonnées où les contraintes de relief sont modérées.
- **La catégorie L2** est adaptée aux sites de relief montagneux régnant sur plusieurs kilomètres, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'il implique.

Pour notre tronçon d'étude de **PK 60+000 à PK 70+000**, la région est plaine ou les contraintes de relief sont modéré alors la catégorie est L1.

Les paramètres géométriques de notre tronçon selon l'ICTAAL 2000

Catégorie L1 :

Tableau III.1 : caractéristique géométrique de projet

Paramètres	Symbole / unité	La valeur
Vitesse maximale	V (km/h)	130km/h
Rayon minimale absolu Rm (m)	Rm (m)	600
Rayon minimum no déversé Rnd (m)	Rnd (m)	1 000
Longueur minimale de clothoïde	Ls (m)	Max (14 $\Delta\delta$; R/9)
Rayon minimum sans courbe de transition 1.5 Rnd (m)	R(m)	1500
Nombre de voies de chaque chaussée	N	2 à 4
Largeur de voie	L (m)	3.5

IV Les éléments de tracé en plan :

IV.1 Les arcs de cercles :

Les courbes sont limitées par l'intervention des trois éléments :

- Stabilité des véhicules en courbe.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

Les valeurs minimales des rayons en plan sont données dans le **Tableau III.1**.

IV.2 Les raccordement progressif :

Les courbes de rayon inférieur à 1,5 Rnd (1 500 mètres pour L1) doivent être introduites par des raccordements progressifs constitués par des clothoïdes. Leur longueur égale :

$$L = \max (14 |d_1 - d_0| ; R/9).$$

- d_1 : représente la pente transversale initiale
- d_0 : le dévers dans la courbe
- r : le rayon de courbure (en mètres).

V Enchaînement des éléments de tracé en plan :

Des courbes circulaires de rayon modéré ($< 1,5 Rnd$) ne peuvent être utilisées qu'en respectant les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après (ICTAAL 2000) :

Introduire de telles courbes sur une longueur de 500m à 1 000m à l'aide de courbes de plus grand rayon.

Dans ce cas, deux courbes successives doivent satisfaire la condition :

- $R_1 \leq 1,5 R_2$, où R_1 est le rayon de la première courbe rencontrée et R_2 ($< 1,5 Rnd$) celui de la seconde. Cette recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent
- Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins 200 m, sauf pour deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

VI Calcul manuel d'axe de tracé en plan :

Cas 01 : Rayon sans courbe de transition de PK 60+984

Tableau III.2 : Les données de l'axe à calculer

Point	X	Y	Rayon
S0	507976.4403	4048259.8068	1600
S1	509627.542	4047944.642	
S2	512184.590	4049195.346	

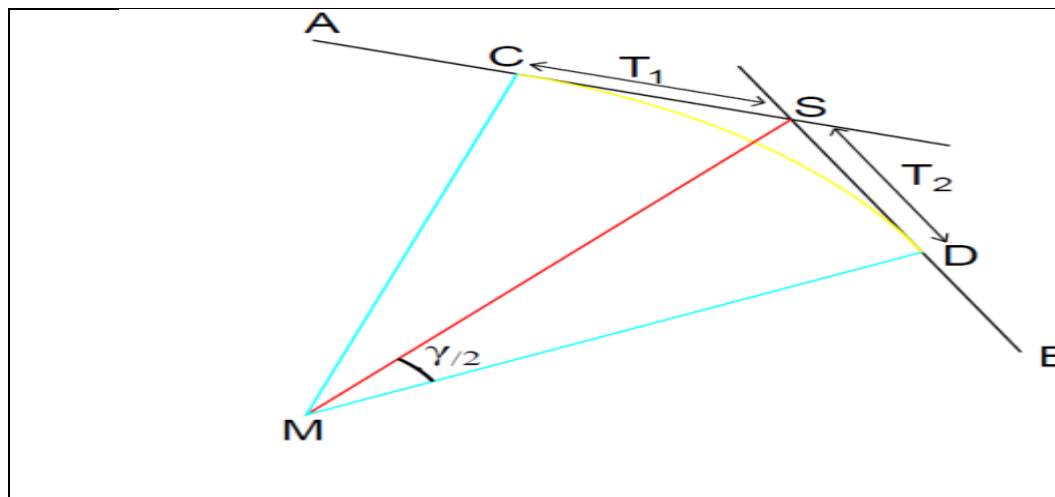


Figure III.1 : paramètres de raccordement par arc

- **Calcul de la distance S0S1 :**

$$\Delta X = X_{S1} - X_{S0} = 509627.542 - 507976.4403 = 1651.1017 \text{ m} > 0$$

$$\Delta Y = Y_{S1} - Y_{S0} = 4047944.642 - 4048259.8068 = -315.1648 \text{ m} < 0$$

$$\alpha = \arctg\left(\frac{\Delta X}{\Delta Y}\right) = \arctg\left(\frac{1651.1017}{315.1648}\right) = 87.99 \text{ gr}$$

Donc $G_{S1}^{S0} = 200 - \arctg\left(\frac{\Delta X}{\Delta Y}\right) = 112.01 \text{ grade}$

- **Calcul de la distance S1S2 :**

$$\Delta X = X_{S2} - X_{S1} = 561.696 \text{ m} > 0$$

$$\Delta Y = Y_{S2} - Y_{S1} = 411.5946 \text{ m} > 0$$

$$\alpha = \arctg\left(\frac{\Delta X}{\Delta Y}\right) = \arctg\left(\frac{561.696}{411.5946}\right) = 59.74 \text{ gr}$$

Donc : $G_{S2}^{S1} = \arctg\left(\frac{\Delta X}{\Delta Y}\right) = 59.74 \text{ grade}$

- **Calcul des angles**

$$\gamma = |G_{S2}^{S1} - G_{S1}^{S0}| = 52.27 \text{ grade}$$

- **Calcul des distances :**

$$S0S1 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{1651.1017^2 + 315.1648^2} = 1680.91 \text{ m (OK)}$$

$$S1S2 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{561.696^2 + 411.5946^2} = 696.3565 \text{ m (OK)}$$

- **Calcul de la tangente T :**

$$T = R \times \text{tg}(\gamma/2) = 1600 \times \text{tg}\left(\frac{52.27}{2}\right) = 696.41 \text{ m}$$

- **Calcule de la longueur de la courbe :**

$$L = R \times \left(\frac{\gamma \times \pi}{200}\right) = 1600 \times \left(\frac{52.27 \times \pi}{200}\right) = 1313.688 \text{ m}$$

- **Calcule des coordonnées C et D :**

$$\text{Distance CS} = T1 = T = 696.41 \text{ m}$$

- **coordonnées de point C : (fin de la tangente) :**

$$X_c = X_S - T \sin(G_{S1}^{S0}) = 509627.542 - (696.41 \times \sin(112.01)) = 508943.4878 \text{ m (OK)}$$

$$Y_c = Y_S - T \cos(G_{S2}^{S1}) = 4047944.642 - (696.41 \times \cos(112.01)) = 4048075.244 \text{ m (OK)}$$

- **coordonnées de point D (fin de l'arc – début de la 2ème tangente):**

$$X_d = X_S - T \sin(G_{S1}^{S0}) = 509627.542 - (696.41 \times \sin(59.74)) = 510189.2382 \text{ m (OK)}$$

$$Y_d = Y_S - T \cos(G_{S2}^{S1}) = 4047944.642 - (696.41 \times \cos(59.74)) = 4048356.237 \text{ m (OK)}$$

- **Calcule des coordonnées du centre du cercle M :**

$$G_{c-m} = G_{S1}^{S0} + 100 = 112.01 + 100 = 212.01 \text{ gr}$$

$$X_m = X_C - R \times \sin(G_{c-m}) = 508943.4878 - 1600 \times \sin(212.01) = 509243.5448 \text{ m (OK)}$$

$$Y_m = Y_C - R \times \cos(G_{c-m}) = 4048075.244 + 1600 \times \cos(212.01) = 4049646.856 \text{ m (OK)}$$

Chapitre IV :

Profil En Long

I Introduction :

Le profil en long représente une coupe longitudinale du terrain le long de l'axe d'une route, avec des alignements droits, des pentes, des rampes, et des courbes circulaires et paraboliques. Son objectif principal est de garantir la continuité spatiale de la route, anticiper son tracé et identifier les points singuliers.

Pour chaque point du profil, on doit déterminer :

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

II Règle à respecter pour tracer la ligne du projet :

Pour une meilleure ligne de projet, il est essentiel de répondre à plusieurs conditions pour garantir le confort, la sécurité et la gestion des eaux :

- Adapter le tracé au terrain naturel pour réduire les coûts de terrassement.
- Équilibrer les déblais et les remblais de manière appropriée.
- Respecter les pentes maximales définies par les normes pour assurer la sécurité.
- Éviter les pentes abruptes sur de longues distances.
- Limiter les hauteurs excessives de remblais pour maintenir la stabilité.
- Assurer une coordination efficace entre le tracé horizontal et le profil en long.
- Utiliser des courbes paraboliques pour lier les alignements droits lors de changements de déclivité.

III Déclivité :

La construction d'un profil en long doit prendre en compte diverses contraintes, notamment la sécurité et le confort. Les pentes doivent être limitées pour ces raisons. La déclivité, exprimée comme la tangente de l'angle entre la ligne du profil en long et l'horizontale, est une mesure importante à considérer. Pour un projet de catégorie L1 selon l'ICTAAL 2000, les valeurs de déclivité doivent respecter :

III.1 Déclivité minimale :

La déclivité minimale $I_{\min} = 0.5\%$.

III.2 Déclivité maximale :

La déclivité maximale $I_{\max} = 5\%$.

IV Raccordement en profil en long :

Lorsque les déclivités changent, cela crée des points particuliers dans le profil en long. Ces changements doivent être adoucis pour assurer le confort et la visibilité des conducteurs. Deux types de raccordements sont généralement utilisés pour cela :

IV.1 Raccordements convexes (angle saillant) :

Le rayon convexe en angle saillant : 12 500 m.

IV.2 Raccordement concave (angle rentrant) :

Le rayon concave en angle rentrant : 4 200 m.

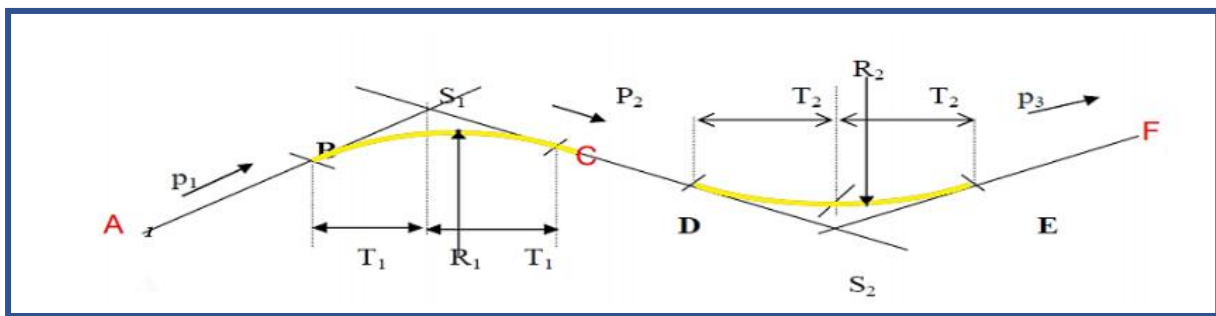


Figure IV.1: schéma illustratif d'un rayon concave et convexe

V Caractéristique de profil en long :

D'après L'ICTTAL 2000 on définit les suivants paramètres :

Tableau IV.1 : Valeurs limites des paramètres du profil en long

Catégorie	L1
Déclivité maximale (%)	5
Déclivité minimale (%)	0.5
Raccordement concave (angle rentrant) (m)	4 200
Raccordement convexe (angle saillant) (m)	12 500

VI Calcul manuel de profil en long :

- Cas d'un rayon concave de(PK 60+305):

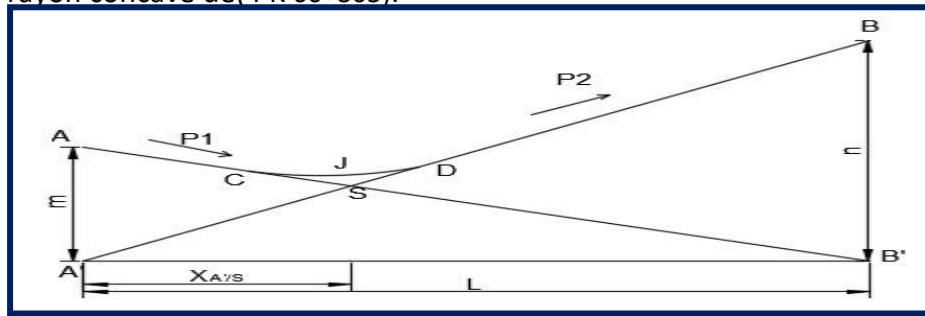


Figure IV.2 : paramétrique de la parabole concave

Avec un rayon $R = 10000.000$ m

Tableau IV.2 : les données du PL pour l'axe calculé

Point	X	Z
A	60000.000	74.95
S	60437.67	69.03
B	60985.16	76.06

- Calcul des pentes :

$$P1 = \frac{z_S - z_A}{X_S - X_A} \Rightarrow P1 = -1.35 \%$$

$$P2 = \frac{z_B - z_S}{X_B - X_S} \Rightarrow P2 = 1.28 \%$$

- Calcul des tangents

NB : on prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, (-) lorsque les deux pentes sont de même sens.

$$T = \frac{R}{2} \times (|P2| + |P1|) \Rightarrow T = 3.5 \text{ m}$$

- Calcul de la flèche Bx :

$$Bx = \frac{T^2}{(2 \times R)} \Rightarrow Bx = 0.0006125 \text{ m.}$$

- **Calcul des coordonnées des points de tangentes :**

- $XC = XS - T \Rightarrow XC = 60434.67 \text{ m.}$

- $ZC = ZS + (T \times |P1|) \Rightarrow ZC = 69.07725 \text{ m.}$

- $XD = XS + T \Rightarrow XD = 60440.67 \text{ m.}$

- $ZD = ZS + (T \times |P2|) \Rightarrow ZD = 69.0748 \text{ m.}$

$$\mathbf{C} (60434.67; 69.07725) \text{ (OK)}$$

$$\mathbf{D} (60440.67; 69.0748) \text{ (OK)}$$

- **Calcul de la longueur de raccordement :**

- $L = 2 \times T = 2 \times 3.5 \Rightarrow L = 7 \text{ m.}$

- **Calcul des coordonnées du point J :**

- $XJ = XC + R \times P1 = 60434.67 + 10000 \times 0.0135$

$$XJ = 60569.67 \text{ m.}$$

- $ZJ = ZC - \frac{R}{2} \times P1 = 69.07725 - \frac{10000}{2} \times 0.0135$

$$ZJ = 70.7001 \text{ m.}$$

$$\mathbf{J} (60569.67 \text{ m}; 70.7001) \text{ (Ok)}$$

VII Conclusion :

Lors de la conception de la ligne rouge, les hauteurs des ouvrages ont été respectées pour les routes existantes, les oueds et les pistes agricoles. De plus, les normes définies dans l'ICTAAL ont été scrupuleusement suivies pour élaborer le profil en long.

Chapitre V :

Profil En Travers

I Introduction :

Lors de la conception d'une route, le profil en travers est essentiel car il offre une vision transversale de la route le long de son tracé. Cela permet de déterminer divers aspects cruciaux pour garantir la sécurité et la fonctionnalité de la route. Le profil en travers aide à définir la largeur de la chaussée, la hauteur de la chaussée, la pente de la route, la hauteur des talus et les besoins en drainage. En s'adaptant à la topographie locale, le profil en travers assure une intégration harmonieuse de la route dans son environnement, tout en garantissant une circulation fluide et sûre.

II CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS :

Ils existent deux types des profils :

- **Profil en travers type** : Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblai, déblai ou mixte).
- **Profil en travers courant** : est une pièce de base dessinée dans les projets à distances régulières (10, 15, 20, 25m). Qui servent à calculer les cubatures.

III Les éléments constructifs du profil en travers :

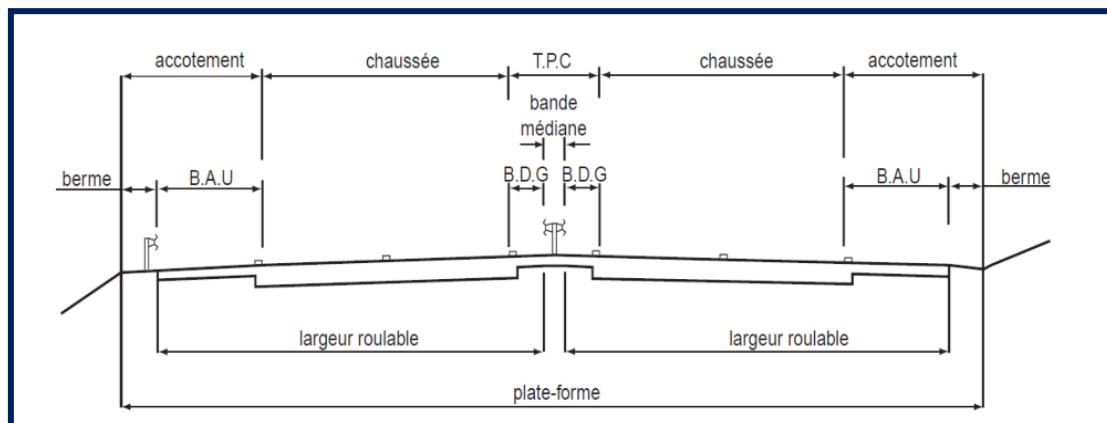


Figure V.1 :Eléments constitutifs du profil en travers en section courante

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

IV Les pentes transversale :

Les courbes de rayon inférieur à Rnd sont déversées vers l'intérieur de la courbe.

IV.1 En alignement et en courbe non déversée :

La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur.

La pente d'une B.A.U (ou d'une B.D.D), est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la surlargeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4 % pour des raisons techniques.

Les pentes des B.D.G et du versant en toit d'un T.P.C revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente.

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

IV.2 En courbe déversée :

La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de $1/R$, entre 2,5 % pour R_{nd} et 7 % pour R_m .

La pente de la B.A.U. (ou la B.D.D.) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente. La pente de la B.A.U. extérieure (ou la B.D.D.) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 % ; au-delà, elle est de sens opposé au dévers et égale à 1,5 %, hormis la surlargeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée.

V Les éléments de profil en travers de notre projet :

Les éléments de profil en travers de notre projet sont résumés dans ce tableau :

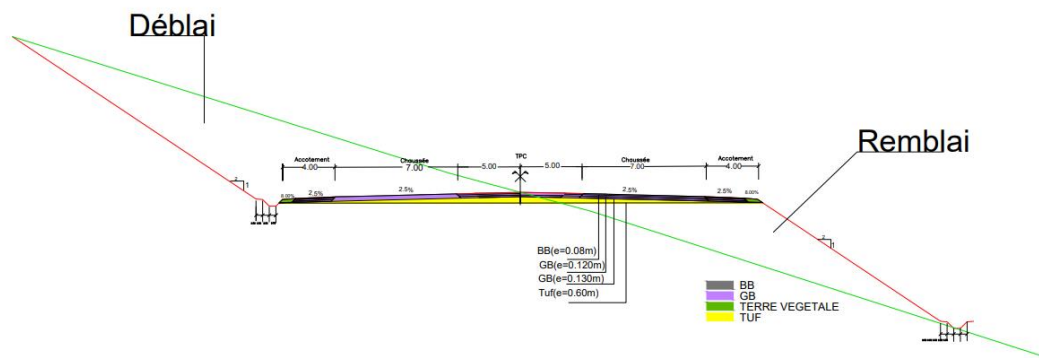
Tableau V.1 : Caractéristique du profil en travers.

Description totale	Largeur (m)	nombre	largeur (m)
Voie de circulation 2×2	3.5	4	14
Terre-plein central	10	1	10
✓ Bande dérasée de gauche (BDG)	1	2	2
✓ Bande médiane	1	1	1
Accotement	4	2	8
✓ Bande d'arrêt d'urgence (BAU)	3	2	6
✓ La berme	1	2	2
Totale		32	
Dévers en section droite			
✓ Chaussée	2.5% vers l'extérieur		
✓ Bande dérasée de gauche (BDG)	Identique à celle de la chaussé		
✓ Bande d'arrêt d'urgence	2.5% vers l'extérieur		
✓ Berme extérieure	8% vers l'extérieur		
Dévers en courbe			
✓ Chaussée	7% maximum		
✓ Bande dérasée de gauche (BDG)	Identique à celle de la chaussé		

✓ Bande d'arrêt d'urgence (BAU)	Identique à celle de la chaussée
---------------------------------	----------------------------------

Nous avons implanté des glissières de sécurité métalliques.

Pour le cas d'un remblai supérieure à 4 m, on place des doubles séparateurs .



Figures V.2. Eléments constitutifs du profil en travers en section courante

Chapitre VI : Cubature

I Introduction :

Les cubatures d'un projet routier concernent la quantité de matériaux nécessaires pour la construction, tels que compris le remblai, le déblai, la couche de fondation, la couche de base et la couche de roulement. Elles sont cruciales pour déterminer les matériaux requis, planifier les coûts et les délais de construction. Le processus de cubature, réalisé par des levés topographiques ou des logiciels de modélisation 3D, mesure les volumes de terre à déplacer pour créer la structure routière. Les données recueillies permettent de calculer avec précision les matériaux nécessaires. Ainsi, le chapitre des cubatures est essentiel pour une planification et une évaluation précises des coûts et des délais du projet.

II Les méthodes de calcul des cubatures :

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

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

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

III Description de la méthode :

Le principe de cette méthode est de calculer le volume de déblais et remblais des tronçons compris entre deux profils en travers successifs par la formule suivante :

$$V = \frac{L}{6} \times (S1 + S2 + 4S_{\text{moy}})$$

Avec :

- **L** : distance entre ces deux profils
- **S_{moy}** : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li)
- **S1** : surface de profil en travers P1 ;
- **S2** : surface de profil en travers P2.

Exemple :

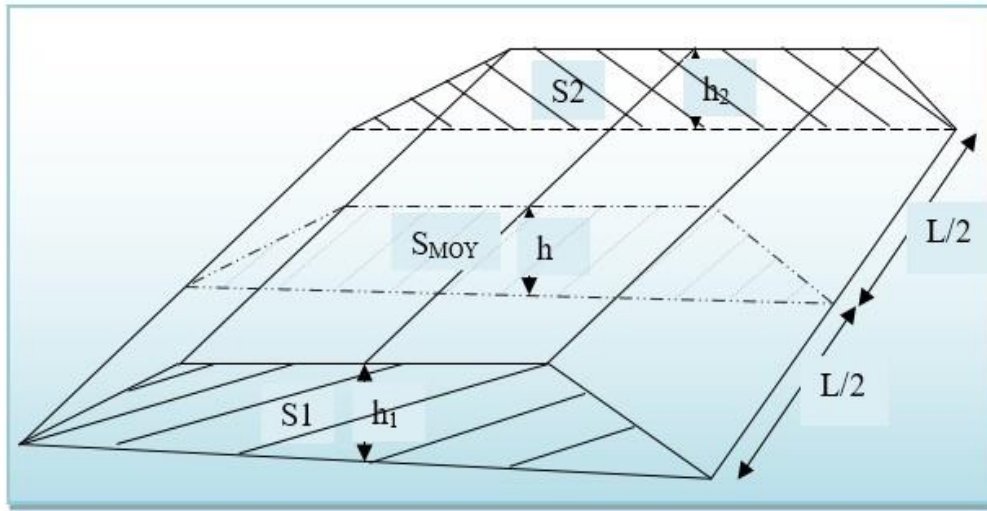
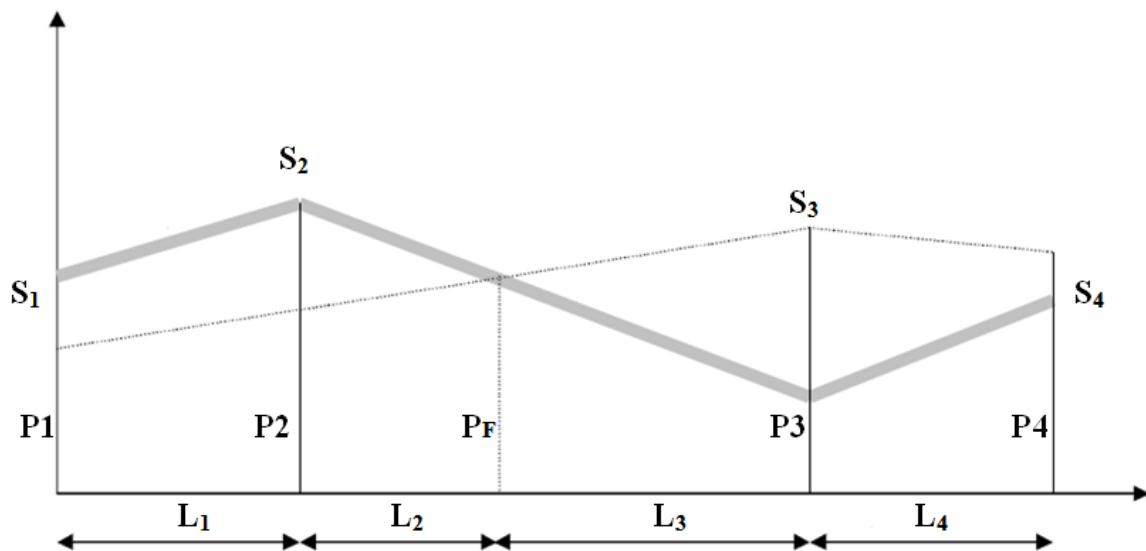


Figure VI.1 : Les sections des profils en travers d'un tracé donné



Figures VI.2 profil en long d'un tracé donné

Le volume compris entre les deux profils en travers P1 et P2 de section S1, S2 sera égale à :

$$V1 = \frac{L1}{6} \times (S1 + S2 + 4S_{moy})$$

- Pour un calcul plus simple, on a considéré que : $S_m = \frac{(S_1 + S_2)}{2}$

Donc :

- Entre P1 et P2 : $V_1 = L_1 \times \left(\frac{S_1 + S_2}{2}\right)$
 ➤ Entre P2 et PF : $V_2 = L_2 \times \left(\frac{S_2 + 0}{2}\right)$
 ➤ Entre PF et P3 : $V_3 = L_3 \times \left(\frac{0 + S_3}{2}\right)$
 ➤ Entre P3 et P4 : $V_4 = L_4 \times \left(\frac{S_3 + S_4}{2}\right)$
 ➤ Le volume total $V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

$$V = \left(\frac{L_1}{2}\right) \times S_1 + \left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) \times S_2 + \left(\frac{L_2 + L_3}{2}\right) \times 0 + \left(\frac{L_3 + L_4}{2}\right) \times S_3 + \left(\frac{L_4}{2}\right) \times S_4$$

IV Application sur notre projet :

Dans notre projet, le calcul s'effectue à l'aide de logiciel **CIVIL 3D**

V Les matériaux du terrassement :

Tableau V1-1 : les matériaux du terrassement

matériaux	Volume cumule
Déblais	662665.47
Remblais	670535.60

VI Les matériaux de la chaussée :

Tableau VI-2 : les matériaux de la chaussée

matériaux	Volume cumule
BB	14608
GB	31259
GB	37046
TUF	268894

Chapitre VII : STABILITE DES TALUS

I Introduction:

Les glissements de terrain affectent les pentes naturelles et construites en raison de leurs caractéristiques géotechniques médiocres, rendant la vérification de stabilité des talus cruciale dans les projets routiers. La stabilité des pentes et talus est étudiée lors de la construction de divers ouvrages de génie civil, comme les routes en remblai ou en déblai. L'objectif principal est de garantir la stabilité des structures sous l'action de leur propre poids et des surcharges éventuelles.

II Objectif de l'étude :

L'objectif de cette étude est d'analyser la stabilité des talus en remblais et déblais, en se basant sur les résultats des essais réalisés in-situ et les résultats des essais au laboratoire, afin de proposer les pentes adaptées pour les remblais et les déblais.

III Analyse de la stabilité des talus :

La hauteur maximale des différents tronçons de remblais/déblais sont représentés dans les tableaux suivant :

Tableau VII-1: hauteur maximale des différents tronçons de remblais/déblais

PK	Déblai	Remblai	Hmax(m)
60+000 à 60+350	Remblai	/	6.43
60+350 à 60+575	/	Déblai	0.39
60+575 à 61+650	Remblai	/	3.74
61+650 à 62+200	/	Déblai	2.37
62+200 à 62+900	Remblai	/	6.46
62+900 à 63+250	/	Déblai	1.47
63+250 à 64+050	Remblai	/	2.92
64+050 à 64+250	/	Déblai	0.34
64+250 à 65+100	Remblai	/	4.07
65+100 à 65+400	/	Déblai	2.46
65+400 à 65+850	Remblai	/	2.26

65+850 à 66+600	/	Déblai	1.35
66+600 à 67+200	Remblai	/	4.53
67+200 à 68+325	/	Déblai	1.68
68+325 à 68+950	Remblai	/	5.73
68+950 à 69+100	/	Déblai	22.93
69+100 à 69+225	Remblai	/	11.5
69+225 à 69+475	/	Déblai	25.83
69+475 à 69+650	Remblai	/	9.79
69+650 à 69+850	/	Déblai	46.74
69+850 à 70+000	/	Déblai	30.8

IV Analyse de stabilité du déblai :

Nous allons vérifier la stabilité du profil qui représente la hauteur de déblais la plus importante, à savoir au PK 69+750, cette hauteur est de **46.74 m** pour cela on utilise le logiciel SLIDE 6.0. Les remblayages ont été modélisés avec une inclinaison de 2H : 1V. Les surfaces de ruptures supposées circulaires.

IV.1 Facteur de sécurité :

La stabilité d'un talus est évaluée en fonction d'un facteur de sécurité admissible. Si le facteur de sécurité $FS \geq 1$, la stabilité est théoriquement garantie. Cependant, pour tenir compte des incertitudes liées à la conception et à la réalisation du talus, nous appliquons un facteur de sécurité admissible supplémentaire.

Tableau VII-2 : Facteurs de sécurité

Catégorie		Facteur de sécurité
Déblai	Long terme	$F_s > 1.5$
	Court terme	$F_s > 1.3$
	Sismique	$F_s > 1$

IV.2 Paramètres Géotechniques :

Les paramètres géotechniques des unités géologiques de la zone d'étude ont été déterminés en se basant sur les informations fournies dans les études d'exploitation. Ces paramètres sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau VII-3 : Paramètres Géotechniques (déblai)

Court terme		Long terme		
γ (KN/m ³)	Cu(Kpa)	γ (KN/m ³)	C'(Kpa)	Φ'
20	/	20	12	38

IV.3 Résultats d'analyse par logiciel :

Les analyses numériques à l'équilibre limite ont été faite à partir du logiciel SLIDE 6.0. Utilisant le cas de déblai le plus défavorable dans les 3 cas :

• Long terme :

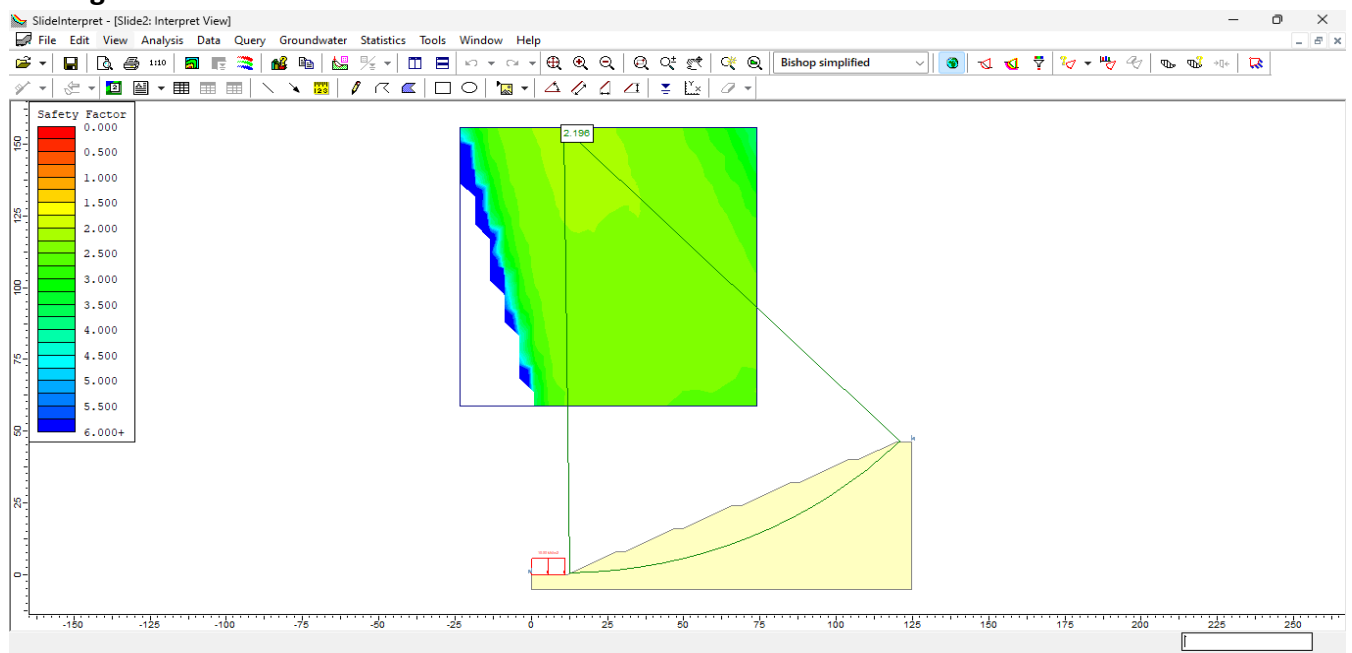


Figure VII-1 : Analyse de stabilité de la section PK :39+750

• Cas dynamique :

Pour le calcul de stabilité dans le cas dynamique on a pris les valeurs suivantes de l'accélération sismique selon RPA : $K_h = 0.15$ $K_v = 0.04$

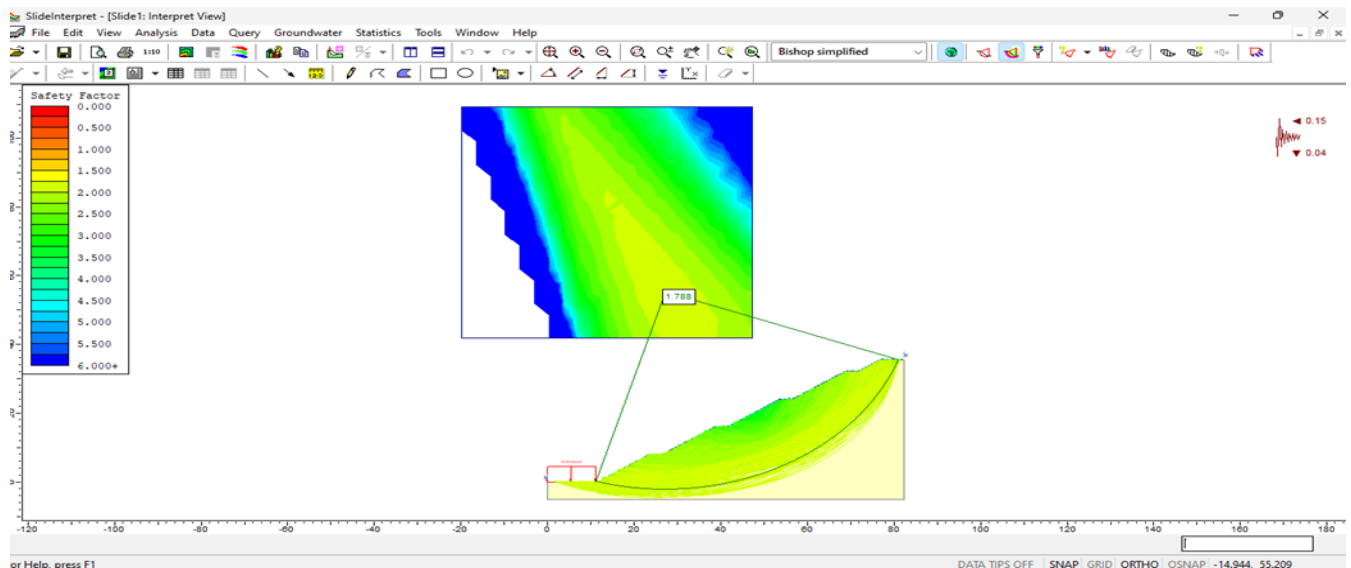


Figure VII-2 : Analyse de Stabilité en Condition Sismique de la Section PK :69+750.

IV.4 Interprétation des résultats :

Les résultats de calculs de stabilité effectués :

- Cas long terme : $FS = 2.196 > 1.5 \Rightarrow$ vérifier
- Cas dynamique (sismique) : $FS = 1.788 > 1 \Rightarrow$ vérifier

Ceci nous permet de qualifier la situation du terrain dans l'état actuel comme stable, bien sûr qu'en tenant en compte que la pente du talus de déblai utilisé pour le calcul est de 2H/1V

V Analyse de stabilité du remblai :

Nous allons vérifier la stabilité du profil qui présente la hauteur de remblais la plus importante, à savoir au PK 69+175, cette hauteur est de 11.5 m, et pour cela on va analyser la stabilité vis-à-vis de glissement. Avec les considérations précédentes :

- Les remblayages ont été modélisés avec une inclination de 2H :1V.

V.1 Paramètres Géotechniques :

Tableau VII-4 : Paramètres Géotechniques (remblai)

Formation géologique	Court terme		Long terme		
	γ (KN/m3)	Cu(Kpa)	γ (KN/m3)	C'(Kpa)	Φ'
Remblais	17.8	/	17.8	13.2	18.8
Sol de fondation Pelite	20		20	36	16

V.2 Charge d'exploitation :

La charge d'exploitation est de l'ordre de $Q = 10 \text{ KN/m}^2$ (surcharge routière).

V.3 Résultats d'analyse par logiciel :

Utilisant le cas de remblai le plus défavorable dans les 3 cas :

- Long terme :

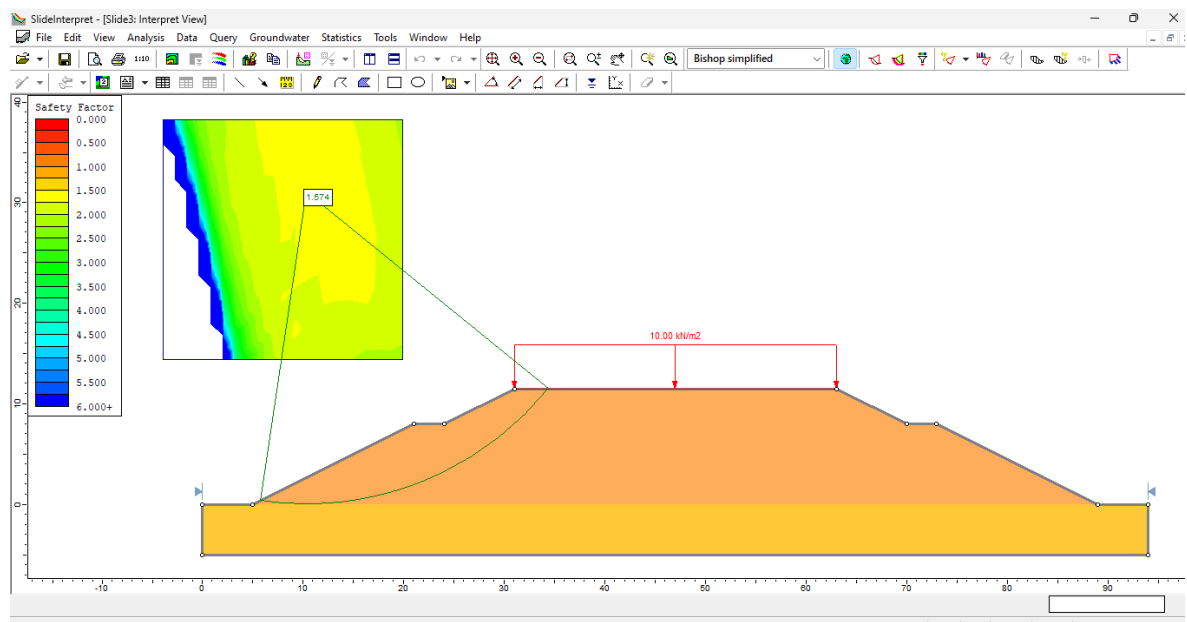


Figure VII-3 : Analyse de stabilité de la section PK 69+175

- Cas dynamique :

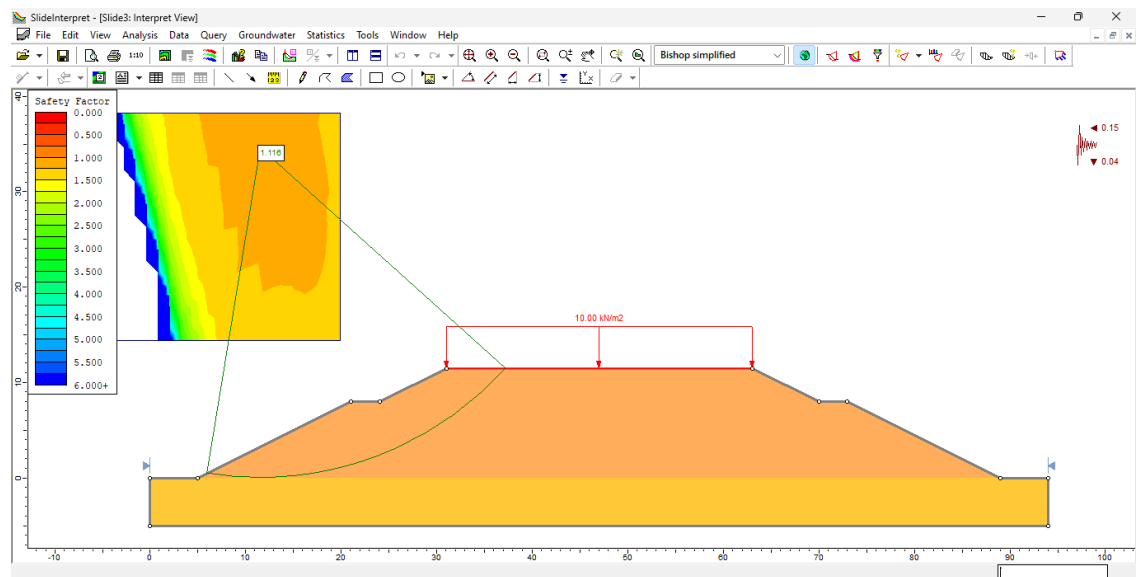


Figure VII-4 : Analyse de Stabilité en Condition Sismique de la Section PK : PK 69+175

V.4 Interprétation des résultats :

Les résultats de calculs de stabilité effectués :

- Cas long terme : $FS = 1.574 > 1.5 \Rightarrow$ vérifier
- Cas dynamique (sismique) : $FS = 1.116 > 1 \Rightarrow$ vérifier

Avec la pente (2H/1V), les coefficients de sécurité sont tous acceptables sous les charges normales (à court terme et à long terme) et le séisme selon le calcul de stabilité.

VI Conclusion :

D'après l'analyse des résultats présents, on conclut que dans les deux cas (remblai et déblai) le terrain est stable car l'ensemble des facteurs de sécurité sont supérieurs à la valeur limite de chaque cas

CHAPITRE VIII :
ETUDE GEOLOGIE
ET GEOTECHNIQUE

I Introduction :

Une étude géotechnique routière est une analyse technique visant à déterminer les caractéristiques géotechniques du sol et du sous-sol sur lesquels une route sera construite. La géologie est une science qui consiste à étudier les parties de sol accessibles à l'observation et élaboration des hypothèses qui permettent de reconstituer leur histoire et expliquer leur agencement. Cette étude est cruciale pour la conception, la construction et l'entretien des routes, car elle permet de prendre en compte les conditions géologiques et géotechniques qui peuvent influencer la stabilité et la sécurité de la route.

Son objectif principal est de recueillir des informations précises sur les caractéristiques du sol telles que sa capacité portante, sa perméabilité, sa compressibilité, sa résistance et sa stabilité. Ces données permettent de concevoir une route stable et durable, capable de résister aux charges et aux contraintes liées à la circulation des véhicules ainsi qu'aux variations climatiques.

L'étude géotechnique routière se déroule généralement en plusieurs étapes, notamment la collecte de données de base sur le terrain, la réalisation de sondages géotechniques, l'analyse des échantillons de sol et la modélisation des paramètres géotechniques.

II Etude géologique :

II.1 Géologie régionale :

Le tracé de la 3ème Rocade d'Alger s'étend sur 149 km parcourt le Nord de l'Algérie dans une direction globale Est-Ouest. Il traverse sept ensembles géologiques et topographiques allant de la zone du Sahel dans la wilaya de Tipaza, au bassin de Tizi Ouzou dans la wilaya de Tizi Ouzou.

Nous rencontrons le long de notre parcours de Sidi Rached jusqu'à Draa Ben Khedda les formations géologiques suivantes :

- (PK0+00 au PK36+00) Retombée Sud du Sahel d'Alger ;
- (PK36+00 au PK68+00) plaine de la Mitidja centrale ;
- (PK68+00 au PK84+000) Mont Sud de Meftah ;
- (PK84+00 au PK 102+00) Khemis El Khechena - Ben Marzouga ;
- (PK102+00 au PK110+00) Reliefs de Benmerzouga - Koudiet Taouririth ;
- (PK110+00 au PK116+00) Mont de Thénia ;
- (PK116+00 au PK159+170) Si Mustapha - Draa Ben Khedda.

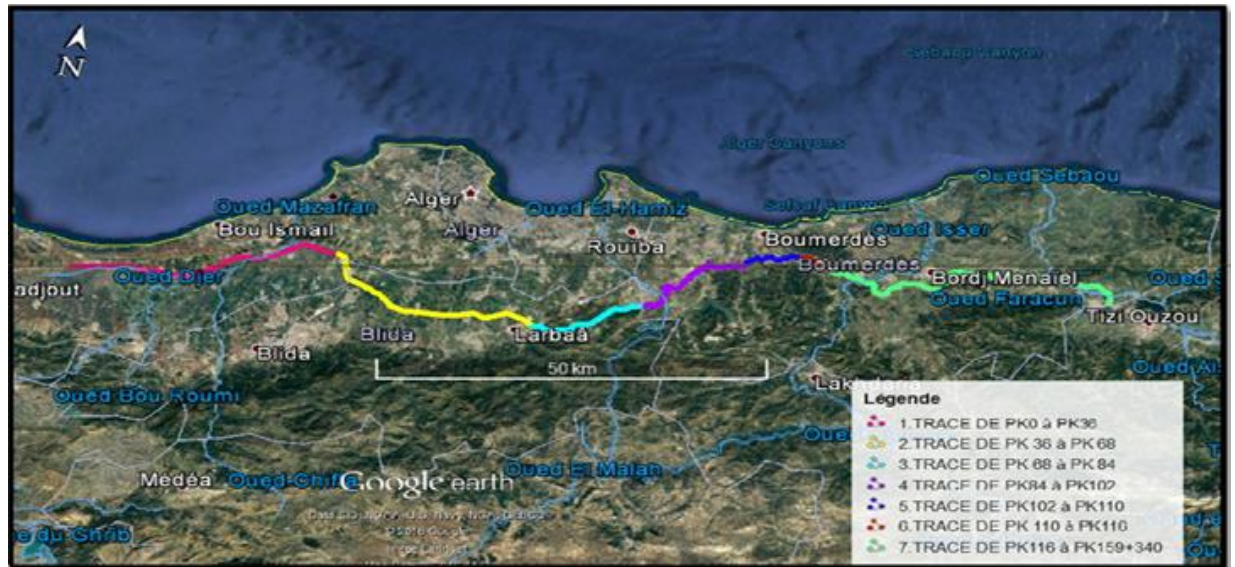


Figure VIII.1 : les zones de projet

II.2 Géologie de site :

Notre tronçon d'étude est du PK60+000 à PK70+000, il retombe au sud du BLIDA. La géologie de ce tronçon est résumée dans le tableau suivant :

Tableau VIII.1 Récapitulatif de la géologie du tracé du projet de pk 60+000 à pk 70+000

Début	Fin	Géologie
PK 60+000	PK 68+500	Alluvions argileuses et limoneuses
PK 68+500	PK 68+750	Alluvions
PK 68+750	PK 68+900	Flysch nummulitique
PK 68+900	PK 70+000	flysch de Guerrouch

Alluvion : est un dépôt sédimentaire constitué de matériaux solides tels du sable, la vase, l'argile, des galets, limon et des graviers transportés par les eaux d'un cours d'eau, le plus souvent intermittent sur une plaine inondable, un delta, une plage ou autre équivalent.

III Etude géotechnique :

III.1 Les essais in situ :

Dans notre projet, on a travaillé sur trois types d'essais :

III.1.1 Les puits de reconnaissance :

Dans notre projet d'étude de la 3^{ème} rocade d'Alger, 163 puits de reconnaissance ont été planifiés le long du tracé. Leurs profondeurs projetées varient entre 3m et 5m.

III.1.2 Les sondages carottés :

Cinquante-sept (57) sondages carottés ont été planifiés dans cette phase d'étude. Leurs profondeurs projetées varient entre 10m et 52m.

III.1.3 Les sondages pressiométriques :

Soixante-neuf (69) sondages pressiométriques ont été planifiés dans cette phase d'étude. Les profondeurs projetées varient entre 10m et 35m, avec la réalisation d'un essai tous les deux mètres.

III.2 Application sur notre projet :

Le tronçon du pk 60+000 à pk 70+000

III.3 Programme des investigations in situ

III.3.1 Les puits de reconnaissances :

Le tableau ci-dessous résume le programme de la campagne géotechnique concernant les puits de reconnaissance.

Tableau VIII.2 : la localisation des puits de reconnaissance

N° des puits	PK	Profondeur projeté(m)	Zone
F58-R	60+500	3	La plaine de la Mitidja centrale
F59-R	61+500	3	La plaine de la Mitidja centrale
F60-R	62+750	3	La plaine de la Mitidja centrale
F61-R	63+600	3	La plaine de la Mitidja centrale
F62-R	64+600	3	La plaine de la Mitidja centrale
F63-R	65+600	3	La plaine de la Mitidja centrale
F64-R	66+600	3	La plaine de la Mitidja centrale
F65-R	67+100	3	La plaine de la Mitidja centrale

F66-R	67+600	3	La plaine de la Mitidja centrale
F67-R	68+365	3	Le mont Sud de Meftah
F68-R	69+120	3	Le mont Sud de Meftah
F69-R	69+800	3	Le mont Sud de Meftah

III.3.2 Le sondage carotté :

Le tableau suivant donne un aperçu sur la localisation d'un sondage carotté dans notre tronçon d'étude :

Tableau VIII.3 : la localisation de sondage carotté

N° des puits	PK	Profondeur projetée (m)	Zone
SC14-R+SPT	61+800	10	La plaine de la Mitidja centrale
SC15-R+SPT	62+900	10	La plaine de la Mitidja centrale
SC16-R	68+600	10	Le mont Sud de Meftah
SC17-R	69+200	26	Le mont Sud de Meftah
SC18-R	69+900	30	Le mont Sud de Meftah

III.3.3 Les sondages pressiométriques :

Le tableau suivant donne un aperçu sur la localisation des sondages pressiométrique dans notre tronçon d'étude :

Tableau VIII.4: la localisation des sondages pressiométriques

N° des puits	PK	Profondeur projetée (m)	Zone
SP8-R	69+200	16	Le mont Sud de Meftah
SP9-R	69+500	15	Le mont Sud de Meftah
SP10-R	69+900	20	Le mont Sud de Meftah

III.4 Programme des essais au laboratoire :**III.5 Les puits de reconnaissance :**

Les puits de reconnaissances ont intéressé par les zones en remblai afin d'examiner la portance du sol en cours d'exécution et par les déblais en vue d'investiguer leur réutilisation comme matériaux de remblai.

Les échantillons remaniés provenant des puits de reconnaissance ont été soumis aux essais de laboratoire détaillés dans ce tableau :

Tableau VIII.5 : Programme des essais au laboratoire sur les échantillons prélevés des puits de reconnaissance

N° des puits	PK	Profondeur projetée (m)	Teneur en eau	An granulo et sédiment-métrique	Limite d'Atterberg	Valeur au bleu de méthylène	Proctor normal	Proctor modifié	CBR immédiat	CBR imbibé
F58-R	60+412	1.00-3.20	/	/	/	/	/	/	/	
F59-R	61+575	0.40-3.50	/	/	/	/	/	/		/
F60-R	62+750	0.80-2.40	/	/	/	/	/	/	/	
F61-R	63+600	0.30-3.20	/	/	/	/	/	/		/
F62-R	64+600	1.00-2.00	/	/	/	/	/	/	/	
F63-R	65+600	0.30-3.00	/	/	/	/	/	/		/
F65-R	67+175	1.20-1.60	/	/	/	/	/	/		/
F66-R	67+600	1.20-1.90	/	/	/	/	/	/		/
F67-R	68+365	0.00-3.00	/	/	/	/	/	/		/
F68-R	69+120	0.00-1.20	/	/	/	/	/	/		/

III.6 Les sondages carottés :

Les échantillons intacts prélevés des sondages carottés ont fait l'objet d'un programme approprié afin de déterminer les propriétés physiques, chimiques et mécaniques du sol nécessaire aux études de stabilité et au dimensionnement de la chaussée.

Le tableau suivant détaille le programme des essais de laboratoire susmentionné dans notre tronçon d'étude :

Tableau VIII.6 : Programme d'essai au laboratoire sur l'échantillon prélevé de sondage carotté

Sondage	Profondeur des échantillons (m)	Teneur en eau	Poids spécifique	Densité apparente	An granulo et sédiment métrique	Limite d'Atterberg	Teneur en carbonate de calcium	Essai œdométrique
SC14- R +SPT	3.00 - 3.40	/	/	/	/	/	/	/
	6.80 – 7.20	/	/	/	/	/		
SC15- R +SPT	8.20 - 8.45	/	/	/	/	/	/	/
SC16-R	0.80 – 1.10	/	/	/	/	/		/
	3.90 – 4.27	/	/	/	/	/		/
SC17- R BIS	4.50 – 5.00	/	/	/	/	/	/	
SC18- R BIS	19.60 – 20.00	/	/	/	/	/	/	

III.7 Résultats des investigations géotechnique

III.7.1 Résultats des reconnaissance in situ

III.7.2 Puit de reconnaissance

Les résultats de puit de reconnaissance sont résumé dans le tableau suivant :

Tableau VIII.7 : Aperçu sur les résultats des puits de reconnaissance

N° de puit	PK	Profondeur réalisée en m	Lithologie	Formation géologique
F58-R	60+500	3.20	Argile verdâtre à noirâtre avec des cailloux à la base	Alluvions quaternaires récentes a2
F59-R	61+500	3.50	Argile verdâtre à noirâtre avec des cailloux à la base	
F60-R	62+750	3.50	Argile verdâtre à noirâtre avec des sables à cailloux à la base	
F61-R	63+600	3.20	Argile limoneuse marron à rougeâtre	
F62-R	64+600	3.00	Argile Limoneuse marron avec des sables à cailloux à la base	
F63-R	65+600	3.00	Argile limoneuse marron à verdâtre	
F64-R	66+600	Inaccessible	-	-
F65-R	67+100	2.60	Argile limoneuse brune à jaunâtre, rougeâtre à la base	Alluvions quaternaires récentes a2
F66-R	67+600	3	Argile limoneuse brunâtre sableuse à graves à la base	

III.7.3 Sondages carottés

Le résultat de sondage carottée dans le tableau suivant :

Tableau VIII.8 : Aperçu sur le résultat de sondage carottée

N° de sondage	PK	Profondeur réalisée en m	Formation majeure	Formation en affleurement
SC14R+SPT	61+800	10	Argile sableuse	Alluvions quaternaires récentes a2
SC15R+SPT	62+900	10	(0.00-2.10m) Argile limoneuse	
			(2.10-10.00m) Alluvions	
SC16-R	86+600	10	Argiles limoneuse	Alluvions et colluvions du Quaternaire ancien q1
SC17bis-R	69+200	26	(0.00-9.50m) Alluvions	Crétacé supérieur à Eocène e1- 2 : Flysch nummulitique
			(9.50-26.00m) Argilites	
SC18-R	69+900	30	(0.00-16.40m) Alluvions	Crétacé inférieur c1-2: flysch de Guerrouch
			(16.4-30.00m) Argilites	

III.7.4 Sondages pressiométriques

Les résultats des sondages pressiométriques dans le tableau suivant :

Tableau VIII.9 : Aperçu sur les résultats des sondages pressiométriques

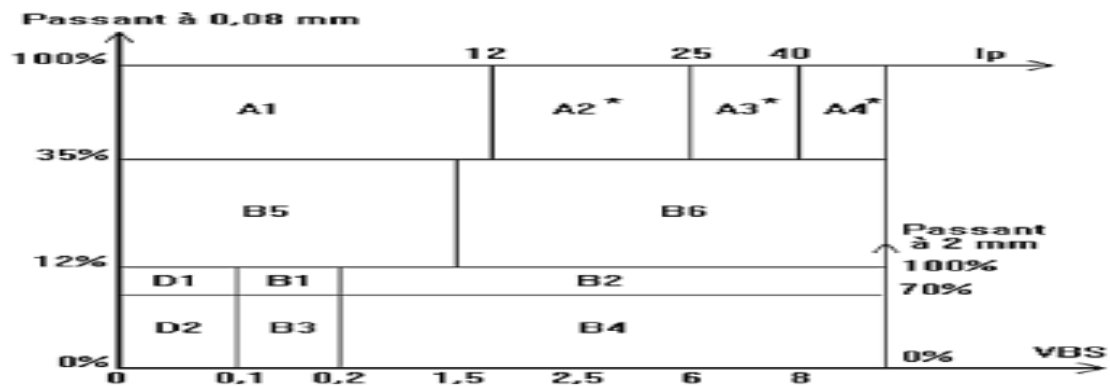
N° des sondages	PK	Profondeur réalisée en m	Formation géologique
SP8-R	69+200	16	Crétacé inférieur c1-2: flysch de Guerrouch
SP9-R	69+500	15	
SP10-R	69+900	annulé	-

III.8 Résultats des essais de laboratoire

III.8.1 Puits de reconnaissance :

Les résultats des essais de laboratoire des puits de reconnaissances sont résumé dans ce tableau :

$$D_{\max} \leq 50 \text{ mm}$$



Figures VIII.2. Classification du matériau selon GTR

M											Proctor normale		Proctor modifié		CBR imbibé			CBR immédiat				
Sond age	Profon deur (m)	W (%)	D max	< 2mm (%)	< 0.08 mm (%)	< 2µ m (%)	WL (%) 34	Ip (%)	Valeu r en Blue de méthylène	Classifi cation LCPC	Gd max (t/m ³)	Wo pm (%)	Gd max (t/m ³)	Wo pm (%)	C B R 10 C/C	C B R 25 C/C	C B R 55 C/C	C B R 10 C/C	C B R 25 C/C	C B R 55 C/C	Ic (%)	Classifi cation GTR
F5 8-R	1-3.2	18.74	10	94.68	85.5	45.22	43	24	0.97	Ap	1.63	17.8	1.86	11.4				17	41	56	1	A1m
F5 9-R	0.4-3.5	16.27	63	70.5	43.08	28.56	40	11	0.87	SL	1.76	14.8	1.94	12.4	2	2	2				2	A1m
F6 0-R	0.8-2.4	5.02	63	28.1	6.11	2.7	NM	0.09	GL-GB	2.13	9	2.24	5				16	30	46	-	A1ts	
F6 1-R	0.3-3.2	14.47	12.5	95.8	88.63	38.93	36	13	0.49	Ap	1.73	16	1.9	10.2	1	3	3				2	A1m
F6 2-R	1-2	4.68	63	37.15	13.27	5.84	NM	0.15	GA	2.05	5.3	2.27	5.1				25	45	68	-	A1s	
F6 3-R	0.3-3	7.56	63	75.06	45.74	13.85	28	6	0.8	Lp	1.81	12.5	1.98	10.5	2	4	7				4	A1ts
F6 5-R	1.2-1.6	8.37	5	89.41	75.91	46.6	52	31	2.49	At	1.63	14.3	1.79	12.44	0.3	1	2				1	A1ts
F6 6-R	1.2-1.9	12.14	5	96.99	73.05	42.44	30	15	2.49	Ap	1.81	10.44	1.88	10.16	1	3	5				1	A1s
F6 7-R	0.7-1.95	2.62	25	83.99	41.59	23.67	24	9	2.08	SA	1.91	10.46	2.01	8.6				4	6	8	2	A1ts

Tableau VIII.10 : Les résultats des analyses de laboratoire des échantillons des puits de reconnaissance

III.8.2 Sondage carottée :

Le résultat de sondage carottée est résumé dans le tableau suivant :

Tableau VIII.11: Le résultat d'analyse de laboratoire d'échantillon de sondage carotté

Puits	Profondeur (m)	Formation géologique	Densité apparente	Densité sèche	Poids spécifique	Analyse granulométrique			Limite d'Atterberg		W _n	C _{ac}	Classification LCPC	e ₀	C (%)	Oedomètres			C _v (cm ² /s)
						<5m	<2m	<80μm	W _L	IP						σ' _o (bar)	C _g (%)	σ' _p (bar)	
SC14-R+SP T	3.00-3.40	a2	2.04	1.7	2.56	97.22	95.03	85.33	33	9	19.82	10.12	Lp	0.69	14.69	0.645	3.6	2.51	0.8-1.6
	6.80-7.20		2.12	1.81	2.56	99.27	98.23	90.67	42	16	17.09		Lp			1.48			
SC15-R+SP T	8.20-8.45	a2 - a1	2.08	1.74	2.59	98.08	97.42	94.17	41	13	19.63	5.28	Lp	0.62	15.11	1.737	4.0	3.77	0.8-1.6
SC16-R+SP T	0.80-1.10	q1	2.03	1.78	2.69	95.74	90.31	53.49	27	19	14.19		Ap	0.528	14.28	0.199	1.4	1.85	1.6-3.2
	3.90-4.27		2.14	1.88	2.61	100	99.31	58.31	26	19	13.85		Ap	0.5561	17.61	0.873	1.8	1.83	1.6-3.2
SC 17-R Bis	4.50-5.00		2.04	1.74	2.6	97.5	95.21	87.32	52	26	17.19	10.03	At			0.96			
			2.02	1.71	2.56	96.94	93.01	59.78	36	12	18.45	5.6	Ap			3.99			

Chapitre IX :

Dimensionnement corps de chaussé

I. Introduction :

La qualité d'un projet routier ne se limite pas à un bon tracé en plan et un profil en long adéquat. La route doit résister aux agressions extérieures et aux charges d'exploitation, notamment celles des poids lourds. Des facteurs tels que les gradients thermiques, la pluie, la neige et le verglas doivent être pris en compte. Pour garantir la durabilité, il est essentiel de s'assurer que la route possède à la fois de bonnes caractéristiques géométriques et mécaniques. Cela implique une connaissance approfondie du sol, le choix adéquat des matériaux de construction et un dimensionnement précis des structures de chaussée. En résumé, la qualité de la construction des chaussées repose sur une compréhension du sol, la sélection appropriée des matériaux et un dimensionnement précis des couches de la structure. Tout cela en fonction des paramètres fondamentaux suivants :

- Le trafic.
- L'environnement de la route (le climat essentiellement)
- Le sol support

II. La Chaussée :

On distingue principalement trois (03) types de chaussées qui sont :

- ✓ Les chaussées rigides
- ✓ Les chaussées semi-rigides
- ✓ Les chaussées souples

Ce dernier constitue l'immense majorité des routes actuelles dans notre pays.

III. Méthodologie de dimensionnement structural :

$$E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{p} \times [75 + 50 \times \log\left(\frac{N}{10}\right)]}{I + 5}$$

$$N = TJMA_h \times \%PL$$

Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet on va utiliser Deux méthodes qui sont :

- La méthode de CBR ;
- La méthode des catalogues de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) ;

III.1 Méthode de C.B.R : (California – Bearing – Ratio)

La méthode enceinte Pour le dimensionnement du corps de chaussée, il a été utilisé la méthode dite CBR :

Avec :

- **I** : indice CBR (Sol support)
- **P** : charge par roue en tonne = 6.5 t (essieux de 13 tonnes) ;
- **N** : nombre de poids lourds sur la voie la plus chargée à l'horizon ;
- **TJMA_h** : trafic journalier moyen annuel à l'année horizon ;
- **PL(%)** : pourcentage de poids lourds ;

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante

$$E_{eq} = a_1 * e_1 + a_2 * e_2 + a_3 * e_3$$

Avec :

- **e₁** : épaisseur réelle de couche de roulement ;
- **e₂** : épaisseur réelle de couche de base ;
- **e₃** : épaisseur réelle de couche de fondation ;
- **a₁, a₂, a₃** : coefficients d'équivalences respectivement des matériaux des couches **e₁, e₂, e₃** ;

Les coefficients d'équivalences : (le tableau est joint dans l'annexe dimensionnement corps de chaussée)

Application au projet :

Pour notre projet nous avons :

- **TJMA2046 = 19225 v/j.**
- **PL= 35%.**
- **ICBR =04**
- **N (PL)= 19225*0.35=6728.75 PL/j.**
- **Chaussée unidirectionnelle à 2 voies : 90% du trafic PL sur la voie lente de droite.**
- **N (PL)=6728.75*0.90= 6055.875 PL/j/sens/voie la plus chargée**
- **Calcule l'épaisseur équivalente**

$$E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{6.5} \times [75 + 50 \times \log(\frac{6056}{10})]}{4 + 5} = 71.76 \text{ cm}$$

Donc

$$E_{eq} = 72 \text{ cm}$$

- Détermination des épaisseurs des couches

En général, on adopte les épaisseurs suivantes de mise en œuvre des matériaux les plus courants :

BB=6 à 8cm

GB=10 à 20cm

GNT/TUF=15 à 30cm

Pour calcul les épaisseurs, on fixe deux dans les marges suivantes et on déduit la dernière

Tableau IX.1 coefficient d'équivalence

Nom de la couche	Matériaux	Coefficient D'équivalence	L'épaisseur de la couche (cm)
Roulement	BB	2	08
Base	GB	1.5	14
Fondation	TUF	0.7	e ₃

$$E_{eq} = (a_1 \times e_1) + (a_2 \times e_2) + (a_3 \times e_3)$$

$$72 = (2 \times 8) + (1.5 \times 14) + (0.7 \times e_3)$$

e₃ = ? cm en tuf

$$e_3 = 50 \text{ cm}$$

Alors on prend deux couches de tuf de 25 cm

Donc notre structure est composée 8 BB + 14 GB + 50 TUF (en deux couches de 25)

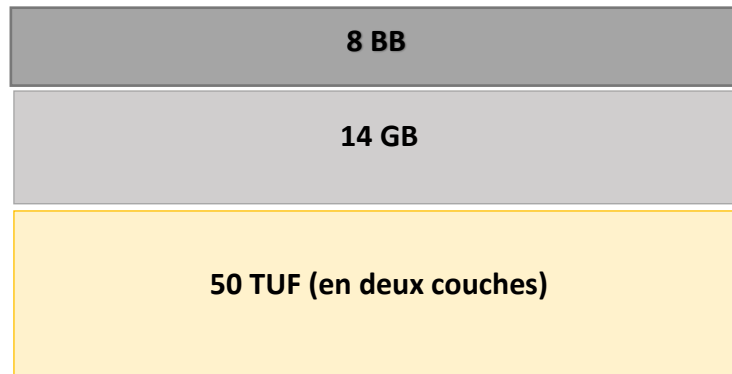


Figure IX.1 schémas représenté la structure dimensionner par la méthode CBR

III.2 Méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) :

Application au projet :

- **Données climatiques :**

Le projet est situé au niveau de la wilaya de BLIDA

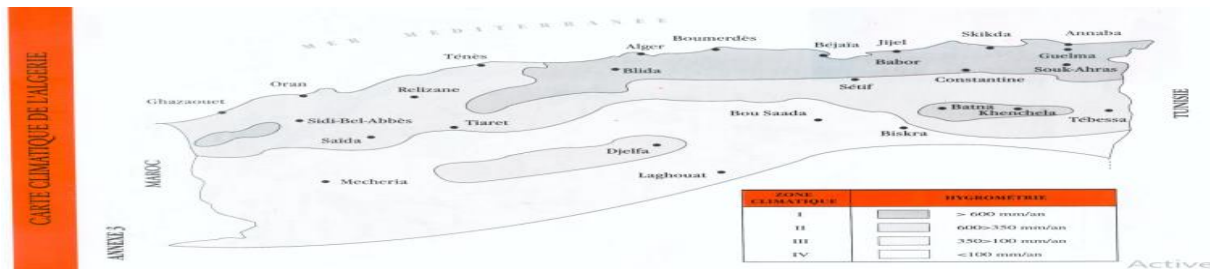


Figure IX.2 CARTE CLIMATIQUE DE L'ALGERIE

Donc D'après le « catalogue de dimensionnement des chaussées neuves » :

- Le site de projet est classé en zone **I**.
- La précipitation de notre zone est supérieure de 600mm/an.

Tableau IX.2 Choix de température équivalente

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

- Donc pour la température équivalente est de **20 °C**
- **Trafic :**
 - Type de réseau principal :**

Le trafic journalier moyen annuel $TJMA_{2026} = TJMA_{2023} \times (1 + \tau)^3$.

On a :

$$TJMA_{2026} = 7800 \times (1 + 0.04)^3 = 8773.94 \text{ v/j/2sens}$$

$$TJMA_{2026} = 8774 \text{ v/j/2sens}$$

$$TJMA_{2026} = 8774 \times 2/3 = 5849.34 \text{ v/j/sens}$$

$$TJMA_{2026} = 5850 \text{ v/j/sens} \geq 1500 \text{ v/j/sens}$$

Tableaux IX.3 Réseau principale

Réseaux principale	Trafic (véhicule /jours)
RP1	> 1500
RP2	< 1500

Notre projet est un réseau principal 1.

b. Détermination de la classe de trafic

Taux de
d'accroissement

$TJMA_{2025}$
v/j/sens. (2026
l'année de mise en service).

$$TCE = TPL_i \times CAM \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times 365$$

: 4 %

=8774
c'est

La répartition de poids lourds de la chaussée unidirectionnelle a 2 voies est de 90 % avec un pourcentage de poids de 35%

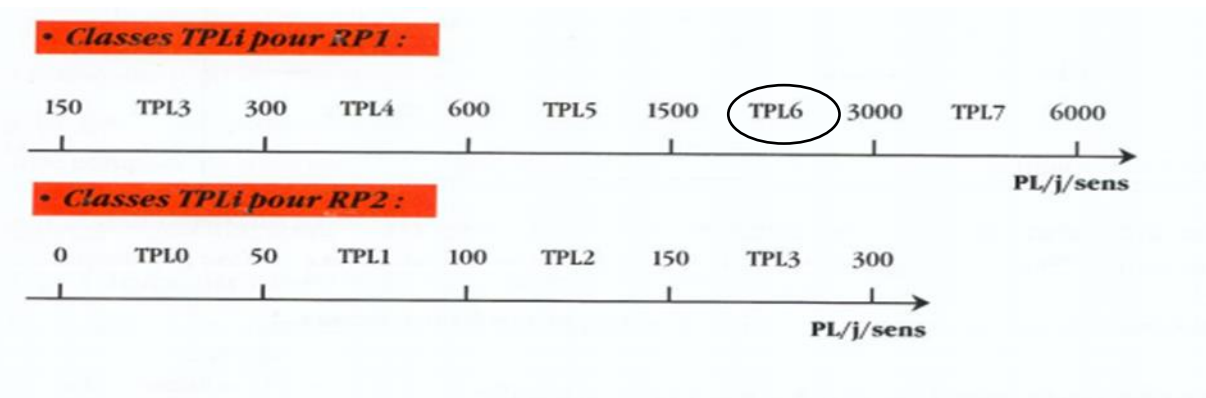
AN :

$$TPL_{2023} = 7800 \times 0.35 \times 0.9 = 2457$$

$$TPL_{2023} = 2457 \text{ PL/j/sens}$$

$$TPL_{2025} = 5850 \times 0.35 \times 0.9 \Rightarrow TPL_{2026} = 2763.81 \text{ PL/j/sens}$$

$$\Rightarrow \text{TPL}_{2026} = 2764 \text{ PL/j/sens}$$



Donc la classe de trafic est **TPL6**.

c. Calcul du trafic cumulé en essieu équivalent de 13 tonnes (TCE_i).

Avec :

i : taux d'accroissement

n : durée de vie

CAM : coefficient d'agressivité structurale moyenne

TPL_i : trafic poids lourds à l'année de mise en service

-les types des matériaux selon la zone climatique pour RP1

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

GB : Grave Bitume, GNT : Grave non traitée, SG1 : Sable gypseux de classe I, GL : grave-laitier, GC : grave ciment, BCg : béton de ciment goudronné, TUF I : Tuf de classe I.

On a RP1 et zone climatique I donc on a choisi les matériaux traités au bitume (**MTB**)

Avec les types des structures (**GB/GB**) ou (**GB/GNT**).

▪ La durée de vie

Niveau de réseau principal (R _{Pi})	Matériaux types	Structures types	Durée de vie (années)
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG	20
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL	20
		BCg	25
RP2	MNT (matériaux non traités)	GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	15
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB/SG	15

GB : grave bitume, GL : grave laitier, BCg : béton de ciment goudonné, SB : sable bitume, GNT : grave non traitée, SG : sable gypseux, AG : arène granitique, Tuf : encroûtement calcaire.

La durée de vie des matériaux traités au bitume pour le niveau de RP1 est **20** ans.

• Le coefficient d'agressivité structurelle moyenne (CAM)

Tableau 11 : Valeurs du coefficient d'agressivité A

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

D'après le tableau la valeur du coefficient d'agressivité pour la structure (GB/GB) et pour RP1 est **A = 0.6**.

▪ Calcul de trafic poids lourd cumulé :

$$TCI = TPL \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times 365$$

$$AN : \quad TCI = 1843 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} \times 365 = 20\,031\,564.57$$

$$\Rightarrow \quad TCI = 20.03 \times 10^6 \text{ PL}$$

AN :

$$TCE = 1843 \times 0.6 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} \times 365 = 12\,018\,938.74$$

$$\Rightarrow TCE = 12.019 \times 10^6 \text{ essieux 13 tonnes}$$

▪ Le risque de calcul :

Tableau IX.4 le risque adopté pour RP1 pour la structure (GB/GB)

	Classe du trafic (TPL _i)	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	(GB/GB)	20	15	10	5	2

D'après le tableau nous avons un risque de 5%.

▪ Détermination la portance de sol –support :

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 5 classes de sols support à savoir : S4, S3, S2, S1, S0.

On a un CBR =4.

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

Donc la classe de sol support est **S4**.

Pour le réseau principal 1 la classe minimum est S2

Portance de sol	Matériau de CF*	Epaisseur de CF	Portance visée
< S4	Non traité	50cm (2couches)	S3

S ₄	Non traité	35cm	S ₃
S ₄	Non traité	60cm (2couches)	S ₂
S ₃	Non traité	40cm (2couches)	S ₂
S ₃	Non traité	70cm (2couches)	S ₁

Les sols recensés ont un indice CBR de **4** dans la majorité des cas, de classe de portance est donc **S₄**, notre sol doit être surclassé ($S_4 \Rightarrow S_2$), on adopte une couche de forme de **60 cm de TUF** réalisée en deux couches de 30 cm.

La structure possible de notre ouvrage d'après le catalogue (d'après le fascicule 1).

MTB (matériaux traités au bitume) : **GB/GB ; GB/GNT**.

- **Choi des différentes couches constituant de la chaussée :**

D'après le fascicule3 :

✓ TPL6

✓ Classe de portance du Sol S₂

Les structures possibles sont

TPLi PL/j/sens	Si	S ₂	S ₁	S ₀
		50 MPa	125 MPa	200 MPa
6000				
TPL7		8 BB	8 BB	8 BB
		14 GB	12 GB	11 GB
		15 GB	13 GB	11 GB
3000				
3000				
TPL6		8 BB	8 BB	8 BB
		12 GB	11 GB	10 GB
		13 GB	11 GB	10 GB
1500				

Figure IX.4. Structures proposées par le fascicule 3

On a choisi la structure suivante : **8BB + 12GB + 13GB + 60TUF(CF) (30cm+30cm)**

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

Il faudra vérifier que ε_z et ε_t calculées à l'aide d'**alize III**, sont inférieures aux valeurs admissibles qui est donnée par relation empirique déduit à partir d'une étude statique de comportement des chaussées Algériennes c'est-à-dire respectivement a $\varepsilon_{t, adm}$ et $\varepsilon_{z, adm}$.

$$\varepsilon_z < \varepsilon_{z, adm} \text{ et } \varepsilon_t < \varepsilon_{t, adm}$$

ε_t : la déformation de traction par flexion à la base des couches bitumineuses.

ε_z : la déformation verticale sur le sol support.

$$\varepsilon_{z, adm} = 22.10^{-3} (TCE_i)^{-0.235}$$

$$\varepsilon_{z, adm} = 22.10^{-3} * (12.019 \times 10^6)^{-0.235} = 4.77 \times 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{z, adm} = 477 \mu\text{def}$$

IV.1 Performances mécaniques des matériaux bitumineux :

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

Matériau (MTB)	E (30°C, 10Hz) (Mpa)	E (25°, 10Hz) (Mpa)	E (20°, 10Hz) (Mpa)	E (10°, 10Hz) (Mpa)	ε_6 (10°, 25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (cm)	v	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

Figure IX.5 Performance mécanique des matériaux

IV.2 Calcul de la déformation admissible de traction ($\varepsilon_{t, adm}$) :

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

$$\varepsilon_{t, adm} = \varepsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$

Avec :

- $\varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz})$: déformation limite qui correspond à 10^6 cycles. (Essai de fatigue à 10°C et 25Hz). Pour un grave bitume $\varepsilon_6=100.10^{-6}$.
- **kne** : facteur lie au nombre cumule d'essieux équivalents supporte par la chaussée.

- **k_θ** : facteur lié à la température.
- **k_r** : facteur lié au risque et aux dispersions.
- **k_c** : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée (k_c=1.3) Avec :

$$K_{ne} = \left(\frac{10^6}{TCEI} \right) b \quad \delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} Sh \right)^2} \quad k_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^{\circ}C)}{E(\theta_{eq})}}$$

- b : pente de la droite de fatigue
- E (10°C) : module complexe de matériau bitumineux à 10°C.
- E (θ_{eq}) : module de complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.
- δ La dispersion $\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} Sh \right)^2}$
- SN : dispersion sur la loi de fatigue.
- Sh : dispersion sur les épaisseurs.
- c : coefficient égal à 0.02.
- t : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté(r%).

APPLICATION NUMERIQUE

✓ Température équivalente θ_{eq} :

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

Figure IX.6. Zone climatique

D'après le catalogue 2 :

On a θ_{eq} = 20°C° (Zone I)

✓ Performances mécaniques des matériaux bitumineux :

Matériau (MTB)	E (30°C, 10Hz) (Mpa)	E (25°, 10Hz) (Mpa)	E (20°, 10Hz) (Mpa)	E (10°, 10Hz) (Mpa)	ϵ_6 (10°, 25Hz) (10 ⁻⁶)	-1/b	SN	Sh (cm)	ν	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

Figure IX.7. Tableau des Performances mécaniques des matériaux bitumineux (Fascicule 2)

$E_{GB} (20^\circ, 10\text{Hz}) = 7000\text{MPa}$

✓ **Risque adopté**

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

Figure IX.8 Risque adopté

Réseau RP1, la classe du trafic TPL6 et structure GB/GB alors le Risque adopté $r=5\%$.

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

Figure IX.9 Tableau de t en fonction de $r\%$

- t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté donc ($t = -1.645$)
- $b = -0.146$
- $kne = \left(\frac{10^6}{TCE_i}\right) b$ $kne = 0.696$

- $\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{C}{b}Sh\right)^2} = \sqrt{(0.45^2 + \left(\frac{0.02}{0.146} \times 3\right)^2} = 0.609$
- $kr = 10^{-tb\delta} \quad kr = 0.7139$
- $k\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta_{eq})}} \quad k\theta = 1.3363$
 - $\epsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times 0,696 \times 0.7139 \times 1.33 \times 1.3$
 - $\epsilon_{t,adm} = 86.34 \mu \text{ def}$
 - $\epsilon_{t,adm} = 87 \mu \text{ def}$

✓ Résultats de calcul par Alize :

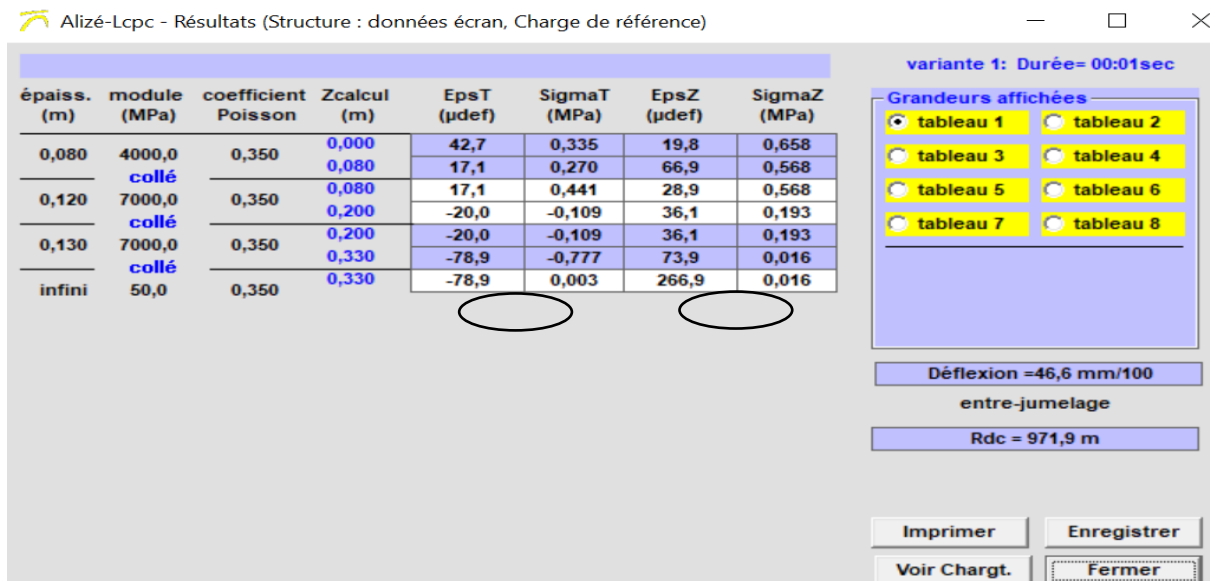


Figure IX.10. Résultats de calcul par Alize

✓ Interprétation des résultats :

	Valeurs calculées par Alize (μ def)	Valeurs admissibles (μ def)
ϵ_t (Déformation de traction)	78.9	87
ϵ_z (Déformation vertical du sol)	266.9	477

D'après les résultats du tableau ci-dessus toutes les valeurs des déformations sont vérifiées, notre choix de structure reste 8BB + 12GB + 13 GB + 60 Tuf en deux couches de 30cm.

Conclusion :

La méthode de catalogue Algérien a été choisie pour notre projet, malgré que la méthode CBR soit économique, pour plusieurs raisons : Elle se base sur les performances des matériaux. Elle prend en compte les déformations admissibles. Elle considère la fatigue des matériaux. De plus, cette méthode est spécifique à l'Algérie, développée et validée par le CTTP et le ministère des travaux publics. La structure retenue comprend une couche d'accrochage entre la couche de roulement en BB et la couche de base en GB, ainsi qu'une couche d'imprégnation entre la couche de fondation en GB et la couche de forme en Tuf.

La structure de chaussée neuve recommandée dans le cadre de notre projet :

Couche de roulement : 08 cm
BB Couche de base : 12 cm GB
Couche de fondation : 13 cm GB
Couche de forme : 60 cm Tuf, (en 2 couches de 30cm)

Chapitre X :

Assainissement

I Introduction :

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires. L'eau est le principal ennemi de la route, car elle cause de nombreux problèmes complexes sur la chaussée. Ces problèmes affectent la sécurité des usagers et compromettent la durabilité de la chaussée en réduisant la portance des sols de fondation.

II Etude hydrologique :

L'étude hydrologique consiste à déterminer les débits de crue pour chaque écoulement traversant le tracé routier. Par conséquent, tous les oueds doivent être rétablis par des ouvrages hydrauliques tels que des ponts, des dalots et des buses. Cette étude vise à dimensionner les ouvrages appropriés pour garantir le rétablissement des écoulements naturels ainsi que la collecte et l'évacuation des eaux superficielles dans l'emprise de la route.

III Période de retour pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques :

Le choix de la période de retour est basé sur les normes SETRA pour les bassins versants de la frange méditerranéenne. Les périodes de retour recommandées sont les suivantes :

- ✦ Petits ouvrages hydrauliques : dimensionnés pour une période de retour de 50 ans et vérifiés pour une période de retour de 100 ans.
- ✦ Grands ouvrages hydrauliques : dimensionnés pour une période de retour de 100 ans.

IV La pluviométrie :

IV.1 Les pluies maximales journalières :

Pour notre station pluviographique, les précipitations maximales journalières pour différentes périodes de retour, telles que traitées par l'ANRH, sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau X.1 : Pluies maximales journalières pour différentes périodes de retour (mm)

Station	2 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Blida	36	84	103,2	127,2	146,4

IV.2 Les pluies de courtes durées :

Le tableau suivant présente les hauteurs précipitées durant de courte durée pour une période de retour cinquantennale :

Tableau X.2 : Pluies maximales de courte durée (T=50 ans) en mm

Station	1h	2h	3h	6h
Blida	34,6	46,0	54,3	72,0

IV.3 Courbe IDF :

La formule de **MONTANA** décrit la relation existante entre l'intensité, la durée et la fréquence des pluies. Elle s'exprime de la manière suivante :

$$I(t, T) = a(T).t^{-b}$$

- $I(t, T)$: intensité de pluie en mm /h.
- T : période de retour en ans.
- t : temps de concentration en heures.
- a, b : paramètres de Montana.

Le paramètre « a.b » pour les différentes fréquences est donné dans le tableau suivant :

Tableau X.3 : coefficient de montana

Station	Paramètres	Période de retour (ans)				
	de Montana	2	10	20	50	100
Blida	a	9,8	23,0	28,1	34,6	39,5
	b	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59

(Courbe IDF de la station de Blida est jointé dans l'annexe assainissement)

V caractéristique physique des bassins versant :

Les caractéristiques physiques des bassins versant sont :

- La surface : S (km²)
- Le périmètre : P (km)
- Indice de compacité : $IC = 0.28 \times P/(S^{1/2})$
- Longueur : L (km)

- Altitude minimale : Hmin. (m)
- Altitude maximale : Hmax. (m)
- Dénivelée : D= Hmax- Hmin (m)
- Indice de pente global : IG = (Hmax - Hmin) /L

Tableau X.4 : caractéristique physique des bassins versants (Global Mapper)

N° BV	PK	Nom d'oued	S BV (Km ²)	P BV (Km)	Ic	L (Km)	Hmax (m)	Hmin (m)	D (m)	IG (m/Km)
1	60+997	Oued chachia	3.19	13	2.05	5.64	240	75	165	29
2	61+629	-	14.59	25.65	1.89	9.95	1055	72	983	99
3	62+293	Oued ejemaa	177.75	76.43	1.62	19.59	1267	72	1195	61
4	63+628	-	2.51	7.25	1.29	2.53	90	80	10	4
5	66+902	-	4.21	8.54	1.17	2.50	94	75	19	8
6	68+928	-	3.78	8.33	1.21	2.09	310	84	226	108
7	69+455	-	0.5	3.26	-	-	-	-	-	-
8	69+541	-	0.54	3.35	-	-	-	-	-	-

VI Calcul des débits :

VI.1 Méthode des débits spécifique (S<1 KM²)

Après examen des débits obtenus par la formule rationnelle, pour des bassins versants de taille proche de 1 km², nous avons adopté les débits spécifiques suivants :

- 8 m³/s/km² pour les sections 1, 2 et 4.
- 12 m³/s/km² pour la section 3.

Notre tronçon d'étude est situé dans la section 3 entre pk 68 et pk 121 alors la formule de calcul est :

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = 12 \times S \text{ (km}^2\text{)}$$

Avec : S (km²) : la section de bassin versant Q (m³/s) : le débit

Tableau X.5 : débits spécifique retenu ($S < 1$ Km²)

N° BV	Surface (Km ²)	Q (m ³ /s)	Débit retenu (m ³ /s)
7	0.50	6	6
8	0.54	6.48	6.48

VI.2 Méthode rationnelle ($1 \text{ Km}^2 < S < 125 \text{ Km}^2$)

Le débit de dimensionnement est calculé comme suit :

$$Q = 0.278 C I (t_c) \times S$$

Avec

- Q : débit de crue de période de retour T (en m³/s) ;
- C : coefficient de ruissellement ;
- I : intensité de la pluie associée au temps de concentration t_c du bassin versant et à la période de retour T en mm/h ;
- S : superficie du bassin versant en km².

• Coefficient de ruissellement :

Pour cette méthode, le coefficient de ruissellement est donné par la formule suivante :

$$C = C1 + C2 + C3$$

Avec

$C1$: Coefficient associé à la pente ;

$C2$: Coefficient associé à la nature du sol ; $C3$: Couverture végétale.

Le coefficient de ruissellement pour chaque bassin versant est calculé comme suit :

- ✓ La valeur de $C1$ est dans le tableau suivant :

Tableau X.6 : coefficient de ruissellement $C1$

Classe de pente	T = 50 ans	T = 100 ans
Pente < 3.5%	0.04	0.05
3.5% < pente < 11%	0.10	0.13
11% < pente < 35%	0.18	0.23
Pente > 35 %	0.28	0.35

- La valeur de $C2$ vaut 0,18 pour $T=50$ ans et 0,25 pour $T=100$ ans, elle

correspond à un sol peu perméable et elle est constante pour toute la région.

- La valeur de C3 vaut 0,18 pour T=50 ans et 0,25 pour T=100 ans, elle correspond à des prairies.
- **Taux de concentration** : (les formules de calcul sont jointes dans l'annexe assainissement)

Les résultats sont dans le tableau suivant :

Tableau X.7 : calcul des débits ($1 \text{ Km}^2 < S < 125 \text{ Km}^2$)

N° BV	S (Km ²)	Ventura Tc (h)	Passini Tc(h)	Tc retenue (h)	I (mm/h)	Pente Moy (%)	C1	C2	C3	Cr	Q (m ³ /s)	Débit retenu (m ³ /s)
1	3.19	1.33	-	1.33	29.29	2.92	0.04	0.18	0.18	0.40	10.38	10.4
2	14.59	-	1.8	1.8	24.43	9.88	0.10	0.18	0.18	0.46	45.55	45.6
4	2.51	3.2	-	3.2	17.42	0.40	0.04	0.18	0.18	0.40	4.86	4.9
5	4.21	2.99	-	2.99	18.13	0.76	0.04	0.18	0.18	0.40	8.49	8.5
6	3.78	0.75	-	0.75	40.98	10.81	0.10	0.18	0.18	0.46	19.78	19.8

• Bassins versants de grande taille :

Pour le calcul du débit centennal, trois méthodes sont proposées, dans notre projet on va travailler par la méthode de transposition (les méthodes joint de l'annexe assainissement)

Les résultats sont dans le tableau suivant :

Tableau X.8 : débit des grands bassins

N° BV	Non oued	S(Km ²)	Transposition			Régionale Q(m ² /s)	Débit retenu (m ³ /s)
			S0 Km ²	Q0 m ³ /s	Q m ³ /s		
3	ejemaa	177.8	139	900	1039	850	1039

VII Dimensionnement de réseau d'assainissement à projeter :

Le dimensionnement hydraulique effectué avec la formule de Manning-Strickler :

$$Q_s = K_s \cdot S_m \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

Avec : **Q** : Débit

S : Section mouillée

Ks : Coefficient de rugosité Strickler

Rh : Rayon hydraulique ; $Rh = Sm/Pm = \text{Section mouillée} / \text{Périmètre mouillé}$

J : Pente de pose de l'ouvrage (m/m).

La valeur de coefficient Manning -Strickler dépend de la nature de la surface (Le tableau des valeurs de Ks joint dans l'annexe assainissement)

Ce pré dimensionnement est vérifié par la suite en calculant le débit de saturation (Qs) des ouvrages par l'utilisation de la formule de « Manning Strickler » sur un écoulement à surface libre en régime uniforme : **$Qs = V \cdot Sm$**

V = Vitesse d'écoulement d'eau (m/s).

Sm = Section mouillée de l'ouvrage (m²).

Pour les dalots, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à : **$Hr = 0.8H$** .

VIII Application au projet :

VIII.1 dimensionnement des buses :

Une solution par buse circulaire a été retenue pour la réalisation de l'ouvrage hydraulique reprenant les eaux pluviales des bassins avec un débit

Pour un taux de remplissage de 80% de buse

✓ **Sm** : Section mouillée

$$Sm = \pi \Phi^2 / 5$$

✓ **Pm** : Périmètre mouillé

$$Pm = (2/3) \pi \Phi$$

✓ **Rh** : Rayon hydraulique

$$Rh = Sm / Pm = (3/10) \Phi$$

✓ **Kst=80** pour les buses en béton

✓ **J** : La pente de pose égale la pente de profil en travers

$$Q = Qs = 80 \times (\pi \Phi^2 / 5) \times (3 \Phi / 10)^{2/3} \times (J^{1/2})$$

$$\Phi = \left[\frac{5Q}{80 \pi \left(\frac{3}{10}\right)^{2/3} \times (J)^{1/2}} \right]^{3/8}$$

- Une fois le diamètre est calculé. On choisit un diamètre normalisé commercial existant dans le marché : $\Phi 500$, $\Phi 800$, $\Phi 1000$, $\Phi 1200$, $\Phi 1500$...etc.

Exemple :

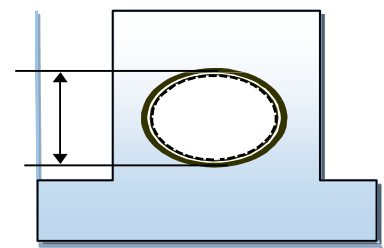


Figure X.1 : Buses

$$J = 1 \%$$

$$Q_4 = 4.9 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$K_s = 80$$

$$\Phi = \left[\frac{5Q}{80 \pi \left(\frac{3}{10} \right)^3 \times (J)^{\frac{1}{2}}} \right]^{3/8}$$

$$\Phi = 1.338$$

On prend $\Phi = 1.5 \text{ m} = 1500 \text{ mm}$ (diamètre commercial)

Vérification d'auto courage :

$$V_{ps} = (320(0.3\Phi) \sqrt{(2/3J)})/5$$

$$Q_{ps} = V_{ps} (\pi \Phi^2)$$

Tableau X.9 : le diamètre des buse

N°BV	Q (m³/s)	J (m/m)	Φ calculé (m)	Φ commercial (mm)	V _{ps} (m/s)	Q _{ps} (m³/s)	Q/Q _{ps}	V/V _{ps}	H/ Φ	V (m/s)	V>0.3 Q=0.01 Q _{ps}	V>0.6 Q= 0.1 Q _{ps}
4	4.9	0.01	1.338	1500	3.76	6.64	0.738	1.089	0.639	4.09	1.2	2.41
5	8.5	0.005	1.874	2000	3.22	10.11	0.537	1.021	0.522	3.29	1.03	2.06
7	6	0.01	1.443	1500	3.76	6.64	0.904	1.132	0.744	4.26	1.2	2.41
8	6.5	0.01	1.488	1500	3.76	6.64	0.979	1.14	0.802	4.29	1.2	2.41

Les conditions d'auto courage sont vérifiées

VIII.2 dimensionnement d'un dalot : ($\Phi > 2\text{m}$)

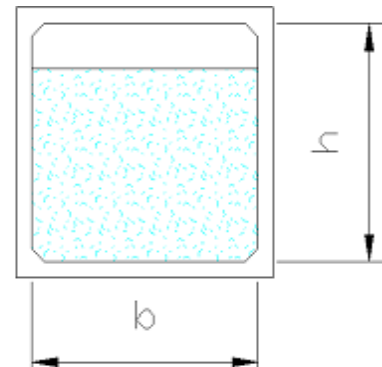
Ce sont des ouvrages de sections rectangulaires ou carrées, disposés sous le tracé, identifiés par la largeur (B) et la hauteur (H) Dans notre projet, les dalots sont en béton

$$k_s = 70$$

Avec :

- P_m : Périmètre mouillé
 $P_m = b + 2 \times 0.8H$
- S_m : Section mouillée
 $S_m = b \times 0.8H$
- R_h : Rayon hydraulique

$$R_h = S_m / P_m = b \times 0.8H / (b + (2 \times 0.8H))$$



$K_s = 70$ pour les dalots en béton

- J : La pente

$$Q_a = K_s \times R_h^{2/3} \times J^{1/2} \times S_m$$

- $Q_a = K_s \times (0.8H \times b / (b + 2 \times 0.8H))^{2/3} \times J^{1/2} \times 0.8H \times b$
- $Q_a = K_s \times (1 / (b + 2 \times 0.8H))^{2/3} \times J^{1/2} \times (0.8H \times b)^{5/3}$
- $(0.8H \times b)^{5/3} = (Q_a / (K_s \times J^{1/2})) \times (2 \times 0.8H + b)^{2/3}$
- $0.8H \times b = (Q_a / (K_s \times J^{1/2}))^{3/5} \times (2 \times 0.8H + b)^{2/5}$
- $b = (1 / 0.8H) \times (Q_a / (K_s \times J^{1/2}))^{3/5} \times (2 \times 0.8H + b)^{2/5}$

Exemple de calcul :

BV_1 ($Q_a = 10.4 \text{ m}^3/\text{s}$, $J = 1\%$, $K_s = 70$, $H = 1.5\text{m}$) On fixe $H = 1.5 \text{ m}$ et Par itération manuel on trouve : $b = 1.89 \text{ m}$.

✓ **Vérification de la vitesse :**

$$V = Q / S = 10.4 / (1.5 \times 1.89) = 3.67 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s} \Rightarrow \text{vérifie.}$$

✓ **Vérification la hauteur critique :**

$$B \times Q^2 / (g \times S^3) = 1$$

$$\text{D'où } S_m = b \times h_c \Rightarrow B \times Q^2 / (g \times b^3 \times h_c^3) = 1 \Rightarrow$$

$$h_c = (Q^2 / (g \times b^2))^{1/3}$$

$$h_c = 1.45 \text{ m} < 1.5 \text{ m} \Rightarrow \text{vérifie.}$$

✓ **Vérification du régime d'écoulement :**

$$\text{Nombre de Froude} = V / (g \times h)^{1/2} = 3.67 / (10 \times 1.5)^{1/2} = 0.95 < 1 \text{ (Régime fluviale).}$$

Tableau X.10: les dimensions des dalots

N° BV	Q (m3/s)	b (m)	H (m)
1	10.4	2.5	1.5
6	19.8	3	2

On a vérifié nous calcul à l'aide d'un Excel

VIII.3 dimensionnement des grands ouvrages hydrauliques :

Parmi les principaux grands cours d'eau traverse notre tronçon d'étude, on trouve OuedDjer en deux points PK 62+197.

Pour franchir les deux obstacles, on propose deux grands ouvrages hydrauliques.

- Les caractères d'Oued Ejemaa:

Tableau X.11 : dimensionnement des grands ouvrages hydrauliques

Ouvrage	Hauteur linge projet (m)	Longueur (m)
1	7	280

VIII.4 Tableau récapitulatif Des dalots et des buses :

NBV	PK	Nom d' Oued	Q (m3 /s)	Type de l'ouvrage	Dimension d'ouvrage
01	60+997	Oued chachia	10.4	DALOT	2.5*1.5
02	62+293	Oued ejemaa	1039	PONT	260M
03	63+628	-	4.9	BUSE	Φ1500
04	66+884	-	8.5	BUSE	Φ2000
05	69+139	-	19.8	DALOT	3*2
06	69+522	-	6	BUSE	Φ1500
07	69+859	-	6.5	BUSE	Φ1500

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

Tableau X.12 : récapitulatif Des dalots et des buses

VIII.5 dimensionnement des fossés :

Les fossés récupèrent les eaux provenant de la chaussée, de l'accotement et des talus. Il existe plusieurs formes de fossés, et leur dimensionnement doit être effectué dans le cas le plus défavorable. Cela se produit lorsque la hauteur du déblai est importante et qu'il s'étend sur une grande longueur avec une inclinaison du terrain vers le déblai.

Tableau X.12 : récapitulatif Des dalots et des buses

Dans notre cas, situé entre les PK 69+675 et PK 69+825, avec une longueur de 150 mètres, la hauteur du talus est de 46.39 mètres et la pente est de 2H/1V.

Nous prévoyons des fossés en béton armé de forme trapézoïdale. Le débit total apporté par ces plateformes, berme et talus nous permet d'écrire l'équation :

$$Q_a = Q_c + Q_{acc} + Q_t$$

Avec :

Q_a : débit apporté

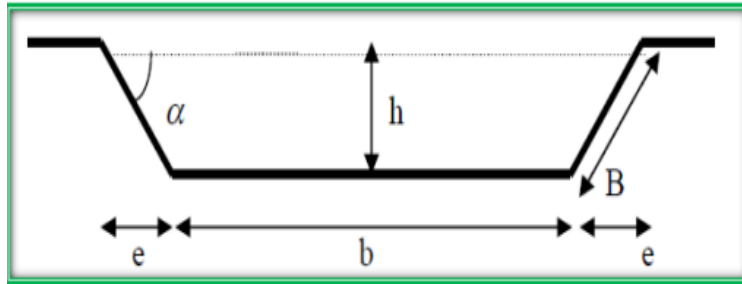
Q_c : débit de la chaussée

Q_{acc} : débit de l'accotement

Qt : débit du talus

- Le débit d'apport des fosses, berme et talus se calcule avec la méthode rationnelle $Q_a = 0.2778 C.I. A$
- Le débit de la section :
 $Q_s = S_m \cdot K_{st} \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$

VIII.5.1 Caractéristique d'une fosse trapézoïdale :



Calcul de la surface mouillée :

$S_m = b \times h + 2(eh/2)$. Avec : $1/\tan \alpha = m$ D'où : $e = m \times h$

$S_m = b \times h + m \times h^2 \Rightarrow S_m = h(b + m \times h)$.

✓ Calcul du périmètre mouillé :

$P_m = b + 2 \cdot (h^2 + e^2)^{1/2}$ Avec : $(h^2 + e^2)^{1/2} = h \cdot (1 + m^2)^{1/2}$

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

✓ Rayon hydraulique :

$R_h = S_m / P_m = h(b + m \times h) / (b + 2 h \cdot (1 + m^2)^{1/2})$

VIII.5.2 Coefficient de ruissellement (C) :

(Le tableau des valeurs est joint dans l'annexe assainissement)

VIII.5.3 Calcul des surfaces de la plateforme :

Tableau X.13 : les surfaces de la plateforme

S.B. V	Largeur (m)	Longueur (m)	Pente	Surface (m ²)
Chaussée revêtement en enrobés	11	150	2.5	1650
Berme	1	150	8	150
Talus	/	/	50	19882
Surface totale	/	/	/	21682

VIII.5.4 Calcul de l'intensité de l'averse :

$$I(10) = a(10)(T_c)^{(-b)}$$

✓ Pour une période de retour de 10ans $a=23$ et $b=0.59$

➤ Exemple de calcul

Talus ($A_t=0.00165 \text{ km}^2$) $< 5 \text{ km}^2$ on applique la formule de VENTURA

➤ $T_c = 0.27 \times \sqrt{(0.00165) / (1)} \quad T_c = 0.069 \text{ h}$

➤ $I_t = 23 \times (0.069)^{(-0.59)}$

$$I_t = 111.38 \text{ mm/h}$$

VIII.5.5 Calcul de débit d'apport :

Tableau X.15 : calcul le débit d'apport

S.B. V	K	C	A(km ²)	Tc(h)	It(mm/h)	Qa(m ³ /s)
Chaussée revêtement enrobés	0.2778	0.95	0.00165	0.069	111.38	0.049
Berme	0.2778	0.40	0.000150	0.012	312.62	0.005
Talus	0.2778	0.30	0.019882	0.0054	500.74	0.830
Qa(total)=						0.884

$$Qa(\text{total}) = Qs = K.Sm. Rh^{(2/3)}. I^{(1/2)}$$

Avec :

$$K = 70 \quad I = 2.5 \%$$

$$Sm = (b + m.h).h$$

$$Rh = h(b + m \times h) / (b + 2h.(1 + m^2)^{1/2})$$

On fixe une des dimensions puis on calcule l'autre. On prend $b = 0.5 \text{ m}$, l'angle $= 66.7^\circ$

donc $e = 0.75$

$$h = 0.5 \text{ m}$$

$$Qa(\text{total}) = Qs = K.Sm. Rh^{(2/3)}. I^{(1/2)}$$

$Qps = 2.9 \text{ m}^3/\text{s}$ (capacité d'ouvrage) $> Qa = 0.884 \text{ m}^3/\text{s}$ Donc on prend **un fossé** :

$b = 0.5 \text{ m}$; $e = 0.75$; $h = 0.5 \text{ m}$

VIII.5.6 Bordure caniveau et descentes d'eau :

Pour une implantation rationnelle des descentes d'eau et des bourrelets sur des talus de remblai, en particulier dans les zones où la hauteur du remblai dépasse 2 mètres, il est crucial de considérer la pente du profil en long. Les cunettes préfabriquées avec une capacité de débit de 50 l/s doivent être disposées de manière à évacuer efficacement les eaux de ruissellement. Voici comment ces descentes d'eau peuvent être implantées en fonction de différentes pentes du profil en long :

- Pour une pente $0,5 \% < P < 3 \%$, l'espacement entre descentes est de 40 m
- Pour une pente $P \geq 3\%$, l'espacement entre descentes est de 30m

Chapitre XI : Ouvrages d'Art

I Introduction :

En général, on désigne par le terme "pont" toute structure conçue pour permettre le passage au-dessus d'un obstacle naturel tel qu'une rivière ou une vallée, ou bien au-dessus d'une autre voie de circulation. On peut distinguer plusieurs types de ponts selon leur conception et leur mode de construction :

- Pont-route
- Pont-rail
- Pont-canal

Ce chapitre présentera les ouvrages d'art à concevoir pour franchir les obstacles.

II Choix de type de l'ouvrage :

Le processus de sélection d'un ouvrage de franchissement implique la prise en compte de nombreux paramètres. L'objectif est d'optimiser à la fois sur le plan technique et économique la construction d'une structure permettant de franchir un obstacle projeté, tout en tenant compte des contraintes naturelles et fonctionnelles qui lui sont imposées.

III Les paramètres qui interviennent dans le choix de types d'ouvrage :

Les paramètres interviennent dans le choix de types de l'ouvrage sont généralement :

- Les profils de la voie (profil en long, profil en travers, tracé en plan...)
- Position possible des appuis
- La nature du sol de fondation.
- Le gabarit à respecter.
- Les conditions d'exécution et d'accès à l'ouvrage.
- Les conditions hydrauliques.

IV Gabarit réservé :

Le gabarit est le minimum à dégager au-dessus de la voie franchie, mesuré perpendiculairement à cette voie. En Algérie, il est réglementé que le passage sur :

- Les autoroutes et les routes expresses doivent respecter un gabarit de 5.25m.
- Les routes ordinaires doivent respecter un gabarit de 4.50m à 4.80m.

V Les voix de rétablissement :

Les ouvrages comprennent :

- Les passages supérieurs.
- Les passages inférieurs.

Les passages supérieurs : Il s'agit des passages supérieurs sur la voie express qui concernent :

- Les routes nationales.
- Les chemins de wilaya.
- Les chemins ruraux et pistes agricoles

Les passages inférieurs : Les passages inférieurs sont des ouvrages de franchissement à un niveau inférieur d'une route ou d'une voie ferrée ou d'un canal.

VI Les ouvrages existant dans notre projet :

Tableaux XI.1 les ouvrages de projet

Passage supérieure	Ouvrage hydraulique
Echangeur LERBAA PK 66+300 Piste PK 63+143 Piste PK 65+206 Piste PK 68+019	• Oued EJEMAA PK 62+290

- **OA 01 : un échangeur**

L'ouvrage 01 est un échangeur situé à LARBAA au niveau du PK 66+300 qui relie route nationale (RN 8) à notre projet Échangeur du type Losange.

- **OA 02 : Passage supérieure**

L'ouvrage 02-1 C'est un passage supérieur qui croise le chemin wilaya (CW 112) au PK 65+ 206.

L'ouvrage 02 -2 C'est un passage supérieur qui croise un piste au PK 63+ 143.

L'ouvrage 02-3 C'est un passage supérieur qui croise un piste au PK 68+019.

- **OA 03 : Pont à poutre**

L'ouvrage 03 est un pont à poutre béton précontrainte par post tension de 2 voies pour une direction avec une portée de 264 m permet le franchissement d'oued Ejemaa de PK 62+450 au PK 62+590

Il est composé de :

- Une 8 travée de 33 m.
- La largeur de tablier est 11.5 m pour chacun.
- L'ouvrage repose sur des fondations profondes.

Chapitre XII : Conception Et Choix De Type D'Echangeur

I Introduction :

Un La conception d'un échangeur routier est une étape cruciale dans un projet, car elle impacte à la fois le coût et la durabilité de l'infrastructure. Notre projet consiste à concevoir un échangeur à l'intersection de la rocade et de la RN 8 à Larbaa. Les échangeurs permettent de faciliter le passage d'un type de réseau routier à un autre, évitant ainsi les croisements au niveau du sol et réduisant les ralentissements sur les voies concernées.

II Types d'échangeurs :

Selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs :

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

II.1 Echangeurs majeurs :

Un échangeur majeur relie deux autoroutes sans provoquer de cisaillement dans celles-ci. Il peut prendre la forme :

- ✓ trèfle complet lorsqu'il relie quatre branches,
 - ✓ bifurcation en "Y" lorsqu'il relie trois branches
- (Les définitions sont dans l'annexe échangeur)

II.2 Echangeurs mineurs :

L'échangeur est utilisé pour connecter une autoroute (route principale) à une route ordinaire (route secondaire). Les schémas de raccordement concernent principalement cette connexion. :

- Losange.
 - Demi-trèfle.
- (Les définitions sont dans l'annexe échangeur)

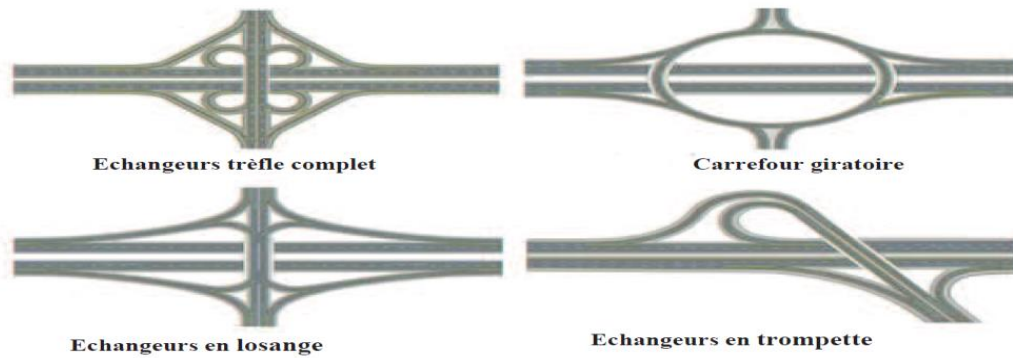


Figure XII.1. Les types de l'échangeur.

III Caractéristiques géométriques des échangeurs :

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

- Pont.
- Carrefour (s) plans (s).
- Bretelles.

(Les définitions sont dans l'annexe échangeur)

IV Description de l'échangeur LARBAA :

L'échangeur LARBAA est prévu au PK 66+301 de la 3ème Rcade. Il assure la liaison de RN 8 à la 3ème Rcade d'Alger, il permet de desservir les communes de LARBAA et MEFTAHE par le biais de la route RN 8.

Le schéma de l'échangeur s'agit d'un échangeur de type demi-trèfle associé à deux giratoires implantés sur l'axe de la route RN 8. Il permet tous les mouvements de la 3ème Rcade avec la RN 8.

V Géométrie en plan des bretelles :

V.1 Rayon :

Les normes géométriques du tracé en plan sont résumées dans le tableau suivant selon ICTAAL 2015 :

Brettelle à une voie de circulation à 70 km/h

Tableau XII.1 : Valeurs limite des rayons du tracé en plan

Elément de conception	Critère
Rayon minimale au dévers normale R_{dn}	300 mètres
Rayon minimale déversé à 7% R_m	125 mètres
Dévers maximaux dans les courbes	7%

V.2 Raccordement progressif :

Une courbe circulaire est encadrée par deux arcs de clothoïde de longueur égale à la plus grande des deux valeurs suivantes : $L = 6R^{0.4}$ et $L = 7|d1-d0|$

$d0$: la pente transversale initiale

$d1$: le dévers dans la courbe

R : le rayon de courbure (en mètres).

Les courbes de rayon inférieur à R_{nd} sont déversées vers l'intérieur de la courbe. La pente transversale d'une chaussée est de 2,5 % vers l'extérieur.

La pente transversale d'une chaussée déversée varie linéairement en fonction de $1/R$, entre 2,5 % pour le rayon R_{nd} (300m) et 7 % pour 100m, et reste de 7% en deçà de 100m.

V.3 Profil en long des bretelles :

Les normes géométriques du profil en long sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau XII.2 : Valeurs limite de profil en long

Elément de conception	Critère
Déclivité maximale	6%
Rayon en courbe verticale à angle saillant	1500 m
Rayon en courbe verticale à angle rentrant	1200 m

V.4 Profil en travers des bretelles :

La largeur de la chaussée en alignement est de 3,50 mètres pour les bretelles à une voie. Des sur largeurs égales à $50/R$ sont introduites dans les courbes. Les chaussées des bretelles unidirectionnelles sont bordées d'une bande dérasée de droite de 2,00 mètres et d'une bande dérasée de gauche de 0,5 mètre et d'une berme de 1,00 mètre côté droit et d'une berme de 1,00 mètre côté gauche

Les valeurs des paramètres de profil en travers son résumé dans ce tableau :

Tableau XII.3 : Valeurs limite de profil en travers

Largeurs minimale des éléments en mètres	
Largeurs de la voie unidirectionnelle	3.5 m
Largeurs de la voie bidirectionnelle	7 m
Surlargeur dans une courbe de rayon <100m	50/R
Bande dérasée droite	2 m
Bande dérasée gauche	0.5
Berme extérieure	1
Pentes transversales en alignement et en courbe non déversée	
Chaussée	2.5%
Bande dérasée droite	2 m
Bande dérasée gauche	0.5 m
Berme extérieure	8%
Pentes en courbe déversée	
Chaussée	7% max
Bande dérasée droite	7% max
Bande dérasée gauche	7% max

V.5 Tracé en plan des boucles :

Tableau XII.4 norme géométrique des boucles

Elément de conception	Critère
Rayon minimale (Rm)	40 m
Rayon minimale dans la partie circulaire des boucles	60 m
Dévers maximal dans les courbes	7%

VI Zones de décélération et d'accélération :

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

- **La zone de décélération :**

Les sorties à une voie sont les plus courantes pour les diffuseurs. Le dispositif de sortie comprend :

- Une section de manœuvre qui est un biseau contigu à l'autoroute, longue de 150 mètres jusqu'à ce que le musoir de divergence atteigne une largeur de 1 mètre.
- Une section de décélération, dont la longueur permet de réduire la vitesse de la vitesse conventionnelle (70 km/h, pour un rayon de la bretelle inférieur à 120 mètres) à la fin de la section de manœuvre, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée, avec une décélération constante de $1,5 \text{ m/s}^2$

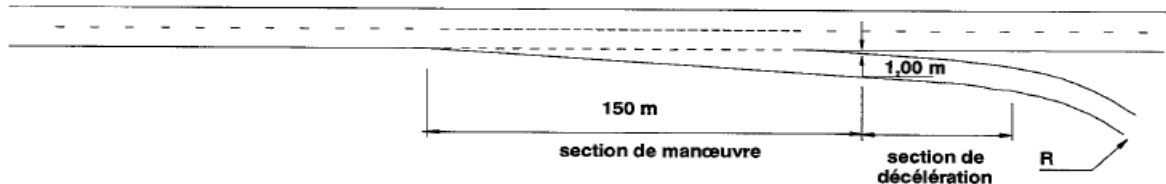


Figure XII.2 Zone de décélération.

• **La zone d'accélération :**

Le dispositif d'entrée comprend les éléments suivants :

- Une section d'accélération avec une obliquité par rapport à l'axe de l'autoroute entre 3 et 5 %. Sa longueur, déterminée par le rayon de la dernière courbe de la bretelle, permet d'atteindre une vitesse de 55 km/h au point "E = 1,00 m", avec une accélération constante de 1 m/s^2 .
- Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de 200 mètres et large de 3,50 mètres.
- Un biseau long de 75 mètres.

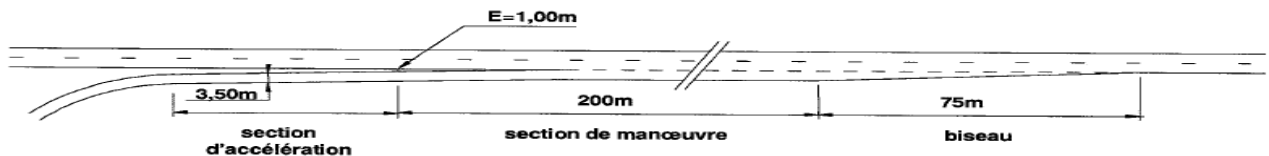


Figure XII.3 : Zone de d'accélération.

La zone de sécurité pour une voie circulaire à 70 Km/h est de 4 m

VII Rentré et la sortie d'autoroute :

Les valeurs sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau XII.5 : Valeurs des rentrés et des sorties d'autoroute

Longueurs des entrées en m	
La : longueur de la section d'accélération en palier	275
Lme : longueur de la section de manœuvre en palier	200
Lt : longueur de la section convergente	75
Longueurs des sorties en m	
Lms : longueur de la section de manœuvre	150
Ld : longueur de la section de décélération en palier	150

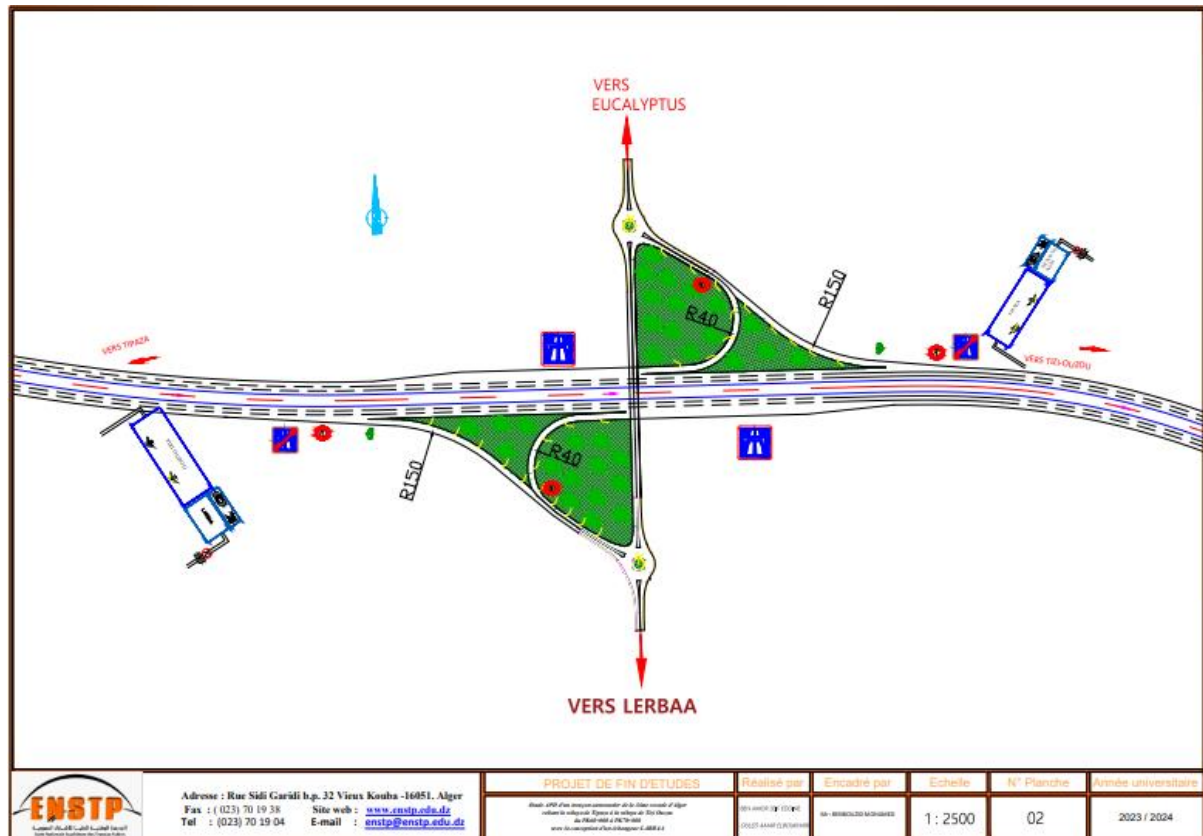
VIII Visibilité :

(Les formules de calcul dans l'annexe échangeur)

Tableau XII.6 : principale distance de visibilité

Vitesse	120 km /h
Vitesse	33.33 m/s
Décélération moyenne	0.34 m /s ²
Distance d'arrêt en palier $\gamma(v)$	233 m
Distance de manœuvre en sortie dms	200 m
Distance de visibilité sur marquage dvm	100 m
Distance de lecture Ic	167 m

IX Vue en plan de l'échangeur :



Chapitre XIII : Signalisation ET ECLAIRAGE

I Introduction :

Parmi La signalisation routière joue un rôle essentiel dans la communication avec les usagers de la route. Son efficacité est cruciale, surtout avec l'augmentation du trafic et de la vitesse des véhicules. Pour garantir une circulation sûre et disciplinée, les signaux doivent être simples et compréhensibles par tous.

Les types de signalisation routière se divisent généralement en deux catégories principales :

- La signalisation verticale.
- La signalisation horizontale.

II Types de la signalisation :

Il existe deux types de signalisation :

- La signalisation routière verticale : comprend les panneaux, les balises, les bornes et les feux tricolores.
- La signalisation routière horizontale : désignée par des marquages au sol.
(Définitions sont dans l'annexe signalisation)

Pour notre projet la route est de type "autoroute", Donc la valeur de U est 7.5 cm.

Tableau XIII.1 : Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées.

Modulation	Désignation des marques	Largeur
Continu	-Délimitation de terre-plein central (TPC) -Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes à trois voies, avec deux voies affectées à un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies	3u
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2u
T2	-Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement -Ligne de rive de chaussée	5u 3u
T'2	Ligne " CÉDEZ-LE-PASSAGE "	50 cm

T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2u
T'3	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	3u
T4	Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, en section courante (hors bretelles de raccordement) sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés	3u

Tableau XIII.2 : Les caractéristiques des lignes discontinues.

Type de marquage	Type de modulation	Largeur du trait (m)	Intervalle entre 2 traits successifs	Rapport plein/vide	Couleur
Axial longitudinale	T1	3	10	1/3	Blanc
	T'1	1.5	5	1/3	Blanc
	T3	3	1.33	3	Blanc
Rive	T2	3	3.5	1	Blanc
	T'3	20	6	3	Blanc
	T4	39	13	3	Jaune
Transversale	T'2	0.5	0.5	1	Blanc
Délimitation TPC	LC	/	/		Jaune

III Dispositifs de retenue :

Les dispositifs de retenue sont essentiels pour protéger les véhicules contre les sorties de route accidentelles. Leur utilisation est étroitement liée à la notion de zone de sécurité (ICTAAL2000), définie sur les côtés des routes avec une largeur minimale de 8,5 mètres. Tout obstacle, qu'il soit naturel ou artificiel, doit être isolé ou exclu de cette zone, y compris sur les autoroutes.

Les principaux types de dispositifs de retenue utilisés sont les suivants :

- **Glissières De Sécurité Métalliques Fixes**
- **Glissières De Sécurité Métalliques Amovibles**
- **Séparateurs en Béton**

IV Clôture :

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

V Application au projet :

V.1 Signalisation horizontale :

- Le marquage du tracé

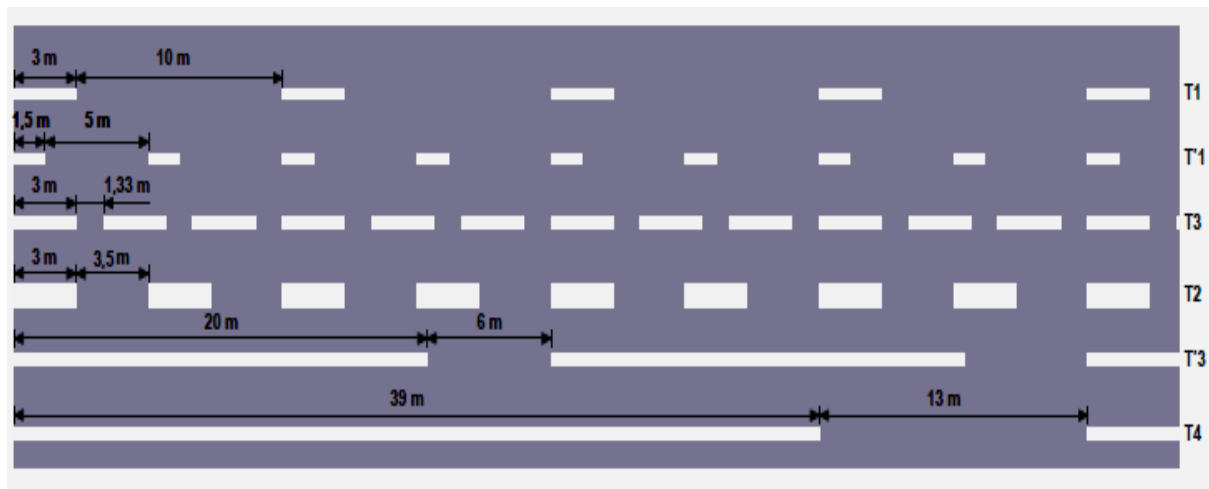


Figure XIII.1 : les lignes longitudinales

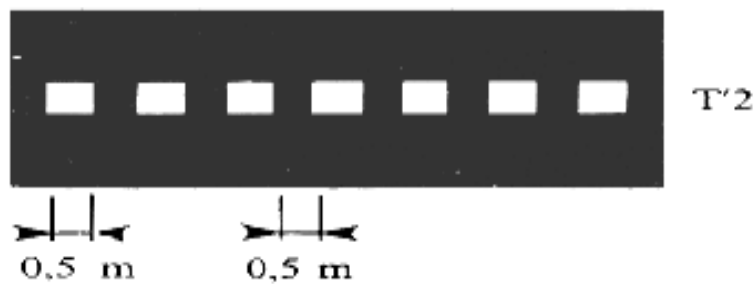


Figure XIII.2 : les lignes transversales

- Les lignes de délimitation de voies sont de type T1 de largeur $2u$.

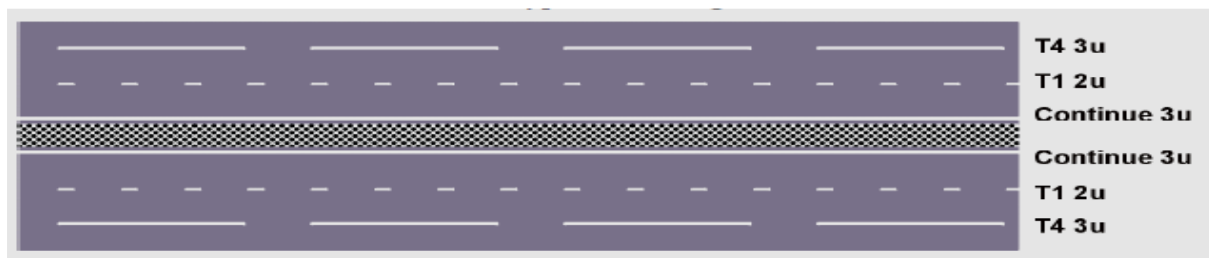


Figure XIII.3 : les lignes de délimitation de voies dans le tracé

- Les flèches :

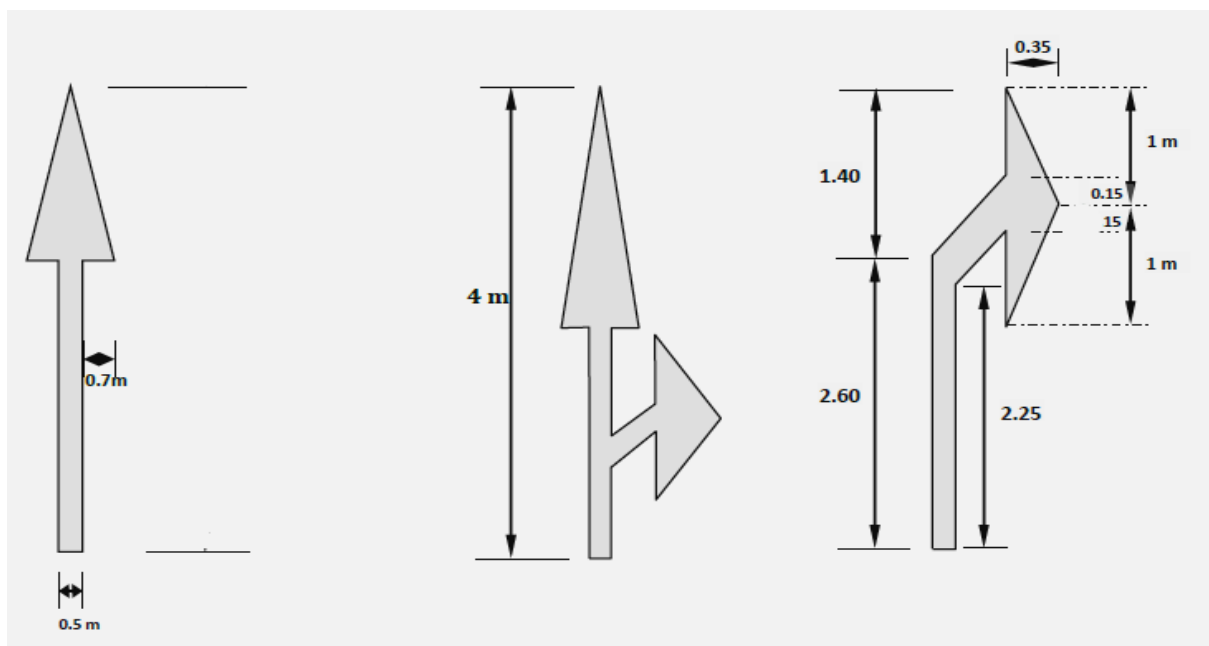


Figure XIII.4 : flèche de sélection

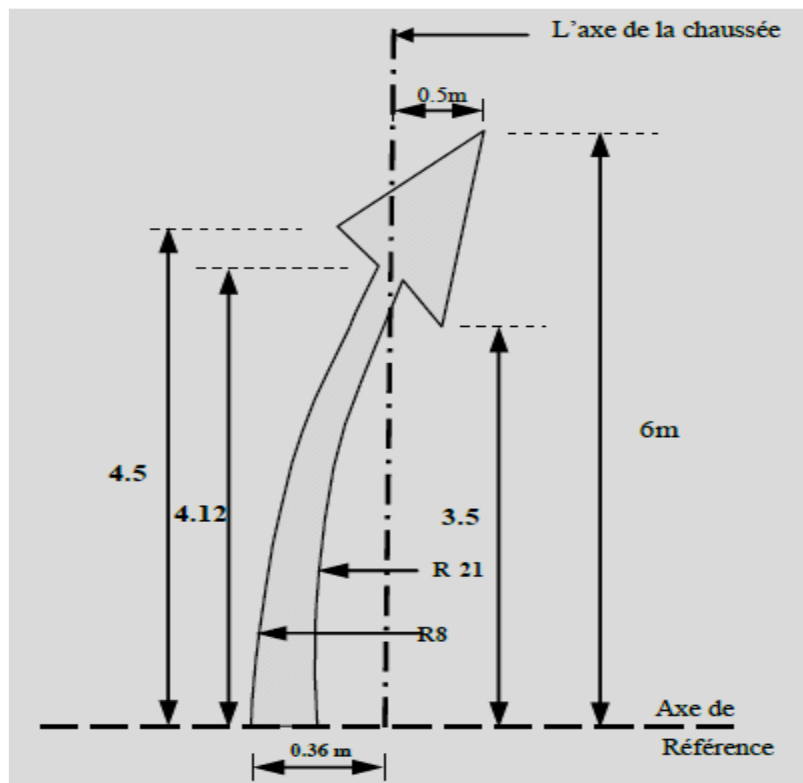


Figure XIII.5 : flèche de rabattement

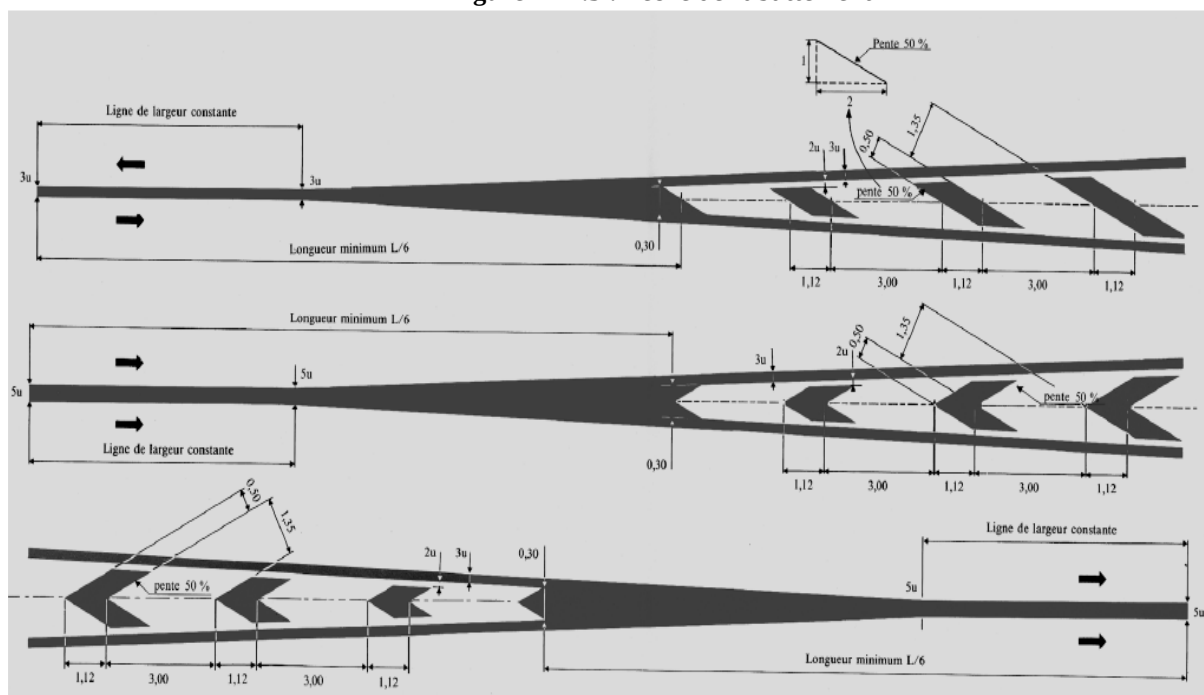
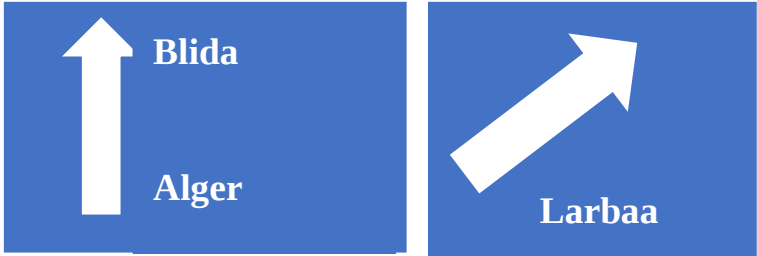
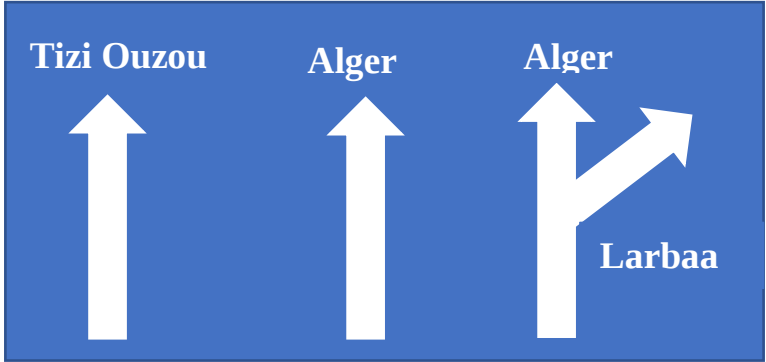
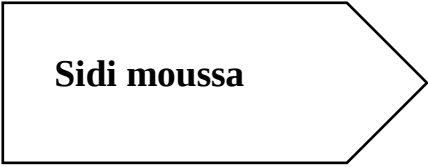
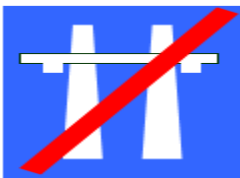
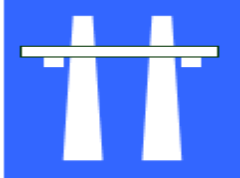


Figure XIII.6 : schéma de marquage avec hachures

V.2 Signalisation verticale :

Tableau XII.3: Différents signaux verticaux utilisés.

Non de panneau	Schéma
B14 Limitation de vitesse. (chaque 5km)	
Panneaux spéciaux type A (échangeure de PK66)	
Pré signalisation (échangeure de PK66)	
Signalisation de direction (E4)	

	Ouled slama	
Interdiction de tourner à gauche/droite		
Signalisation des passages supérieurs et des ouvrages d'arts (Limitations de hauteur, Interdiction de stationné)		
Sortie/entrée d'autoroute		

Chapitre XIV : Etude D'impact Sur L'environnement

I Introduction :

Le terme "environnement" est utilisé ici dans un sens large, englobant tous les aspects qui décrivent les habitats des espèces animales et végétales. Pour mener à bien cette étude d'impact, il est crucial d'aborder toutes les thématiques directement liées à l'environnement, telles que l'eau, l'air, la faune, la flore, ainsi que l'environnement humain. Le code de l'environnement impose récemment l'évaluation de l'impact d'un projet sur la santé humaine. Il est donc nécessaire, pour chaque thème étudié, de définir le périmètre pertinent. Les effets spatiaux varient en fonction du paramètre affecté, et des effets indirects peuvent découler des relations fonctionnelles entre les différents compartiments de l'écosystème.

II Cadre juridique :

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n°07-145 du 19 mai 2007, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- Délimitation de la zone d'étude.
- Une analyse détaillée du projet.
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement.
- Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long terme du projet sur l'environnement.

III Les objectifs d'étude d'impact sur l'environnement :

L'étude d'impact sur l'environnement vise à identifier, évaluer et mesurer les effets directs et indirects à court, moyen et long terme d'un projet, tout en proposant des mesures pour limiter ses effets négatifs. Ses objectifs incluent :

- Intégrer les contraintes et opportunités du milieu dans la conception de la nouvelle infrastructure.
- Identifier et évaluer les impacts potentiels du projet sur le milieu physique, biologique, humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage.
- Proposer des mesures d'atténuation pour optimiser l'intégration du projet dans son environnement.
- Envisager des mesures de réduction ou de compensation pour contrer les conséquences dommageables du projet.

IV Etude d'impact sur l'environnement :

Cette étude est une approche multidisciplinaire, scientifique, technique et technologique visant à analyser et évaluer les impacts d'un projet sur les milieux physiques, humains et naturels. Son objectif est de maîtriser, contrôler et minimiser les divers impacts environnementaux résultant de cet aménagement.

IV.1 Impact sur l'agriculture :

L'agriculture est indéniablement une activité économique essentielle et durable. Par conséquent, elle mérite une attention significative.

- **Les impacts** : L'ensemble des impacts sur l'agriculture peut se regrouper en trois éléments qui sont :
 - **Exploitées**: Cela pourrait se référer aux terres agricoles elles-mêmes et à leur utilisation. Cela inclut probablement des questions telles que la qualité des sols, les pratiques agricoles, et la productivité globale des terres.
 - **L'effet de coupure**: Cela fait référence à la destruction d'une partie de la parcelle agricole, ce qui peut entraîner des difficultés de travail et de circulation pour les agriculteurs en raison de la nécessité de contourner cette coupure. Cela peut perturber les flux de travail et de logistique habituels.
 - **L'effet de la modification du régime agricole**: Cela pourrait indiquer des changements dans les pratiques agricoles, les réglementations ou les politiques qui affectent directement les agriculteurs. Cela peut inclure des changements dans les subventions agricoles, les normes de sécurité alimentaire, ou les réglementations environnementales.
- **Les remèdes** : Les mesures visant à remédier à ces préjudices sont classées en deux catégories :
 - **Mesures préventives** : Ces mesures sont prises en amont, lors de la planification du projet et du choix du tracé. Elles visent à éviter ou à minimiser les dommages potentiels sur l'agriculture. Si ces mesures ne sont pas suffisantes, on passe alors aux mesures curatives .
 - **Mesures curatives** : Ce sont des actions prises pour remédier aux préjudices déjà causés. Cela peut inclure des restrictions sur l'utilisation des terres agricoles touchées, ainsi que des interventions techniques telles que la réparation des réseaux existants ou la restauration des terres agricoles endommagées.

IV.2 Impact sur la nature :

- **La faune** : Lors de la conception d'une route, il est crucial d'intégrer l'impact sur la faune pour minimiser la coupure biologique et réduire les risques de collisions avec les animaux sauvages présents dans la région. Les mesures prises doivent viser à préserver la connectivité écologique et à protéger les habitats naturels le long de la route .

- **La flore :** Les études sur le terrain lors de la planification de la route permettent de cartographier précisément les groupements végétaux présents. Cette connaissance guide le choix des espèces à planter le long des talus en fonction de critères tels que le climat et le paysage locaux. Les espèces indigènes sont privilégiées car elles sont mieux adaptées à l'environnement, notamment dans les régions côtières.
- **L'eau :** La construction de routes peut impacter les écoulements d'eau et la qualité des ressources aquatiques. Pour y remédier, des mesures spéciales sont intégrées aux phases de travaux, basées sur les études de conception. Les systèmes de drainage sont dimensionnés pour faire face aux crues importantes, et des aménagements spécifiques sont mis en place pour prévenir les dommages liés aux écoulements torrentiels.

IV.3 Impact sur les habitants :

- **La destruction :** Les projets d'aménagement routier peuvent entraîner la destruction d'habitations et le déplacement de populations, ce qui peut perturber leur vie économique et culturelle. Cela concerne à la fois les populations directement touchées par le projet, qui doivent être relocalisées, et celles vivant aux alentours de la nouvelle infrastructure.
- **Les impacts :**
 - Economique : modification des systèmes de production.
 - Socioculturel : désorganisation des communautés, et modification culturelle.
 - Naturel : modification dans l'exploitation des ressources naturelles.
- **Les bruits :** c'est un des impacts les plus manifestes de la circulation routière et peut apparaître pendant la phase de la construction pour les travaux d'excavation ou d'emprunt dans les zones sensibles.
- **Les impacts :** la construction d'un évitement au voisinage d'habitation a des conséquences sur la santé humaine suite à la gêne due au bruit pouvant se manifester de plusieurs façons :
 - Perte de sommeil.
 - La fatigue.
 - Baisse de l'acuité auditive.
- **Les remèdes :**
 - Éviter les zones densément peuplées en concevant le tracé en amont.
 - Installer des barrières acoustiques entre les sources de bruit et les habitations.
 - Appliquer des traitements acoustiques sur les façades des bâtiments concernés.
 - Pour protéger les résidents, des obstacles peuvent être interposés entre les voies de circulation et les habitations. Cependant, pour les immeubles de grande hauteur, ces dispositifs peuvent être moins efficaces pour les étages supérieurs.
 - Respecter les normes de bruit des engins, réguler les horaires de travail, organiser les itinéraires de transport des matériaux et prendre en compte d'autres aspects liés à la gestion du chantier.

- **Sécurité** : Pour améliorer la sécurité routière et le confort des piétons, plusieurs mesures peuvent être mises en place :
 - Installer des passerelles au niveau des centres urbains pour faciliter le passage des piétons.
 - Réduire la vitesse aux virages et aux intersections pour éviter les accidents.
 - Mettre en place une signalisation claire et efficace avec des panneaux adaptés.
 - Installer des dispositifs de retenue le long de la chaussée pour protéger les usagers en cas d'accident.
 - Aménager des trottoirs le long de la route si nécessaire, pour assurer la sécurité des piétons.

V Conclusion :

l'étude d'impact sur l'environnement constitue à la fois une démarche et un dossier réglementaire visant à minimiser les effets négatifs sur l'environnement lors de la mise en place d'infrastructures. Son objectif principal est d'intégrer harmonieusement l'équipement dans le paysage tout en réduisant au minimum les nuisances économiques, environnementales et écologiques. Nous avons conçu des passages supérieurs comprenant des voies parallèles comme solution pour notre projet, en raison de son passage à travers des terrains agricoles

Chapitre XV : Devis Quantitatif Et Estimatif

Tableau XV : devis quantitatif et estimatif

Désignation des Travaux		Unité	Quantité	Prix unitaire (Da)	Prix Total DA
1	Installation du chantier	Forfaitaire	/		3 000 000
TOTALE (1)					3 000 000
2	Terrassement				
	Décapage de terre végétale (30cm)	M ³	122546.3	100	12 254 630
	Déblai mise en dépôt	M ³	662665.47	300	198 799 641
	Matériau mise en remblai	M ³	670535.6	600	402 321 360
TOTALE (2)					613 375 631
3	Chaussée				
	Couche de forme (60cm TUF) y compris arrosage et compactage par couches de 30cm	M ³	268894	800	215 115 200
	Couche d'imprégnation sablée en Cut-back (0/1)	M ²	220000	120	26 400 000
	Couche de fondation (GB 2.2 t/m3) y compris la couche d'accrochage	T	81501.2	7000	570 508 400
	Couche de base (GB 2.2 t/m3) y compris la couche d'accrochage	T	68769.8	7000	481 388 600
	Couche de roulement (BB 2.4t/m3) y compris la couche d'accrochage	T	35059.2	7500	262 944 000
	Matériaux sélectionnés pour la berme	M ³	4507.3	700	3 155 110
TOTALE (3)					1 559 510 710
4	Ouvrage d'art				
	Ouvrage d'art	M ²	8580	400000	3 432 000 000
TOTALE (4)					3 432 000 000
5	Assainissement				
	Fossés trapézoïdaux en béton	ML	8500	3000	25 500 000
	Buse Ø 2000	ML	55.72	35000	1 950 200
	Buse Ø 1500	ML	150.12	31000	4 653 720
	Dalots en béton armé dosé 350 kg/m3	M ³	570.94	30000	17 128 224
TOTALE (5)					49 232 144
6	Impact sur l'environnement	Forfaitaire	/	3% (2+3+4)	168 146 590.23
TOTALE (6)					168 146 590

7	Signalisation et équipement routiers	Forfaitaire	/	5% (3)	31 190 214.2
TOTALE (7)					31 190 214
8	Séparateur en glissière métallique	ML	7320	6000	43 920 000
	Séparateur en DBA	ML	20000	10000	200 000 000
TOTALE (8)					243 920 000
9	Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	Forfaitaire	/	2% (2+3)	43 457 726.82
TOTALE (9)					43 457 726
10	Echangeur				
	Echangeur demi-trèfle	Forfaitaire	1	/	800 000 000
TOTALE					6 943 833 015
TVA (19%)					1 319 328 272
TOTALE GÉNÉRAL (TTC)					8 263 161 287

huit milliards deux cent soixante-trois millions cent soixante et un mille deux cent quatre-vingt-sept.

CONCLUSION GENERALE:

L'étude d'avant-projet détaillé pour la 3^{ème} Rocade qui relie la ville de Sidi Rached (Tipaza) à l'intersection de la pénétrante de Tizi-Ouzou revêt une importance capitale pour désengorger la , réduisant ainsi les embouteillages et les temps de trajet. La conception de l'échangeur entre la Rocade et la RN8 à Hennacha renforce également l'accessibilité régionale en offrant des connexions plus fluides entre les axes routiers.

La démarche a été guidée par l'optimisation des coûts tout en préservant la sécurité des infrastructures et en tenant compte des considérations environnementales pour minimiser l'impact sur les écosystèmes locaux. Tout au long de notre étude, nous avons abordé différentes facettes essentielles du projet. En plus des analyses approfondies, des études de trafic, des études géométriques, géotechniques, hydrauliques et de la conception de l'échangeur, nous avons également réalisé une étude de stabilité de talus. Cette étude garantit la sécurité et la stabilité du terrain le long de la route, minimisant les risques d'éboulement et assurant une infrastructure fiable.

Une attention particulière a également été accordée à la signalisation routière, essentielle pour assurer la sécurité des usagers de la route et faciliter leur orientation. Cette étude a permis de mettre en pratique les notions fondamentales concernant l'étude d'un tracé routier sur un cas réel, approfondissant ainsi les connaissances acquises tout au long de la formation à L'ENSTP.

Bibliographie :

Document :

- **I.C.T.A.A.L** (Instruction sur les Condition Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaisons). (SETRA 12 Décembre 2000)
- Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 1,2 et 3 (**CTTP 2001**)
- **B40** (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).
- Manuel de projet routes
- Guide des terrassements routiers GTR
- Guide technique (Assainissement routier, guide SETRA).
- Les cours de l'école pendant 3ans (hydraulique, Route, Esquisse, GTR, MDS...).
- Ancien projet de fin d'étude : W2954-22 / W2791-20 / W2497-17
- Les images et illustration : Google, Google Earth pro, Global Mapper

Logiciels utilisés :

- CIVIL 3D 2024
- Alize LCPC Recherche
- Slide 6.0

Annexe :

Annexe étude de trafic :

Tableau III.3 : Valeurs du coefficient « k2 »

La catégorie L'environnement	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	0.95	0.95

Tableau III.4 : Valeurs du coefficient « Cth »

Direction	Capacité
Route 2 direction de 3.5 m	1500 à 2000
Route 3 direction de 3.5 m	2400 à 3200
Route 2 le séparateur	1500 à 1800

Annexe tracée en plan :

✓ Elément de la clothoïde :

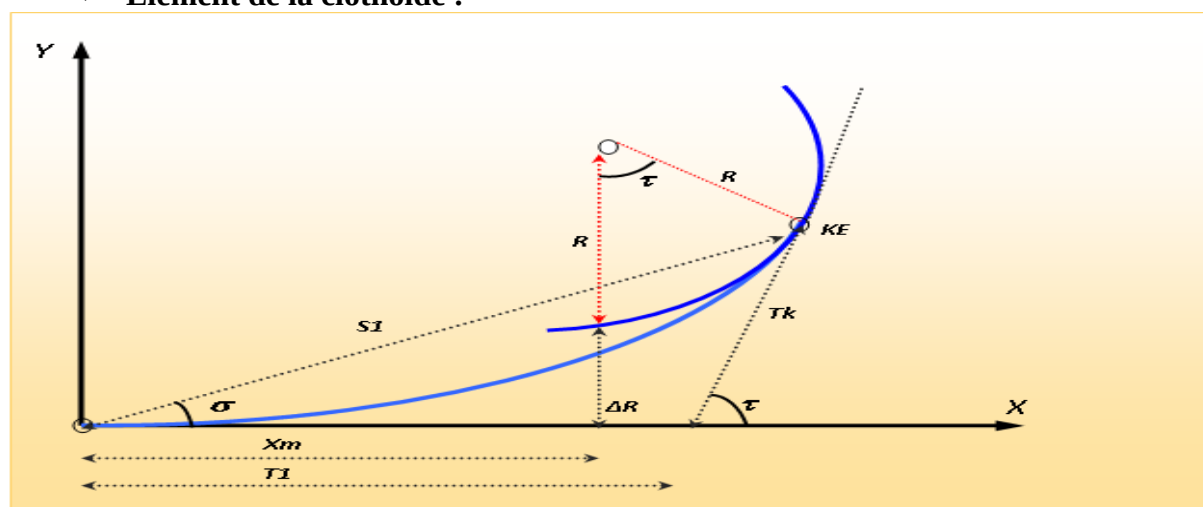


Figure IV.1 Géométrie de la Clothoïde

R : rayon du cercle.

A : paramètre de la Clothoïde.

KE : extrémité de la Clothoïde.

τ : angle des tangentes.

TL : tangente longue

L : longueur de la branche de Clothoïde.

KA : origine de la Clothoïde.

ΔR : ripage.

TC : tangente courte.

σ : angle polaire.

SL : corde KE –KA.

M : centre du cercle d'abscisse X_m .

Y : ordonnée de KE

X : abscisse de KE

X_m : abscisse du centre du cercle M à partir de KA

Y_m : ordonnée du centre du cercle M à partir de KA.

Annexe profil en travers :

Profil en travers type :

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

Profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance régulière (10, 15, 20, 25m...) qui servent à calculer les cubatures et d'avoir des précisions techniques et géométriques sur les sections transversales de la route.

Les éléments de profil en travers :

- **La chaussée** : désigne la partie de la voie publique aménagée pour la circulation des véhicules en générale.
- **La largeur roulable** : Elle comprend les surcharges de la chaussée et la bande d'arrêt.
- **Plateforme** : C'est la surface de la route située entre les fossés ou des crêtes des talus de remblais, il comprend la chaussée et les accotements éventuellement les terre-pleins et bande d'arrêt.
- **L'assiette** : C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.
- **L'emprise** : C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et ses dépendances limitée par le domaine public.
- **Les accotements** : L'accotement est une zone latérale qui borde extérieurement la chaussée. Il peut être dérasé ou surélevé. Il comprend une zone de sécurité, bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) revêtue et bordée à l'extérieur d'une berme.
- **La berme** : Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements comme barrières de sécurités et signalisations.
- **Terre -plein central** : Il comprend les surlargeurs de chaussée et une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.
- **Bande médiane** : Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux) et, le cas échéant, des piles d'ouvrages

et des aménagements paysagers. Sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés. Si elle est inférieure ou égale à 3 m, elle est stabilisée et revêtue pour en faciliter l'entretien. Sinon, elle peut être engazonnée et plantée d'arbustes, à moins que sa largeur et la topographie du site ne permettent la conservation du terrain naturel et de la végétation existante dans ce cas, une berme de 1,00 m est maintenue en bordure de la B.D.G

- **Le fossé :** c'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route, les talus et les eaux de pluie.

Annexe géotechnique routière :

Essai de laboratoire :

L'essai de laboratoire consiste à exercer des cycles de chargement et déchargement sur un échantillon de sol drainé sur deux faces à l'intérieur d'une cellule rigide.

Les Essais D'identification :

Masse volumique et teneur en eau :

- Teneur en eau : exprime, pour un volume de sol donné, le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec, soit $\omega = W_w/W_s$
- Masse volumique : (γ) est la masse d'un volume unité de sol : $\gamma = W/V$.

On calcule aussi la masse volumique sèche : $\gamma_d = W_s/V$

Principe de l'essai : on utilise le principe de la poussée d'Archimède. En effet, on mesure le volume d'eau déplacé hors de l'introduction d'un certain poids de sol sec, la connaissance du poids des grains solides et de leur volume permet de calculer le poids volumique des grains solides.

But de l'essai : le but de cet essai est de déterminer expérimental au laboratoire de certains caractéristique physique des sols.

Domaine d'utilisation : cet essai utilise pour classer les différents types de sols.

Analyses granulométriques :

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

Principe d'essai : l'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis et passoirs reposants sur un fond de tamis un matériau en plusieurs classes de tailles décroissantes

But de l'essai : c'est un essai qui a pour objet de la détermination en poids des éléments d'un sol (matériau) suivant leurs dimensions (cailloux, gravier, gros sable, sable fin, limon et argile).

Domaine d'utilisation : la granulométrie est utilisée pour la classification des sols en vue de leur utilisation dans la chaussée.

Limites d'Atterberg :

Limite de plasticité (W_p), caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plasticité.

Elle varie de 0% à 100%, mais elle demeure généralement inférieure à 40%.

- Limite de liquidité (W_L), caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide

$$W_L = \omega (N/25)^{0.121}$$

ω : teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups

N : nombre de coups

L'indice de plasticité (I_p), $I_p = W_L - W_p$

Principe de l'essai : la détermination de W_L et W_p nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudié, elle permet de le classer grâce à l'abaque de plasticité de Casagrande.

But de l'essai : cet essai permet de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action de la teneur en eau, il se fait uniquement sur les éléments fins du sol (caractériser les sols fins).

Domaine d'application : l'essai s'applique aux sols fins pendant les opérations de terrassement dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de forme)

Les essais mécaniques :

Les essais mécaniques effectués sur les matériaux permettent de caractériser leur comportement lorsqu'ils sont soumis à une ou plusieurs des diverses contraintes qui peuvent s'exercer sur le sol lors de sa mise en service.

Essai PROCTOR :

L'essai Proctor est un essai routier, il s'effectue à l'énergie dite modifiée, il y a aussi l'énergie normale.

Principe de l'essai : l'essai consiste à mesurer le poids volumique sec d'un sol disposer en trois couches dans un moule Proctor de volume connu, dans chaque couche étant compacter avec la dame Proctor, l'essai est répété plusieurs fois et on varie à chaque fois la teneur en eau de l'échantillon et on fixe l'énergie de compactage.

Les grains passants par le tamis de 5 mm sont compactés dans le moule Proctor.

But de l'essai : l'essai Proctor consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage (la réduction de son volume par réduction des vides d'air) et une teneur en eau c'est-à-dire la détermination de la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale, pour un compactage bien défini.

Domaine d'utilisation : cet essai est utilisé pour les études de remblai en terre, en particulier pour les sols de fondations (route, piste d'aérodromes).

Essai C.B.R (California Bearing Ratio) :

On réalise en général trois essais :

- CBR standard
- CBR immédiat
- CBR imbibé

On s'intéresse actuellement au « CBR imbibé ».

Principe de l'essai : on compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la teneur en eau optimum (Proctor modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours. Les passants sur le tamis inférieur à 20 mm dans le moule CBR.

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

Domaine d'utilisation : cet essai est utilisé pour dimensionnement des structures des chaussées et orientation les travaux de terrassements.

Annexe dimensionnement corps de chaussé :

Tableaux IX.1. Représenté les coefficients des déferents matériaux

Matériaux utilisés	Coefficients d'équivalences
Béton bitumineux (BB)	2.00
Grave bitumineux (GB)	1.5
Grave non traité (GNT)	1.00
Tuf	0.7 à 0.8
Grave roulée –grave sableuse (TVO)	0.75

Annexe assainissement :

Objectifs de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions du sol.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée. (Danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate- forme, (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel).
- Garantir la stabilité de l'ouvrage pour toute se durée de vie.
- La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

Quelque définition :

- Bassin versant : Le bassin versant correspond à l'ensemble qui reçoit les eaux qui circulent vers un même cours d'eau ou vers une même nappe d'eau souterraine. Il se délimite par des lignes de partage des eaux entre les différents bassins.
- Caniveau : un caniveau est un ouvrage linéaire destiné à collecter les eaux de ruissellement sur une certaine longueur.

- Buse : Ouvrage hydraulique en béton utilisé pour le rétablissement des écoulements naturels.
- Dalot : Ouvrage hydraulique enterré de section rectangulaire préfabriqué ou coulé en place et à forte capacité.
- Fossé : Les fossés sont des structures linéaires initialement creusées pour drainer, collecter ou faire circuler des eaux.

Courbe IDF de la station de BLIDA :

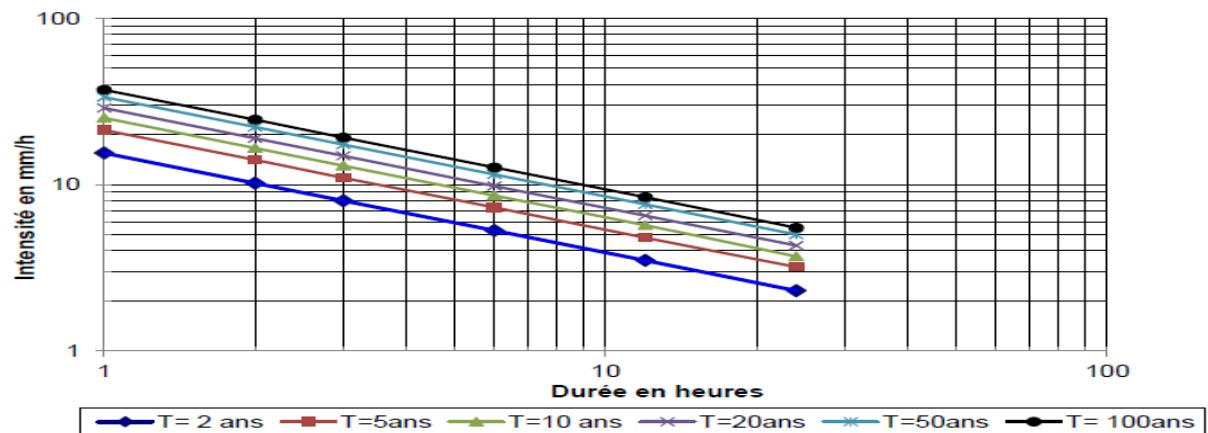


Figure X.1 : courbe IDF de station Blida

Caractéristique des bassins versant :

- La surface : S (km²)
- Le périmètre : P (km)
- Indice de compacité : $I_C = 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{S}}$
- Longueur : L (km)
- Altitude minimale : H_{min} (m)
- Altitude maximale : H_{max} (m)
- Dénivelée : $D = H_{max} - H_{min}$ (m)
- Indice de pente global : $IG = (H_{max} - H_{min}) / L$

Taux de concentration :

❖ Formule de Ventura ($S < 5 \text{ Km}^2$) :

$$t_c = 0.27 \times \sqrt{\frac{S}{P}}$$

Avec : Tc : Temps de concentration en heures ;
 S : Surface du bassin en km² ;
 P : Pente moyenne du bassin versant en m/m.

❖ **Formule de Passini (5 < S < 25 km²) :**

$$t_c = 0,108 \left(\frac{\sqrt[3]{S \cdot L}}{\sqrt{P}} \right)$$

Avec : Tc : Temps de concentration en heures ;
 S : Superficie du bassin versant en km² (5 < S < 25 km²) ;
 P : Pente moyenne du bassin versant en m/m ;
 L : Longueur du bassin versant en km.

❖ **Formule de Giandotti (25 < S < 125 km²) :**

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H}}$$

Avec : Tc : temps de concentration (heures) ;
 S : superficie du bassin (km²) ;
 L : longueur du thalweg principal (km) ;
 H : Hmoy - Hmin en m
 Hmoy : altitude moyenne (m) = (Hmax + Hmin) / 2 ;
 Hmax : altitude maximale (m) ;
 Hmin : altitude minimale (m).

Les méthodes de calcul des bassins versant de très grande taille :

❖ **La méthode de transposition :**

La transposition des débits calculés au niveau des stations hydrométriques (Q0, S0) au franchissement de la rocade (Q, S) est donnée par la formule de Mayer :

$$Q_T = Q_{T0} \left(\frac{S}{S_0} \right)^\alpha$$

Avec : QT : débit au site du franchissement
 QT0 : débit à la station de mesures
 S : Superficie de bassin versant au site du franchissement
 S0 : Superficie de bassin versant à la station de mesures
 α : Coefficient régional

Pour notre région d'étude $\alpha = 0,6$. Le choix de ce coefficient est justifié par l'ajustement statistique présenté précédemment et qui a permis d'établir la formule régionale $Q_{100} = 38 S_0^{0,6}$.

Il est à noter que les franchissements projetés sont proches des stations hydrométriques et les écarts entre S et S0 sont minimes, par conséquent les valeurs des débits calculés sont considérées fiables.

❖ **La méthode régionale :**

$$Q_{100} = 38 S^{0,6}$$

Avec : Q_{100} : Débit maximum de période de retour $T = 100$ ans (m^3/s)

S : superficie du bassin versant en km^2

❖ **Méthode FRANCOU RODIER :**

$$Q = 10^6 \times (S/10^8)^{(1-K/10)}$$

Avec : S = superficie du bassin (km^2) ;

Q = débit (m^3/s) ;

K = coefficient de FRANCOU RODIER.

Pour le coefficient K, on prend

Crue décennale : $k = 4$

Crue vingtennale : $k = 4.2$

Crue cinquantennale : $k = 4.5$

Crue centennale : $k = 4.7$

Les valeurs de Ks :

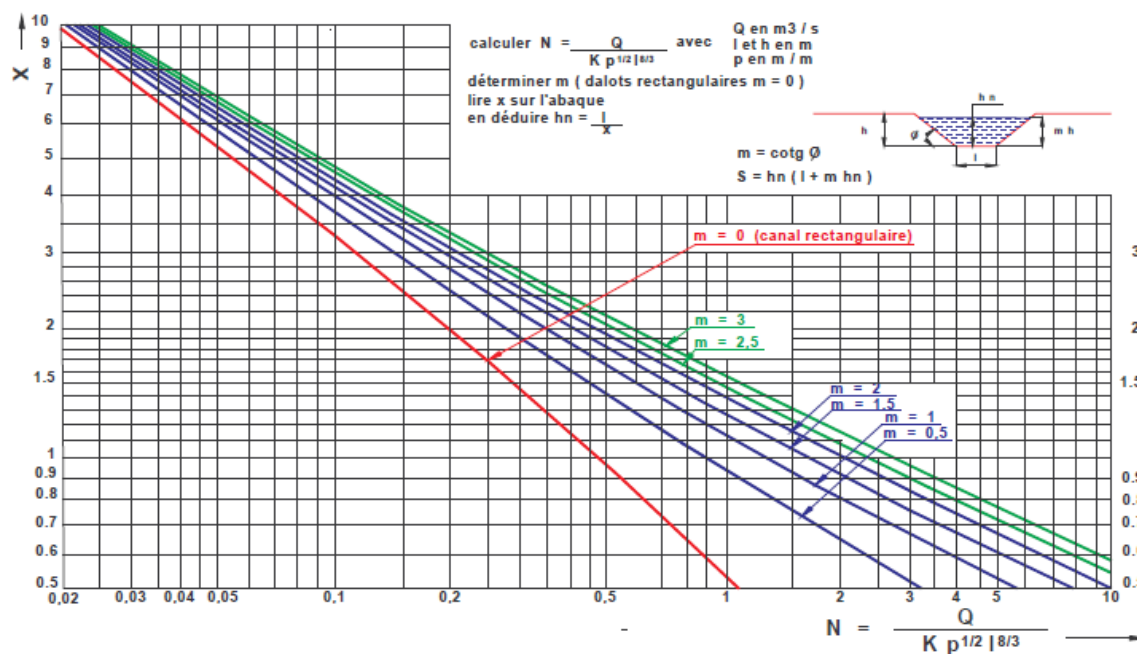
Tableau X.6 : valeur de Ks

Nature de la surface Ks	Valeur
Terre	30
Buses métalliques	40
Maçonneries	50
Bétons (dalots)	70
Bétons (Buses préfabriquées)	80

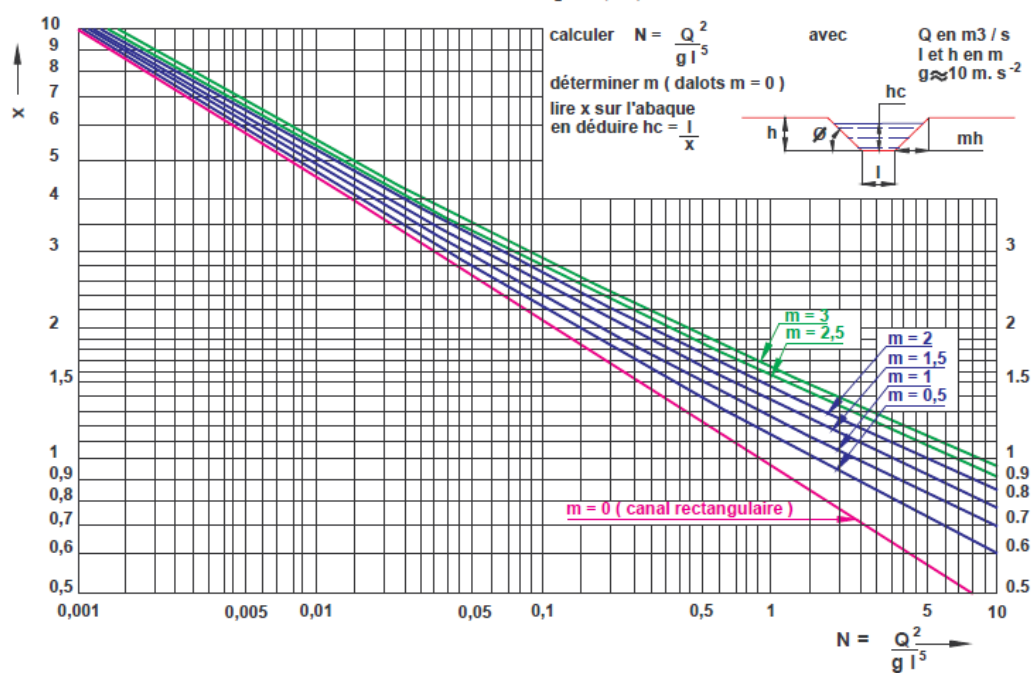
Tableau pour vérification des conditions d'autocourage.

Q/Qps	V/Vps	h/D	Q/Qps	V/Vps	h/D
0,001	0,14	0,02	0,534	1,02	0,52
0,003	0,22	0,04	0,568	1,03	0,54
0,007	0,29	0,06	0,603	1,05	0,56
0,013	0,35	0,08	0,637	1,06	0,58
0,021	0,40	0,10	0,672	1,07	0,60
0,031	0,45	0,12	0,706	1,08	0,62
0,042	0,50	0,14	0,740	1,09	0,64
0,056	0,54	0,16	0,773	1,10	0,66
0,071	0,58	0,18	0,806	1,11	0,68
0,088	0,62	0,20	0,837	1,12	0,70
0,106	0,65	0,22	0,868	1,13	0,72
0,126	0,68	0,24	0,898	1,13	0,74
0,148	0,72	0,26	0,926	1,14	0,76
0,171	0,75	0,28	0,953	1,14	0,78
0,196	0,78	0,30	0,977	1,14	0,80
0,222	0,80	0,32	1,000	1,14	0,82
0,249	0,83	0,34	1,021	1,14	0,84
0,277	0,86	0,36	1,039	1,14	0,86
0,307	0,88	0,38	1,054	1,13	0,88
0,337	0,90	0,40	1,066	1,12	0,90
0,368	0,92	0,42	1,073	1,12	0,92
0,400	0,94	0,44	1,076	1,10	0,94
0,433	0,96	0,46	1,071	1,09	0,96
0,466	0,98	0,48	1,057	1,06	0,98
0,500	1,00	0,50	1,000	1,00	1,00

- **Abaque 1** : Canaux trapézoïdaux dalots ($m = 0$), détermination de la hauteur d'eau normale (h_n)



- **Abaque 2** : Canaux trapézoïdaux dalots ($m = 0$), détermination de la hauteur critique (h_c)



Coefficient de ruissellement (C) :

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants : la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain.

Tableau X.10 : valeur de coefficient de ruissellement

SBV	Valeur de C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement	0.10 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain Naturel	0.00 à 0.20	0.20

Annexe échangeur :

Rôle de l'échangeur :

Un échangeur fait partie d'un réseau routier et permet de résoudre des problèmes aux carrefours plans. Il a pour assurer la continuité des réseaux autoroutiers et desservir plusieurs directions en même temps, en distribuant les flux dans les différentes directions selon l'ordre d'importance et dans de bonnes conditions de confort et de sécurité tout en évitant les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents, et les points d'arrêt qui provoquent des pertes de temps.

Avantages de l'échangeur :

Les avantages de l'échangeur sont :

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

Inconvénient de l'échangeur :

Les échangeurs n'ont pas que des avantages, ils ont aussi des inconvénients :

- Prennent beaucoup de place ce qui constitue un inconvénient pour l'environnement.
- La construction de l'échangeur est beaucoup plus complexe que celle d'un simple carrefour ou rond-point.

- Un investissement financier volumineux.

Types d'échangeurs :

La conception d'échangeur est toujours influencée par plusieurs facteurs comme la catégorie de l'autoroute, caractères et composition du trafic, la vitesse à désigner et le degré de maîtrise d'accès.

Ces contrôles demandent plus d'exigences, économiques de terrains et de droit de passage doit requière d'une grande importance lors de la conception adapter à la Capacité du trafic, offrant sécurité.

On connaît un grand nombre de formes d'échangeurs cependant, les types de base ne sont pas nombreux, chaque type peut varier de forme et détendue aussi, il y a de nombreuses combinaisons de ces types donnaient des formes Plus complexes. Un important élément de conception d'échangeur, est l'assemblage d'un ou de plusieurs types de bretelles de base mais c'est l'aspect coût et conditions du site qui désigne la forme de bretelle a considéré, et selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs :

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

Echangeurs majeurs :

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

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

Type trèfle complet :

C'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise, et qui est généralement justifié par un trafic important comprend également des collectrices latérales, destinées à éviter les croisements de flux de circulation.

Il est utilisé pour raccordement à quatre branches, il comporte quatre boucles, quatre diagonales, ce type permet toutes les liaisons sans cisaillement moyennant un seul ouvrage d'art, et la nécessité permettre les boucles et nécessairement Lente, et la nécessité d'y incorporé des voies collectives et distributrices pour permettre les entrées sans croisement le rend finalement très coûteux.

Type bifurcation « Y » :

Pour le raccordement à trois branches on utilise le type « Y » tel que la branche qui présente le plus faible doit se détacher par la droite de tronc principal on rejoignant par la droite le même tronc principal.

Ce type comporte un ouvrage biais qui fournit une exilant liaison avec les caractéristiques autoroutières continue.

Remarque : pour le raccordement plus que quatre branches on a recours soit :

- Au giratoire qui comporte ou moins un ouvrage d'art.
- Au directionnel qui comporte beaucoup d'ouvrage d'art

Echangeur mineur :

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

- Losange.
- Demi-trèfle.

➤ **Type losange :**

Il est composé de quatre diagonal unidirectionnel est un carrefour à niveau sur la route secondaire, les quatre diagonal sont symétrique entre elle par rapport à l'axe de l'autoroute il est adapté principalement pour une distribution symétrique des trafics d'échange.

Type demi –trèfle :

Comporte deux boucles et deux diagonales et un carrefour à niveau sur la Route secondaire, il est envisagé de préférence au schéma de type losange dans le cas en particulier d'une distribution nettement dissymétrique des trafics d'échange dans la mesure de possible utilisation des boucles en voies d'entrée ce qui améliore les conditions de visibilité et de sécurité.

Généralement on a deux types de demi-trèfle :

- Demi-trèfle symétrique.
- Demi trèfle asymétrique « quadrant opposé ».

➤ **Trompette :**

Utilisé dans le cas de raccordement entre trois branches il comporte :

Alignement droit commun à toutes les bretelles.

- Une boucle « entrée ou sortie ».
- Une diagonale de sortie.

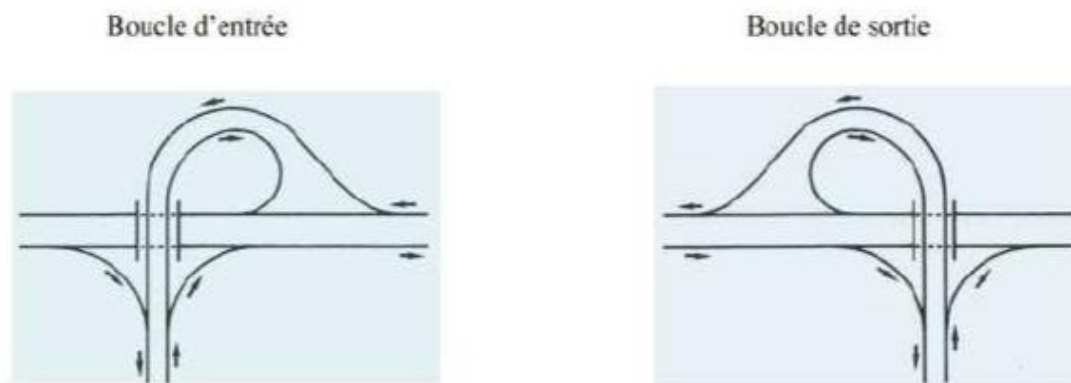


Figure XII.2. Boucles « entrée et sortie »

Les éléments de base pour l'aménagement des échangeurs :

Le choix d'un aménagement d'un échangeur doit s'appuyer sur un certain nombre des données essentielles concernant :

- La sécurité
- La classification des routes qui se croisent et leurs vitesses de base
- Le débit et la composition du trafic
- L'utilisation du sol
- Le nombre de branches de l'échangeur
- Le relief
- La desserte des quartiers riverains
- Les aspects reliés aux réseaux et la cohérence de l'aménagement
- L'environnement
- Les aspects économiques

Condition à respecter :

- Eviter les sites en courbe de faibles rayons.
- Eviter les sites en point haut profil en long.
- Eviter des passages au voisinage ou sur des habitations et édifices publics.
- Eviter les sections à fortes déclivités.
- Eviter les terrassements importants.
- Eviter le passage perpétuel sur terrain agricole.

Caractéristiques géométriques des échangeurs :

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

- Pont.

- Carrefour (s) plans (s).
- Bretelles.

Pont :

Le fait qu'on parle d'échangeur « qui n'est rien d'autre qu'un carrefour dénivelé implique impérativement une dénivellation de courant qui est assurée par le passage supérieur, ce passage supérieur est un ouvrage d'art désigne pont.

Le nombre d'ouvrage d'art « pont » dans un échangeur est en étroite relation avec :

- Le type d'échangeur choisi.
- La condition de coordination profil en long-tracé en plan.
- Les contraintes du terrain d'implantation.
- Les instructions et réglementation de conception.

Carrefour plan :

On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements autoroute route ordinaire, leur aménagement doit tenir compte des facteurs sécurité commodité et débite un compromis entre ces conditions doit être recherche.

Bretelles :

Ce sont des voies qui se détachent et se raccordent de/et vers l'autoroute « route ordinaire » du côté droite de la chaussée considérée, terminer à une de ses Extrémités par une voie de décélération et à l'autre par des voies d'accélération, comportant une section de manœuvre et une section de décélération proprement dite, dont les caractéristiques découlent principalement de la vitesse d'insertion des véhicules sur l'autoroute ou de départ de celle-ci

Rentré et la sortie d'autoroute :

Le raccordement à l'autoroute est assuré par une bretelle d'accès pour la circulation entrante et une bretelle de sortie pour les véhicules quittant l'autoroute. L'accès à l'autoroute consiste en une section d'accélération, une section de manœuvre et une section convergente. Quant à la sortie, elle consiste en une section de manœuvre et une section de décélération. Les dimensions proposées pour les bretelles d'accès et de sortie sont données au tableau suivant :

Tableau XII.4 : Valeurs des rentrés et des sorties d'autoroute

Longueurs des entrées en m	
La : longueur de la section d'accélération en palier	275
Lme : longueur de la section de manœuvre en palier	200
Lt : longueur de la section convergente	75

Longueurs des sorties en m	
Lms : longueur de la section de manœuvre	150
Ld : longueur de la section de décélération en palier	150

Les longueurs des sections d'accélération et de décélération données dans le tableau précédent sont valables pour des sections planes. Dans le cas de sections en pente, ces longueurs devraient être augmentées ou réduites de façon à compenser l'effet de la pente.

Visibilité :

Visibilité sur une entrée d'autoroute :

La distance de visibilité pour la voie de droite de l'autoroute doit être au moins égale à la distance d'arrêt sur l'arrière d'un véhicule entrant

Distance d'arrêt : d_a = distance de freinage + distance de perception/réaction

$$d_a = \frac{2V + V^2}{2g} (\gamma(v) + P)$$

Avec :

V en m/s.

$\gamma(v)$: décélération moyenne exprimée en fraction de g.

p : la déclivité, en valeur algébrique.

Pour les rayons $R < 5V$, (V en Km/h et R rayon de la courbe en m) : la distance de freinage est majorée de 25%.

Visibilité sur une sortie d'autoroute :

Distance de manœuvre de sortie d_{ms} : qui permet de définir également les changements de files en section courante :

$$d_{ms} = 6V \text{ (V en m/s)}$$

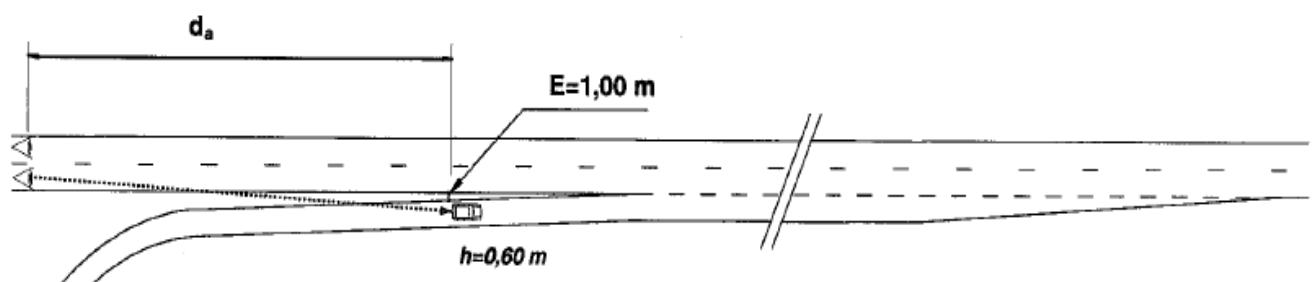


Figure XII.6 : Distance de visibilité sur une sortie d'autoroute.

Distance de visibilité sur marquage d_{vm} :

$$d_{vm} = 3V \text{ (V en m/s)}$$

Distance de lecture (l_c) :

Définissant la distance minimale permettant à l'utilisateur de lire les informations sur les panneaux de signalisation : $l_c = 5V$ avec V en m/s.

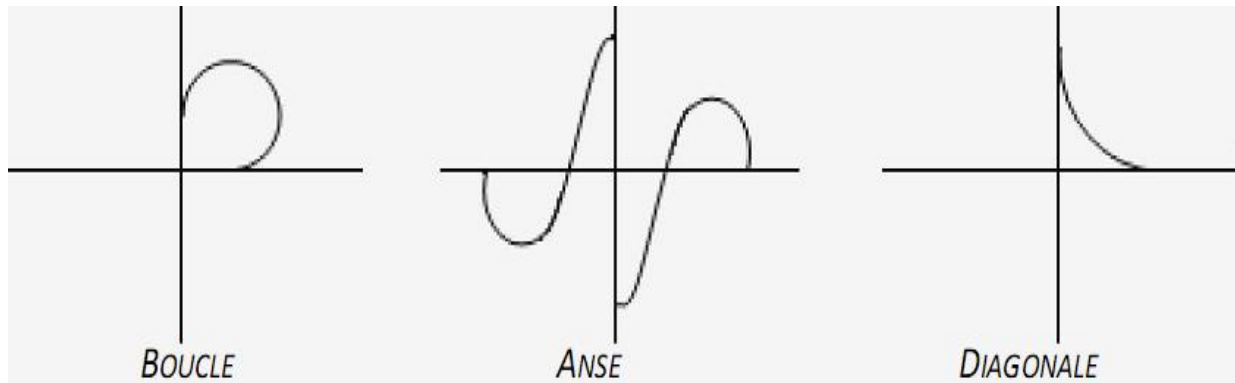


Figure XII.3. représente les types de bretelles .

Annexe signalisations :

Objectifs de la signalisation :

Parmi les objectifs de la signalisation, on trouve :

- Rendre plus sûre la circulation routière.
- Faciliter cette circulation.
- Donner des informations relatives à l'usage de la route.
- Rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- Indiquer et de rappeler les diverses prescriptions particulières.

Règle à respecter pour la signalisation :

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

- Cohérence entre la géométrie de la route, la signalisation et les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière.
- Eviter une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

Type de signalisation :

Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, ces derniers sont des objets qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme.

- **Signalisation avancée :**

Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection.

Le signal B3 accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

Signalisation de position :

Le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route où les usagers doivent marquer l'arrêt.

Signalisation de direction :

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

Signalisation horizontale :

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Toutes ces marques sont de couleur blanche. La signalisation horizontale se divise en trois types :

Marques longitudinales :**Lignes continues :**

Elles ont un caractère impératif (non franchissables sauf du côté où elles sont doublées par une ligne discontinue). Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.

Lignes discontinues :

Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elle se différencie par leur module, c'est-à-dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles. On distingue :

Les lignes axiales ou lignes de délimitation de voies pour lesquelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles.

Les flèches de sélection :

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doit suivre la direction indiquée.

Largeur des lignes :

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

U = 7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.

U = 6 cm sur les routes et voies urbaines

U = 5 cm sur les autres routes.

Dispositif et retenu :

- **Glissières De Sécurité Métalliques Fixes :**

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

- **Glissières De Sécurité Métalliques Amovibles :**

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

- **Séparateurs en Béton :**

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

Profil En Long Projet

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			60000	74.947
D1	PENTE= -1.35%	305.837		
			60305.84	70.81
PAR1	S= 60437.67 Z=69.027			
	R= 10000.000	263.675		
			60569.51	70.72
D2	PENTE= 1.28%	52.381		
			60621.89	71.393
PAR2	S= 60985.16 Z=76.058			
	R= 40000.000	726.53		
			61348.42	74.126
D3	PENTE= -0.53%	571.566		
			61919.99	71.085
PAR3	S= 62003.34 Z=70.641			
	R= 15000.000	166.71		
			62086.7	71.124
D4	PENTE= 0.58%	449.984		
			62536.68	73.731
PAR4	S= 62675.00 Z=74.532			
	R= 15000.000	276.634		
			62813.32	72.783
D5	PENTE= -1.26%	211.841		
			63025.16	70.103
PAR5	S= 63143.57 Z=68.606			
	R= 10000.000	236.826		
			63261.98	69.912
D6	PENTE= 1.10%	167.94		
			63429.92	71.765
PAR6	S= 63627.96 Z=73.950			
	R= 20000.000	396.07		
			63825.99	72.214
D7	PENTE= -0.88%	168.01		
			63994.01	70.74
PAR7	S= 64104.84 Z=69.768			
	R= 10000.000	221.668		
			64215.67	71.253
D8	PENTE= 1.34%	299.245		
			64514.92	75.262
PAR8	S= 64700.00 Z=77.742			
	R= 20000.000	370.164		
			64885.08	76.796

D9	PENTE= -0.51%	254.543		
			65139.63	75.495
PAR9	S= 65206.90 Z=75.151			
	R= 10000.000	134.546		
			65274.17	75.712
D10	PENTE= 0.83%	381.336		
			65655.51	78.894
PAR10	S= 65755.53 Z=79.728			
	R= 15000.000	200.05		
			65855.56	79.229
D11	PENTE= -0.50%	256.525		
			66112.08	77.948
PAR11	S= 66300.00 Z=77.010			
	R= 30000.000	375.837		
			66487.92	78.426
D12	PENTE= 0.75%	369.808		
			66857.73	81.212
PAR12	S= 67050.00 Z=82.661			
	R= 30000.000	384.547		
			67242.27	81.645
D13	PENTE= -0.53%	109.151		
			67351.42	81.068
PAR13	S= 67437.45 Z=80.614			
	R= 10000.000	172.046		
			67523.47	81.639
D14	PENTE= 1.19%	269.292		
			67792.76	84.849
PAR14	S= 68425.00 Z=92.386			
	R= 50000.000	1264.476		
			69057.24	115.912
D15	PENTE= 3.72%	163.343		
			69220.58	121.99
PAR15	S= 69300.00 Z=124.945			
	R= 13000.000	158.838		
			69379.42	126.93
D16	PENTE= 2.50%	134.995		
			69514.41	130.304
PAR16	S= 69524.25 Z=130.550			
	R= 5000.000	19.673		
			69534.09	130.834
D17	PENTE= 2.89%	142.469		
			69676.55	134.956
PAR17	S= 69750.00 Z=137.080			
	R= 13000.000	146.89		
			69823.45	138.375
D18	PENTE= 1.76%	176.555		
			70000	141.487

Axe En Plan

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			60000	507976.4403	4048259.807
DR1	ANG=112.0075 (g)	984.555			
			60984.56	508943.5346	4048075.206
ARC2	XC=509243.5287				
	YC=4049646.8309				
	R=1600.000	1313.593			
			62298.15	510189.2382	4048356.237
DR3	ANG=59.7413 (g)	941.164			
			63239.31	510948.4013	4048912.529
ARC4	XC=511894.1108				
	YC=4047621.9348				
	R=1600.000	1303.911			
			64543.22	512184.5896	4049195.346
DR5	ANG=111.6222 (g)	1198.102			
			65741.33	513362.7816	4048977.831
ARC6	XC=513653.2604				
	YC=4050551.2422				
	R=1600.000	335.597			
			66076.92	513696.7536	4048951.833
DR7	ANG=98.2692 (g)	404.396			
			66481.32	514101.0003	4048962.826
CLO8	A=296.226				
	R=650.000	135			
			66616.32	514235.9319	4048961.824
ARC9	XC=514186.1520				
	YC=4048313.7332				
	R=650.000	206.686			
			66823	514436.0603	4048913.771
CLO10	A=296.226				
	R=650.000	135			
			66958	514556.7365	4048853.399
DR11	ANG=131.7345 (g)	1674.299			
			68632.3	516027.2869	4048052.926
CLO12	A=296.226				
	R=650.000	135			
			68767.3	516147.9631	4047992.554
ARC13	XC=516397.8714				
	YC=4048592.5918				
	R=650.000	135.495			
			68902.8	516277.5495	4047953.825

CLO14	A=296.226				
	R=650.000	135			
			69037.8	516411.563	4047938.081
DR15	ANG=105.2418 (g)	962.201			
			70000	517370.5046	4047858.944

CUBATURE

Rapport sur les volumes

<u>Abcisse</u>	<u>Volume de déblai (m3)</u>	<u>Volume réutilisable (m3)</u>	<u>Volume de remblai (m3)</u>	<u>Vol. déblai Cum. (m3)</u>	<u>Vol. réutilisable Cum. (Cu.m.)</u>	<u>Vol. remblai Cum. (m3)</u>	<u>Vol. Net Cum. (m3)</u>
60+000.000	0	0	0	0	0	0	0
60+025.000	0	0	7349.57	0	0	7349.57	-7349.57
60+050.000	0	0	7814.57	0	0	15164.14	-15164.14
60+075.000	0	0	6466.63	0	0	21630.78	-21630.78
60+100.000	0	0	5867.86	0	0	27498.64	-27498.64
60+125.000	0	0	5450.39	0	0	32949.03	-32949.03
60+150.000	0	0	4921.22	0	0	37870.25	-37870.25
60+175.000	0	0	4460.2	0	0	42330.45	-42330.45
60+200.000	0	0	3539.69	0	0	45870.14	-45870.14
60+225.000	0	0	2696.81	0	0	48566.95	-48566.95
60+250.000	0	0	2099.86	0	0	50666.81	-50666.81
60+275.000	0	0	1383.89	0	0	52050.7	-52050.7
60+300.000	0	0	860.06	0	0	52910.76	-52910.76
60+325.000	0	0	622.29	0	0	53533.05	-53533.05
60+350.000	0	0	374.56	0	0	53907.61	-53907.61
60+375.000	27.16	27.16	122.51	27.16	27.16	54030.12	-54002.96
60+400.000	235.51	235.51	0.01	262.67	262.67	54030.13	-53767.46
60+425.000	456.55	456.55	7.72	719.21	719.21	54037.85	-53318.63
60+450.000	580.59	580.59	7.72	1299.8	1299.8	54045.57	-52745.77
60+475.000	643.39	643.39	0	1943.18	1943.18	54045.57	-52102.38
60+500.000	580.39	580.39	0	2523.58	2523.58	54045.57	-51521.99
60+525.000	423.54	423.54	0	2947.11	2947.11	54045.57	-51098.45
60+550.000	461	461	0	3408.11	3408.11	54045.57	-50637.45
60+575.000	335.76	335.76	57.53	3743.87	3743.87	54103.09	-50359.22
60+600.000	28.9	28.9	415.82	3772.77	3772.77	54518.91	-50746.15
60+625.000	0	0	829.75	3772.77	3772.77	55348.67	-51575.9
60+650.000	0	0	1088.09	3772.77	3772.77	56436.75	-52663.99
60+675.000	0	0	1475.55	3772.77	3772.77	57912.3	-54139.53
60+700.000	0	0	1893.39	3772.77	3772.77	59805.69	-56032.92
60+725.000	0	0	2112.35	3772.77	3772.77	61918.04	-58145.27
60+750.000	0	0	2223.2	3772.77	3772.77	64141.24	-60368.48
60+775.000	0	0	2396.31	3772.77	3772.77	66537.55	-62764.78
60+800.000	0	0	2561.59	3772.77	3772.77	69099.14	-65326.38
60+825.000	0	0	2713.85	3772.77	3772.77	71812.99	-68040.23

60+850.000	0	0	2988.52	3772.77	3772.77	74801.51	-71028.75
60+875.000	0	0	3361.14	3772.77	3772.77	78162.65	-74389.88
60+900.000	0	0	3649.15	3772.77	3772.77	81811.81	-78039.04
60+925.000	0	0	3829	3772.77	3772.77	85640.81	-81868.04
60+950.000	0	0	3967.79	3772.77	3772.77	89608.6	-85835.83
60+975.000	0	0	4057.36	3772.77	3772.77	93665.96	-89893.19
61+000.000	0	0	3699.76	3772.77	3772.77	97365.72	-93592.95
61+025.000	0	0	3654.1	3772.77	3772.77	101019.82	-97247.06
61+050.000	0	0	3907.52	3772.77	3772.77	104927.35	-101154.6
61+075.000	0	0	3848.57	3772.77	3772.77	108775.92	-105003.2
61+100.000	0	0	3947.9	3772.77	3772.77	112723.81	-108951.1
61+125.000	0	0	4072.09	3772.77	3772.77	116795.91	-113023.1
61+150.000	0	0	4106.71	3772.77	3772.77	120902.62	-117129.9
61+175.000	0	0	4031.61	3772.77	3772.77	124934.23	-121161.5
61+200.000	0	0	3747.85	3772.77	3772.77	128682.07	-124909.3
61+225.000	0	0	3388.47	3772.77	3772.77	132070.54	-128297.8
61+250.000	0	0	3139.08	3772.77	3772.77	135209.62	-131436.9
61+275.000	0	0	2933.9	3772.77	3772.77	138143.53	-134370.8
61+300.000	0	0	2801.94	3772.77	3772.77	140945.47	-137172.7
61+325.000	0	0	2725.98	3772.77	3772.77	143671.45	-139898.7
61+350.000	0	0	2607.13	3772.77	3772.77	146278.58	-142505.8
61+375.000	0	0	2341.7	3772.77	3772.77	148620.28	-144847.5
61+400.000	0	0	2168.85	3772.77	3772.77	150789.12	-147016.4
61+425.000	0	0	2074.27	3772.77	3772.77	152863.39	-149090.6
61+450.000	0	0	1799.07	3772.77	3772.77	154662.46	-150889.7
61+475.000	0	0	1462.25	3772.77	3772.77	156124.7	-152351.9
61+500.000	0	0	1121.92	3772.77	3772.77	157246.63	-153473.9
61+525.000	0	0	816.55	3772.77	3772.77	158063.18	-154290.4
61+550.000	0	0	613.02	3772.77	3772.77	158676.2	-154903.4
61+575.000	0.2	0.2	390.41	3772.97	3772.97	159066.61	-155293.6
61+600.000	28.15	28.15	200.62	3801.12	3801.12	159267.23	-155466.1
61+625.000	47.03	47.03	108.69	3848.16	3848.16	159375.91	-155527.8
61+650.000	140.51	140.51	32.49	3988.66	3988.66	159408.4	-155419.7
61+675.000	429.92	429.92	0	4418.58	4418.58	159408.4	-154989.8
61+700.000	741	741	0	5159.59	5159.59	159408.4	-154248.8
61+725.000	1030.09	1030.09	0	6189.68	6189.68	159408.4	-153218.7
61+750.000	1370.38	1370.38	0	7560.06	7560.06	159408.4	-151848.4
61+775.000	1827.84	1827.84	0	9387.89	9387.89	159408.4	-150020.5
61+800.000	2242.01	2242.01	0	11629.9	11629.9	159408.4	-147778.5
61+825.000	2390.31	2390.31	0	14020.21	14020.21	159408.4	-145388.2
61+850.000	2560.4	2560.4	0	16580.62	16580.62	159408.4	-142827.8
61+875.000	2801.47	2801.47	0	19382.09	19382.09	159408.4	-140026.3
61+900.000	2568.19	2568.19	0	21950.27	21950.27	159408.4	-137458.1
61+925.000	2224.15	2224.15	0	24174.42	24174.42	159408.4	-135234
61+950.000	2026.76	2026.76	0	26201.18	26201.18	159408.4	-133207.2
61+975.000	1781.77	1781.77	0	27982.95	27982.95	159408.4	-131425.5
62+000.000	1567.44	1567.44	0	29550.39	29550.39	159408.4	-129858
62+025.000	1426.51	1426.51	0	30976.9	30976.9	159408.4	-128431.5
62+050.000	1380.28	1380.28	0	32357.18	32357.18	159408.4	-127051.2
62+075.000	1272.8	1272.8	0	33629.98	33629.98	159408.4	-125778.4
62+100.000	1142.93	1142.93	0	34772.9	34772.9	159408.4	-124635.5
62+125.000	1026.85	1026.85	0	35799.75	35799.75	159408.4	-123608.7
62+150.000	966.4	966.4	0	36766.15	36766.15	159408.4	-122642.3
62+175.000	967.59	967.59	0	37733.74	37733.74	159408.4	-121674.7
62+200.000	954.6	954.6	0	38688.34	38688.34	159408.4	-120720.1
62+225.000	462.53	462.53	402.84	39150.87	39150.87	159811.24	-120660.4
62+250.000	0	0	2759.96	39150.87	39150.87	162571.2	-123420.3
62+275.000	0	0	5688.17	39150.87	39150.87	168259.37	-129108.5
62+300.000	0	0	7175.29	39150.87	39150.87	175434.66	-136283.8

62+325.000	0	0	6902.97	39150.87	39150.87	182337.63	-143186.8
62+350.000	0	0	5710.62	39150.87	39150.87	188048.25	-148897.4
62+375.000	0	0	5266.76	39150.87	39150.87	193315.01	-154164.1
62+400.000	0	0	5452.98	39150.87	39150.87	198767.98	-159617.1
62+425.000	0	0	4419.85	39150.87	39150.87	203187.83	-164037
62+450.000	0	0	2080.91	39150.87	39150.87	205268.74	-166117.9
62+475.000	376.4	376.4	519.93	39527.27	39527.27	205788.67	-166261.4
62+500.000	417.34	417.34	373.22	39944.61	39944.61	206161.9	-166217.3
62+525.000	40.95	40.95	945.96	39985.56	39985.56	207107.86	-167122.3
62+550.000	0	0	1321.7	39985.56	39985.56	208429.56	-168444
62+575.000	0	0	1582.88	39985.56	39985.56	210012.44	-170026.9
62+600.000	0	0	1791.54	39985.56	39985.56	211803.97	-171818.4
62+625.000	0	0	1738.27	39985.56	39985.56	213542.24	-173556.7
62+650.000	0	0	1405.3	39985.56	39985.56	214947.54	-174962
62+675.000	0	0	1003.42	39985.56	39985.56	215950.96	-175965.4
62+700.000	76.77	76.77	420.72	40062.33	40062.33	216371.67	-176309.3
62+725.000	415.26	415.26	46.08	40477.59	40477.59	216417.76	-175940.2
62+750.000	404.84	404.84	286.31	40882.43	40882.43	216704.07	-175821.6
62+775.000	66.36	66.36	1269.51	40948.79	40948.79	217973.57	-177024.8
62+800.000	0	0	1865.24	40948.79	40948.79	219838.81	-178890
62+825.000	0	0	1411.73	40948.79	40948.79	221250.54	-180301.8
62+850.000	0	0	950.27	40948.79	40948.79	222200.81	-181252
62+875.000	0	0	815.78	40948.79	40948.79	223016.58	-182067.8
62+900.000	0.1	0.1	542.77	40948.89	40948.89	223559.36	-182610.5
62+925.000	253.59	253.59	122.69	41202.48	41202.48	223682.05	-182479.6
62+950.000	872.28	872.28	0	42074.76	42074.76	223682.05	-181607.3
62+975.000	1325.44	1325.44	0	43400.2	43400.2	223682.05	-180281.9
63+000.000	1504.23	1504.23	0	44904.42	44904.42	223682.05	-178777.6
63+025.000	1479.71	1479.71	0	46384.13	46384.13	223682.05	-177297.9
63+050.000	1341.33	1341.33	0	47725.46	47725.46	223682.05	-175956.6
63+075.000	1388.04	1388.04	0	49113.51	49113.51	223682.05	-174568.5
63+100.000	1492.46	1492.46	0	50605.97	50605.97	223682.05	-173076.1
63+125.000	1491.25	1491.25	0	52097.22	52097.22	223682.05	-171584.8
63+150.000	1294.9	1294.9	0	53392.12	53392.12	223682.05	-170289.9
63+175.000	975.13	975.13	0	54367.25	54367.25	223682.05	-169314.8
63+200.000	726.37	726.37	0	55093.62	55093.62	223682.05	-168588.4
63+225.000	513.91	513.91	0	55607.53	55607.53	223682.05	-168074.5
63+250.000	303.41	303.41	0	55910.93	55910.93	223682.05	-167771.1
63+275.000	117.47	117.47	25.8	56028.4	56028.4	223707.84	-167679.4
63+300.000	9.46	9.46	207.04	56037.86	56037.86	223914.88	-167877
63+325.000	0	0	438.8	56037.86	56037.86	224353.68	-168315.8
63+350.000	0	0	596.7	56037.86	56037.86	224950.38	-168912.5
63+375.000	0	0	764	56037.86	56037.86	225714.38	-169676.5
63+400.000	0	0	911.7	56037.86	56037.86	226626.08	-170588.2
63+425.000	0	0	1124.98	56037.86	56037.86	227751.06	-171713.2
63+450.000	0	0	1424.12	56037.86	56037.86	229175.18	-173137.3
63+475.000	0	0	1747.77	56037.86	56037.86	230922.95	-174885.1
63+500.000	0	0	2080.81	56037.86	56037.86	233003.75	-176965.9
63+525.000	0	0	2265.46	56037.86	56037.86	235269.21	-179231.4
63+550.000	0	0	2278.83	56037.86	56037.86	237548.04	-181510.2
63+575.000	0	0	2330.89	56037.86	56037.86	239878.93	-183841.1
63+600.000	0	0	2565.98	56037.86	56037.86	242444.92	-186407.1
63+625.000	0	0	2907.75	56037.86	56037.86	245352.67	-189314.8
63+650.000	0	0	2961.71	56037.86	56037.86	248314.38	-192276.5
63+675.000	0	0	2886.8	56037.86	56037.86	251201.18	-195163.3
63+700.000	0	0	2929.35	56037.86	56037.86	254130.52	-198092.7
63+725.000	0	0	2934.96	56037.86	56037.86	257065.48	-201027.6
63+750.000	0	0	2968.46	56037.86	56037.86	260033.94	-203996.1
63+775.000	0	0	2939.22	56037.86	56037.86	262973.16	-206935.3

63+800.000	0	0	2754.74	56037.86	56037.86	265727.9	-209690
63+825.000	0	0	2464.93	56037.86	56037.86	268192.84	-212155
63+850.000	0	0	2097.07	56037.86	56037.86	270289.91	-214252
63+875.000	0	0	1691.97	56037.86	56037.86	271981.88	-215944
63+900.000	0	0	1325.49	56037.86	56037.86	273307.36	-217269.5
63+925.000	0	0	1032.94	56037.86	56037.86	274340.31	-218302.4
63+950.000	0	0	921.92	56037.86	56037.86	275262.22	-219224.4
63+975.000	0	0	799.66	56037.86	56037.86	276061.89	-220024
64+000.000	0	0	511.21	56037.86	56037.86	276573.1	-220535.2
64+025.000	0	0	274.53	56037.86	56037.86	276847.63	-220809.8
64+050.000	48.76	48.76	96.69	56086.63	56086.63	276944.33	-220857.7
64+075.000	272.31	272.31	1.32	56358.93	56358.93	276945.64	-220586.7
64+100.000	622.45	622.45	0	56981.38	56981.38	276945.64	-219964.3
64+125.000	845.32	845.32	0	57826.7	57826.7	276945.64	-219118.9
64+150.000	920.81	920.81	0	58747.52	58747.52	276945.64	-218198.1
64+175.000	947.78	947.78	0	59695.3	59695.3	276945.64	-217250.3
64+200.000	931.83	931.83	0	60627.14	60627.14	276945.64	-216318.5
64+225.000	707.22	707.22	0.91	61334.36	61334.36	276946.55	-215612.2
64+250.000	328.49	328.49	6.46	61662.85	61662.85	276953.02	-215290.2
64+275.000	79.72	79.72	128.14	61742.57	61742.57	277081.16	-215338.6
64+300.000	0	0	426.64	61742.57	61742.57	277507.8	-215765.2
64+325.000	0	0	763.64	61742.57	61742.57	278271.44	-216528.9
64+350.000	0	0	1290.6	61742.57	61742.57	279562.04	-217819.5
64+375.000	0	0	1756.74	61742.57	61742.57	281318.78	-219576.2
64+400.000	0	0	1672.45	61742.57	61742.57	282991.22	-221248.7
64+425.000	0	0	1669.01	61742.57	61742.57	284660.24	-222917.7
64+450.000	0	0	2000.38	61742.57	61742.57	286660.62	-224918.1
64+475.000	0	0	2256.18	61742.57	61742.57	288916.8	-227174.2
64+500.000	0	0	2469.36	61742.57	61742.57	291386.16	-229643.6
64+525.000	0	0	2745.77	61742.57	61742.57	294131.93	-232389.4
64+550.000	0	0	3179.78	61742.57	61742.57	297311.71	-235569.2
64+575.000	0	0	3489.36	61742.57	61742.57	300801.07	-239058.5
64+600.000	0	0	3740.36	61742.57	61742.57	304541.43	-242798.9
64+625.000	0	0	4133.44	61742.57	61742.57	308674.87	-246932.3
64+650.000	0	0	4502.33	61742.57	61742.57	313177.21	-251434.6
64+675.000	0	0	4677.06	61742.57	61742.57	317854.27	-256111.7
64+700.000	0	0	4559.43	61742.57	61742.57	322413.69	-260671.1
64+725.000	0	0	4347.39	61742.57	61742.57	326761.08	-265018.5
64+750.000	0	0	4158.37	61742.57	61742.57	330919.45	-269176.9
64+775.000	0	0	3935.18	61742.57	61742.57	334854.62	-273112.1
64+800.000	0	0	3578.97	61742.57	61742.57	338433.6	-276691
64+825.000	0	0	3290.24	61742.57	61742.57	341723.84	-279981.3
64+850.000	0	0	3076.82	61742.57	61742.57	344800.65	-283058.1
64+875.000	0	0	2860.55	61742.57	61742.57	347661.21	-285918.6
64+900.000	0	0	2588.91	61742.57	61742.57	350250.11	-288507.6
64+925.000	0	0	2230.9	61742.57	61742.57	352481.01	-290738.4
64+950.000	0	0	2007.47	61742.57	61742.57	354488.48	-292745.9
64+975.000	0	0	1768.41	61742.57	61742.57	356256.89	-294514.3
65+000.000	0	0	1397.8	61742.57	61742.57	357654.69	-295912.1
65+025.000	0	0	1057.84	61742.57	61742.57	358712.53	-296970
65+050.000	0	0	715.68	61742.57	61742.57	359428.21	-297685.6
65+075.000	0	0	471.16	61742.57	61742.57	359899.37	-298156.8
65+100.000	0	0	355.03	61742.57	61742.57	360254.4	-298511.8
65+125.000	29.78	29.78	192	61772.34	61772.34	360446.4	-298674.1
65+150.000	275.94	275.94	47.06	62048.28	62048.28	360493.46	-298445.2
65+175.000	691.06	691.06	0	62739.34	62739.34	360493.46	-297754.1
65+200.000	1082.9	1082.9	0	63822.24	63822.24	360493.46	-296671.2
65+225.000	1940.33	1940.33	0	65762.57	65762.57	360493.46	-294730.9
65+250.000	2470.74	2470.74	0	68233.32	68233.32	360493.46	-292260.1

65+275.000	2203.22	2203.22	0	70436.54	70436.54	360493.46	-290056.9
65+300.000	1759.45	1759.45	0	72195.99	72195.99	360493.46	-288297.5
65+325.000	1296.94	1296.94	0	73492.93	73492.93	360493.46	-287000.5
65+350.000	1055.08	1055.08	0	74548	74548	360493.46	-285945.5
65+375.000	686.95	686.95	0	75234.96	75234.96	360493.46	-285258.5
65+400.000	271.27	271.27	50.99	75506.23	75506.23	360544.45	-285038.2
65+425.000	84.51	84.51	144.21	75590.73	75590.73	360688.66	-285097.9
65+450.000	17.41	17.41	245	75608.15	75608.15	360933.66	-285325.5
65+475.000	0	0	526.84	75608.15	75608.15	361460.5	-285852.4
65+500.000	0	0	796.4	75608.15	75608.15	362256.9	-286648.8
65+525.000	0	0	1051.29	75608.15	75608.15	363308.19	-287700
65+550.000	0	0	1393.95	75608.15	75608.15	364702.13	-289094
65+575.000	0	0	1756.37	75608.15	75608.15	366458.51	-290850.4
65+600.000	0	0	2082.1	75608.15	75608.15	368540.61	-292932.5
65+625.000	0	0	2294.4	75608.15	75608.15	370835	-295226.9
65+650.000	0	0	2582.23	75608.15	75608.15	373417.23	-297809.1
65+675.000	0	0	2804.01	75608.15	75608.15	376221.24	-300613.1
65+700.000	0	0	2745.74	75608.15	75608.15	378966.98	-303358.8
65+725.000	0	0	2652.38	75608.15	75608.15	381619.36	-306011.2
65+750.000	0	0	2586.5	75608.15	75608.15	384205.86	-308597.7
65+775.000	0	0	2338.83	75608.15	75608.15	386544.69	-310936.5
65+800.000	0	0	1873.04	75608.15	75608.15	388417.73	-312809.6
65+825.000	0	0	1229.76	75608.15	75608.15	389647.49	-314039.3
65+850.000	0	0	591.28	75608.15	75608.15	390238.77	-314630.6
65+875.000	89.28	89.28	149.18	75697.43	75697.43	390387.95	-314690.5
65+900.000	421.24	421.24	0.02	76118.67	76118.67	390387.97	-314269.3
65+925.000	720.65	720.65	0	76839.31	76839.31	390387.97	-313548.7
65+950.000	741.96	741.96	0	77581.27	77581.27	390387.97	-312806.7
65+975.000	873.65	873.65	0	78454.92	78454.92	390387.97	-311933.1
66+000.000	1217.94	1217.94	0	79672.86	79672.86	390387.97	-310715.1
66+025.000	1611.31	1611.31	0	81284.17	81284.17	390387.97	-309103.8
66+050.000	1972.91	1972.91	0	83257.07	83257.07	390387.97	-307130.9
66+075.000	2098.74	2098.74	0	85355.81	85355.81	390387.97	-305032.2
66+100.000	1996.47	1996.47	0	87352.28	87352.28	390387.97	-303035.7
66+125.000	1818.5	1818.5	0	89170.79	89170.79	390387.97	-301217.2
66+150.000	1652.12	1652.12	0	90822.9	90822.9	390387.97	-299565.1
66+175.000	1620.65	1620.65	0	92443.55	92443.55	390387.97	-297944.4
66+200.000	1710.28	1710.28	0	94153.83	94153.83	390387.97	-296234.1
66+225.000	1811.1	1811.1	0	95964.93	95964.93	390387.97	-294423
66+250.000	1914.61	1914.61	0	97879.55	97879.55	390387.97	-292508.4
66+275.000	1988.33	1988.33	0	99867.88	99867.88	390387.97	-290520.1
66+300.000	2362.36	2362.36	0	102230.24	102230.24	390387.97	-288157.7
66+325.000	2709.26	2709.26	0	104939.5	104939.5	390387.97	-285448.5
66+350.000	2633.74	2633.74	0	107573.24	107573.24	390387.97	-282814.7
66+375.000	2535.27	2535.27	0	110108.51	110108.51	390387.97	-280279.5
66+400.000	2443.7	2443.7	0	112552.21	112552.21	390387.97	-277835.8
66+425.000	2277.13	2277.13	0	114829.34	114829.34	390387.97	-275558.6
66+450.000	2095.94	2095.94	0	116925.29	116925.29	390387.97	-273462.7
66+475.000	1942.28	1942.28	0	118867.56	118867.56	390387.97	-271520.4
66+500.000	1673.62	1673.62	0	120541.18	120541.18	390387.97	-269846.8
66+525.000	1377.31	1377.31	0	121918.49	121918.49	390387.97	-268469.5
66+550.000	1154.57	1154.57	0	123073.07	123073.07	390387.97	-267314.9
66+575.000	931.39	931.39	0	124004.46	124004.46	390387.97	-266383.5
66+600.000	577.4	577.4	0	124581.86	124581.86	390387.97	-265806.1
66+625.000	247.64	247.64	73.93	124829.5	124829.5	390461.9	-265632.4
66+650.000	86.97	86.97	273.07	124916.47	124916.47	390734.97	-265818.5
66+675.000	2.5	2.5	533.42	124918.97	124918.97	391268.4	-266349.4
66+700.000	0	0	948.8	124918.97	124918.97	392217.2	-267298.2
66+725.000	0	0	1498.83	124918.97	124918.97	393716.02	-268797.1

66+750.000	0	0	1868.46	124918.97	124918.97	395584.48	-270665.5
66+775.000	0	0	2262.09	124918.97	124918.97	397846.57	-272927.6
66+800.000	0	0	3127.3	124918.97	124918.97	400973.88	-276054.9
66+825.000	0	0	3620.87	124918.97	124918.97	404594.74	-279675.8
66+850.000	0	0	3519.6	124918.97	124918.97	408114.34	-283195.4
66+875.000	0	0	4122.14	124918.97	124918.97	412236.48	-287317.5
66+900.000	0	0	4950.03	124918.97	124918.97	417186.51	-292267.6
66+925.000	0	0	4729.1	124918.97	124918.97	421915.62	-296996.7
66+950.000	0	0	3931.62	124918.97	124918.97	425847.24	-300928.3
66+975.000	0	0	3384.61	124918.97	124918.97	429231.85	-304312.9
67+000.000	0	0	2773.46	124918.97	124918.97	432005.31	-307086.3
67+025.000	0	0	2375.65	124918.97	124918.97	434380.96	-309462
67+050.000	0	0	2698.31	124918.97	124918.97	437079.27	-312160.3
67+075.000	0	0	2739.12	124918.97	124918.97	439818.38	-314899.4
67+100.000	0	0	2052.79	124918.97	124918.97	441871.18	-316952.2
67+125.000	0	0	1396.88	124918.97	124918.97	443268.06	-318349.1
67+150.000	0	0	1189.44	124918.97	124918.97	444457.5	-319538.5
67+175.000	0	0	906.1	124918.97	124918.97	445363.6	-320444.6
67+200.000	0	0	421.76	124918.97	124918.97	445785.35	-320866.4
67+225.000	69.47	69.47	120.43	124988.44	124988.44	445905.78	-320917.3
67+250.000	245.92	245.92	7.68	125234.36	125234.36	445913.47	-320679.1
67+275.000	535.73	535.73	0	125770.09	125770.09	445913.47	-320143.4
67+300.000	877.42	877.42	0	126647.51	126647.51	445913.47	-319266
67+325.000	986.89	986.89	0	127634.4	127634.4	445913.47	-318279.1
67+350.000	921.85	921.85	0	128556.24	128556.24	445913.47	-317357.2
67+375.000	941.41	941.41	0	129497.65	129497.65	445913.47	-316415.8
67+400.000	972	972	0	130469.65	130469.65	445913.47	-315443.8
67+425.000	1082.24	1082.24	0	131551.89	131551.89	445913.47	-314361.6
67+450.000	1329.31	1329.31	0	132881.21	132881.21	445913.47	-313032.3
67+475.000	1530.63	1530.63	0	134411.84	134411.84	445913.47	-311501.6
67+500.000	1724.41	1724.41	0	136136.25	136136.25	445913.47	-309777.2
67+525.000	1849.51	1849.51	0	137985.76	137985.76	445913.47	-307927.7
67+550.000	1821.15	1821.15	0	139806.91	139806.91	445913.47	-306106.6
67+575.000	1784.06	1784.06	0	141590.98	141590.98	445913.47	-304322.5
67+600.000	1856.44	1856.44	0	143447.41	143447.41	445913.47	-302466.1
67+625.000	2002.93	2002.93	0	145450.35	145450.35	445913.47	-300463.1
67+650.000	2008.26	2008.26	0	147458.6	147458.6	445913.47	-298454.9
67+675.000	1727.08	1727.08	0	149185.69	149185.69	445913.47	-296727.8
67+700.000	1562.8	1562.8	0	150748.49	150748.49	445913.47	-295165
67+725.000	1663.33	1663.33	0	152411.82	152411.82	445913.47	-293501.6
67+750.000	1647.89	1647.89	0	154059.71	154059.71	445913.47	-291853.8
67+775.000	1466.9	1466.9	0	155526.61	155526.61	445913.47	-290386.9
67+800.000	1600.12	1600.12	0	157126.72	157126.72	445913.47	-288786.7
67+825.000	1883.86	1883.86	0	159010.58	159010.58	445913.47	-286902.9
67+850.000	1540.44	1540.44	0	160551.02	160551.02	445913.47	-285362.4
67+875.000	1407.14	1407.14	0	161958.16	161958.16	445913.47	-283955.3
67+900.000	1742.05	1742.05	0	163700.21	163700.21	445913.47	-282213.3
67+925.000	1643.69	1643.69	0	165343.9	165343.9	445913.47	-280569.6
67+950.000	1248.15	1248.15	0	166592.05	166592.05	445913.47	-279321.4
67+975.000	939.61	939.61	0	167531.66	167531.66	445913.47	-278381.8
68+000.000	898.87	898.87	0	168430.53	168430.53	445913.47	-277482.9
68+025.000	999.58	999.58	0	169430.11	169430.11	445913.47	-276483.4
68+050.000	1009.67	1009.67	0	170439.78	170439.78	445913.47	-275473.7
68+075.000	938.7	938.7	0	171378.47	171378.47	445913.47	-274535
68+100.000	976.95	976.95	0	172355.42	172355.42	445913.47	-273558
68+125.000	1090.77	1090.77	0	173446.19	173446.19	445913.47	-272467.3
68+150.000	978.31	978.31	0	174424.5	174424.5	445913.47	-271489
68+175.000	730.4	730.4	0	175154.89	175154.89	445913.47	-270758.6
68+200.000	705.3	705.3	0	175860.19	175860.19	445913.47	-270053.3

68+225.000	765.75	765.75	0	176625.94	176625.94	445913.47	-269287.5
68+250.000	602.03	602.03	0	177227.97	177227.97	445913.47	-268685.5
68+275.000	302.22	302.22	0	177530.19	177530.19	445913.47	-268383.3
68+300.000	81.66	81.66	18.68	177611.85	177611.85	445932.15	-268320.3
68+325.000	9.41	9.41	121.22	177621.26	177621.26	446053.37	-268432.1
68+350.000	1.24	1.24	222.18	177622.5	177622.5	446275.55	-268653.1
68+375.000	4.06	4.06	226.8	177626.55	177626.55	446502.36	-268875.8
68+400.000	3.1	3.1	364.68	177629.66	177629.66	446867.04	-269237.4
68+425.000	0	0	509.28	177629.66	177629.66	447376.31	-269746.7
68+450.000	0	0	564.48	177629.66	177629.66	447940.8	-270311.1
68+475.000	0	0	848	177629.66	177629.66	448788.8	-271159.1
68+500.000	0	0	1028	177629.66	177629.66	449816.8	-272187.1
68+525.000	0	0	1128.61	177629.66	177629.66	450945.41	-273315.8
68+550.000	0	0	1452.53	177629.66	177629.66	452397.94	-274768.3
68+575.000	0	0	1869.89	177629.66	177629.66	454267.83	-276638.2
68+600.000	0	0	2343.07	177629.66	177629.66	456610.9	-278981.2
68+625.000	0	0	2759.62	177629.66	177629.66	459370.52	-281740.9
68+650.000	0	0	3046.24	177629.66	177629.66	462416.76	-284787.1
68+675.000	0	0	3315.37	177629.66	177629.66	465732.13	-288102.5
68+700.000	0	0	3577.35	177629.66	177629.66	469309.48	-291679.8
68+725.000	0	0	3377.79	177629.66	177629.66	472687.28	-295057.6
68+750.000	0	0	3226.39	177629.66	177629.66	475913.66	-298284
68+775.000	0	0	3714.89	177629.66	177629.66	479628.55	-301998.9
68+800.000	0	0	4434.97	177629.66	177629.66	484063.52	-306433.9
68+825.000	0	0	5388.3	177629.66	177629.66	489451.82	-311822.2
68+850.000	0	0	6237.07	177629.66	177629.66	495688.89	-318059.2
68+875.000	0	0	6646.3	177629.66	177629.66	502335.19	-324705.5
68+900.000	0	0	6517.12	177629.66	177629.66	508852.31	-331222.7
68+925.000	0	0	5659.88	177629.66	177629.66	514512.18	-336882.5
68+950.000	0	0	4681.35	177629.66	177629.66	519193.54	-341563.9
68+975.000	1416.08	1416.08	2187.68	179045.74	179045.74	521381.22	-342335.5
69+000.000	7441.12	7441.12	36.53	186486.86	186486.86	521417.75	-334930.9
69+025.000	16563.59	16563.59	0	203050.45	203050.45	521417.75	-318367.3
69+050.000	22755.98	22755.98	0	225806.43	225806.43	521417.75	-295611.3
69+075.000	24179.57	24179.57	0	249986	249986	521417.75	-271431.8
69+100.000	13712.63	13712.63	0	263698.63	263698.63	521417.75	-257719.1
69+125.000	1768.22	1768.22	4623.15	265466.85	265466.85	526040.9	-260574.1
69+150.000	0	0	11483.93	265466.85	265466.85	537524.83	-272058
69+175.000	0	0	11930.07	265466.85	265466.85	549454.9	-283988.1
69+200.000	0	0	7635.05	265466.85	265466.85	557089.95	-291623.1
69+225.000	411.5	411.5	2949.86	265878.35	265878.35	560039.8	-294161.5
69+250.000	3791.85	3791.85	384.09	269670.19	269670.19	560423.9	-290753.7
69+275.000	10227.97	10227.97	0	279898.17	279898.17	560423.9	-280525.7
69+300.000	17693.84	17693.84	0	297592.01	297592.01	560423.9	-262831.9
69+325.000	24344.16	24344.16	0	321936.17	321936.17	560423.9	-238487.7
69+350.000	25206.84	25206.84	0	347143.01	347143.01	560423.9	-213280.9
69+375.000	21204.02	21204.02	7.64	368347.03	368347.03	560431.53	-192084.5
69+400.000	17431.73	17431.73	906.64	385778.77	385778.77	561338.18	-175559.4
69+425.000	12385.39	12385.39	3423.79	398164.16	398164.16	564761.96	-166597.8
69+450.000	5457.37	5457.37	6284.13	403621.53	403621.53	571046.09	-167424.6
69+475.000	1011.26	1011.26	7934.09	404632.8	404632.8	578980.18	-174347.4
69+500.000	2.66	2.66	8796.76	404635.46	404635.46	587776.95	-183141.5
69+525.000	0	0	10106.23	404635.46	404635.46	597883.17	-193247.7
69+550.000	0	0	10284.72	404635.46	404635.46	608167.89	-203532.4
69+575.000	0	0	7886.93	404635.46	404635.46	616054.82	-211419.4
69+600.000	0	0	5731.77	404635.46	404635.46	621786.59	-217151.1
69+625.000	0	0	5837.7	404635.46	404635.46	627624.29	-222988.8
69+650.000	2878.59	2878.59	6267.19	407514.05	407514.05	633891.48	-226377.4
69+675.000	12468.92	12468.92	3440.46	419982.97	419982.97	637331.94	-217349

69+700.000	25784.65	25784.65	365.62	445767.62	445767.62	637697.57	-191930
69+725.000	35765.62	35765.62	0	481533.24	481533.24	637697.57	-156164.3
69+750.000	39244.36	39244.36	0	520777.59	520777.59	637697.57	-116920
69+775.000	37007.66	37007.66	552.62	557785.25	557785.25	638250.18	-80464.93
69+800.000	30036.66	30036.66	1635.78	587821.91	587821.91	639885.96	-52064.05
69+825.000	20823.67	20823.67	2059.37	608645.59	608645.59	641945.33	-33299.74
69+850.000	10716.31	10716.31	3839.84	619361.9	619361.9	645785.17	-26423.27
69+875.000	2594.69	2594.69	5746.78	621956.59	621956.59	651531.95	-29575.36
69+900.000	0.24	0.24	5610.99	621956.83	621956.83	657142.94	-35186.12
69+925.000	373.44	373.44	5509.48	622330.26	622330.26	662652.42	-40322.15
69+950.000	4097.96	4097.96	4418.94	626428.22	626428.22	667071.35	-40643.13
69+975.000	12523.85	12523.85	2304.3	638952.07	638952.07	669375.66	-30423.58
70+000.000	23713.39	23713.39	1159.94	662665.47	662665.47	670535.6	-7870.14