



**ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE DES TRAVAUX
D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA VOIE DE
CONTOURNEMENT DE OUAGADOUGOU SUR L'AXE RELIANT
LA RN1 A LA RN2 : DU PK11+200 AU PK 16+200**

MEMOIRE REDIGE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE
AVEC GRADE DE

MASTER II

SPECIALITE : **GENIE CIVIL-BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS**

Présenté et soutenu publiquement le 16/07/2024

PAR

GUIMEZAP NGOUGNI GATIEU Ulrich (20210297)

Encadrant 2iE : M. Issa MADOUGOU, Enseignant au département Science et Technique de l'Ingénieur-2iE

Maitre de stage : M. Joseph BATIONO, Directeur Technique à OZED INGENIEURS

Structure d'accueil du stage : OZED INGENIEURS

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr. Daniel YAMEGUEU NGUEWO

Membres et correcteurs : M. Koffi KOKOLE (Examinateur)

M. Georges Kibalo TCHAMIE (Examinateur)

Promotion : 2023/2024

DEDICACE



REMERCIEMENTS

L'élaboration de ce travail aurait été difficile sans l'apport de nombreuses personnes dont il est indispensable de remercier. Mes sincères remerciements vont à l'endroit de :

- Tout le personnel administratif et enseignant du département de Génie Civil de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour la qualité de la formation, le soutien et les conseils précieux ;
- Monsieur Issa MADOUGOU, enseignant à 2iE pour l'encadrement académique, sa disponibilité et son expertise tout au long de ce projet ;

Je dis également merci à l'ensemble du personnel de l'entreprise OZED Ingénieurs, particulièrement à :

- Monsieur Martin Bamboini DIABRI, directeur général d'OZED Ingénieurs pour nous avoir ouvert les portes de son entreprise ;
- Monsieur Joseph BATIONO, conseiller technique à OZED Ingénieurs pour l'orientation et le suivi durant notre période de stage ;
- Monsieur Yaya DIABRI, ingénieur à OZED Ingénieurs pour le suivi et les conseils techniques ayant servis à la rédaction du présent mémoire ;

Ma gratitude va aussi à l'endroit de :

- Monsieur Alain Yves NGOULOURE NDAM, ingénieur Génie Civil à EBOMAF pour son accompagnement, sa disponibilité et son aide précieuse pour l'obtention de ce stage ;
- Mes camarades de promotion pour la complémentarité, le travail en équipe, le soutien moral, et la convivialité ayant régné tout au long de notre parcours académique ;

Je remercie enfin ma famille pour le soutien infaillible et les encouragements dont j'ai bénéficié tout au long de ma formation.

RESUME

Pour notre stage de fin de formation, nous avons mené une étude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la route de contournement de Ouagadougou, sur l'axe reliant la RN1 à la RN2, du PK 11+200 au PK 16+200, soit une distance de 5 km. L'objectif principal est de proposer une structure de chaussée conforme qui respecte les exigences du cahier de clause technique et de dimensionner les ouvrages hydrauliques nécessaires pour protéger notre chaussée, tout ceci en s'appuyant sur des données récentes. Nous avons donc débuté notre étude par la conception géométrique où nous avons déterminé la géométrie des différents profils conformément aux normes de l'ICTAVRU.

Ensuite, à partir des données actualisées du trafic reçues auprès de la DGNET, des données géotechniques et en utilisant le guide du CEBTP, nous avons déterminé la structure de chaussée suivante pour le revêtement de surface : 5 cm de béton bitumineux, 18 cm de grave-bitume pour la couche de base et 20 cm de sol ciment pour la couche de fondation. Les études hydrologiques et hydrauliques ont suivi, et ont permis de déterminer les ouvrages d'assainissement nécessaires pour évacuer les eaux et de protéger l'ouvrage. On a donc six dalots (2 dalots de $3 \times 2 \times 2$ m, un dalot de $3 \times 1,5 \times 2$ m, deux dalots de $2 \times 2 \times 2$ m, un dalot de $1 \times 1,5 \times 2$ m) et des fossés (de section $h = 0,60$ m et $b = 1,30$ m).

Enfin, nous avons mené une évaluation des impacts du projet. Cette évaluation a permis de proposer des mesures d'atténuation et des recommandations pour la sécurité routière, telles que la signalisation adéquate et la création de passages sécurisés pour piétons. La consultation des habitants de la région et des experts techniques a été essentielle pour recueillir des informations diversifiées sur le projet. L'estimation du cout du projet nous donne une somme de **six milliard soixante-dix-huit million trois cent trente un mille six cents cinq francs CFA (6 078 531 605 fcfa)** pour la réalisation de cette section de route.

Les résultats permettront de réaliser efficacement le projet, en répondant aux exigences techniques, environnementales et de sécurité, et en contribuant à améliorer la fluidité et la sécurité routière sur cet axe de contournement.

Mots clés :

1- Dimensionnement

2- Bitumage

3- Voie

ABSTRACT

For our end of training course, we carried out an in-depth study of the technical development works of the Ouagadougou bypass road, on the axis linking the RN1 to the RN2, from PK 11+200 to PK 16+200, on a distance of 5 km. The main objective is to propose a compliant roadway structure which meets the requirements of the specific technical clauses and to size the hydraulic works necessary to protect our roadway, all this based on recent data. We therefore began our study with the geometric design where we determined the geometry of the different profiles in accordance with ICTAVRU standards.

Then from the updated traffic data received from the DGNET, geotechnical data and using the CEBTP guide, we determined the following road structure for the wearing course: 5 cm of bituminous concrete, 18 cm of gravel-bitumen for the base layer and 20 cm of cement soil for the foundation layer. Hydrological and hydraulic studies followed, and made it possible to determine the sanitation works necessary to evacuate the water and protect the structure. We therefore have six scuppers (2 scuppers of $3 \times 2 \times 2$ m, one scupper of $3 \times 1.5 \times 2$ m, two scuppers of $2 \times 2 \times 2$ m, one scupper of $1 \times 1.5 \times 2$ m) and ditches (of section $h = 0.60$ m and $b = 1.30$ m).

Finally, we conducted an evaluation of the impacts of the project. This assessment made it possible to propose mitigation measures and recommendations for road safety, such as adequate signage and the creation of safe pedestrian crossings. Consultation with local residents and technical experts was essential to gather diverse information on the project. The financial study of the project gives us a sum of **six billion seventy-eight million three hundred and thirty-one thousand six hundred and five CFA francs** for the construction of this section of road.

These results will enable the project to be carried out efficiently, by meeting technical, environmental and safety requirements, and by contributing to improving traffic flow and safety on this axis of the bypass.

Keywords :

- 1- Sizing
- 2- Asphaltting
- 3- Roads

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE : Institut International d'Ingénierie, de l'Eau et de l'Environnement
ANAM : Agence Nationale de la Météorologie
APD : Avant-projet Détaillé
BB : Béton Bitumineux
BTP : Bâtiment et Travaux Publics
BV : Bassin Versant
CBRm : Californian Bearing Ratio
CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières
CEBTP : Centre d'Études et de Recherches du Bâtiment et des Travaux Publics
DGNET : Direction Générale de la Normalisation et des Etudes Techniques
GB : Grave Bitume
GC : Génie Civil
GLA : Grave latéritique amélioré au ciment
GNT : Grave Non Traité
ICTAAL : Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison
ICTARN : Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Routes Nationales
ICTAVRU : Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines
INSD : Institut National de la Statistique et de la Démographie
INSD : Institut National de la Statistique et de la Démographie
Km : Kilomètre
LNBTP : Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics
M : Mètre
Mpa : Méga Pascal
OPM : Optimum Proctor Modifié
PGES : Plan de Gestion Environnemental et Social
PK : Point Kilométrique
PL : Poids Lourd
TN : Terrain Naturel

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES ABREVIATIONS.....	v
TABLE DES MATIERES	vi
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES FIGURES.....	xi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL, DE LA ZONE D'ETUDE ET DU PROJET	2
I.1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL	2
I.1.1. Dénomination - référence administrative - localisation.....	2
I.1.2. Historique.....	2
I.1.3. Domaines d'intervention.....	2
I.2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	3
I.2.1. Position géographique.....	3
I.2.2. Aspects naturels de la région.....	5
I.2.3. Caractéristiques démographiques de la région	6
I.2.4. Situation économique.....	6
I.3. PRESENTATION DU PROJET.....	6
I.3.1. Contexte et justification	6
I.3.2. Etat des lieux.....	7
I.4. OBJECTIF DE L'ETUDE TECHNIQUE.....	8
I.4.1. Objectif global	8

I.4.2. Objectifs spécifiques	8
I.5. METHODOLOGIE ET MATERIELS UTILISES POUR L'ETUDE	8
I.5.1. Matériels utilisés	8
I.5.2. Méthodologie de l'étude	9
CHAPITRE II : ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE	12
II.1. NORMES ET AMENAGEMENTS UTILISES POUR NOTRE VOIE.....	12
II.1.1. Normes de conception routière	12
II.1.2. Trace en plan et devers associées	13
II.1.3. Profil en long	14
II.1.4. Distance d'arrêt et de visibilité	15
II.1.5. Profil en travers	18
II.2. Dimensionnement de la chaussée	19
II.2.1. Etude du trafic	19
II.2.2. Analyse géotechnique et caractérisation du sol support	20
II.2.3. Choix de la structure de chaussée	24
II.2.4. Vérification de la structure de chaussée	25
II.3. ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE	28
II.3.1. Etude hydrologique.....	28
II.3.2. Etude hydraulique.....	40
II.3.3. Dimensionnement structural des dalots	45
CHAPITRE III. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL, SIGNALISATION ROUTIERE ET ESTIMATION DU COUT DE NOTRE SECTION DE ROUTE.....	49
III.1. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL, SIGNALISATION ROUTIERE	49
III.1.1. Plan de gestion de l'environnement du site.....	49
III.1.2. Rappel du cadre législatif régissant le projet.....	50
III.1.3. Identification et mesure d'atténuation des impacts du projet.....	51

III.1.4. Signalisation routière.....	52
III.2. ETUDE FINANCIERE	55
CONCLUSION	56
BIBLIOGRAPHIE	57
ANNEXES	59

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: caractéristiques du tracé en plan et devers associés(CERTU 2008).....	13
Tableau 2: valeurs caractéristiques des rayons en angle saillant(CERTU 2008)	14
Tableau 3: valeurs caractéristiques des rayons en angle rentrant(CERTU 2008)	14
Tableau 4 : distance d'arrêt en fonction des vitesses(CERTU 2008).....	15
Tableau 5 : visibilité aux points d'entrée(CERTU 2008).....	16
Tableau 6: visibilité aux points de sortir(CERTU 2008).....	17
Tableau 7: rayons de visibilité en angle saillant(CERTU 2008)	18
Tableau 8: classe de trafic en fonction du trafic cumulée (« Guide_pratique_dimensionnement.pdf » 1984.).....	20
Tableau 9: résultat des analyses géotechnique(LNBTP 2016).....	22
Tableau 10: portance des sols(« Guide_pratique_dimensionnement.pdf » 1984).....	23
Tableau 11 : classe de portance des sols support (source : GTR 2000).....	24
Tableau 12: structure de chaussée proposée	24
Tableau 13: Tableau récapitulatif des contraintes de la structure issue du guide du CEBTP ..	26
Tableau 14: tableau récapitulatif des contraintes	27
Tableau 15: caractéristiques des bassins versants	29
Tableau 16 : méthode de calcul utilisé	30
Tableau 17 : récapitulatif des débits de la méthode rationnelle	32
Tableau 18 : valeur des coefficients de variation	34
Tableau 19: récapitulatif des débits	39
Tableau 20: récapitulatif des sections des dalots.....	43
Tableau 21: charges des différents éléments constitutif du dalot.....	45
Tableau 22 : Calcul des moments.....	47
Tableau 23: section d'acier	47
Tableau 24: récapitulatif des dimensions du mur en aile	48
Tableau 25: tableau récapitulatif du coup du projet	55
Tableau 26:Résumé du comptage routier de 2018 sur l'intersection des voies reliant la RN1 à la RN2	60
Tableau 27 : paramètre de calcul de la méthode rationnelle	67
Tableau 28: calcul des débits par la méthode rationnelle	68
Tableau 29 : pluviométrie journalière maximale.....	69
Tableau 30 : calcul des sections des différents dalots	76

Tableau 31: classe du dalot (source : cours de CCOH 2IE)	77
Tableau 32: calcul de la surcharge du système A	79
Tableau 33 : calcul des surcharges des différents systèmes B et du système Mc120	80
Tableau 34 Calcul des charges à ELS et a ELU	82
Tableau 35: calcul des charges d'exploitation à ELS	83
Tableau 36: paramètres de calcul des sections d'acier	84
Tableau 37: calcul de la section d'acier du tablier	85
Tableau 38 : calcul du coût du projet	92
Tableau 39: Tabulation du profil en long	101

LISTE DES FIGURES

Figure 1: localisation de la zone d'étude (source : institut géographique du Burkina Faso).....	4
Figure 2: Distance de freinage en fonction de la pente(CERTU 2008).....	16
Figure 3: illustration des différents paramètres	17
Figure 4: Vérification de la première structure de chaussée	25
Figure 5 : vérification des déformations	26
Figure 6: profil en travers type de la chaussée	27
Figure 7 : modélisation des différents bassins versant avec leurs exutoires.	28
Figure 8: position géographique de la zone d'étude (source : crues et apports FAO 54).....	33
Figure 9 : détermination du Pan (source : crues et apports FAO54)	34
Figure 10 : valeur de la hauteur de pluie décennale	35
Figure 11: courbe hypsométrique avec tableau des surfaces cumulées	36
Figure 12: fonctionnement en sortie noyée	41
Figure 13: fonctionnement en sortie libre.	41
Figure 14 : coupe transversale du fossé triangulaire (source : hydraulique routière BCEOM)44	
Figure 15:chargement de la structure	46
Figure 16: moments fléchissant.....	46
Figure 17: prédimensionnement du mur en aile	48
Figure 18: signalisation permanente.....	53
Figure 19:panneau de signalisation temporaire (source : https://www.codeenpoche.fr/cours-de-code/circulation-routiere/signalisation-temporaire/)	54
Figure 20: plots et barrière de sécurité	54
Figure 21: Résumé du comptage routier de 2007.....	60
Figure 22 : carte des différents bassins versants	66
Figure 23 : choix du coefficient de ruissellement	67
Figure 24: choix des coefficients pour le calcul de Kr70 et Kr100.....	70
Figure 25 : calcul de la hauteur réduite	71
Figure 26 : calcul de la pente critique en fonction débit	72
Figure 27 : calcul de la vitesse réduite	73
Figure 28: calcul des charges du système Bc	74
Figure 29 : calcul des charges du système Bt.....	74
Figure 30 : calcul des charges du système Br	75
Figure 31:calcul des charges du système Mc120	75

Figure 32: calcul des différentes charges permanentes	78
Figure 33: calcul de la section d'acier du radier	85
Figure 34: section d'acier des pieds de rive	86
Figure 35: section d'acier des pieds intermédiaires	87
Figure 36: Dimensionnement du mur en aile	88
Figure 37: calcul des charges qui arrive sur le voile	89
Figure 38 : calcul des aciers sur le côté amont	89
Figure 39 : calcul des aciers coté aval	90
Figure 40 : calcul de la section d'acier de la semelle	91
Figure 41: vue de face du dalot	94
Figure 42 : coupe transversale du dalot	95
Figure 43 : plan de ferrailage du dalot	96
Figure 44: plan de ferrailage du mur en aile	97
Figure 45: vue de dessus du dalot	98
Figure 46: profil en travers type	99
Figure 47: Profil en travers type P08	100

INTRODUCTION

Le développement des infrastructures routières est très important pour la croissance économique et l'amélioration des conditions de vie en milieu urbain, notamment dans les villes en pleine expansion comme Ouagadougou, capitale du Burkina Faso. La ville rencontre des problèmes majeurs en matière de circulation, exacerbés par une augmentation constante du trafic. Pour pallier à ce problème le gouvernement burkinabé a mis en place le projet d'aménagement technique d'une route pour le contournement de Ouagadougou. C'est donc dans ce contexte que nous avons mené une étude sur la voie reliant la RN1 à la RN2 du PK 11 + 200 au PK 16 +200 soit environ 5 km de route sous le thème : « **ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA VOIE DE CONTOURNEMENT DE OUAGADOUGOU SUR L'AXE RELIANT LA RN1 A LA RN2 : DU PKP 11+200 AU PK 16+200** ».

La question majeure qui sous-tend notre problématique est de savoir comment améliorer la fluidité du trafic et réduire la congestion dans les zones critique de Ouagadougou, tout en assurant une sécurité routière optimale et en minimisant les impacts environnementaux négatif ? Pour répondre à cette question, nous avons défini plusieurs objectifs. Premièrement, décrire la structure d'accueil, la zone d'étude et les caractéristiques spécifiques du projet. Deuxièmement, réaliser une étude technique détaillée pour identifier les meilleures solutions d'aménagement et de bitumage. Cette étape en particulier nécessitera de faire un dimensionnement de la chaussée, une étude hydrologique et hydraulique afin de dimensionner les ouvrages de drainage. Enfin, évaluer les impacts environnementaux et sociaux potentiels et estimer les coûts associés à la réalisation de cette section de route.

Pour atteindre ces objectifs, l'étude s'appuiera sur une combinaison de recherches comprenant des données météorologiques, de trafic et topographiques, ainsi que sur des concertations avec les acteurs impliqués. Cette méthode vise à garantir une évaluation précise et complète des besoins et des impacts du projet.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL, DE LA ZONE D'ETUDE ET DU PROJET

I.1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

I.1.1. Dénomination - référence administrative - localisation

Le bureau **OZED Ingénieurs Conseils Sarl**, nous a ouvert ses portes et nous a permis de nous immerger dans une ambiance professionnelle, afin de nous permettre de rédiger notre mémoire de fin d'études. Il est membre du conseil national des ingénieurs, arrêté N°31.

Enregistré au numéro de commerce RCM N°BF OUA 2018 M 5478 avec un IFU N°00081826 W ; il peut être joint au +226 25 36 60 59, par email : infos@ozed-bf.com et ou par boîte postale 01 BP : 1343 Ouagadougou 01. Il a un capital de 2 000 000 FCFA.

Le cabinet se trouve à Ouagadougou, au secteur 44 (Zone I), sur l'avenue KANZANDE Léopold, immeuble Pharmacie ZONE I.

I.1.2. Historique

OZED Ingénieurs est une entreprise fondée en 2016, qui réalise des travaux d'infrastructures civiles dans un périmètre en pleine croissance, s'étendant du Mali au Niger en passant par le Burkina Faso. En études et en suivi-contrôle, elle a à son actif plus de 100 km de routes revêtues, et environ 200 km de routes non revêtues, de barrages et de bâtiments Publics.

I.1.3. Domaines d'intervention

OZED Ingénieurs intervient dans les domaines suivants :

- Les études et la réalisation des projets d'infrastructures civiles ;
- Le conseil et la formation dans le domaine du génie civil, du génie rural, de la géotechnique, du génie de l'environnement et du développement rural ;
- Le contrôle et la surveillance des travaux de réalisation des projets d'infrastructures suscitées ;
- La réalisation d'expertises d'ouvrages de Génie Civil (GC) ;
- La formation des professionnels aux meilleures pratiques des métiers du génie civil ;
- L'Assistance aux entreprises de travaux de BTP.

Pour l'atteinte de ses objectifs, OZED dispose d'équipes dotées de savoir-faire et d'expériences riches et très variées, acquises aussi bien en entreprises de travaux, que dans des bureaux d'études, de matériels informatiques de dernière génération et de matériels roulants.

I.2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.2.1. Position géographique

La zone d'intervention se trouve au centre, plus exactement dans la province de Kadiogo, où se situe la capitale du Burkina Faso. Géographiquement cette province est comprise entre 12°00' et 12°45' de latitude nord, et entre 1°15' et 2°00' de longitude ouest.

Cette province s'étend sur une superficie de 2845 Km² et est divisée en cinq arrondissements et sept départements, comptant 148 villages. Ses limites géographiques s'étendent au nord, nord-ouest et à l'est jusqu'à la région du plateau central, à l'ouest jusqu'à la région du centre ouest et au sud jusqu'à la région du centre-sud.

La voie de contournement envisagée pour le projet entoure la ville de Ouagadougou et couvre une distance d'environ 125 Km. Ce projet se divise principalement en deux branches : la branche nord, reliant la RN4 à la RN1, et la branche sud, partant de la RN4 à la RN1.

Pour le cadre de ce mémoire, notre étude va porter sur la branche Nord de la route du contournement plus précisément sur l'axe reliant la RN2 à la RN1 entre le PK 11+200 le PK 16 + 200. La carte ci-dessous est une matérialisation de la zone d'influence du projet.

TITRE : CARTE DE LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

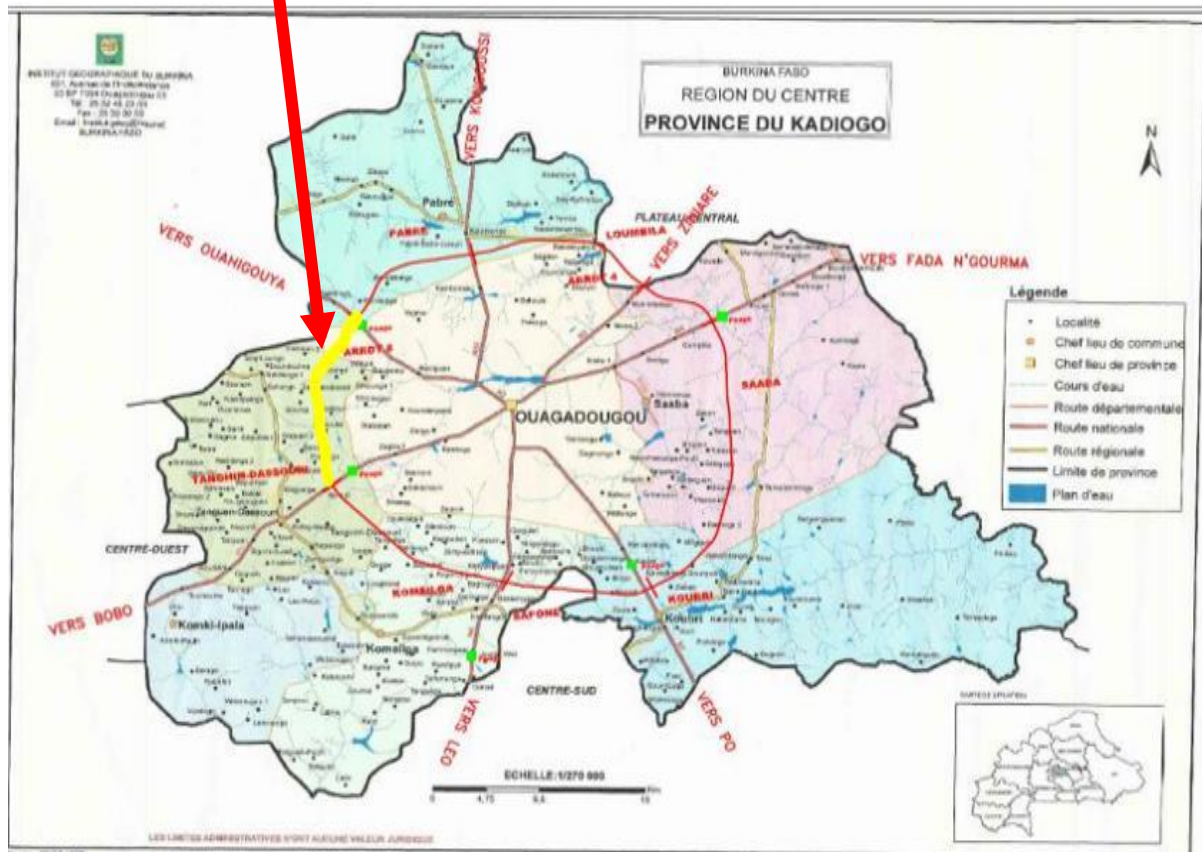
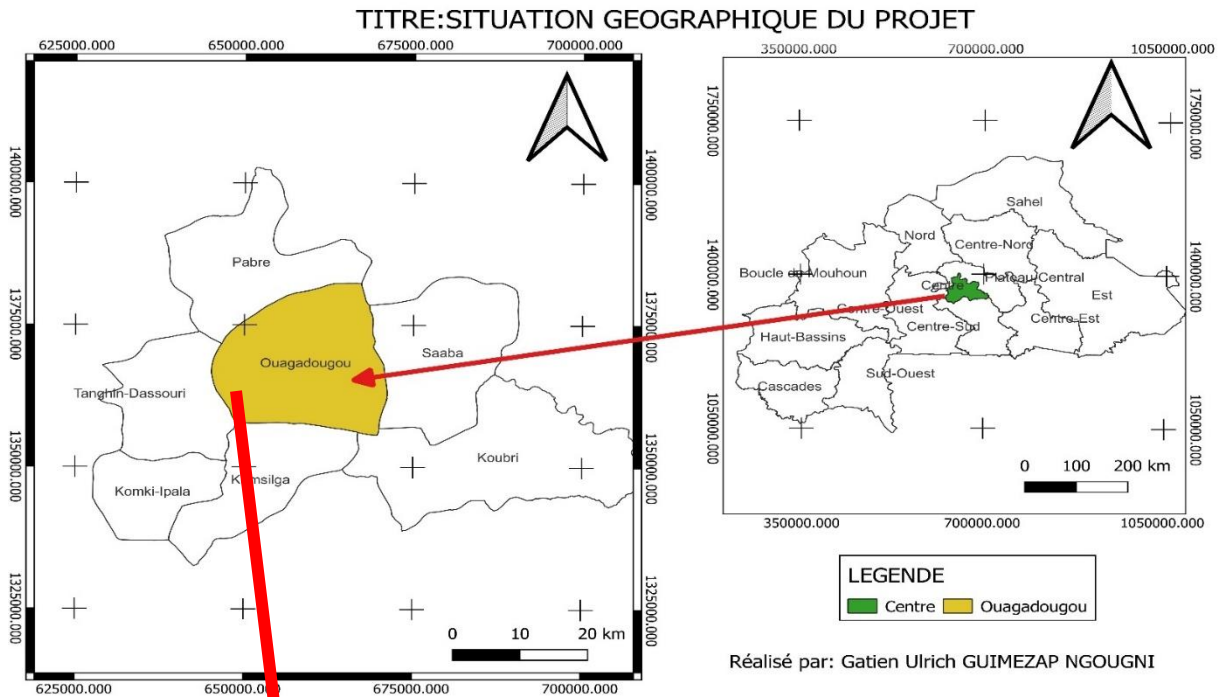


Figure 1: localisation de la zone d'étude (source : institut géographique du Burkina Faso)

I.2.2. Aspects naturels de la région

- Le relief

La région de Kadiogo présente un relief relativement plat et monotone. La plaine d'une altitude moyenne de 300 mètres occupe environ 66 % du territoire provincial. Elle offre un paysage plat et monotone avec des pentes faibles de l'ordre de 1 à 2 %. Les ravins ponctuent le paysage et sont souvent sujets à l'érosion. Les bas-fonds situés près des cours d'eau constituent les points bas du relief (INSD 2018).

En résumé, Kadiogo ne présente pas de relief accidenté. La plaine domine le relief tandis que les bas-fonds jouent un rôle important dans l'activité humaine.

- Le climat

Le climat de notre zone d'étude est tropical avec deux saisons. La saison sèche qui va de novembre à avril et se caractérise par un ciel clair et des vents secs et poussiéreux. La température minimale varie autour de 20°C tandis que les températures maximales sont situées entre 30 et 38°C. La saison de pluies qui va de mai à octobre est caractérisée par des pluies abondantes et, un ciel nuageux et une humidité relativement élevée. La température maximale est de 30°C et les précipitations annuelles moyennes varient entre 600 mm et 900 mm (INSD 2019).

- Sols

On distingue quatre types de sols à savoir :

- **Les sols ferrugineux tropicaux** : ils se situent sur des terrains sableux, sablo-argileux ou argilo-sableux et sont caractérisés par une texture sableuse et une faible fertilité. Ils connaissent une perte de nutriments due au lessivage et des concrétions ferrugineuses ;
- **Les sols peu évolués d'érosion sur matériaux gravillonnaires** : Ils sont de texture sableuse et grossière en surface. Ils présentent nombreuses concrétions avec un faible développement du profil pédologique dû à l'érosion ;
- **Les sols bruns eutrophes vertiques** : ils ont une proportion très faible dans la zone étudiée. Ils sont riches en nutriments et sont favorables à l'agriculture ;
- **Les sols hydromorphes minéraux à pseudogley** : ils sont engorgés en eau en surface ou sur tout le profil. De texture variable, on les rencontre dans les plaines alluviales

favorables à la croissance de certaines plantes aquatiques. (Source : rapport APD du projet) (INSD 2019).

- **Végétation**

La végétation naturelle de la région est également variée et en fonction de la zone et du type de climat on distingue :

- **La savane arborée** : Elle est la plus répandue et est composée d'arbres et d'arbustes dispersés.
- **La forêt claire** : Elle se trouve dans les zones plus humides et est composée d'une strate arborée plus dense et d'une strate herbacée moins dense. Les arbres les plus fréquents sont le kapokier, le fromager et le manguier.
- **La steppe** : Elle se trouve dans les secteurs les plus arides et est composée d'une végétation herbacée clairsemée. Les graminées les plus communes sont le cram-cram, l'herbe à éléphant et le panicum.

I.2.3. Caractéristiques démographiques de la région

La population de cette région est estimée à 3 032 668 habitants selon l'INSD en 2019 soit près de 14% de la population nationale (INSD 2019). Cette population est jeune avec un âge moyen de 18,7 ans et un taux de croissance annuel de 4,7% pour une densité de 344 habitants par km², faisant de la région la plus densément peuplée du Burkina Faso.

I.2.4. Situation économique

La région de Kadiogo est la plus dynamique du Pays et abrite la capitale Ouagadougou qui représente également le moteur économique du Pays. L'agriculture est le principal secteur d'activité employant environ 60% de la population (Colin, Delville, et Léonard 2023). Le secteur industriel est en pleine expansion. Notons également que le commerce et les services sont également des secteurs importants.

I.3. PRESENTATION DU PROJET

I.3.1. Contexte et justification

Le développement des Pays africains reste confronté à des obstacles majeurs, notamment l'insuffisance d'infrastructures routières. La ville de Ouagadougou n'en est pas

épargnée, avec les nombreuses difficultés liées à la fluidité du trafic, à la nécessité de stimuler le commerce et les échanges, ainsi que l'impératif de développement urbain pour ne citer que celles-ci. La demande croissante d'un accès fluide aux services publics a fait du secteur des transports une préoccupation majeure pour les autorités. Ouagadougou, capitale du Burkina Faso, est délimité par Pabré et Loumbila au nord, à l'est par Saaba, au sud par Koubri et Komsilga, et à l'ouest par la commune rurale de Tanghin-Dassouri. En tant que centre de polarisation d'institutions administratives, diplomatiques, de personnes et de services divers, elle joue un rôle crucial dans les échanges de personnes et des ressources à travers les routes nationales, ce qui lui confère une urbanisation rapide.

Toutefois, cette urbanisation rapide, combinée à une pression démographique accrue et à une augmentation du trafic, pose des défis majeurs en matière de gestion de la circulation. La congestion routière, particulièrement aiguë dans le centre-ville, est exacerbée par l'absence d'une route de contournement adéquate. Le boulevard circulaire, crucial pour les échanges intra et extra-urbains, reste incomplet au nord, entraînant une saturation du trafic. Si cette situation perdure, le centre-ville risque de se retrouver prochainement en état de congestion extrême, à l'opposé de l'idéal d'un centre-ville accueillant avec une circulation fluide et offrant des espaces dédiés aux piétons tout en favorisant les modes de déplacement écologiques tels que les vélos et les transports en commun.

Afin de remédier à cette situation, le gouvernement burkinabé a entrepris un projet de construction et d'aménagement d'une route de contournement long 125 km, en partenariat Public-privé avec le groupe EBOMAF.

I.3.2. Etat des lieux

Ce projet couvre une distance totale 125 Km. Sur les 125 km, il ne reste que 17 Km situés entre la RN2 et la RN1 à terminer. Notre structure d'accueil a donc reparti les 17 Km à ces trois stagiaires soit une moyenne d'environ 5,5 Km par stagiaire. La section qui nous a donc été confiée va du PK11+200 au PK16+200. Elle relie le village Sabtenga au village Kouakin en passant par les villages Zekounga et Tinsouka. Cette section présente actuellement des avancées significatives dans sa construction ; le niveau de l'emprise de la voie par exemple a été dégagée, permettant ainsi un accès facile à la zone d'emprunt et de tracer le chemin prévu pour cette importante infrastructure.

Cette section du projet est d'une importance capitale dans la décongestion du trafic dans la région de Ouagadougou. En reliant la RN2 à la RN1, elle offre une alternative efficace pour les voyageurs et les transporteurs, évitant ainsi le centre-ville et réduisant le temps de trajet.

En dépit des progrès significatifs enregistrés dans l'exécution de ces travaux dont l'importance socio-économique n'est plus à démontrer, il convient de rester attentif à la progression des travaux et à la qualité de leur exécution afin de garantir la sécurité et l'efficacité de cette nouvelle route pour les usagers.

I.4. OBJECTIF DE L'ETUDE TECHNIQUE

I.4.1. Objectif global

Notre étude vise à aider le gouvernement du Burkina Faso dans la réalisation de cette grande infrastructure routière qui va améliorer les conditions de vie des populations de la ville de Ouagadougou et favoriser le développement économique et sociale de cette localité. C'est dans cette optique que notre bureau d'étude s'est assigné comme mission de trouver des solutions techniques pour la réalisation de ce tronçon de route.

I.4.2. Objectifs spécifiques

De notre objectif global, découlent des objectifs spécifiques :

- ❖ Proposer une structure de chaussée en s'appuyant sur une actualisation des données de trafic ;
- ❖ Déterminer et dimensionner les ouvrages hydrauliques en se basant les données météorologiques et sur la modification du réseau hydrographique via l'érosion ;
- ❖ Examiner les aspects environnementaux et sociaux à prendre en compte dans l'étude et voir comment les intégrer dans la planification et la réalisation du projet ;
- ❖ Faire une étude du coût du projet de notre tronçon de route.

I.5. METHODOLOGIE ET MATERIELS UTILISES POUR L'ETUDE

I.5.1. MATERIELS UTILISES

Pour réaliser une telle étude, le choix des matériels utilisés est essentiel pour garantir la précision des données et aussi pour la réalisation d'analyses approfondies nécessaires à la conception d'infrastructures routières efficaces et durables.

Parmi ces outils nous pouvons citer :

- Les outils de terrain : les GPS, les niveaux topographiques ;
- Les logiciels spécialisés : ArcGis pour délimiter les bassins versants, COVADIS pour la gestion des informations topographiques et le tracé géométrique, AUTOCAD pour le tracé des plans, GOOGLE EARTH pour la gestion des positions géographiques ;
- Équipements de laboratoire : les appareils de compression et de granulométrie, ainsi que les dispositifs de mesure de la perméabilité pour la réalisation des tests sur des échantillons de sol
- Matériel de bureau : MICROSOFT OFFICE (Word, tableur Excel, PowerPoint, MS-Project) a été employé pour documenter les résultats, analyser les données, et rédiger les rapports.

I.5.2. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

I.5.2.1. Approche utilisée pour réaliser l'étude technique détaillée

Notre structure d'accueil a mis à notre disposition certaines données pour notre étude à savoir :

- Les levées topographiques : qui vont nous permettre de faire ressortir les différents profils ;
- Le rapport géotechnique de la zone d'étude qui sera utilisé pour déterminer la structure de chaussée qui a mettre en place ;

Le rapport de l'étude de trafic 2018 de nous a été fourni par la DGNET, il nous permettra de catégoriser le trafic et de déterminer la structure de chaussée.

Les rapports météorologiques de la zone reçus de l'ANAM de Ouagadougou nous serviront à effectuer les études hydrologiques.

Les visites de notre zone d'étude nous ont permis de connaître les contraintes environnementales et les caractéristiques topographiques.

V.2.2. Analyse des données géotechniques

L'étude géotechnique est essentielle pour la conception d'une route. A travers le rapport géotechnique du projet fourni par le LNBTP, nous allons essayer de faire ressortir la classe de portance du sol, afin de déterminer la structure de chaussée à mettre en place.

I.5.2.2. Dimensionnement de la chaussée

Nous allons nous baser sur la caractérisation du trafic qui a été déterminée à partir des investigations menées sur le terrain. Ceci va nous permettre de déterminer le volume du trafic attendu sur la voie, et d'orienter les décisions de dimensionnement. L'accent est mis aussi sur la recherche d'une bonne structure de chaussée pour une durée de vie projetée de 15ans avec une date de mise en service modifiée. Le principe de dimensionnement repose sur une approche théorique ou rationnelle, connue sous le nom de méthodes rationnelles. Cette méthode se fonde sur des principes de mécanique des milieux continus et sur la résistance des matériaux, ce qui leurs permet d'être appliqués à différents types de conditions climatiques et de trafic.

Le comportement des matériaux constituant la chaussée et les plateformes seront modélisés à l'aide de techniques mathématiques. Les sollicitations subies par ces matériaux en raison du trafic seront déterminées à l'aide du logiciel Alizé, puis évaluées et comparées à des seuils admissibles pour anticiper sur les types de détériorations pouvant survenir tout au long de la durée de vie de l'ouvrage.

I.5.2.3. Conception géométrique

Nous examinerons la planification géométrique en nous concentrant sur l'agencement horizontal et vertical de la route, ainsi que sur la planification de la chaussée. Elle a pour objectifs la sécurité des usagers, l'efficacité de la circulation et la conformité aux normes en vigueur. La configuration de la chaussée telle que la largeur des voies, les accotements, les intersections et les carrefours seront décrits en expliquant les choix faits en fonction des besoins de la circulation et des conditions locales.

Les étapes de cette conception géométrique sont :

- Le tracé de l'axe en plan
- Le tracé du profil en long

- Le tracé du profil en travers type

Cette conception sera réalisée à l'aide du logiciel assisté par ordinateur « COVADIS »

1.5.2.4. Etude hydrologique et hydraulique

Cette partie va porter essentiellement sur l'analyse des phénomènes hydrologiques et hydrauliques et va nous permettre d'évaluer l'impact des précipitations sur notre voie. L'analyse hydrologique vise à comprendre le comportement des cours d'eau et des écoulements dans la zone du projet. Tandis que l'étude hydraulique permet de concevoir des infrastructures de gestion des eaux pluviales pour prévenir les inondations et maintenir notre chaussée hors d'eau. Les données hydrologiques nous permettront de déterminer les bassins versants avec leurs différentes caractéristiques afin de calculer les débits de crue et les volumes d'écoulement résultant des épisodes pluvieux. Par la suite, l'étude hydraulique va permettre de concevoir et dimensionner les ouvrages d'arts tels que les ponts, et des ponceaux pour gérer les eaux pluviales et minimiser les risques d'inondation le long de la voie.

CHAPITRE II : ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE

Dans ce chapitre nous allons faire une analyse détaillée des différents aspects techniques de notre étude. Pour mener à bien ce chapitre nous allons faire une étude géotechnique, analyser le trafic, concevoir et dimensionner la chaussée, faire l'étude hydrologique et hydraulique. Enfin, faire au chapitre 3 une analyse environnementale avec prise en compte des impacts sociaux et une étude des coûts du projet.

II.1. NORMES ET AMENAGEMENTS UTILISES POUR NOTRE VOIE

II.1.1. NORMES DE CONCEPTION ROUTIERE

La conception géométrique d'une route requiert une série d'activités essentielles en bureau visant à garantir la sécurité des personnes qui emprunteront cette voie. De la sélection du tracé à l'estimation des coûts du projet, en passant par l'élaboration des différents plans, chaque étape a un rôle précis pour le projet. Ces démarches sont dictées par des normes techniques spécifiques définissant les conditions dans lesquelles les infrastructures routières doivent être conçues.

En l'absence de réglementations locales, nous nous appuyons sur les normes françaises pour guider notre processus de conception. Ces normes portent principalement sur l'aménagement des autoroutes de liaisons (ICTAAL), sur l'aménagement des routes nationales (ICTARN), et l'aménagement des voies rapides urbaines (ICTAVRU). Le respect de ces normes nous permet de sélectionner le type de route à étudier et de décrire le projet à l'aide de divers documents.

La section de route qui nous est confiée traverse la zone urbaine donc correspond à une voie rapide urbaine. De plus le CCTP de ce projet nous demande de prendre comme vitesse de référence 100Km/h. Par conséquent nous allons utiliser la norme I.C.T.A.V.R.U qui établit les paramètres spécifiques pour ce type d'infrastructure afin de garantir la circulation fluide et la sécurité. Etant donné qu'il s'agit d'une autoroute, on a donc à faire ici d'après la norme I.C.T.A.V.R.U à une route de type A100. La classe A100 assure un niveau de confort satisfaisant pour les véhicules circulant à 100Km/h en raison du tracé de la route ou du profil de la chaussée (**CERTU 2008**). Néanmoins des aménagements spécifiques peuvent être nécessaires à certains endroits pour signaler ces conditions exceptionnelles.

Intégrer cette norme dans notre processus de conception nous assure que notre route répond aux exigences de qualité et de sécurité les plus élevées. Cette approche assure également une cohérence avec les pratiques internationales, ce qui est essentiel pour garantir l'interopérabilité et la compatibilité avec les réseaux routiers existants.

II.1.2. TRACE EN PLAN ET DEVERS ASSOCIEES

La conception de ces deux éléments revêt une importance cruciale pour les utilisateurs de cette voie. Dans cette optique, différentes valeurs de rayons de courbure et de dévers sont déterminées en fonction des catégories de voies. Par exemple, pour les routes de types A, on a les valeurs limites suivantes :

Tableau 1: caractéristiques du tracé en plan et devers associés(CERTU 2008)

Catégorie	A 80	A 100
Rayon non déversé (dévers : $\delta = - 2,5 \%$)	400 m	800m
Rayon non déversé (dévers : $\delta = - 2,5 \%$)	300 m	500m
Rayon minimal (dévers : $\delta = 5 \%$)	240 m	425 m

La longueur des clothoïdes est égale au max (L1, L2) :

$$L1 = 14[\delta_1 - \delta_0] 4$$

$$L2 = R/9$$

Avec L : longueur (m) ;

R : rayon (m) ;

δ_0 : la pente transversale (%) ;

δ_1 : le dévers.

Une considération primordiale dans la conception du tracé en plan assure la sécurité des usagers, surtout en présence d'obstacles latéraux. Dans de telles situations, l'attention est portée aux conditions de visibilité

II.1.3. PROFIL EN LONG

Le profil en long de notre voie doit également respecter les normes ICTAVRU au niveau des pentes et des rampes. La pente moyenne ne doit pas excéder les valeurs π . Des pentes instantanées plus fortes sont autorisées sur une longueur inférieure à 30 mètres, sans toutefois dépasser $1,5 \pi$. Pour notre route qui est une voie de catégorie A100 la déclivité moyenne est de 5%.

Tableau 2: valeurs caractéristiques des rayons en angle saillant (CERTU 2008)

Catégorie	U60	A 80	A 100
Rayon normal en angle saillant	2500 m	6000 m	10000 m
Rayon minimal en angle saillant	1500 m	3000 m	600 0m

Les rayons en angle rentrant qui sont fixés par les conditions de confort et donc les valeurs limites sont les suivantes.

Tableau 3: valeurs caractéristiques des rayons en angle rentrant (CERTU 2008)

Catégorie	U60	A 80	A 100
Rayon normal en angle rentrant	1500 m	2000 m	30000 m
Rayon minimal en angle rentrant	800 m	1000 m	1500 0m

Le respect des normes ci- dessus, le calage de la ligne rouge du projet, et le respect de la hauteur des différentes couches de notre chaussée vont nous permettre de créer un profil en long fonctionnelle et adapté aux besoins des usagers et de l'environnement urbain.

II.1.4. DISTANCE D'ARRET ET DE VISIBILITE

II.1.4.1. Distance d'arrêt

La distance d'arrêt d est égale à l'addition de la distance de perception-réaction avant le début du freinage qui est de deux secondes et la distance d_0 parcourue pendant le freinage lui-même annulant ainsi sa vitesse initiale V .

Tableau 4 : distance d'arrêt en fonction des vitesses(CERTU 2008)

V	40 Km/h	60 Km/h	80 Km/h	100 Km/h	110 Km/h
d_0	15 m	35 m	60 m	105 m	135
d	40 m	70 m	105 m	160 m	190
d_s	35 m	55 m	75 m	110 m	125

Avec d_s : distance d'arrêt pour les sols sec

II.1.4.2. Distance de freinage en fonction de la déclivité

La distance d'arrêt en fonction de la déclivité se donne en fonction du graphe ci-dessous :

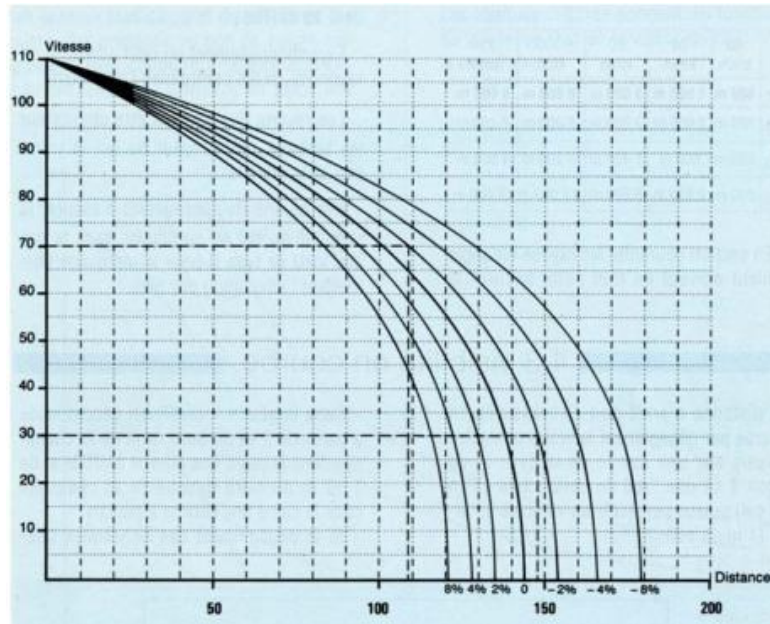


Figure 2: Distance de freinage en fonction de la pente(CERTU 2008)

II.1.4.3. Visibilité aux points d'entrée et de sortie

La visibilité sur les entrées et les sorties est une condition pour le bon niveau de fonctionnement de la sécurité sur une route. Elle s'apprécie pour un conducteur qui est situé à 2 m du bord droit de sa voie et à 1 m du sol, circulant à la vitesse prescrite. Le tableau suivant nous présente les distances d'arrêts en fonction des vitesses :

Tableau 5 : visibilité aux points d'entrée(CERTU 2008)

V (Km/h)	50	70	90	110
d_a (m) en alignement et en palier	50	85	130	195

Pour les points de sorties on a :

-La distance de perception 1 (d_p1).

-La distance de perception 2 (d_p2)

Tableau 6: visibilité aux points de sortir(CERTU 2008)

V (Km/h)	50	70	90	110
d_{p1} (m) 3v	45	60	75	90
d_{p2} (m) 6v	85	120	150	185

La visibilité de dépassement n'est pas donnée par l'ICTAVRU pour les voies de type A100.

II.1.4.4. Visibilité en angle saillant

Selon la vitesse V , nous examinerons les rayons qui garantissent une visibilité suffisante derrière l'angle saillant d'un obstacle légèrement supérieur à x , à une distance égale à la distance de décélération d en tenant compte de la hauteur des yeux du conducteur, noté h .

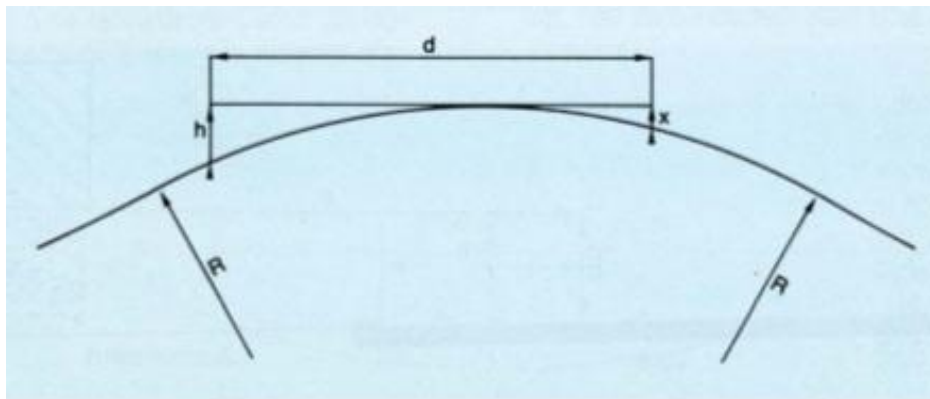


Figure 3: illustration des différents paramètres

Le tableau ci-dessous donne pour une hauteur d'un mètre et un x qui va avec :

- Un obstacle potentiel ayant une hauteur supérieure à 0,15 mètre (Rv) ;
- Un véhicule dépassant une hauteur de 1 mètre ($Rv2$) ;
- La visibilité au niveau du sol ($Rv3$).

Tableau 7: rayons de visibilité en angle saillant(CERTU 2008)

V (Km/h)	40	60	80	100	110
Rv (m)	500	1500	3000	6000	9000
Rv1(m)	320	1000	2200	5000	7100
Rv2(m)	200	600	1400	3200	4500
Rv3(m)	800	2500	5500	13000	18000

II.1.5. PROFIL EN TRAVERS

Il représente la coupe transversale de la route, offrant ainsi une vue détaillée de sa configuration et de ses caractéristiques. Il inclut non seulement la forme et la superficie de la voie, mais également tous les éléments adjacents qui composent l'environnement routier, tels que les accotements, les trottoirs, les caniveaux, les bordures, les fossés, etc. Elle est essentielle pour la prise de décisions concernant la conception, la construction et l'entretien des infrastructures routières. Par exemple, elle aide à déterminer les pentes appropriées pour garantir un drainage efficace des eaux de pluie, de concevoir des accotements et des trottoirs conformes aux normes de sécurité, et d'anticiper les besoins en termes d'aménagements paysagers et d'intégration urbaine.

En résumé, c'est une composante essentielle de la mise en forme des infrastructures routières, offrant une représentation détaillée des caractéristiques de notre voie. Son utilisation judicieuse contribue à garantir la sécurité, le confort et la fonctionnalité des routes pour l'ensemble des usagers, tout en tenant compte des contraintes environnementales et urbaines. Pour notre projet notre profil en travers sera défini tel qu'il suit (**Ministères des infrastructures 2016**):

- Dimension de la chaussée : 2×2×3.5m
- Dimension de la piste cyclable : 2×3 m
- Dimension du trottoir : 2×1.5 m
- Dimension du TPC : 10 m
- Devers : 2.5%
- Remblais : 3H/2V
- Déblais : 1H/2V

II.2. DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE

II.2.1. ETUDE DU TRAFIC

L'étude de trafic permet de déterminer ou d'estimer le trafic cumulé des essieux équivalent d'un véhicule dont la masse totale excède 3,5tonnes devant passer sur cette route pendant sa durée de vie (AFNOR 1994). Pour le déterminer, on procède par ce qu'on appelle un comptage routier. Un premier comptage a été effectué du 17 au 23 décembre 2007. Les résultats nous ont été remis par la DGNET et donne un trafic de 350 PL/J (voir annexe 1 figure 21). Un second comptage a été effectué en 2018 (voir annexe1 tableau 24). De ce comptage on a un trafic de 835 PLs/j sur le quelle on va appliquer un taux de 80% qui représente le trafic induit. Il faut donc par manque de données récentes trouver le trafic pour cette année (2024) qui est la nouvelle date de mise en service.

II.2.1.1. Calcul du trafic équivalent

$$NE = N \times CAM \quad (1)$$

$$\text{Avec: } N = 365 \times TMJA \times C \quad (2)$$

n : durée de vie de la chaussée =15 ans

i : taux d'accroissement géométrique = 5%

£ : taux actualisation du trafic = 5%

$$C = \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \quad (3)$$

$$AN: C = \frac{(1 + 0.05)^{15} - 1}{0.05} = 21.57$$

$$TMJA (2024) = TMJA (2018) \times (1 + £)^n = (835 \times (1 + 0.05)^6) \times 0,8 = 895 \text{ PL/j}$$

Nous utiliserons le CAM le plus défavorable qui 1,3

$$\text{On a : } NE = 365 \times 895 \times 21,57 \times 1,3 = \underline{9160293,675} \approx 9,16 \times 10^6 \text{ Essieux}$$

D'après le guide de dimensionnement CEBTP nous avons un trafic de classe T4.

Tableau 8: classe de trafic en fonction du trafic cumulée (« Guide_pratique_dimensionnement.pdf » 1984.)

Classe de trafic	N équivalent PL CEBTP	Trafic équivalent Veh/j
T ₁	$< 5 \times 10^5$	< 300
T ₂	De 5×10^5 à 1.5×10^6	De 300 à 1000
T ₃	De 1.5×10^6 à 4×10^6	De 1000 à 3000
T ₄	De 4×10^6 à 10^7	De 3000 à 6000
T ₅	De 10^7 à 2×10^7	De 6000 à 12000

II.2.2. ANALYSE GEOTECHNIQUE ET CARACTERISATION DU SOL SUPPORT

L'analyse géotechnique revêt une importance capitale dans tout projet routier. C'est une étape fondamentale qui permet d'évaluer les caractéristiques du sol. Cette analyse repose sur des principes issus des sciences géologiques et de l'ingénierie des sols, visant à garantir la longévité de l'infrastructure (« **Projet Guide Routier V0003 4 Aout 2014 PDF** », s. d.).

Dans le cadre de notre étude technique, l'analyse géotechnique est essentielle pour plusieurs raisons. Tout d'abord, elle nous offre une connaissance détaillée du sol sur lequel la route sera construite. En examinant les variations de composition et de cohésion du sol à différentes profondeurs le long du tracé, nous sommes en mesure d'anticiper les défis potentiels liés à sa structure. De plus, cette analyse nous permet d'évaluer la stabilité des pentes naturelles le long de la route, ainsi que la capacité du sol à résister aux charges issues du trafic. En identifiant les risques comme les glissements de sol ou l'érosion, nous pouvons proposer des solutions adaptées pour renforcer la stabilité de l'infrastructure et assurer la sécurité des usagers.

Enfin, l'analyse géotechnique fournit des informations précieuses pour la proposition d'une couche de fondations pour les structures associées à la route, telles que les ponts ou les murs de soutènement. En évaluant la résistance du sol et en proposant des recommandations pour les fondations, nous garantissons la longévité de ces ouvrages.

II.2.2.1. Evaluation du sol

Nous avons effectué la prospection des sols en utilisant des puits creusés manuellement, disposés à des intervalles de 250 mètres en quinconce le long du tracé de la route, notamment dans les zones où les conditions étaient défavorables. Au total, 21 puits ont été excavés le long de notre section de route, en suivant les points de repères topographiques, à une profondeur moyenne de 80 cm sous le niveau du sol naturel (TN). Chaque puits de sondage est accompagné d'un profil géotechnique détaillé des matériaux prélevés, destinés à des essais en laboratoire (**LNBTP 2016**).

Les échantillons prélevés dans chaque puits ont été transportés au laboratoire pour y subir une analyse visuelle et divers essais, notamment une analyse granulométrique, la détermination de l'Equivalent de sable et/ou des limites d'Atterberg, ainsi que des essais Proctor Modifiée et du CBR (à trois niveaux d'énergie de compactage) effectués après une immersion de 96 heures. Des essais mécaniques ont été réalisés sur les échantillons de roche provenant de différentes carrières de roches massives identifiées. Toutes les analyses ont été menées conformément aux normes spécifiques applicables ci-dessous :

- Equivalent de sable NF EN 933-8
- Le Proctor modifié NF P 94 093
- Le CBR NF P 94 078
- Los Angeles LA NF EN 1097-2
- Micro Deval MDE NF EN 1097-1
- Masse volumique réelle NE EN 1097- ...etc.

Tableau 9: résultat des analyses géotechnique(LNBTP 2016)

Désignation		Granulométrie		Limite d'Atterberg		Proctor modifiée		CBR	Classe de portance
Tronçon	PK sondage	%<0,5mm	%<80µm	WL	IP	$\gamma_d(t/m^3)$	W (%)	95% OPM	
RN2-RN1 du PK 11+200 au PK 16+200	PK16+100A	75	42	17,1	5,5	2.03	8,2	11	S3
	PK16+350G	75	45	17	5,5	1,96	10,3	9	S2
	PK16+600D	75	42	17,7	5,5	1,92	10,8	6	S2
	PK16+850A	27	16	30,2	12,2	1,98	11,2	10	S3
	PK15+100G	52	22	40,2	17,1	1,91	12,2	27	S4
	PK15+350A	83	59	17,4	5,3	1,9	9,1	30	S5
	PK15+600D	63	41	21,3	8,3	1,98	9	11	S3
	PK15+850A	63	41	21,3	8,3	2	9,3	10	S3
	PK14+100G	38	30	37,4	16,2	1,98	12	17	S4
	PK14+350A	40	30	32,6	13,8	1,88	14	11	S3
	PK14+600D	33	26	41,6	17,9	1,81	15,2	9	S2
	PK14+850A	12	0	27,8	10,7	2,08	11,4	32	S5
	PK13+100G	81	50	18,6	6,3	1,98	8,5	4	S1
	PK13+350A	81	50	18,6	6,3	1,98	8,5	4	S1
	PK13+600D	22	18	28,8	11,4	2,1	9,9	28	S4
	PK13+850A	37	32	37,2	16	1,89	12	17	S4
	PK12+100G	85	44	17,2	5,5	1,94	10,5	9	S2
	PK12+350A	37	24	23,4	9,2	1,96	10,5	12	S3
	PK12+600D	38	26	23,4	9,2	1,95	10,9	15	S3
	PK12+850A	38	25	23,4	9	1,96	10,8	11	S3
PK11+100G	32	23	28,4	11,2	1,9	12,2	10	S3	
PK11+350A	32	20	28,1	11	1,9	12,2	9	S2	

Cette étude nous fournit les informations nécessaires pour dimensionner la structure de route, en conformité avec les recommandations du CCTP. Ces recommandations incluent l'utilisation d'une couche de forme d'une épaisseur de 30 cm, avec un CBR de 95% de l'OPM (Optimum Proctor Modifié), ayant une valeur minimale de 20 MPa (**LNBT 2016**). Ces critères nous aideront à sélectionner les matériaux à emprunter pour la réalisation de la couche de forme, et ainsi classer le sol support et la plate-forme.

En se référant aux tableaux de sondage on constate qu'on a une prédominance des zones de classe S1 et S2. Ces types de sols sont proscrits par le CCTP. Pour palier à ce problème on va effectuer des purges sur une hauteur de 50 cm. Puis on va substituer ces matériaux avec les matériaux issus des zones d'emprunts qui présentent tous pour la plupart des CBR supérieurs à 20 Mpa à 95% de l'OPM et donc les résultats sont consignés en annexe 3. En faisant cela on aura donc une prédominance de sol classe S4. Nous constatons que notre sol support doit être de classe S4, d'où une plate-forme de classe pf3. Les matériaux d'emprunt étant essentiellement de la grave latérique dont le CBR à 95% de l'OPM est supérieur 20 Mpa est également adapté pour la couche de forme mais insuffisant pour la fondation qui doit avoir un CBR > 50 Mpa.

Tableau 10: portance des sols (« Guide pratique dimensionnement.pdf » 1984).

Classe de portance	CBR (Mpa)	Caractérisation
S1	CBR < 5	Portance très faible
S2	5 < CBR < 10	Portance faible
S3	10 < CBR < 15	Portance moyenne
S4	15 < CBR < 30	Portance bonne
S5	CBR > 30	Portance très bonne

Tableau 11 : classe de portance des sols support (source : GTR 2000)

Module EV_2 ou E_{DYN2} (Mpa)	20	50	120	200
Classe de plate-forme	Pf1	Pf2	Pf3	Pf4

Avec : Module EV_2 ou E_{DYN2} (Mpa) = $5 \times$ CBR

II.2.3. CHOIX DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE

Etant donné que le Burkina Faso se trouve dans la zone intertropicale, nous allons utiliser le guide du CEBTP adapté pour les Pays tropicaux pour pouvoir déterminer les différentes couches de la chaussée. On a besoin de deux paramètres d'entrée qui sont la classe de portance du sol support et la classe de trafic. Avec ces deux paramètres, on va alors avoir une liste de variantes qui nous sont proposées. Le choix de la variante définitive sera fait en considérant la disponibilité des matériaux et aussi de la maîtrise et des conditions de mise en œuvre des matériaux. On doit avoir :

- Couche de base : CBR \geq 80 Mpa à 95% de l'OPM
- Couche de fondation : CBR \geq 30 Mpa à 95% de l'OPM
- Plateforme support : CBR \geq 5 Mpa à 95% de l'OPM

Dans le cas présent le CCTP nous impose un sol support dont la valeur du CBR \geq 20 Mpa à 95% de l'OPM (de classe S4 donc un sol support de portance bonne). L'étude du trafic nous permet de connaître la classe du trafic qui est de classe T4. En fonction de ces paramètres, nous avons choisi dans le guide du CEBTP la structure suivante dont les caractéristiques se trouvent dans le tableau ci-dessous.

Tableau 12: structure de chaussée proposée

Couche de chaussée	Matériaux constitutifs de la couche	Epaisseur de la couche
Roulement	Béton bitumineux	5 cm
Base	Grave bitumineux	15 cm
Fondation	Gave amélioré stabilisé au ciment (à 6%)	15 cm
Couche de forme	Grave non traité	30 cm

II.2.4. VERIFICATION DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE

La vérification sur le logiciel Alizé LCPC nous permet de dire si la structure de chaussée qu'on a choisie peut résister aux différentes charges auxquelles elle sera soumise tout au long de sa durée de vie sans se déformer (« PARTIE III DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES.pdf », s. d.). Les déformations et les contraintes admissibles seront comparées aux contraintes et déformations en service. La structure sera vérifiée si les contraintes et les déformations admissibles sont supérieures aux contraintes et déformations en service.

Dans le cas contraire on peut modifier la structure de chaussée en ajustant les matériaux et les épaisseurs afin que les déformations soient vérifiées ; ce que nous avons fait dans notre cas. La figure ci-dessous présente les différentes contraintes.

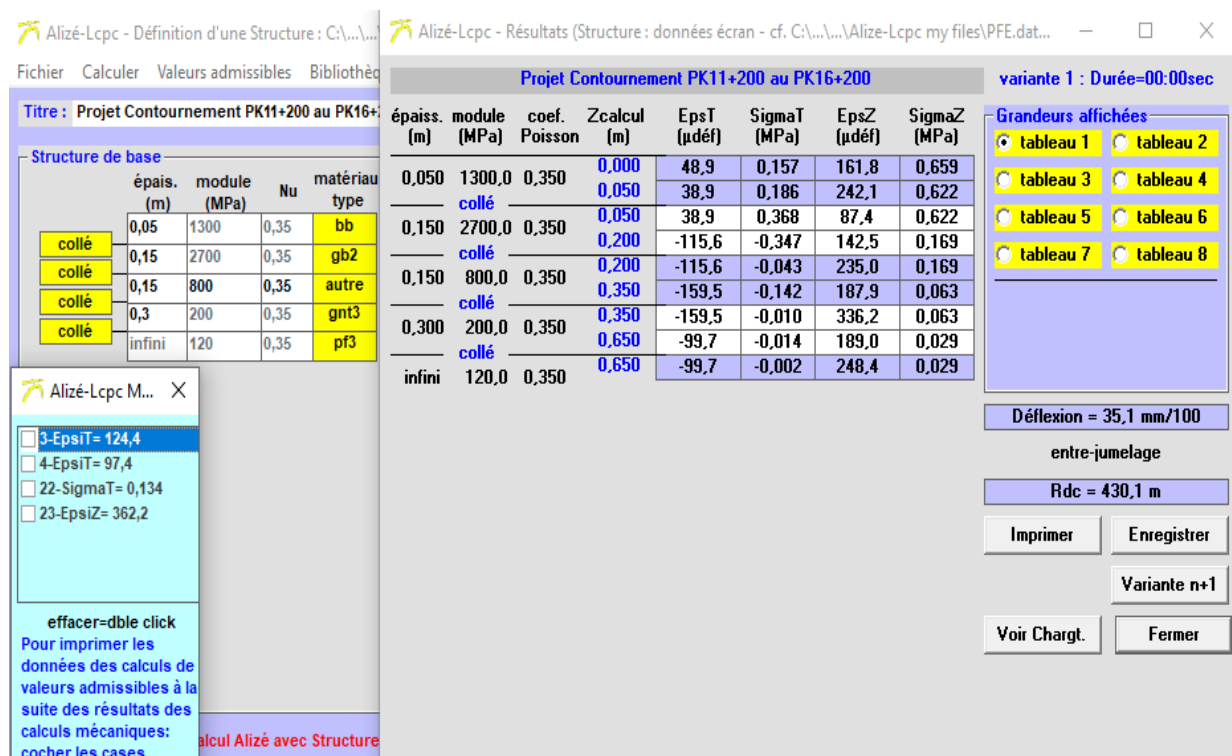


Figure 4: Vérification de la première structure de chaussée

Le tableau ci-dessous nous présente la vérification des contraintes et des déformations admissibles de la structure de chaussée issu du guide du CEBPT.

Tableau 13: Tableau récapitulatif des contraintes de la structure issue du guide du CEBTP

Structure	Contraintes et déformations		
	Service	Admissibles	Conclusion
Revêtement BBSG	38,9µdéf	124,4 µdéf	Conforme
Couche de base	115,6µdéf	97,4 µdéf	Non conforme
Couche de fondation	0,142Mpa	0,134 Mpa	Non conforme
Couche de forme	189,0 µdéf	362,2 µdéf	Conforme
Plateforme	248,9 µdéf	362,2 µdéf	Conforme

Sur le tableau numéro 13 on constate que les contraintes admissibles au niveau de la couche de base et la couche de fondation sont inférieure au contrainte de service d'où il faudra modifier la structure de chaussée en augmentant l'épaisseur de la couche de base et de la couche de fondation.

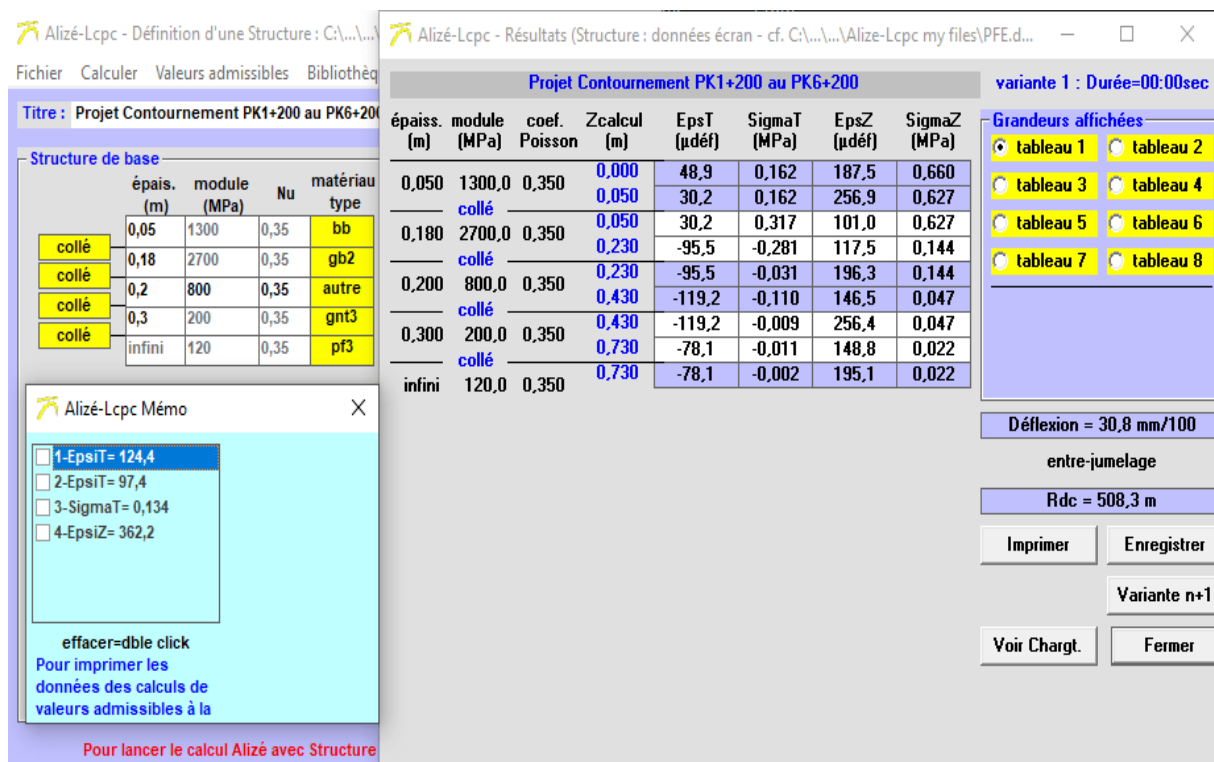


Figure 5 : vérification des déformations

Le tableau 14 ci-dessous va nous présenter le récapitulatif de vérification de contraintes et déformations :

Tableau 14: tableau récapitulatif des contraintes

Structure	Epaisseurs	Contraintes et déformations de service	Contraintes et déformations admissibles	Conclusion
Couche de roulement (BB)	5 cm	30,2 μ déf	124,4 μ déf	Conforme
Couche de base (GB)	18 cm	95,5 μ déf	97,4 μ déf	Conforme
Couche de fondation (GH)	20 cm	0,110 Mpa	0,134 Mpa	Conforme
Couche de forme (GNT)	30 cm	256,4 μ déf	362,2 μ déf	Conforme
Plateforme (GNT)	Infini	195,1 μ déf	362,2 μ déf	Conforme

On constate que lorsque on augmente l'épaisseur de la couche de base de 3 cm et l'épaisseur de la couche de fondation des 5 cm les contraintes admissibles sont toute supérieures aux contraintes de service d'où c'est cette structure de chaussée que nous allons adopter.

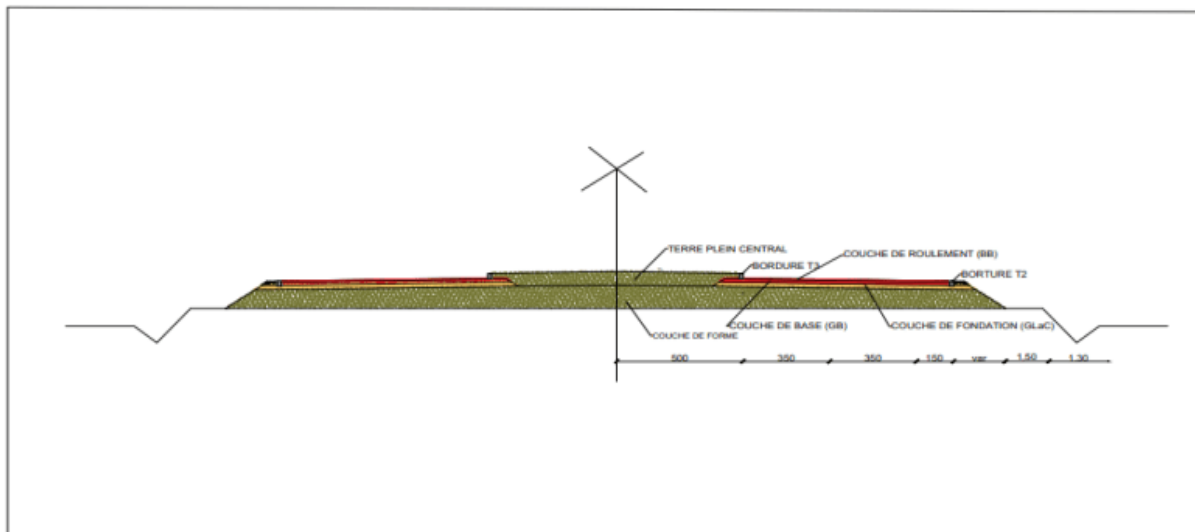


Figure 6: profil en travers type de la chaussée

II.3. ETUDE HYROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

II.3.1. ETUDE HYDROLOGIQUE

L'étude hydrologique constitue une analyse méthodique des propriétés et du comportement des ressources en eau dans une zone spécifique. Son objectif est de comprendre et d'évaluer divers aspects du cycle de l'eau, notamment les précipitations, l'évaporation, l'infiltration, le ruissellement ainsi que les débits des cours d'eau. Ceci va nous permettre également de pouvoir anticiper sur les crues afin de protéger notre infrastructure.

II.3.1.1. DESCRIPTION DE L'ETUDE HYDROLOGIQUE

Dans le cadre de ce projet, l'étude hydrologique va nous permettre tout d'abord de déterminer les différents exutoires des bassins versants qui traversent notre voie avec ses différents paramètres ; ensuite de déterminer les différents débits correspondants et enfin de faire le choix des ouvrages hydrauliques à dimensionner en fonction des débits trouvés.

A travers les données de levé topographique qui nous ont été fournies, nous avons réalisé avec le logiciel ArcGis une étude approfondie pour identifier les points d'eau et les caractéristiques des différents bassins versants. Le logiciel ArcGis a donc permis de situer l'axe du projet, et de délimiter les différents bassins versants ainsi que leurs exutoires.

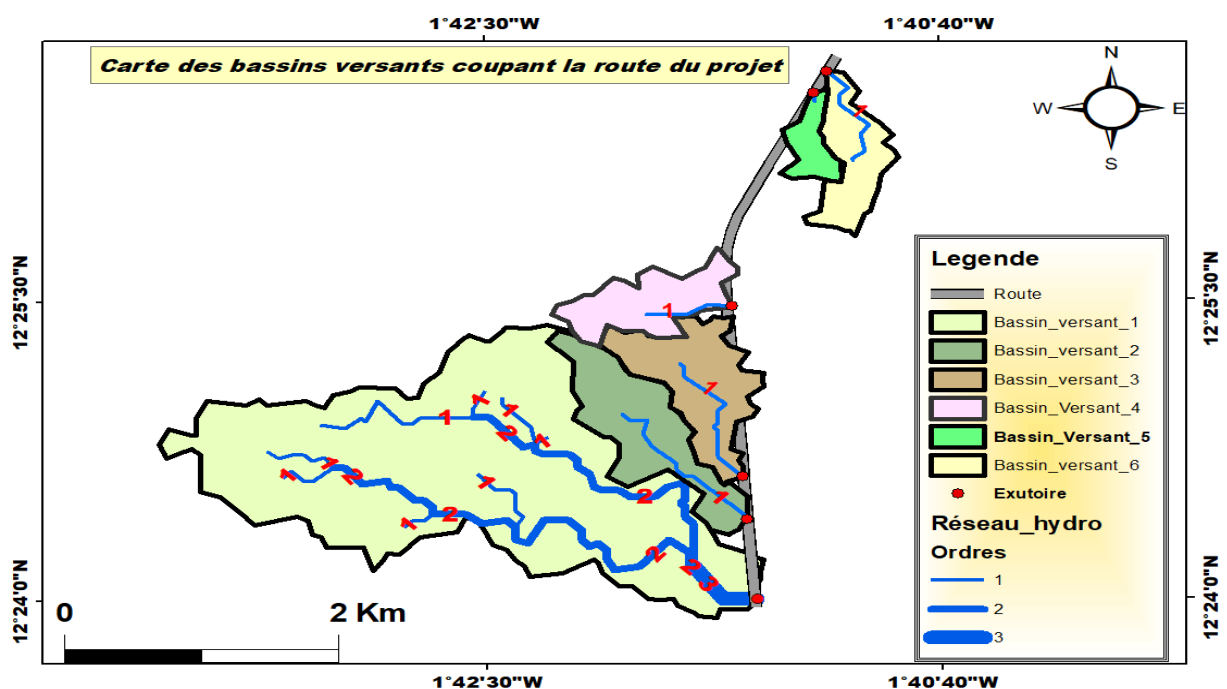


Figure 7 : modélisation des différents bassins versant avec leurs exutoires.

L'analyse de l'écoulement des eaux a permis de faire ressortir les différentes caractéristiques de chaque bassin versant. De cette étude, il ressort que nous avons identifiés six bassins versants (BV1, BV2, BV3, BV4, BV5, BV6). Les cartes des différents bassins versants se trouvent en annexe 5, figure 22

Tableau 15: caractéristiques des bassins versants

Nom	Superficie (Km ²)	Périmètre (Km)	Zmax (m)	Zmin (m)	Lmax (Km)	Pente	Position
BV1	5,49	14,05	358	318	4,53	3,93	PK12+400
BV2	0,93	5,82	344	320	2,25	3,64	PK13+175
BV3	0,83	5,52	341	323	1,72	3,42	PK13+650
1BV4	0,57	4,34	343	331	1,31	3,28	PK14+925
BV5	0,20	2,46	338	326	0,83	2,89	PK15+600
BV6	0,50	4,07	341	324	1,72	3,12	PK16+025

II.3.1.2. Choix de la période de retour et méthode de calcul des débits

Compte tenu de la taille relativement faible des bassins versants concernés et du fait que nous sommes dans une zone tropicale sèche, les hydrologues de l'Orstom ont depuis recommandé de prendre des crues décennales (**HYDRAULIQUES et al. 1996**). Toutefois le concepteur peut décider d'augmenter la sécurité en fonction des dangers ou risques encourus (humains et économiques) en majorant ces caractéristiques par un facteur multiplicateur.

D'après la recommandation d'Hydraulique Routière du BCEOM, on utilisera pour des surfaces inférieures à 4 km² la méthode rationnelle. La méthode de ORSTOM et du CIEH seront utilisés pour les bassins versants de plus de 4 km² (« **Hydraulique Routière BCEOM.pdf** », **1949**).

Tableau 16 : méthode de calcul utilisé

Nom	Superficie (Km ²)	Périmètre (Km)	Zmax (m)	Zmin (m)	Méthode de calcul
BV1	5,49	14,05	358	318	ORSTOM & CIEH
BV2	0,93	5,82	344	320	RATIONNELLE
BV3	0,83	5,52	341	323	RATIONNELLE
BV4	0,57	4,34	343	331	RATIONNELLE
BV5	0,20	2,46	338	326	RATIONNELLE
BV6	0,50	4,07	341	324	RATIONNELLE

II.3.1.3. Méthode rationnelle

Comme dit plus haut, pour estimer les débits des petits bassins versants, nous utiliserons la méthode rationnelle, appréciée pour sa simplicité et son efficacité. Cette approche permet de calculer les débits maximaux en tenant compte des précipitations de la superficie du bassin et des propriétés d'infiltration du sol. Elle est particulièrement recommandée pour les bassins de moins de 4 km², conformément aux directives du livre 'Hydraulique Routière' du BCEOM.

La formule du débit s'écrit donc :

$$Q = 0,278 CIA \quad (4)$$

Avec :

- Q : le débit en m³/s
- C : le coefficient de ruissellement
- I : l'intensité de la pluie exprimée en mm/h
- A : la superficie du bassin versant en km²

II.3.1.4. Coefficient de ruissellement

Il s'agit d'une mesure hydrographique qui détermine la fraction des précipitations convertie en ruissellement direct. Ce ruissellement circule en surface vers les cours d'eau, les réservoirs ou les systèmes de drainage. Dans les calculs, ce coefficient est généralement représenté par la lettre « C ». Sa valeur dépend de la végétation et du relief naturel de la zone, ainsi que du pourcentage de pente et de la surface du BV. Par conséquent, nous prenons ici une valeur de $C = 0,52$. (Voir annexe 5, figure 23)

II.3.1.5. Intensité de la pluie

C'est un paramètre crucial en hydrologie, indiquant la quantité de pluie reçue sur une surface définie durant un temps donné. Elle a un rôle important dans l'estimation des débits de ruissellement :

$$I = a \times T_c^{-b} \quad (5)$$

Avec :

- **Coefficient de Montana de la zone de Ouagadougou (a et b) :** $a = 9,4$ et $b = 0,5$
- **Temps de concentration :** T_c

Il existe plusieurs méthodes pour le calcul du T_c mais nous utiliserons ici la formule de KIRPICH.

$$T_c = \frac{1}{52} \times \frac{L^{1,15}}{H^{0,38}} \quad \text{ou} \quad T_c = \frac{1}{52} \times \frac{L^{0,77}}{p^{0,38}} \quad (6)$$

$$\text{Avec, } \left\{ \begin{array}{l} T_c = \text{temps de concentration en minute} \\ L = \text{distance en (m) entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin} \\ H = \text{dénivelée en (m) entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin} \\ p = \text{pente moyenne} \end{array} \right.$$

Après avoir présenté les différents paramètres de calcul de la méthode rationnelle, nous allons regrouper dans le tableau suivant les différentes valeurs de paramètres trouvés ainsi que les différents débits des bassins versants trouvés. Le tableau récapitulatif de calcul se trouve en annexe 5, tableau 23.

Tableau 17 : récapitulatif des débits de la méthode rationnelle

Nom	Surface (km ²)	Périmètre (km)	Pente (%)	Indice de compacité	Longueur (km)	Temps de concentration Tc (mn)	Intensité I (mm/h)	Débit Q m ³ /s
BV_2	0,93	5,82	3,64	1,70	2,54	28,39	105,86	14,23
BV_3	0,83	5,52	3,42	1,71	2,42	27,93	106,71	12,80
BV_4	0,57	4,34	3,28	1,62	1,86	23,24	116,99	9,64
BV_5	0,20	2,46	2,89	1,55	1,04	15,53	143,14	4,14
BV_6	0,50	4,07	3,12	1,62	1,75	22,55	118,76	8,58

II.3.1.6. Méthode de ORSTOM

Encore appelé méthode de Rodier, cette méthode est une technique bien établie pour estimer les débits de crue dans les régions sahéliennes et tropicales sèches. Elle utilise des données hydrologiques locales et prend en compte les caractéristiques climatiques et géographiques spécifiques de ces zones. Cette méthode est particulièrement adaptée aux grands bassins versants, fournissant des estimations précises adaptées aux conditions locales. Sa formule est la suivante :

$$Qr_{10} = A \times P_{10} \times Kr_{10} \times \alpha_{10} \times S/Tb_{10} \quad (7)$$

Avec $\left\{ \begin{array}{l} A : \text{est le coefficient d'abattement ;} \\ P_{10} : \text{est la hauteur de pluie journalière décennale ;} \\ Kr_{10} : \text{est le coefficient de ruissellement correspondant à la crue décennale ;} \\ \alpha_{10} : \text{est le coefficient de pointe correspondant à la crue décennale ;} \\ S : \text{est la superficie du bassin versant ;} \\ Tb_{10} : \text{est le temps de base correspondant à la crue décennale.} \end{array} \right.$

Ces paramètres sont déterminés grâce à des abaques ou à des formules.

III.1.4.1 Coefficient d'abattement A

Il est déterminé par l'équation simplifiée de Villaume (1974)

$$A = 1 - \left[\frac{(161 - 0,042 \times \overline{P_{an}})}{1000} \times \log S \right] \quad (8)$$

Avec $\begin{cases} S: \text{la superficie du bassin, en km}^2 \\ \overline{P_{an}}: \text{la hauteur moyenne de précipitation annuelle, en mm} \end{cases}$

La détermination du P_{an} va se faire de manière graphique grâce à l'interpolation linéaire sur les courbes isohyètes établies dans le livre des crues et apports (FAO 54). Pour ce faire on a besoin de connaître la longitude et la latitude de la zone d'étude.

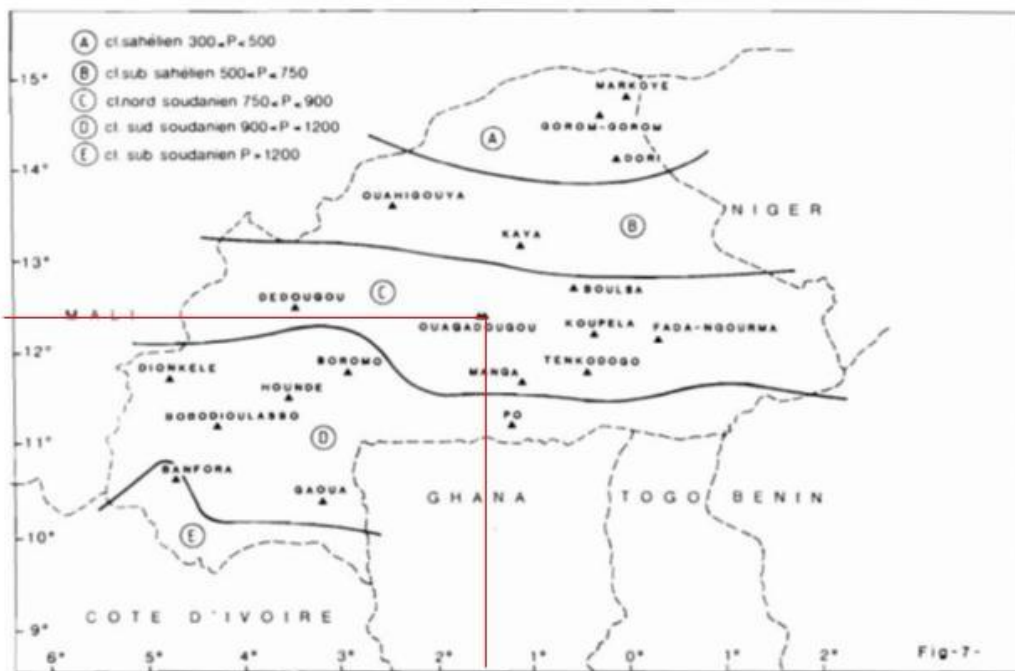


Figure 8: position géographique de la zone d'étude (source : crues et apports FAO 54)

Le graphe nous permet de situer la zone de Ouagadougou selon la longitude $12,4^\circ$ et la latitude $1,5^\circ$. Sur la prochaine figure, nous allons donc faire une projection de ces coordonnées afin de pouvoir déterminer le P_{an} .

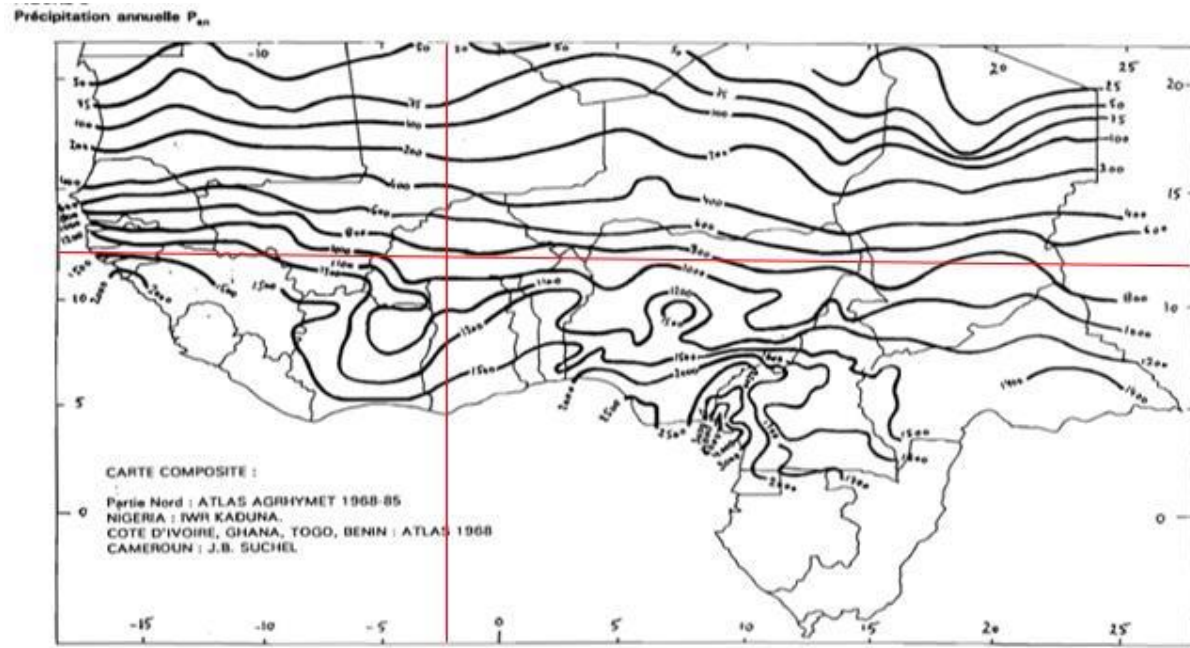


Figure 9 : détermination du P_{an} (source : crues et apports FAO54)

L'interpolation linéaire nous permet de trouver une valeur de $P_{an} = 820 \text{ mm}$.

Le calcul suivant nous donne donc la valeur de A :

$$A = 1 - \left[\frac{(161 - 0,042 \times 820)}{1000} \times \log 5,49 \right] = 0,906$$

i. *Déterminons la hauteur de pluie journalière P_{10}*

La détermination P_{10} va se faire à travers l'analyse fréquentielle des données météorologiques (voir annexe 5, tableau 27). Cette analyse consiste à faire un ajustement des données suivant la loi Gumbel car nous avons des données de pluies maximales journalières. Cette analyse sera effectuée avec le logiciel HyfranPlus.

Tableau 18 : valeur des coefficients de variation

Moyenne	Ecart type	Variance	Coefficient de variance
70,1	23,3	542,89	0,332

Pour une pluie journalière de fréquence décennal, on a : $T = 10 \text{ ans}$ or $T = 1/P$ et $P = 1 - F$ ce qui implique $F = 0,9$.

La figure ci-dessous nous présente le résultat de l'analyse fréquentielle qui est : $P_{10} = 99.4\text{mm}$

T	q	XT	Standard deviation	Confidence interval (95%)
10000.0	0.9999	216	23.7	169 - 262
2000.0	0.9995	189	19.8	150 - 228
1000.0	0.9990	177	18.1	142 - 213
200.0	0.9950	150	14.3	122 - 178
100.0	0.9900	139	12.6	114 - 163
50.0	0.9800	127	10.9	106 - 148
20.0	0.9500	111	8.78	94.2 - 129
10.0	0.9000	99.4	7.15	85.3 - 113
5.0	0.8000	86.8	5.55	75.9 - 97.7
3.0	0.6667	76.8	4.40	68.2 - 85.4
2.0	0.5000	67.8	3.57	60.8 - 74.8

Figure 10 : valeur de la hauteur de pluie décennale

ii. Le coefficient de ruissellement Kr_{10}

Le coefficient Kr_{10} est calculé par interpolation entre Kr_{70} et Kr_{100} , correspondant respectivement à des précipitations décennales de 70 mm et 100 mm. Pour notre étude, nous allons considérer les formules empiriques pour déterminer ces valeurs. On va considérer que notre sol est relativement imperméable (RI).

$$Kr_{70} \text{ ou } Kr_{100} = \frac{a}{b+s} + c \text{ ou } a, b, c \text{ sont des coefficients de ruissellement à déterminer}$$

Pour la suite nous devons tout d'abord trouver l'indice globale du bassin versant. Pour cela on utilise la courbe hypsométrique du bassin versant.

$$\text{On a alors : } I_g = \frac{\Delta l}{L} \text{ (m/km)}$$

Après projection sur la courbe hypsométrique on a : $\Delta l = 348 - 320 = 28 \text{ m}$

$L = \text{distance en (m) entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin} = 6,13 \text{ km}$

$$\text{On a donc : } I_g = \frac{28}{6,13} = 4,54 \text{ m/km}$$

Alt(m)	surf part (Km ²)	surf Cum	%surf Cum
358	0	0	0
350	0,164	0,164	2,98724954
342	0,882	1,046	19,0528233
334	1,903	2,949	53,715847
326	1,725	4,674	85,136612
318	0,816	5,49	100

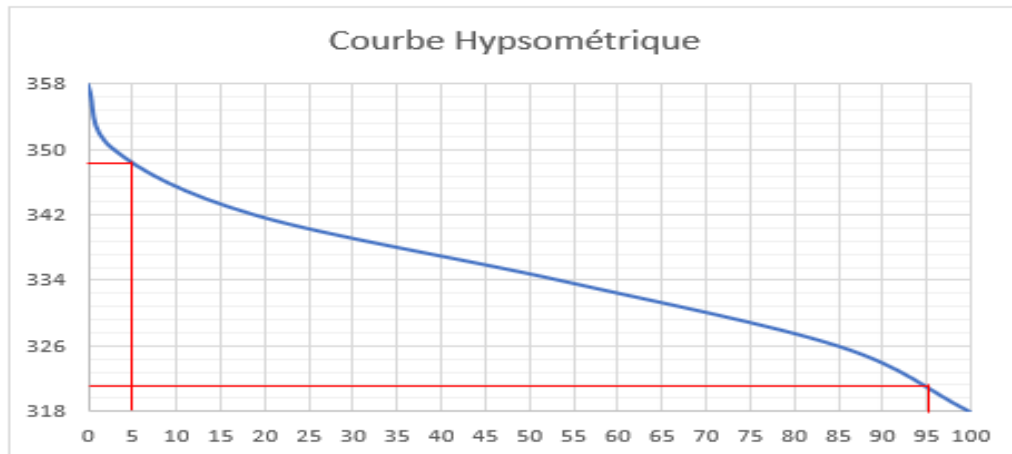


Figure 11: courbe hypsométrique avec tableau des surfaces cumulées

- Déterminons **Kr₇₀**

Pour :

$$I_g=3 \rightarrow a = 150$$

$$I_g= 4,54 \rightarrow a = ??$$

$$I_g=7 \rightarrow a = 200$$

$$\frac{7-3}{7-4,54} = \frac{200-150}{200-a} \text{ D'où } a = \mathbf{169,25}$$

b = 20 est une constante

c = 16,35 se détermine de la même manière que **a**

$$\text{Donc on a : } \mathbf{Kr_{70} = \frac{169,25}{20+5,49} + 16,35 = 22,99\%}$$

- Déterminons **Kr₁₀₀**

Après avoir calculé les coefficients **a**, **b**, et **c** on a :

$$K_{r100} = \frac{215,4}{30+5,49} + 18,93 = 24,99\%$$

- Déterminons **Kr₁₀**

$$K_{r70} = 70 \text{ mm} \rightarrow 22,99\%$$

$$K_{r10} = 95,3 \text{ mm} \rightarrow ??$$

$$K_{r100} = 100 \text{ mm} \rightarrow 24,99\%$$

$$\frac{70-95,3}{70-100} = \frac{22,99-K_{r10}}{22,99-24,99} \text{ On a donc } K_{r10} = 24,68 \%$$

iii. Coefficient de pointe décennal α_{10}

Le coefficient de pointe est défini par la relation suivante :

$$\alpha_{10} = Q_{10} / Q_{m_{10}}$$

De manière générale on prend : $\alpha_{10} = 2,6$

iv. Temps de base Tb_{10}

Il est déterminé en utilisant les relations proposées ou à partir des courbes selon la zone d'étude, la superficie du bassin versant, la classe d'infiltrabilité et l'indice global de pente. Le détail des calculs est présenté en annexe.

$Tb_{10} = aS^{0.36} + b$ ou **a** et **b** sont déterminés en fonction de l'indice globale de pente

$$\text{Pour } S > 7 \text{ km}^2 \text{ et } I_g = 3 \text{ on a } Tb_{10} = 250 \times S^{0.35} + 300$$

$$\text{Pour } S > 6 \text{ km}^2 \text{ et } I_g = 7 \text{ on a } Tb_{10} = 126 \times S^{0.35} + 100$$

$$I_g = 3 \rightarrow a = 250$$

$$I_g = 4,54 \rightarrow a = ??$$

$$I_g = 7 \rightarrow a = 126$$

$$\frac{7-3}{7-4,54} = \frac{126-250}{126-a} \text{ D'où on } \mathbf{a = 202,26}$$

De la même manière on détermine **b**

$$I_g=3 \rightarrow b = 300$$

$$I_g= 4,54 \rightarrow b = ??$$

$$I_g=7 \rightarrow b = 100$$

$$\frac{7-3}{7-4,54} = \frac{100-300}{100-a} \text{ D'où on } \mathbf{b = 223}$$

$$Tb_{10} = 202,26 \times 5,49^{0,36} + 223$$

$$\mathbf{Tb_{10} = 596,57 \text{ mn}}$$

Ayant trouvé tous les paramètres, on peut donc calculer le débit Q_{r10} :

$$\mathbf{Qr_{10} = 0,906 \times 0,0994 \times 0,2468 \times 2,6 \times (5,49 \times 10^6) / (596,57 \times 60)}$$

$$\mathbf{Qr_{10} = 8,86 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Calcul du débit de pointe décennale : $Q_{10} = Qr_{10} \times Qr_{et10}$

$$\mathbf{: Q_{10} = 8,49 \times 1,03}$$

$$\mathbf{Q_{10} = 8,75 \text{ m}^3/\text{s}}$$

II.3.1.7. Méthode CIEH

Tout comme la méthode d'ORSTOM, la méthode CIEH s'applique également pour les bassins de surface supérieure à 4 km². Elle va nous permettre de faire un choix final sur le débit du bassin versant 1.

La formulation utilisée pour la détermination du débit Q_{10} est fondée sur un schéma de régression multiple et se formule comme suit :

$$\mathbf{Q_{10} = a \cdot S^s \cdot \bar{P}_{an}^p \cdot I_g^i \cdot Kr_{10}^k \cdot Dd^d} \quad (9)$$

Avec : a, s, p, i, k : sont des coefficients à déterminer

Dd : densité de drainage

Les autres paramètres ont été énumérés plus haut. Ainsi, la liste des paramètres à inclure dans le modèle n'est pas limitative. Les différents coefficients sont donnés dans le tableau en fonction de l'équation des différentes corrélations par rapport au débit. Les équations retenues pour le calcul sont celle de la zone du Burkina Faso avec une corrélation supérieure à 0,65.

Les équations sont :

$$\text{Equation 39 : } Q_{10} = 0,410 \times 5,49^{0,426} \times 820^0 \times 4,54^0 \times 24,68^{0,923} = 16,33m^3/s$$

$$\text{Equation 40: } Q_{10} = 0,254 \times 5,49^{0,425} \times 820^0 \times 4,54^{0,101} \times 24,68^{0,976} = 13,93m^3/s$$

$$\text{Equation 41: } Q_{10} = 0,407 \times 5,49^{0,532} \times 820^0 \times 4,54^0 \times 24,68^{0,941} = 20,57m^3/s$$

$$\text{Equation 42: } Q_{10} = 0,0912 \times 5,49^{0,643} \times 820^0 \times 4,54^0 \times 24,68^{1,019} = 7,19m^3/s$$

La moyenne des débits trouvés nous donne un débit décennal $Q_{10} = 14,50m^3/s$.

En définitive nous allons prendre pour le bassin versant 1 le débit obtenu par la méthode de CIEH. Elle donne un débit plus élevé que celui obtenu par la méthode rationnelle.

Tableau 19: récapitulatif des débits

Débits Q(m ³ /s)				
Bassins	Rationnelle	CIEH	ORSTOM	Retenu
BV1	-	14,50	8,86	14,50
BV2	14,23	-	-	14,23
BV3	12,80	-	-	12,80
BV4	9,64	-	-	9,64
BV5	4,14	-	-	4,14
BV6	8,58			8,58

II.3.2. ETUDE HYDRAULIQUE

L'étude hydraulique est une étape cruciale pour la planification et la réalisation des projets d'infrastructures. Cette étape permet d'analyser les caractéristiques des flux d'eau afin de dimensionner correctement les ouvrages nécessaires pour évacuer les eaux de ruissellement et d'éviter les inondations.

II.3.2.1. Choix des ouvrages à dimensionner

La nature de l'ouvrage de franchissement (ponts, dalots, buse, radier) à dimensionner en construction routière dépend de plusieurs paramètres. Parmi ces paramètres nous pouvons citer :

- La quantité d'eau à évacuer ;
- La largeur de l'obstacle à franchir ;
- La topographie du milieu
- Le coût de construction de l'ouvrage
- Les aspects technique, esthétique et sécuritaire ;
- La facilité et la rapidité de mise en œuvre ;
- Les charges qui sollicitent l'ouvrage (charges statiques et dynamiques) ;
- Les conditions de fondation des ouvrages (« cours-CCOH-Structure.pdf », s. d.).

Au regard de ces critères, les principaux ouvrages hydrauliques choisis sont :

- Pour les ouvrages transversaux : des dalots en béton armé et à cadre fermé ;
- Pour les ouvrages longitudinaux : nous allons utiliser des fossés tels qu'exige le CCTP pour la zone non urbaine.

II.3.2.2. Dimensionnement hydraulique des dalots.

Le dimensionnement va se faire en suivant la méthodologie prescrite dans le livre de l'hydraulique routière du BCEOM. Pour pouvoir débiter le dimensionnement, il est nécessaire de connaître le fonctionnement de ces ouvrages. On distingue deux types de fonctionnements à savoir :

-Le fonctionnement en sortie noyée : la sortie sera dite noyée lorsque le niveau de l'eau à exutoire sera en contact direct avec le bord supérieur de l'ouvrage (ALAMA 2022).

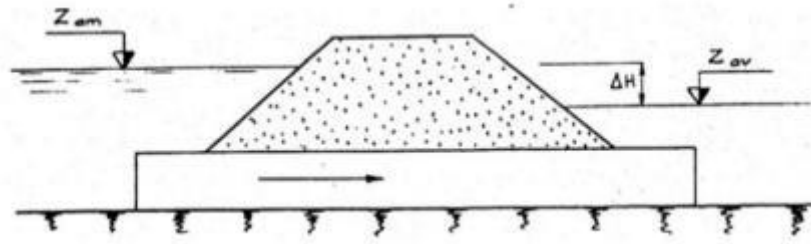


Figure 12: fonctionnement en sortie noyée

-Le fonctionnement en sortie libre : dans ce cas de fonctionnement, le niveau de l'eau à la sortie de l'ouvrage est inférieur au bord supérieur de l'ouvrage (ALAMA 2022).

Si $H_1 \leq 1,25D$ on aura un écoulement en surface libre ;

- ✓ Si $H_1 > 1,25D$ on aura un écoulement en charge.

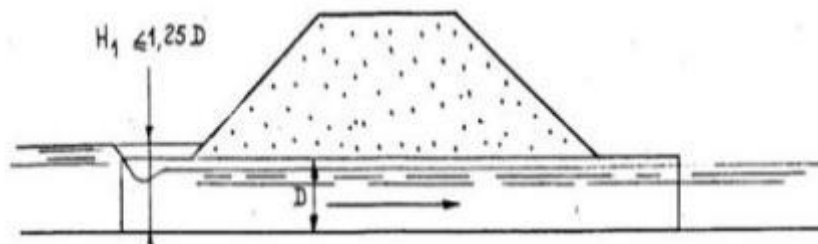


Figure 13: fonctionnement en sortie libre.

Le dimensionnement des ouvrages se fait en plusieurs étapes.

- Détermination de la hauteur amont H_1

Cette étape consiste à trouver la profondeur amont pour voir si elle est en adéquation avec la topographie de l'ouvrage. On commence par estimer la hauteur (D) et la largeur (B) de l'ouvrage à l'aide de la formule $S = Q/V$, où S est la section, Q le débit de projet, et V la vitesse limite de $3 \text{ m}^3/\text{s}$ pour les structures en béton armé (« Hydraulique Routière BCEOM.pdf », s. d.).

- Calcul du débit réduit

On utilisera la formule suivante :

$$Q^* = Q/S\sqrt{2gD} \quad (10)$$

Après avoir effectué le calcul, cette valeur permet de déterminer la hauteur réduite $H1^*$, égale à $H1/D$, en se référant à l'abaque 77 du BCEOM. Si $H1$ est appropriée pour le projet, il faut ensuite vérifier que la vitesse de l'eau dans l'ouvrage ne dépasse pas 3 m/s. Si $H1$ n'est pas adéquate, il faudra ajuster les dimensions de B et/ou D ou augmenter le nombre d'ouvertures jusqu'à obtenir une valeur acceptable (« **Hydraulique Routière BCEOM.pdf** », 1949.).

➤ Détermination de la pente critique Ic

Pour déterminer la pente critique (Ic) de l'ouvrage, il est crucial de vérifier que la pente longitudinale (I) soit au moins égale à Ic , permettant ainsi l'évacuation du débit critique correspondant à la profondeur amont ($H1$). Le débit réduit (Q^*) pour cette pente critique est obtenue à partir de la formule :

$$Q^* = Q / \sqrt{g \times B^5} \quad (11)$$

Une fois Q^* calculé, on peut obtenir la valeur de Ic^* à partir de l'abaque 82 du BCEOM. La pente critique Ic se trouve en appliquant la formule :

$$Ic = Ic^* \times g / B^{\frac{1}{3}} \times Ks^2 \quad (12)$$

Avec : Ic : pente critique

Ks : coefficient de rugosité de Manning = 72

➤ Détermination de la vitesse dans l'ouvrage.

Ce calcul vise à vérifier qu'elle ne dépasse pas la limite admissible de 3 m/s. Cela nécessite le calcul du débit réduit (Q^*) en utilisant la formule dérivée de Manning :

$$Q^* = \frac{Q}{B^{\frac{2}{3}} \times Ks \times I c r t^{\frac{1}{2}}} \quad (13)$$

En lisant Q^* sur l'abaque 84 du BCEOM, on obtient la valeur de V^* , qui permet ensuite de calculer la vitesse V de l'eau dans l'ouvrage ce qui est obtenu par la formule suivante :

$$V = V^* \times K \times I c r t^{\frac{1}{2}} \times B^{\frac{2}{3}} \quad (14)$$

En suivant ces étapes et en s'assurant que la $H < D$, et que la vitesse $V < V_{\text{admissible}}$, on obtient les résultats suivants (voir détail de calcul en annexe 6 tableau 28) :

Tableau 20: récapitulatif des sections des dalots

Noms	Situation	Hauteur amont H1(m)	Pente critique Ic(m/m)	Vitesse V(m/s)	Q10 (m ³ /s)	N	B (m)	D (m)
BV_1	PK12+400	1,24	0,0052	2,84	14,50	3	2	2
BV_2	PK13+175	1,24	0,0052	2,76	14,23	3	2	2
BV_3	PK13+650	1,44	0,01	2,90	12,80	3	1,5	2
BV_4	PK14+925	1,24	0,01	2,84	9,64	2	2	2
BV_5	PK15+600	1,40	0,01	2,83	4,14	1	1,5	2
BV_6	PK16+025	1,16	0,0052	2,72	8,58	2	2	2

II.3.2.3. Dimensionnement des fossés

Le dimensionnement des fossés est une étape essentielle dans la modélisation des systèmes de drainage, permettant de gérer efficacement les eaux pluviales et de ruissellement. Les fossés sont indispensables pour prévenir les inondations, protéger les infrastructures routières et limiter l'érosion des sols. Les écoulements naturels qui traversent la chaussée sont collectés par les fossés et conduit vers les dalots traversant la route.

La formule du débit de l'eau dans un fossé se trouve en appliquant la formule ci-dessous:

$$Q = V \times S = K_s \times S \times R h^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

Avec : Q : débit en m³/s

V : la vitesse en m/s

Ks : le coefficient de Manning- Strickler

Rh : le rayon hydraulique

I : la pente longitudinale en m/m

Pour les fossés de talus 3/2 ou 2/3 on a :

$$R = \frac{h\sqrt{13}}{10} = \left(\frac{V}{k\sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{2}} \quad \text{Avec } S = \frac{13h^2}{12}$$

$$\text{Donc on a : } Q = SV = \frac{50V^4}{6K^3i^{3/2}}$$

Si on choisit comme matériaux de revêtement un mélange de sable gravier et de limon, on a une vitesse V admissible de 1,50 m/s on obtient un débit de Q = 1,56 m³/s (« **Hydraulique Routière BCEOM.pdf** », 1949) ; ce qui donne:

$$h = 0,6 \text{ m et } b = 1,3\text{m.}$$

Pour le calcul de la longueur de saturation on va égaliser la formule rationnelle (Q = 0.28CIA) à celle de Manning- Strickler (Q = V×S = Ks × S × Rh^{2/3} × i^{0,5}) ce qui conduit à :

$$L = \frac{Ks \times S \times Rh^{2/3}}{0,28 \times c \times i \times t} \quad \text{avec } A = L \times l$$

On obtient une longueur de saturation de L= 42m

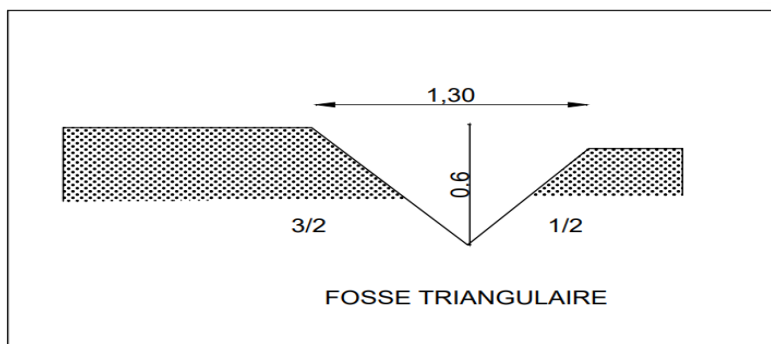


Figure 14 : coupe transversale du fossé triangulaire (source : hydraulique routière BCEOM)

II.3.3. DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES DALOTS

Le dimensionnement structural d'un ouvrage de franchissement est crucial pour assurer sa sécurité et son efficacité. Nous présenterons dans cette section les différentes étapes nécessaires pour déterminer les dimensions et les matériaux adéquats pour notre ouvrage. Le dalot de section 3×2×2 m fera donc l'objet d'un dimensionnement manuel (**Perchat et Roux 1993**). Nous commencerons par faire un prédimensionnement des différents éléments de la structure ; ensuite nous déterminerons les sollicitations auxquelles sont soumis l'ouvrage et enfin nous calculerons les sections d'acier des différents éléments du dalot. Ce dimensionnement se fera en suivant les recommandations du TDR et les prescriptions du fascicule 62 titre 2 (**Yumpu.com 2013**).

II.3.3.1. Calcul des différentes charges

Le tableau ci-dessous donne les résultats des différentes charges (le détail de calcul se trouve en annexe 6, figure 32, tableaux 31,32, et 33).

Tableau 21: charges des différents éléments constitutif du dalot

Charges permanentes	
Tablier	11,59 kN/m²
Radier	23,25 kN/m²
Piédroit (poussée latérale)	19,8 KN/m²
Charges d'exploitation	
Système A, B _c , B _t , B _r , B _{c-niger} , M _c 120	97,60 KN/m²
Charges combinées	
Tablier	109,19 KN/m²
Piédroit (poussée latérale)	7,26 KN/m²
	20,46 KN/m²
Radier	117.4 KN/m²

II.3.3.2. Détermination des moments

Après avoir déterminé les différentes charges, nous allons à l'aide du logiciel Pybar déterminer les différents moments fléchissant et les moments en travée. Ces moments

nous permettrons de calculer les sections d'aciers à attribuer aux différents éléments constitutifs de notre dalot.

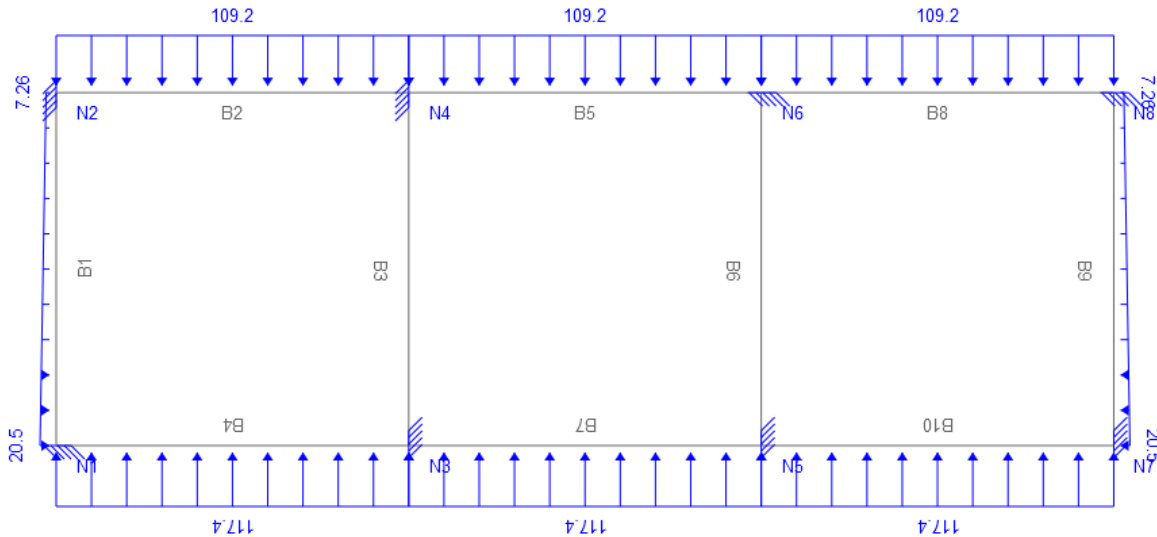


Figure 15: chargement de la structure

La charge de la structure à travers le logiciel nous permet d'avoir les moments fléchissant.

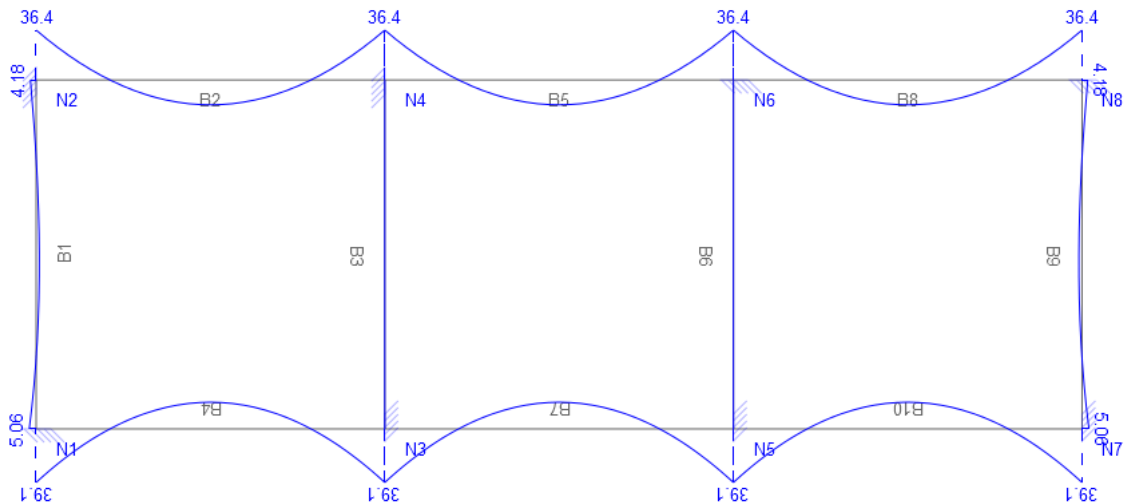


Figure 16: moments fléchissant

Tableau 22 : Calcul des moments

		Moments (KN.m)
Tablier	Travées	18,2
	Appuis	36,4
Piédroits	Haut	4,18
	Bas	5,06
Radier	Travées	19,6
	Appuis	39,1

II.3.3.3. Calcul des différentes sections d'acier

Le calcul est fait à ELS. Le détail de calcul est contenu à l'annexe 6 figures 33, 34, 35 et tableau 35)

Tableau 23: section d'acier

TABLIER		
	As (cm ²)	Choix
Appui	12,31	8 HA14 esp 15 cm
Travée	6,28	6HA12 esp 20 cm
Radier		
Appui	13,85 cm ²	9HA14 esp 10 cm
Travée	6,79 cm ²	6HA12 esp 20 cm
Piédroit		
Piédroit de rive		Piédroit intermédiaire
As (cm ²)	3,93 cm ²	10,18 cm ²
Choix	5HA10 esp 20 cm	9HA12 esp 10
Ar (cm ²)	3,93cm ²	3,93cm ²
Choix	5HA10 esp 20 cm	5HA10 esp 20 cm

II.3.3.4. Dimensionnement du mur en aile

Dimensionnement du mur en aile		
données		
hauteur totale du mur	H	2
hauteur du voile	Hv	1,8
épaisseur du mur	eo =e1	0,2
épaisseur semelle	e2	0,2
largeur semelle	b	1,1
largeur patin	b1	0,3
largeur talon	b2	0,6
poids volumique	beton	25
poids volumique	terre	20
coef de poussée	Ka	0,33

Figure 17: prédimensionnement du mur en aile

Tableau 24: récapitulatif des dimensions du mur en aile

H (m)	Hv (m)	e ₀ (cm)	e ₁ (cm)	e ₂ (cm)	b (cm)	b ₁ (cm)	b ₂ (c ,bv m)
2	1,8	20	20	20	110	30	60

Le tableau de détermination des sections d'acier se trouve en annexe 6, figure 36,37, 38

CHAPITRE III. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL, SIGNALISATION ROUTIERE ET ESTIMATION DU COUT DE NOTRE SECTION DE ROUTE

III.1. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL, SIGNALISATION ROUTIERE

III.1.1. PLAN DE GESTION DE L'ENVIRONNEMENT DU SITE

C'est l'élément central de l'évaluation environnementale et sociale, car il relie plusieurs aspects clés : les activités du projet, sources d'impacts potentiels, les mesures de protection environnementale, et les acteurs responsables du suivi de ces mesures.

Le PGES sert de guide pour les acteurs impliqués, permettent d'identifier les impacts potentiels liés aux activités du projet et les mesures d'atténuations appropriées. Il établit un plan de responsabilisation pour le suivi environnemental du projet. Pour être efficace, le PGES doit intervenir dans la gestion entière du projet. Le PGES comprend les activités de suivi environnemental, pendant la réalisation et l'exploitation du projet. Il présente et décrit le cadre pour la réalisation des mesures d'atténuations proposées en précisant :

- Le suivi environnemental ;
- Le rôle des parties prenantes ;
- Les principales tâches à réaliser ;
- La surveillance environnementale ;
- Les études complémentaires nécessaires et les ressources financières à mobiliser.

Les différents programmes de gestion proposés dans ce PGES sont élaborés en fonction de l'état actuel du projet. Il est prévu d'adapter ces programmes progressivement en fonction de l'avancement des études, notamment pour l'organisation des chantiers qui incombe à l'entreprise. Ce processus sera intégré au suivi et fera intervenir si nécessaire les administrations compétentes.

III.1.2. RAPPEL DU CADRE LEGISLATIF REGISSANT LE PROJET

Lors de l'exécution de ce projet comme pour tout autre projet au Burkina Faso, il est nécessaire de mener des études préalables pour évaluer l'impact du projet sur l'environnement et la société. Pour encadrer ces études et protéger l'environnement ainsi que la société, des lois ont été instaurées. Parmi ces législations on peut citer plusieurs exemples significatifs.

III.1.2.1. Les conventions internationales applicables

Ce sont des principes et règle à respecter par tous les Pays du monde lors de l'exécution des projets et qui doivent faire l'objet d'une sanction en cas de non-respect de ces accords par le parti concerné. Comme exemple nous pouvons citer : les accords pour la sauvegarde des plantes et des sites culturels.

III.1.2.2. Normes et standards environnementaux

Ces normes sont établies par les ministères concernés et doivent être absolument respectées dans le cas d'un PGES. Parmi les normes on peut citer :

- Les normes sur la gestion des déchets ;
- Les normes sur la qualité d l'eau ;
- Les normes sur la qualité du bruit dans les chantiers ;
- Les normes sur la qualité de l'air.

I.2.3. Les décrets et code national

Tout pays responsable se doit de mener une lutte acharnée pour la protection de son environnement et de ses populations. C'est donc dans ce sens que le gouvernement du Burkina a mis sur pieds un ensemble de lois et de règles à respecter lors de l'élaboration et la réalisation de tout projet. Ces décrets et arrêtés nationaux sont élaborés au niveau de chaque institution ministérielle du Burkina Faso dans le but de participer aussi et ce de manière efficace à la protection de l'environnement ainsi qu'au développement durable ; c'est l'exemple de la loi N°0052/97/ADP portant Code de l'Environnement qui a été adoptée en janvier ;

III.1.3. IDENTIFICATION ET MESURE D'ATTENUATION DES IMPACTS DU PROJET

III.1.3.1. Les impacts positifs du projet

- Création d'emplois par l'embauche de personnel de soutien et de spécialistes ;
- Amélioration esthétique de l'environnement du projet ;
- Augmentation des recettes fiscales de l'État grâce à la perception de taxes sur l'exploitation des zones d'emprunt et des carrières ;
- Stimulation des activités économiques et génératrices de revenus ;
- Facilitation du trafic et amélioration des échanges entre les régions.

III.1.3.2. Les impacts négatifs du projet

- Pollution atmosphérique causée par la dispersion de poussières et de gaz ;
- Pollution des eaux souterraines en polluant les nappes phréatiques ;
- Nuisances sonores et vibrations affectant les populations locales, le personnel et particulièrement les élèves des écoles situées à proximité de la route ;
- Pollution des sols ;
- Disparition de la végétation due à l'abattage des arbres dans la zone d'emprise du projet ;
- Destruction des habitats naturels ;
- Risque accru de grossesses non désirées ;
- Augmentation des infections sexuellement transmissibles ;
- Destruction des sites sacrés et du patrimoine national.

III.1.3.3. Mesure d'atténuation des impacts négatifs

- Mise en œuvre d'un plan de communication et de sensibilisation ;
- Mise en application des programmes de protection environnementale et sociale sur le chantier ;
- Éviter d'installer toute infrastructure, notamment des ateliers de chantier, dans les sites d'emprunt ;
- Arroser régulièrement les pistes d'accès aux sites d'emprunt, les diverses déviations, et les sections en cours de travaux pour réduire la poussière ;
- Conserver le maximum d'arbres possible lors de l'ouverture de nouvelles surfaces ou du stockage des matériaux ;

- Sensibiliser les chauffeurs sur la nécessité de limiter la vitesse à 30 km/h ;
- Préserver les infrastructures socio-économiques et de revenus des populations.

III.1.4. SIGNALISATION ROUTIERE

La signalisation routière peut se définir comme l'ensemble des dispositifs tels que les panneaux, et autres signaux installés sur les routes pour la sécurité des usagers et la régularisation du flux de la circulation (**Hérault et al. 2003**). Ces éléments visent à fournir aux conducteurs et aux piétons des informations essentielles sur les règles de conduite, les dangers potentiels, les restrictions en vigueur et les indications nécessaires pour leurs déplacements. En informant les usagers sur les conditions de circulation, la signalisation routière contribue à la prévention des sinistres et à la décongestion du trafic. Elle se divise en deux grands groupes.

III.1.4.1. La signalisation permanente

La signalisation permanente est indispensable pour assurer la sécurité et réguler la circulation sur les routes. Elle inclut une variété de panneaux et marquages qui délivrent des informations essentielles de manière continue. Les panneaux de régulation de vitesse, par exemple, aident à contrôler la vitesse des véhicules pour réduire les risques d'accidents. Les panneaux directionnels assistent les conducteurs en indiquant les routes et les destinations. Les panneaux d'interdiction, comme ceux des zones de stationnement interdit, aident à prévenir les obstructions et à maintenir l'ordre. Les dispositifs lumineux, tels que les feux tricolores jouent également un rôle crucial en régulant les intersections et en assurant un flux de trafic harmonieux. En fournissant des informations claires et cohérentes, la signalisation permanente contribue à l'efficacité et la sécurité sur le réseau routier(**World Road Association 2004**).







Forme	Couleur	Annoncé à	Signifie
	Rouge et blanc	50 m en agglomération, 150 m au dehors	Danger
	Rouge et blanc	À l'endroit	Ordre, interdiction ou prescription
	Bleu foncé et blanc	À l'endroit	Obligation
	Bleu foncé et blanc	À l'endroit ou avant en fonction des besoins	Indication
	Blanc	À l'endroit	Localisation
	Vert ou bleu	À l'endroit où il faut changer de direction	Direction

Figure 18: signalisation permanente

III.1.4.2. Signalisation temporaire

Elle permet de protéger le personnel travaillant sur le chantier et les usagers contre des risques majeurs. Elle informe les usagers et les travailleurs sur les changements soudain ou brusque sur la voie qu'ils vont utiliser. L'installation et le retrait de ces panneaux constituent sur un chantier des opérations qu'il convient de sécuriser. Avec un fond jaune ces panneaux ont la géométrie des panneaux de danger faisant ainsi ressortir le caractère dangereux et prioritaire (World Road Association 2004).



Figure 19:panneau de signalisation temporaire (source : <https://www.codeenpoche.fr/cours-de-code/circulation-routiere/signalisation-temporaire/>)

Afin de remplir son objectif vis à vis des usagers et des travailleurs, la signalisation doit demeurer cohérente en tout temps sur le chantier pour garantir son efficacité.

On note également l'existence d'autres panneaux de signalisation temporaire autre que les panneaux d'alerte qui permettent de dévier les usagers des zones de travaux. Tel est le cas des plots et des barrières de sécurité.



Figure 20: plots et barrière de sécurité

III.2. ETUDE FINANCIERE

C'est une étape très importante dans l'étude d'un projet. Elle permet de donner à partir des prix unitaires des ouvrages et des quantités de matériaux nécessaires pour l'exécution des travaux, la somme suffisante pour la réalisation du projet. Cette étude financière se décompose en deux phases à savoir la phase d'avant métré et la phase d'évaluation des coûts proprement dit.

- La phase d'avant métré : elle nous permet de donner à partir du logiciel de conception (COVADIS) les différentes quantités de matériau de terrassement et du corps structural de la chaussée ; les quantités d'ouvrages hydrauliques sont également données via le même logiciel.
- La phase de l'évaluation des coûts proprement dite qui nous permet à partir des quantités de matériau de déterminer dans la phase d'avant métré et de donner le coût global du projet en affectant des coûts unitaires aux différents matériaux. Ainsi pour notre projet, le coût total de réalisation s'élève à **six milliards soixante-dix-huit millions trois cents trente un mille six cents cinq francs cfa**. Le prix du kilomètre de route va donc s'élèver à **1 215 706 325 francs CFA** qui est un prix raisonnable pour ce type de structure de chaussée.

Tableau 25: tableau récapitulatif du coût du projet

TABLEAU RECAPITULATIF		
N°	DESIGNATION	MONTANT
100	INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER	35 000 000
200	TRAVAUX PREPARATOIRES	236 250 000
300	TERRASSEMENT	1 045 132 250
400	CHAUSSEE ET REVETEMENT	3 564 128 070
500	OUVRAGE D'ASSAINISSEMENT	20 389 000
600	SIGNALISATION ROUTIERE	16 398 650
700	ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE	234 000 000
MONTANT HTTC		5 151 297 970
MONTANT TTC		6 078 531 605

CONCLUSION

Ce projet d'aménagement vise à assurer une circulation fluide avec l'atténuation des embouteillages urbains, important pour le développement économique et social du pays. C'est dans ce sens que notre étude avait pour but de présenter une conception de chaussée ainsi que des ouvrages d'assainissements qui réponde aux normes de sécurités et de durabilité sur l'axe reliant la RN1 à la RN2 plus précisément du PK11+200 au PK16+200 de la voie de contournement. Nous nous sommes basés sur les résultats géotechniques et les recommandations du cahier de clause technique particulière du projet pour proposer une structure de chaussée. Cette structure essentiellement en remblai provenant des zones d'emprunts environnants est constituée d'un sol support de classe PF3, d'une couche de forme en grave latéritique de 30 cm d'épaisseur, d'une couche de fondation en grave latéritique stabilisé avec un apport de 6% ciment, une couche de base en grave bitume de classe 2 de 18 cm d'épaisseur et en fin une couche de roulement de 5 cm d'épaisseur en béton bitumineux. Les études hydrologiques et hydrauliques ainsi que les informations recueillies sur le terrain ont permis de trouver pour les ouvrages transversaux six dalots de section différentes et donc nous avons dimensionné celui de 3×2×2m. Pour les ouvrages longitudinaux à la vue de la position éloignée de notre section de voie de la ville, le choix a été porté sur des fossés longitudinaux de section 0,6×1,30m faits en perré maçonné. Du point de vue sécuritaire, une étude d'impact environnementale a été faite afin de relever les impacts négatifs du projet et d'en apporter des solutions. Notons également que la présence d'une signalisation routière horizontale et verticale va également œuvrer dans ce sens. Au regard de tous les travaux à accomplir, nous avons estimé le cout de réalisation de cette section de route à **six milliards soixante-dix-huit millions trois cents trente un mille six cents cinq francs cfa (6 078 531 605 fcfa)**.

Les résultats de cette étude sont d'une importance capitale pour les participants impliqués dans le projet ainsi que les décideurs dans le développement des infrastructures routière du Burkina Faso. Il est recommandé d'intégrer ces plans dans les plans d'exécution future du projet. Aussi il serait important de mettre un accent particulier sur les missions de contrôle afin de s'assurer de la bonne mise œuvre des travaux pour garantir la durabilité de notre infrastructure.

BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR. 1994. « NF P98-086 ». Afnor EDITIONS. 1994. <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-p98086/dimensionnement-structurel-des-chaussees-routieres-application-aux-chaussee/fa191354/82623>.
- ALAMA, SAIF EDDINE. 2022. « DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT ROUTIER ». <https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/12861>.
- CERTU. 2008. « ICTAVRU. Certu. Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines. Éditions du Certu - PDF Free Download ». 2008. <https://docplayer.fr/21204258-Ictavru-certu-instruction-sur-les-conditions-techniques-d-amenagement-des-voies-rapides-urbaines-editions-du-certu.html>.
- Colin, Jean-Philippe, Philippe Lavigne Delville, et Éric Léonard. 2023. « Le foncier rural dans les pays du Sud ».
- « CCOH-Structure.pdf ». s. d.
- « Guide_pratique_dimensionnement.pdf ». s. d. Consulté le 23 juin 2024. https://www.francescomiceli.com/blog/Guide_pratique_dimensionnement.pdf.
- Hérault, Bruno, Christian Vilmart, Roland Ries, Gwenaëlle Quillerou, et Frankreich, éd. 2003. *Transports urbains: quelles politiques pour demain?* Paris: La Documentation Française.
- « Hydraulique Routière BCEOM.pdf ». s. d.
- HYDRAULIQUES, COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES, ORSTOM MONTPELLIER, CEMAGREF MONTPELLIER TDMO, FAO ROME ITA, et COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES. 1996. *Crues et apports : manuel pour l'estimation des crues et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugeés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche*. Rome, ITA: FAO.
- INSD. 2019. « RECENSEMENTS GENERAUX DE LA POPULATION | INSD ». 2019. <https://www.insd.bf/fr/statistiques-demographiques/recensements-generaux-de-la-population>.
- LNBT. 2016. « TRAVAUX DE CONSTRUCTION ET DE BITUMAGE DES VOIES DE CONTOURNEMENT NORD ET SUD DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU ».
- Ministères des infrastructures. 2016. « - CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUE PARTICULIERES du projet de contournement de Oauga ».
- « PARTIE III DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES.pdf ». s. d.

Perchat, J., et J. Roux. 1993. *PRATIQUE DU BAEL 91 - COURS AVEC EXERCICES CORRIGES*. <https://trid.trb.org/View/1008802>.

« Projet Guide Routier V0003 4 Aout 2014 PDF ». s. d. Pdfcoffee.Com. Consulté le 19 juin 2024. <https://pdfcoffee.com/projet-guide-routier-v0003-4-aout-2014-pdf-pdf-free.html>.

World Road Association. 2004. *Road safety manual: recommendations from the World Road Association (PIARC)*. La Défense : PIARC - World Road Association.

Yumpu.com. 2013. « Fascicule 61, titre II - Ministère du Développement durable ». yumpu.com. 2013. <https://www.yumpu.com/fr/document/view/16647011/fascicule-61-titre-ii-ministere-du-developpement-durable>.

ANNEXES

Annexe 1: Résultat des comptages routiers	60
Annexe 2: Résultats géotechniques du LNBTP de la voie à étudier	61
Annexe 3: Résultat des analyses géotechnique des zones d'emprunts	63
Annexe 4: Choix de la structure de chaussée.....	64
Annexe 5: Paramètre de l'étude hydrologique	66
Annexe 6: Paramètre de l'étude hydraulique.....	71
Annexe 7: Détail de l'étude financière du projet.....	92
Annexe 8: Plan d'exécution du dalots 3×200×200.....	94
Annexe 9: Tracer	99

Annexe 1: Résultat des comptages routiers

Tableau 26:Résumé du comptage routier de 2018 sur l'intersection des voies reliant la RN1 à la RN2

N° Rte	Section	Origine	Fin	Longueur	Div	Divers	TMJ 1 corrigé
RN01	1	Ouagadougou (RP des Cinéaste)	Bretelle Bingo (BK 25/328)	25,254	28		5849
RN01	2	Bretelle Bingo (BK 25/328)	Sakoinsé(Emb.RN14)	34,109	45		1176
RN02	1	Ouagadougou (RP du 2 Oct)	Layé (BK 146/34)	34,291	12		2329
RN02	2	Laye (BK 146/34)	Yaktenga (BK 136/44)	10,114	3		494

RN	Voiture particulière	Tout terrain	Mini Bus	Bus-Car-Autocar	Camionnette	Camion à 2 essieux	Camion à 3 essieux	Camion avec remorque	Remorque-Citerne	Autres - Divers	TOTAL
RN1	627	401	169	199	135	180	89	110	206	12	2128
RN2	308	244	143	121	103	60	29	23	21	9	1061
RN3	300	116	53	54	46	24	14	26	13	2	648
RN4	198	119	120	35	24	48	28	102	39	1	714
RN5	168	75	72	38	76	77	51	80	25	3	665
RN6	475	226	86	47	137	194	53	84	42	20	1364
RN22	162	56	30	23	73	80	69	6	6	3	508
TOTAL	2238	1237	673	517	594	663	333	431	352	50	7088

Figure 21: Résumé du comptage routier de 2007

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 à la RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

Annexe 2: Résultats géotechniques du LNBTP de la voie à étudier

TRONCON RN1_ RN2 PK 0 AU PK 17							
DESIGNATION	N° Sondage	S36	S37	S38	S39	S40	S41
	Profils	C/G	axe	C/D	axe	C/G	axe
	Pks	Pk 9+100	Pk 9+350	Pk 9+600	Pk 9+850	Pk 10+100	Pk 10+350
	Profondeur (m)	0,20-0,80	0,20 - 0,80	0,25 - 0,80	0,15 - 0,80	0,20 - 0,80	0,20 - 0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm	91	72	70	92	94	98
	% < 80µm	73	37	40	83	84	51
	LL	31,6	17,9	17,8	25,2	25,8	21,8
	IP	12,8	7	6,4	9,4	9,9	8
	ES	---	---	---	---	---	---
	IG	8,72	0,4	1	8	8	3,2
	CLASSE HBR	A-6	A-4	A-4	A-4	A-4	A-4
	YOPM	1,87	1,95	1,98	1,96	1,9	1,9
	W%OPM	12,1	11,9	11,2	11	11,2	10,9
	CBR 95% :	9	8	9	7	4	3
	classe/portance	S2	S2	S2	S2	S1	S1
	APPELLATION	Limons Sablo-Argileux	Limons Sableux	Limons Sableux	Limons Sableux	Limons Sableux	Limons Sableux

TRONCON RN1_ RN2 PK 0 AU PK 17							
DESIGNATION	N° Sondage	S48	S49	S50	S51	S52	S53
	Profils	C/G	axe	C/D	axe	C/G	axe
	Pks	Pk 12+100	Pk 12+350	Pk 12+600	Pk 12+850	Pk 13+100	Pk 13+300
	Profondeur (m)	0,25-0,80	0,20-0,80	0,20-0,80	0,20-0,80	0,30-0,80	0,20-0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm	85	37	38	38		
	% < 80µm	44	24	26	25		
	LL	17,2	23,4	23,4	23,4		
	IP	5,5	9,2	9,2	9		
	ES	---	---	---	---	---	---
	IG	1,8	0	0	0	0	0
	CLASSE HBR	A-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-1a	A-1a
	YOPM	1,94	1,96	1,95	1,96		
	W%OPM	10,5	10,8	10,9	10,8		
	CBR 95% :	9	12	15	11		
	classe /portance	S2	S3	S4	S3	S1	S1
	APPELLATION	Limons Sableux	Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique	Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique	Graveleux et Sable Limoneux Peu Plastique	Cuirasse	Cuirasse

TRONCON RN1_ RN2 PK 0 AU PK 17							
DESIGNATION	N° Sondage	42	43	44	45	46	47
	Profils	C/D	axe	C/G	axe	C/D	axe
	Pks	Pk 10+600	Pk 10+850	Pk 11+100	Pk 11+350	Pk 11+600	Pk 11+850
	Profondeur (m)	0,20-0,80	0,20 - 0,80	0,25 - 0,80	0,20 - 0,80	0,20 - 0,20	0,25 - 0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm	82	34	32	32	81	82
	% < 80µm	62	23	23	20	50	45
	LL	25,5	21	28,4	28,1	18,6	18,5
	IP	10,2	8	11,2	11	6,3	6,1
	ES	---	---	---	---	---	---
	IG	5,48	0	0,096	0,05	3	2
	CLASSE HBR	A-6	A-2-4	A-2-6	A-2-6	A-4	A-4
	YOPM	1,85	2,01	1,9	1,9	1,98	1,98
	W%OPM	13	9,9	12,2	12,2	8,5	8,8
	CBR 95% :	6	14	10	9	4	6
	classe /portance	S2	S3	S3	S2	S1	S2
	APPELLATION	Limons Sablo-Argileux	Sable Limoneux Peu Plastique	Graveleux et Sable Limono-Argilleux	Graveleux et Sable Limono-Argilleux	Limons Sableux	Limons Sableux

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 à la RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

TRONCON RN1_ RN2 PK 0 AU PK 17								
DESIGNATION	N° Sondage		S54	S55	S56	S57	S58	S59
	Profils		C/D	axe	C/G	axe	C/D	axe
	Pks		Pk 13+600	Pk 13+850	Pk 14+100	Pk 14+350	Pk 14+600	Pk 14+850
	Profondeur	(m)	0,20-0,80	0,15-0,80	0,20-0,80	0,20-0,80	0,20-0,80	0,25-0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		22	37	38	40	33	12
	% < 80µm		18	32	30	30	26	0
	LL		28,8	37,2	37,4	32,6	41,8	27,8
	IP		11,4	16	16,2	13,8	17,9	10,7
	ES			---	---	---	---	---
	IG		0,042	1,02	0,93	0,57	0,869	0
	CLASSE HBR		A-2-6	A-2-6	A-2-6	A-2-6	A-2-7	A-2-6
	YOPM		2,1	1,89	1,89	1,88	1,81	2,08
	W%OPM		9,9	11,9	12	14	15,2	11,4
	CBR 95% :		28	10	17	11	9	32
	classe /portance		S4	S3	S4	S3	S2	S5
APPELLATION		Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Graveleux et Sable Limono- Argilleux	

TRONCON RN1_ RN2 PK 0 AU PK 17								
DESIGNATION	N° Sondage		S60	S61	S62	S63	S64	S65
	Profils		C/G	axe	C/D	axe	C/G	axe
	Pks		Pk 15+100	Pk 15+350	Pk 15+600	Pk 15+850	Pk 16+100	Pk 16+350
	Profondeur	(m)	0,20-0,80	0,20-0,80	0,15-0,80	0,20-0,80	0,25-0,80	0,25-0,80
PROFILS GEOTECHNIQUES	% < 0,5mm		52	83	63	63	75	75
	% < 80µm		22	59	41	41	42	45
	LL		40,2	17,4	21,3	21,3	17,1	17
	IP		17,1	5,3	8,3	8,3	5,5	5,5
	ES			---	---	---	---	---
	IG		0,497	4,8	1,2	1,2	1,4	2
	CLASSE HBR		A-2-7	A-4	A-4	A-4	A-4	A-4
	YOPM		1,91	1,9	1,98	2	2,03	1,96
	W%OPM		12,2	9,1	9	9,3	8,2	10,3
	CBR 95% :		27	30	11	10	11	9
	classe /portance		S4	S5	S3	S3	S3	S2
APPELLATION		Graveleux et Sable Limono- Argilleux	Limons Sableux	Limons Sableux	Limons Sableux	Limons Sableux	Limons Sableux	

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 à la RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

Annexe 3: Résultat des analyses géotechnique des zones d'emprunts

RESULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE											
LOCALISATION				IDENTIFICATIONS			PROCTOR		CBR à 95% OPM	CAPACITE	OBSERVATIONS
TRONCON	N°	PK	SITUATIONS	C80 μ m	wL	IP	γ_d (KN/m ³)	wopm (%)	ICBR	VOLUME EXPLOITABLE m ³	
CONTOURNEMENT NORD	1	Pk 49+00	c/g 4km/pjt	13	32	14	2,15	11,4	26	28218,75	conforme pour couche de forme
	2	Pk 46	c/g 17km/pjt	14	25,3	13	2,13	10,1	32	16187,5	conforme pour couche de forme
	8	Pk 10	c/g 6km/pjt	6	37,1	14,5	2,01	12,2	59	16100	conforme pour couche de fondation; hormis les limites
	8"	Pk 10	c/g 6km/pjt	33	31,08	12,86	2,02	10	8	12250	Non conforme pour utilisation
	9	Pk 10	c/g 2km/pjt	9	34,9	15,1	2,08	10,6	71	10500	conforme pour couche de fondation; hormis les limites
	10	Pk 17	c/g 8km/pjt	14,7	33,5	13,5	2,21	9,8	50	30333,333	conforme pour couche de fondation
	13	Pk 0+00	c/g 13km/pjt	26	34	15	1,89	14,5	17	15312	Non conforme pour utilisation
	14	Pk 49	c/g 8km/pjt	14	22,36	8,36	2,13	9,8	34	9625	conforme pour couche de forme
CONTOURNEMENT NORD	10	Pk 17	c/g 8km/pjt	14,7	33,5	13,5	2,21	9,8	50	30333,333	conforme pour couche de fondation
	13	Pk 0+00	c/g 13km/pjt	26	34	15	1,89	14,5	17	15312	Non conforme pour utilisation
	14	Pk 49	c/g 8km/pjt	14	22,36	8,36	2,13	9,8	34	9625	conforme pour couche de forme
	15	Pk 49	c/g 4,5km/pjt	14	21,52	7,86	2,19	8,5	24	10500	conforme pour couche de forme
	16	Pk 42	c/g 4km/pjt	10,5	29,2	11,9	2,09	12,2	60	9625	conforme pour couche de fondation
	17	Pk 10	c/g 2km/pjt	17	25,8	9,7	2,21	8,6	62	10500	conforme pour couche de fondation
	18	Pk 39	c/g 4km/pjt	18	26,6	10	2,18	10,7	37	10500	conforme pour couche de forme
	19	Pk 39	c/g 2km/pjt	13	24,1	8,4	2,15	9,7	69	10500	conforme pour couche de fondation
	20	Pk 35	c/g 4km/pjt	13	28	11	2,07	10	41	10500	conforme pour couche de forme
	21	Pk 31	c/g 4km/pjt	17	24,7	8,63	2,04	11,1	45	10500	conforme pour couche de forme

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 à la RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

CONTOURNEMENT NORD+A2 0:L32	22	Pk 33	c/g 4km/pjt	15	23	8,4	2,04	9,7	27	10500	conforme pour couche de forme
	23	Pk 33	c/g 5km/pjt	24	27,1	10,7	2,06	10,4	28	10500	conforme pour couche de forme
	24	Pk 31	c/d 400m/pjt	13,7	29,9	11,6	2,06	9,8	57	9187,5	conforme pour couche de fondation
	25	Pk 31	c/d 2km/pjt	9,8	28	11	2,02	13	45	10500	conforme pour couche de forme
	26	Pk 29	c/g 7km/pjt	12	23	8,4	2,1	12,4	44	10500	conforme pour couche de forme
	27	Pk 27	c/g 5km/pjt	22	22	7,9	2,03	10,3	42	10500	conforme pour couche de forme

Annexe 4: Choix de la structure de chaussée

TRAFICS $T_3 - T_4$		S_1		S_2		S_3		S_4		S_5	
		T_3	T_4	T_3	T_4	T_3	T_4	T_3	T_4	T_3	T_4
R	Béton bitumineux	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
B	Grave bitume	12	12	12	12	12	12	12	12	15	15
F	Banco-coquillage amélioré au ciment	20	25	15	20	15	15	15	10	0	0
R	Béton bitumineux	5	X	5	X	5	X	5	X	5	X
B	Soupe de corail traitée au ciment *	20	X	20	X	20	X	20	X	25	X

141

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 à la RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

R	Béton bitumineux	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7
B	Grave ciment	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
F	Sable argileux amélioré au ciment ou grave améliorée au ciment	40	45	25	30	20	25	15	15	0	0
R	Béton bitumineux	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
B	Grave bitume	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
F	Graveleux naturel ou concassé o/d	45	50	30	35	25	25	15	20	0	0
R	Béton bitumineux	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
B	Grave bitume	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
F	Sable argileux ciment ou graveleux amélioré au ciment	40	45	25	30	20	25	15	15	0	0

Annexe 5: Paramètres de l'étude hydrologique

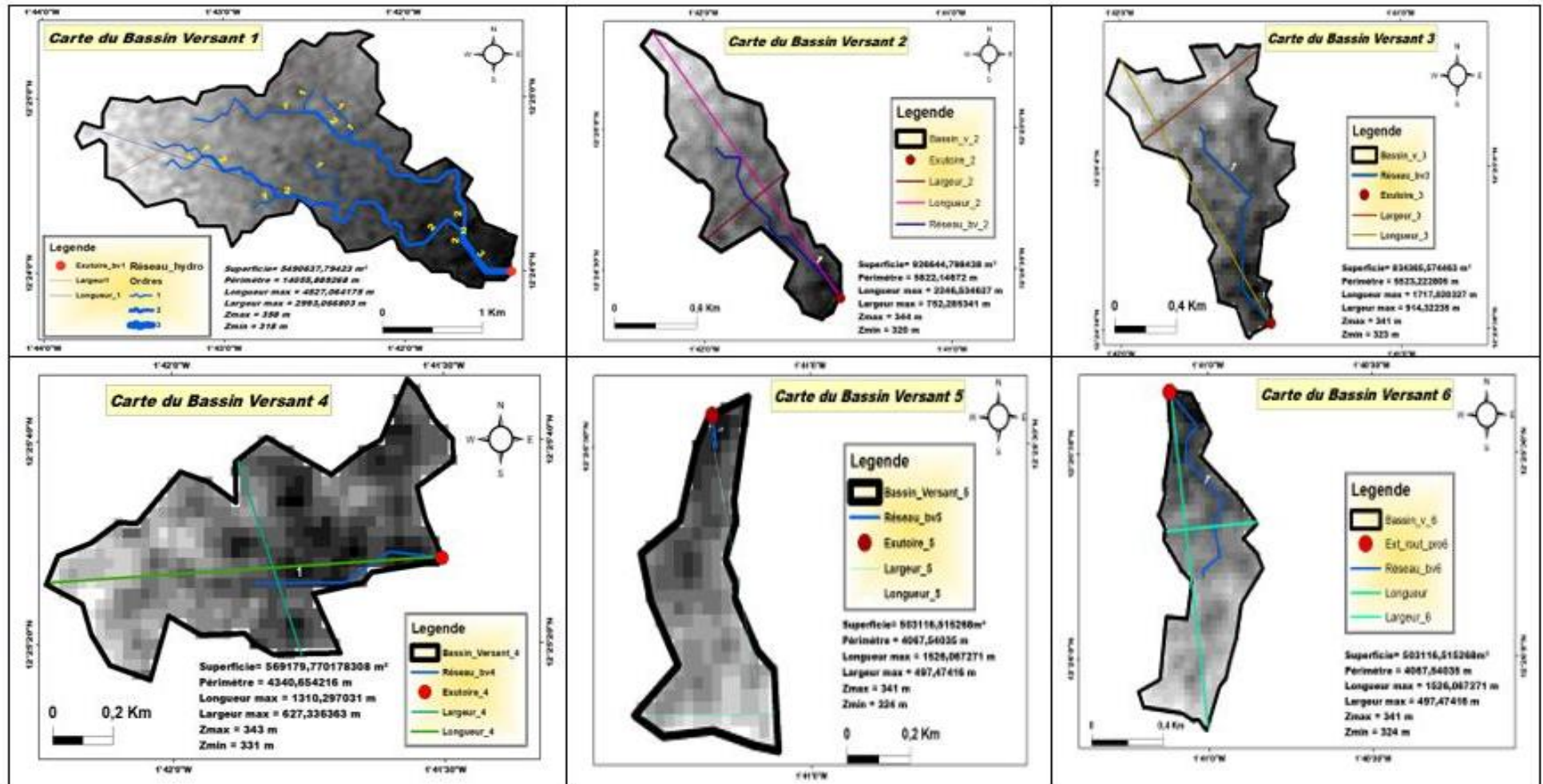


Figure 22 : carte des différents bassins versants

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 à la RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

Nature de la couverture végétale	Valeur de C							
	Petits bassins de 0 à 10 ha présentant une pente de				Bassins moyens de 10 à 400 ha présentant une pente de			
	moins de 5 %	de 5 à 10 %	de 10 à 30 %	plus de 30 %	moins de 5 %	de 5 à 10 %	de 10 à 30 %	plus de 30 %
Plates-formes et chaussées de routes ; cours.....	0,95	*	*	*	*	*	*	*
Terrains dénudés, ou à végétation non couvrante.....	0,80	0,85	0,90	0,95	0,70	0,75	0,80	0,85
Terrains déjà attaqués par l'érosion.....								
Labours frais.....								
Cultures couvrantes, céréales hautes.....	0,75	0,80	0,85	0,90	0,52	0,60	0,72	0,80
Terrains de parcours, chiendent ras.....								
Petite brousse clairsemée.....								
Prairies.....	0,70	0,75	0,80	0,85	0,30	0,36	0,12	0,50
Brousse dense, Savane à sous-bois.....								
Forêt ordinaire en futaie. Sous-bois touffus.....	0,30	0,50	0,60	0,70	0,13	0,20	0,25	0,30
Grande forêt primaire.....	0,20	0,25	0,30	0,40	0,15	0,18	0,22	0,25

Figure 23 : choix du coefficient de ruissellement

Tableau 27 : paramètre de calcul de la méthode rationnelle

Applicable pour les bassins versants de superficie ne dépassant pas 4 km²

$$Q=0,278 \times C \times I \times A$$

A : superficie du bassin versant en km²

C : coefficient de ruissellement

I : intensité de l'averse en mm/h ; elle peut être déterminé à l'aide de la courbe intensité-durée des averses décennales

$$I = [a \times (T_c^b)] ; a \text{ et } b \text{ sont les paramètres de montana}$$

T_c : temps de concentration en minutes

$$T_c = 1/52 \times [(L^{0,77}) / (p^{0,38})]$$

L : distance en mètres entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin

$$L = [(I_{comp} \times A^{1/2}) / 1,128] \times [1 + (1 - (1,128 / I_{comp})^2)^{1/2}]$$

$$I_{comp} = 0,282 \times P \times A^{1/2}$$

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 à la RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

Tableau 28: calcul des débits par la méthode rationnelle

Bassin Versants	Superficie (km ²)	Pente (%)	Icomp	Longueur (km)	Tc (mn)	a	b	Intensité I (mm/h)	C	Débit Q
BV_2	0,93	0,04	1,70	2,54	28,39	9,4	0,5	105,86	0,52	14,23
BV_3	0,83	0,03	1,71	2,54	27,93			106,71	0,52	12,80
BV_4	0,57	0,03	1,62	2,54	23,24			116,99	0,52	9,64
BV_5	0,2	0,03	1,55	2,54	15,53			143,14	0,52	4,14
BV_6	0,5	0,03	1,62	2,54	22,55			118,76	0,52	8,58

Donnée météorologique

Tableau 29 : pluviométrie journalière maximale

Zone	Année	Pluie (mm)
Tanghin Dassouri	1994	151,4
Tanghin Dassouri	1995	53,1
Tanghin Dassouri	1996	50,9
Tanghin Dassouri	1997	49,1
Tanghin Dassouri	1998	77,8
Tanghin Dassouri	1999	84,9
Tanghin Dassouri	2000	65,7
Tanghin Dassouri	2001	49,5
Tanghin Dassouri	2002	64,2
Tanghin Dassouri	2003	51,5
Tanghin Dassouri	2004	59,5
Tanghin Dassouri	2005	62,1
Tanghin Dassouri	2006	47,2
Tanghin Dassouri	2007	58,2
Tanghin Dassouri	2008	70,2
Tanghin Dassouri	2009	85,7
Tanghin Dassouri	2010	45,8
Tanghin Dassouri	2011	47,6
Tanghin Dassouri	2012	55,6
Tanghin Dassouri	2013	68,4
Ouagadougou aéroport	2014	57,2
Ouagadougou aéroport	2015	67
Tanghin Dassouri	2016	91,9
Ouagadougou aéroport	2017	96,6
Tanghin Dassouri	2018	84
Tanghin Dassouri	2019	61,7
Tanghin Dassouri	2020	90,5
Tanghin Dassouri	2021	114,3
Tanghin Dassouri	2022	93,5
Tanghin Dassouri	2023	62,3

Détermination de Kr70 et Kr100

TABEAU 3
Paramètres de l'équation de détermination de Kr_{70} pour la zone tropicale sèche en fonction de l'indice de pente et de la classe d'infiltrabilité

Caractéristiques		a'	b'	c'
Infiltrabilité	Pente			
I	15	2000	100	29,5
	7	1620	100	27,5
	3	1250	100	25
RI	15	250	20	21,7
	7	200	20	18,5
	3	150	20	15
P	7	50	15	8

Pour les bassins très perméables, TP, on pourra prendre la valeur médiane $Kr_{70} = 2\%$, quelle que soit la pente.

TABEAU 4
Paramètres de l'équation de détermination de Kr_{100} pour la zone tropicale sèche en fonction de l'indice de pente et de la classe d'infiltrabilité

Caractéristiques		a'	b'	c'
Infiltrabilité	Pente			
I	15	2400	100	32
	7	1940	100	30
	3	1440	100	28
RI	15	325	30	26
	7	240	30	22
	3	200	30	17
P	7	55	17	9,5

Figure 24: choix des coefficients pour le calcul de Kr70 et Kr100

Annexe 6: Paramètres de l'étude hydraulique

Abaque du BCEOM pour le prédimensionnement des dalots

Abaque 77 du BCEOM

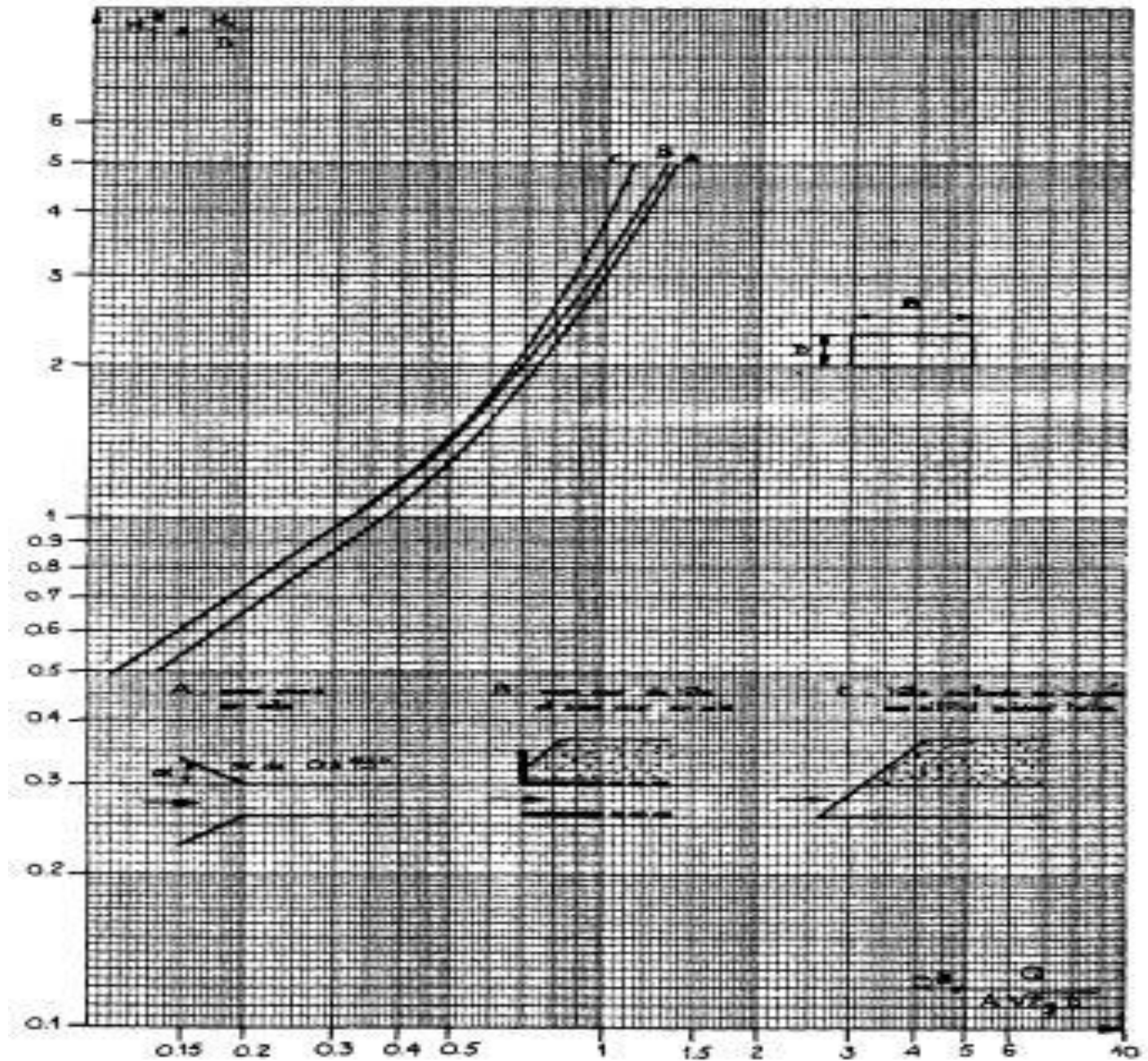


Fig. 77. Sortie libre. Dalots rectangulaires.

Figure 25 : calcul de la hauteur réduite

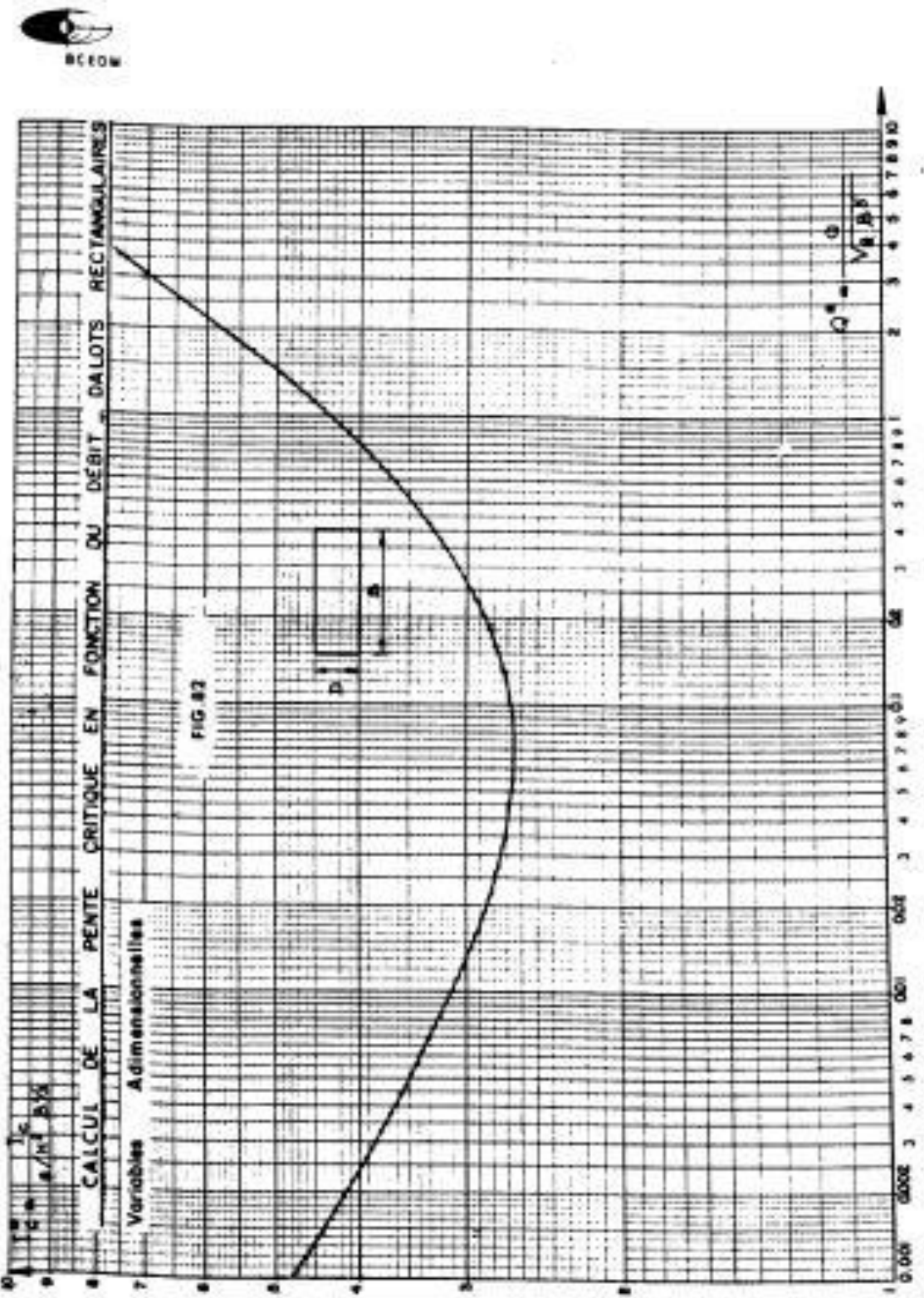


Figure 26 : calcul de la pente critique en fonction débit

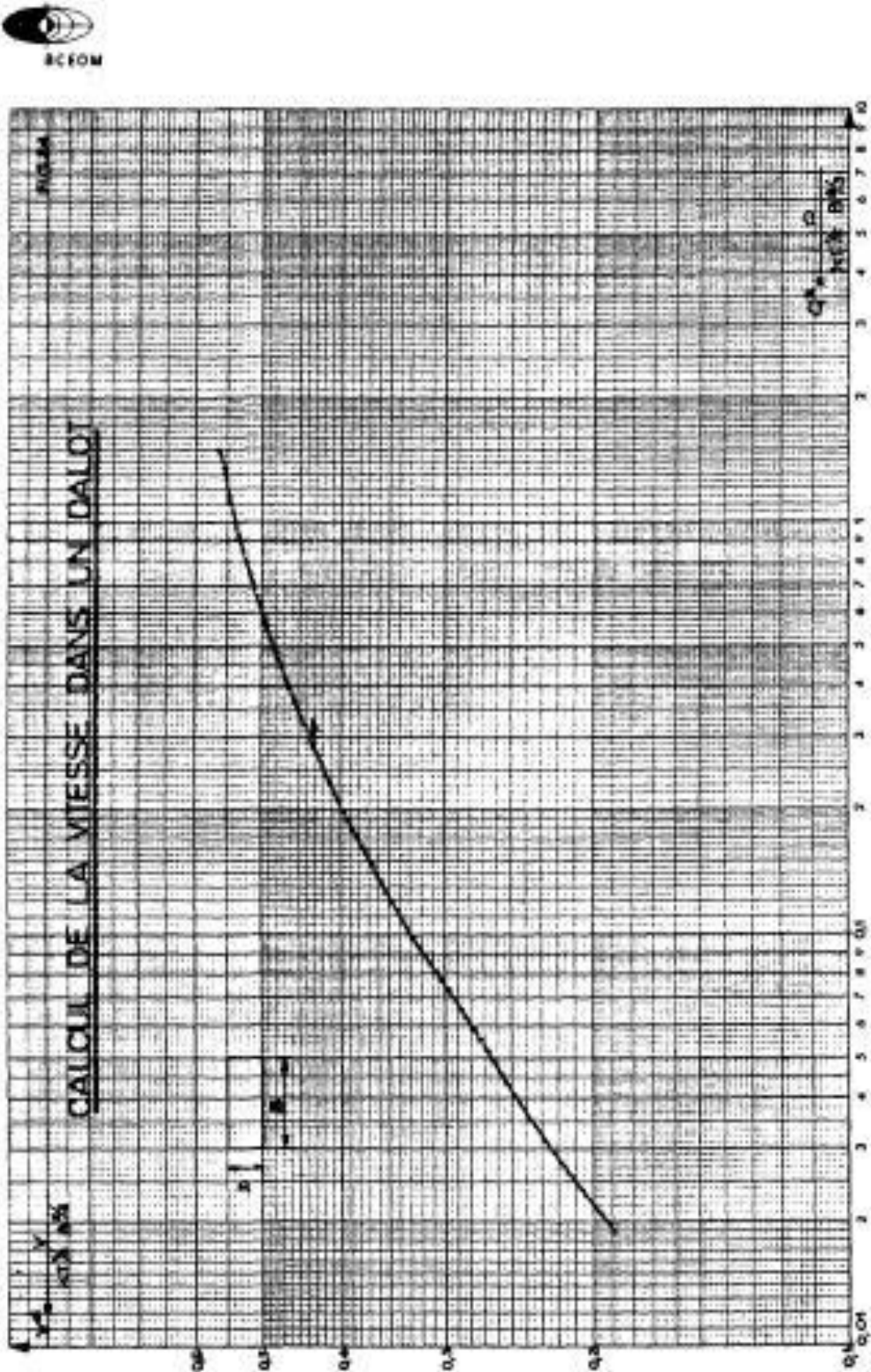


Figure 27 : calcul de la vitesse réduite

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 à la RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

Différents systèmes de charge

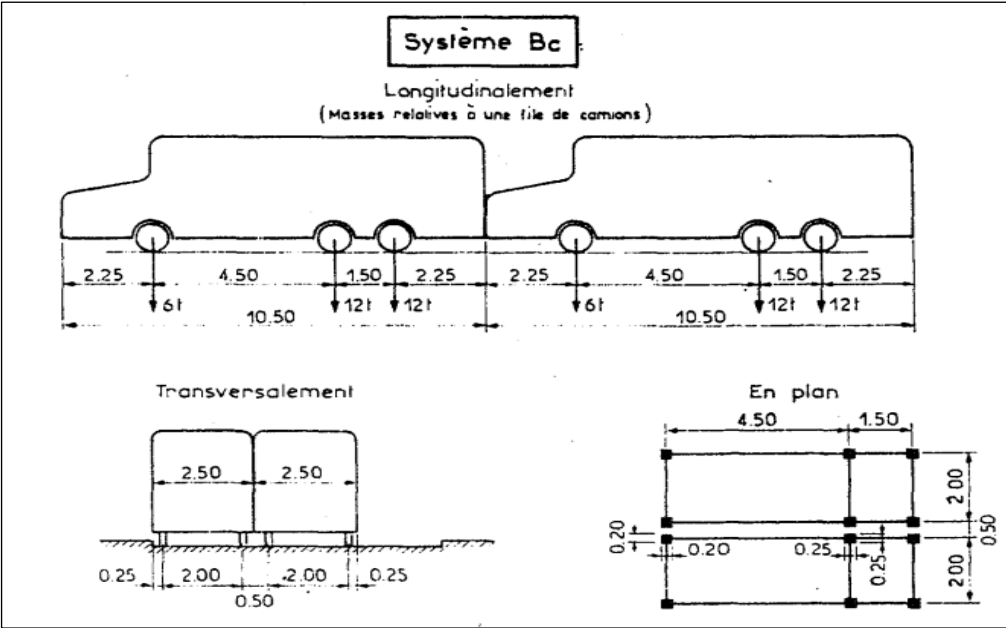


Figure 28: calcul des charges du système Bc

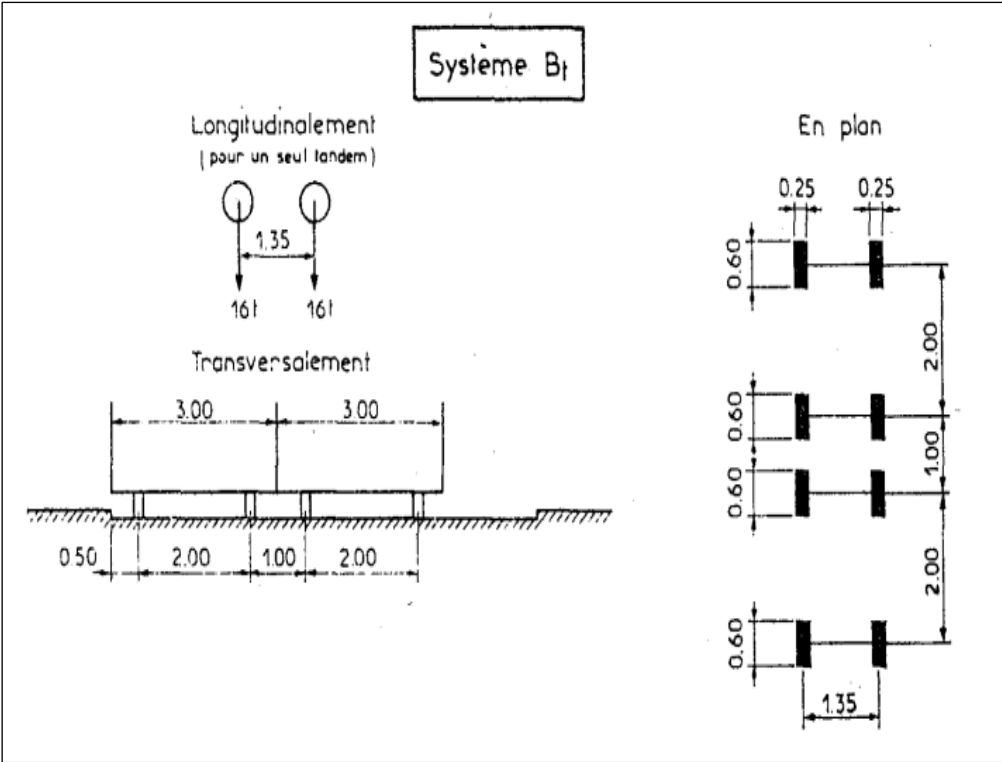


Figure 29 : calcul des charges du système Bt

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 à la RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

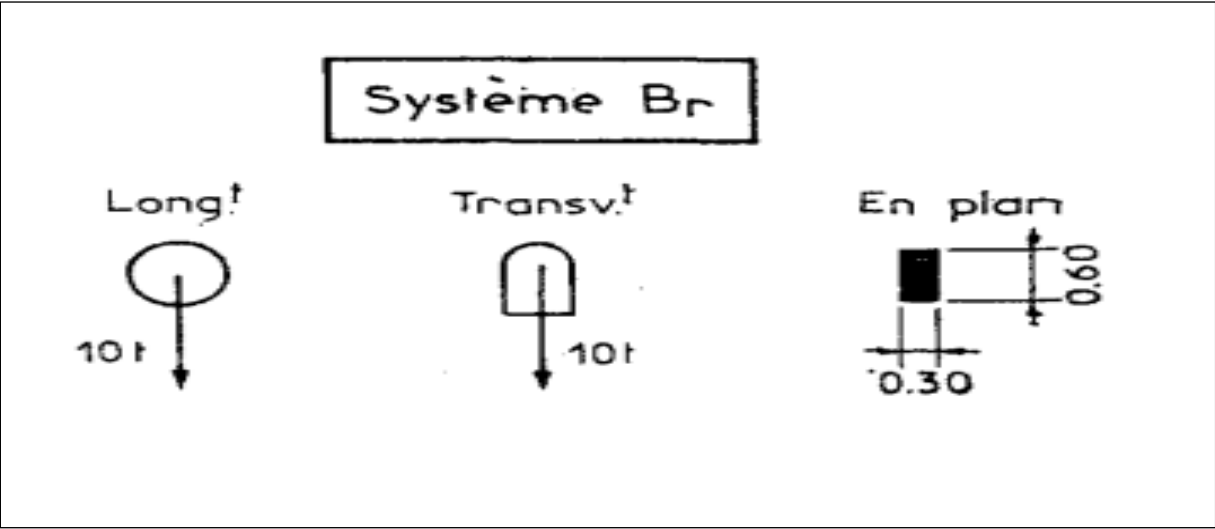


Figure 30 : calcul des charges du système Br

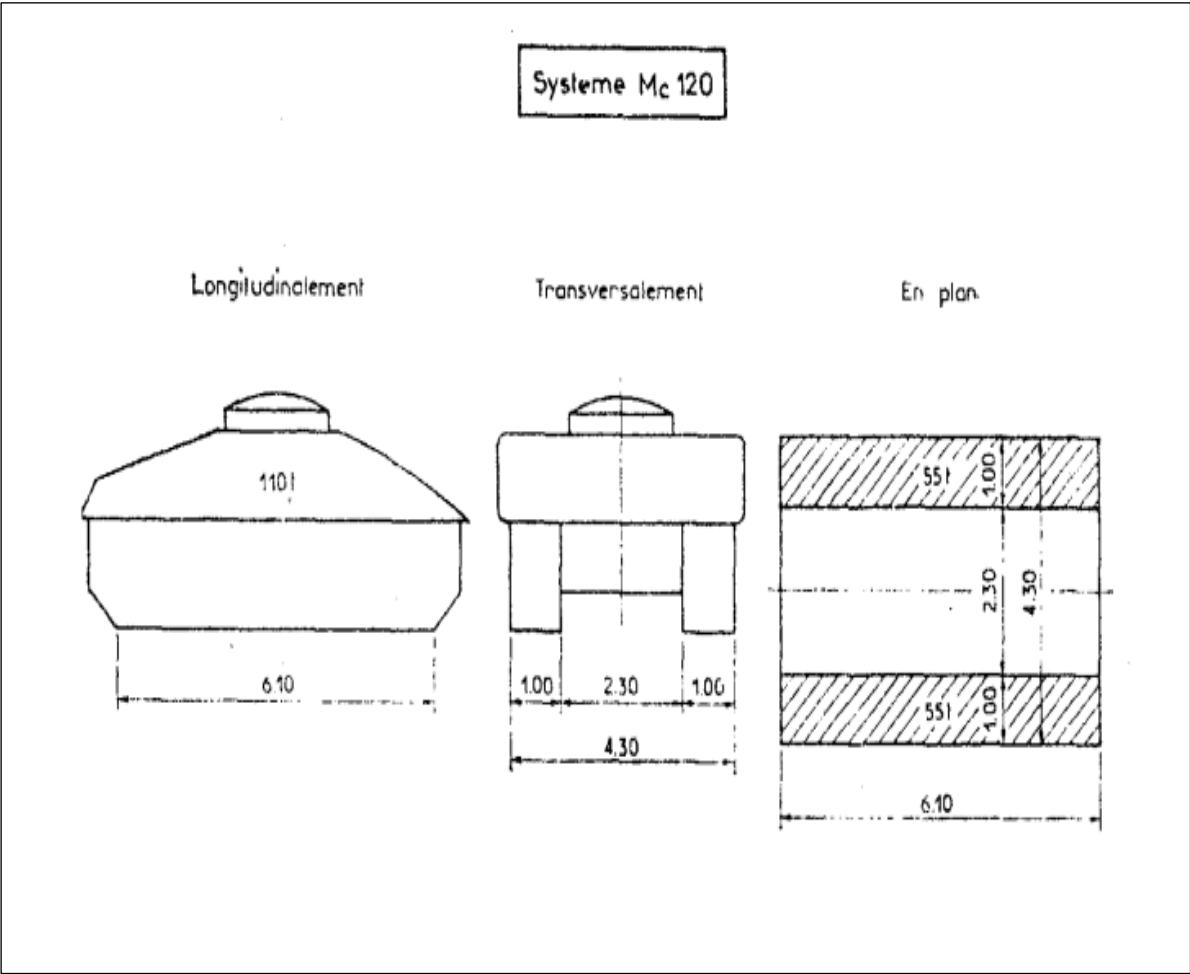


Figure 31: calcul des charges du système Mc120

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

Tableau 30 : calcul des sections des différents dalots

Etude hydraulique						
Bassins versants	BV_1	BV_2	BV_3	BV_4	BV_5	BV_6
Débit de projet Q10 (m3/s)	14,50	14,23	12,80	9,64	4,14	8,58
Débit réels	36,00	36,00	27,00	24,00	9,00	24,00
Pesanteur g(m ² /s)	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81
Vitesse admissible Vadm(m/s)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Nombre de cellule	3,00	3,00	3,00	2,00	1,00	2,00
Débit par cellule (m3/s)	4,83	4,74	4,27	4,82	4,14	4,29
Hauteur du dalot D(m)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Largeur d'une cellule B(m)	2,00	2,00	1,50	2,00	1,50	2,00
1. Calcul de la profondeur d'eau en amont						
Débit réduit Q*	0,19	0,19	0,23	0,19	0,22	0,17
Hauteur réduite H* (abaque 77 du BCEOM)	0,62	0,62	0,72	0,62	0,70	0,58
Profondeur d'eau en amont H1(m)	1,24	1,24	1,44	1,24	1,40	1,16
Vérification (H1/D≤1,25)	Verifié	Verifié	Verifié	Verifié	Verifié	Verifié
Revanche D - H1 (m)	0,76	0,76	0,56	0,76	0,60	0,84
2. Pente critique						
Débit réduit Q*'	0,27	0,27	0,49	0,27	0,48	0,24
Pente critique réduite Ie (abaque 82 du BCEOM)	3,00	3,00	3,40	3,00	3,40	2,90
Coefficient de rugosité K	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00
Pente critique Ic	0,005203521	0,00520352	0,00589732	0,00520352	0,00589732	0,00503007
3. Vitesse de sortie						
Débit réduit Q***	0,16	0,15	0,28	0,16	0,27	0,14
Vitesse réduite V* (abaque 84 du BCEOM)	0,37	0,36	0,43	0,37	0,42	0,36
Vitesse de sortie V (m/s)	2,84	2,76	2,90	2,84	2,83	2,72
Vérification de la vitesse	Vitesse vérifié	Vitesse vérifié	Vitesse vérifié	Vitesse vérifié	Vitesse vérifié	Vitesse vérifié
Section retenue	3x2x2	3x2x2	3x1,5x2	2x2x2	1x1,5x2	2x2x2

Dimensionnement du dalot 3×2×2m

On a :

La largeur roulable : $L_r = (2 \times 3,5 + 3 + 1,5) \times 2 = 23 \text{ m}$

Largeur chargeable : A cause de l'absence de dispositif de retenu la largeur chargeable qui est égal à la largeur roulable $L_c = 23 \text{ m}$

La classe du dalot :

Tableau 31: classe du dalot (source : cours de CCOH 2IE)

Classe du dalot	Largeur roulable L_r
Classe I	$L_r \geq 7\text{m}$
Classe II	$7\text{m} > L_r > 5,5\text{m}$
Classe III	$L_r \leq 5,5\text{m}$

Donc notre dalot est de **classe I**

Nombre de voie : $n = \text{Int}(L_c/3) = 23/3 = \text{Int}(7,67) = 7 \text{ voies}$

Epaisseur du dalot : $e = \max(1/15 ; 1/10) = (200/15 ; 200/10) = 20 \text{ cm}$

Charges permanentes

Charge permanentes	Application littérales	Application numériques	Valeurs obtenues [kN/m ²]
Tablier	$Pp_{pTablier} = \gamma_{béton} \times e$	$Pp_{pTablier} = 25 \times 0,2$	5
	$Pp_{premlai} = \gamma_{GLN} \times e_R$	$Pp_{premlai} = 20 \times 0,3$	6
	$Pp_{p guide roue} = \gamma_{béton} \times e_{GR} \times h \times 2$	$Pp_{guide roue} = 25 \times 0,2 \times 2 \times 0,4/23$	0,588235294
	Gtablier =11,59 [kN/m²]		
Radier	$Pp_{piédroits} = n \times \frac{\gamma_{béton} \times e \times h}{L_{hydro}}$	$Pp_{piédroits} = 4 \times \frac{25 \times 0,2 \times 2}{3 \times 2}$	6,67
	$Pp_{radier} = \gamma_{béton} \times e$	$Pp_{radier} = 25 \times 0,2$	5
	Gradier =23,25 [kN/m²]		
Poussée Latérales sur les Piédroits	$G_h = Ka \times \gamma_{GLN} \times Z$	$G_h = 0,33 \times 20 \times (0,3 + 0,2)$	3,3
	$G_b = Ka \times \gamma_{GL} \times [Z + H]$	$G_b = 0,33 \times 20 \times [0,3 + 1,5]$	16,5
	Gterres =19,8 [kN/m²]		

Figure 32: calcul des différentes charges permanentes

CALCUL DES SURCHARGES ROUTIERES

Système de charge A

Tableau 32: calcul de la surcharge du système A

Système de charge A			
A(L)	$A(L) = 2,30 + 360 / (Lc+12)$	$A(L) = 2,30 + 360 / (23+12)$	12,58571429
La densité charge effective	$q = \text{Sup} \{a_1 A(L); (-0,002L)\}$	$q(L) \text{Sup} \{1 \times 21,25; (-0,002 \times 23)\}$	21,24736842
Q (ELU)	$Q = \gamma_q \times a_2 \times q(L)$	$Q = 1,61 \times 0,3 \times q(L)$	4,32
Q (ELS)		$Q = 1,2 \times 0,3 \times q(L)$	3,22
			KN/m²
			KN/m²

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

Tableau 33 : calcul des surcharges des différents systèmes B et du système Mc120

Système B _c			
b _c	0,7		
S(m ²)	(7×2+3+0.25) × (1,50+ 4,50+0,25)		107,81
S _{BC} (KN)	S _{BC} = 300 × 7		2100
B _c (KN/m ²)	$B_c = \frac{S_{BC}}{S}$	$B_c = \frac{2100}{107,81}$	19,49
G (KN)	$G = G_{tablier} \times L_r \times largeur$	$G = 11,59 \times 23 \times 6,8$	1812,40
δ _{bc}	$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times L_r} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{G}{S_{BC}}}$	$1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 23} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{1812,40}{2100}}$	1,15
Système B _t			
b _t	1		1
S(m ²)	(1,35+0,25) × (2×2 +1+ 1)		9,6
S _{Bt} (KN)	160×4		640
B _t (KN/m ²)	$B_t = \frac{S_{Bt}}{S}$	$B_t = \frac{640}{9,6}$	66,67
G (KN)	$G = G_{tablier} \times L_r \times largeur$	$G = 11,59 \times 23 \times 6,8$	1812,40

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

δ_{bt}	$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times Lr} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{G}{S_{Bt}}}$	$1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 23} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{1812,40}{640}}$	1,06
Système B_{C-Niger}			
b_{C-Niger}	0,70		0,70
S(m²)	(4+1,5+0,3) × (2×7+6×0,5+0,3)		100,34
S_{Bc-N} (KN)	355×7		2485
B_{C-N}(KN/m²)	$B_c = \frac{S_{Bc-N}}{S}$	$B_c = \frac{2485}{100,34}$	24,77
G (KN)	$G = G_{tablier} \times L_r \times largeur$	$G = 11,59 \times 23 \times 6,8$	1812,40
$\delta_{Bc-Niger}$	$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times Lr} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{G}{S_{Bc-Niger}}}$	$1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 23} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{1812,40}{2485}}$	1,22
δ (KN/m²)	δ = max (δ_{bt} , δ_{bc} , δ_{Bc-Niger})		1,22
Système B_r			
Br	1		
S_{Br} (KN)	100		
Système M_{c120}			
S(m²)	(2,+1)× 6,10		18,91

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

S_{Mc-120} (KN)	1100		1100
Mc 120(KN/m²)	$B_c = \frac{S_{Mc-N}}{S}$	$B_c = \frac{1100}{18,91}$	58,17
G (KN)	$G = G_{tablier} \times L_r \times largeur$	$G = 11,59 \times 23 \times 6,8$	1812,40
δ_{Bc-Niger}	$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times Lr} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{G}{S_{Mc120}}}$	$1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 23} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{1812,40}{1100}}$	1,15
Système Mc 120	ELS	$Q_{Mc120} = 1,2 \times 1,15 \times 1 \times 58,17$	80,27 KN/m²
	ELU	$Q_{Mc120} = 1,61 \times 1,15 \times 1 \times 58,17$	107,70 KN/m²

Tableau 34 Calcul des charges à ELS et a ELU

Charge Ds différents systèmes			
Système B _t	ELS	$Q_{Bt} = 1,2 \times 1,22 \times 1 \times 66,67$	97.60KN/m²
	ELU	$Q_{Bt} = 1,61 \times 1,22 \times 1 \times 66,67$	130.95KN/m²
Système B _c	ELS	$Q_{Bc} = 1,2 \times 1,22 \times 0,7 \times 19,49$	19,97KN/m²
	ELU	$Q_{Bc} = 1,61 \times 1,22 \times 0,7 \times 19,49$	26.79KN/m²
Système B _c -Niger	ELS	$Q_{Bc-Niger} = 1,2 \times 1,22 \times 0,7 \times 24,77$	25,38KN/m²
	ELU	$Q_{Bc-Niger} = 1,61 \times 1,22 \times 0,7 \times 24,77$	34,05KN/m²

Combinaison des charges à ELS

Tableau 35: calcul des charges d'exploitation à ELS

Eléments	Combinaison des charges à ELS	Résultats
Tablier	$G_{\text{tablier}} (ELS) = G_{\text{tablier}} + Q_{\text{ELS}} = 11,59 + 97,60$	109,19KN/m²
Piédroit	$P_h (ELS) = G_h + \gamma_Q \times K_a \times q = 3,3 + 0,33 \times 1,2 \times 10$	7,26 KN/m²
	$P_b (ELS) = G_b + \gamma_Q \times K_a \times q = 16,50 + 0,33 \times 1,2 \times 10$	20,46 KN/m²
Radier	$G_{\text{Radier}} (ELS) = G_{\text{radier}} + Q_{\text{ELS}} = 19,80 + 97,60$	117.4KN/m²

Calculs des sections d'aciers

- Fe400
- $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$,
- $F_e = 400 \text{ Mpa}$,
- $f_{t28} = 2,1 \text{ Mpa}$,
- $d = 0,9 \times h = 0,9 \times 0,2 = 0,18$
- $h = 0,2 \text{ m}$
- $b = 1 \text{ m}$
-

Tableau 36: paramètres de calcul des sections d'acier

calcul des sections d'aciers	Moment à l'état de service	valeurs
Détermination des constantes		
$\bar{\sigma}_{bc}(MPa)$	$\bar{\sigma}_{st} = \bar{\sigma}_{bc} = 0,6f_{c28}$	15,00
$\bar{\sigma}_{st}(MPa)$	$\min \left\{ \frac{2}{3} F_e; \max \left(\frac{1}{2} F_e; 110 \sqrt{\eta F t_j} \right) \right\}$	201,63
$\bar{\alpha}_{ser}$	$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \bar{\sigma}_{bc}}{n \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}}$	0,53
$M_{rserb}(KN.m)$	$M_{rserb} = \frac{1}{2} b_o d^2 \bar{\alpha}_{ser} \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3} \right) \bar{\sigma}_{bc}$	105,63

Tableau 37: calcul de la section d'acier du tablier

Sections d'acier du radier (flexion simple)						
Désignations	application linéaire		Appuis de rives	Appui intermédiaire	Travée de rive	Travée intermédiaire
Moment à L'ELS	Mser		39,10	39,1	19,6	19,6
vérification de la présence des aciers comprimés		$M_{rserb} > M_{ser}$	pas d'aciers comprimés	pas d'aciers comprimés	pas d'aciers comprimés	pas d'aciers comprimés
Section d'acier tendu	$A_{st1}(cm^2)$	$A_{st1} = \frac{M_{ser}}{d \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3}\right) \sigma_{st}}$	13,07	13,07	6,55	6,55
Condition de non fragilité	$A_{stmin}(cm^2)$	$A_{stmin} = \frac{0,23 b d f_{tj}}{f_e}$	2,17	2,17	2,17	2,17
choix	Ast	$\max(A_{st} ; A_{stmin})$	As = Ast	As = Ast	As = Ast	As = Ast
Acier			9HA14 soit 13,85cm ²	9HA14 soit 13,85cm ²	6HA12 soit 6,79 cm ²	6HA12 soit 6,79 cm ²
Espacement minimal	$e_{ht}(cm)$	$e_{ht} = \max[\phi_l ; 1,5G_g]$	3	3	3	3
Espacement réel (cm)	$e_h(cm)$	$e_h = \frac{100 - (\phi * n + enr * 2)}{n - 1}$	16,88	16,88	22,00	22,00
Vérification des contraintes des matériaux						
position de l'axe neutre Yser	$\frac{b_0 Y_{ser}^2}{2} - n A_{st} (d - Y_{ser}) = \frac{1}{2} Y_{ser}^2 - 15 A_{st} (0,18 - Y_{ser}) = 0$		0,05	0,065	0,056	0,042
moment quadratique Iser	$I_{ser}(m^4)$	$I_{ser} = \frac{b_0 Y_{ser}^3}{2} + n A_{st} (d - Y_{ser})^2$	4,24E-04	4,12E-04	4,07E-04	4,33E-04
contraintes du béton	$\sigma_{bc}(MPa)$	$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I_{ser}} Y_{ser}$	4,15	6,17	2,70	1,90
	$\bar{\sigma}_{bc}(MPa)=15$	$\sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc}$	contrainte du béton vérifiée	contrainte du béton vérifiée	contrainte du béton vérifiée	contrainte du béton vérifiée
contraintes des aciers	$\sigma_{st}(MPa)$	$\sigma_{st} = n \frac{M_{ser}}{I_{ser}} (d - Y_{ser})$	186,66	163,68	89,52	93,77
	$\bar{\sigma}_{st}(MPa) = 210,63$	$\sigma_{st} < \bar{\sigma}_{st}$	Contrainte de l'acier vérifiée	Contrainte de l'acier vérifiée	Contrainte de l'acier vérifiée	Contrainte de l'acier vérifiée

Figure 33: calcul de la section d'acier du radier

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

Sections d'acier des pieds de rive (flexion composée)			
Désignations	application linéaire		Résultats
Moment à L'ELS	Mser	5,06	
Effort normal	Nser	101,2	
excentricité du premier ordre	e1(m)	$e1 = \frac{M_{ser}}{N_{ser}}$	0,05
excentricité due aux effets secondaires	e2(m)	$e2 = \max(2\text{cm}, L/250)$	0,02
excentricité additionnelle	e3	$e3 = \frac{3L_f^2}{10000h}(2 + \alpha\varphi)$	0,0107
excentricité	e		0,08
effort de compression centré max supportable par le béton	Nbmax(MN)	$N_{b\max} = b \times h \times f_{bc}$	2,83
coefficient de remplissage	$\psi1$	$\psi1 = \frac{N_{ser}}{N_{b\max}}$	0,04
$\psi1 < 0,81$ d'où $e_{NC} = \zeta \times h$	$\zeta = 0,1645$	$e_{NC} = \zeta \times h$	0,01
conclusion	$e > e_{NC}$		la section est partiellement comprimée
	$e_A(m)$	$e_A = e + (d - 0,5h)$	0,16
Moment fictif	$M_{serf}(KN.m)$	$M_{serf} = N_{ser} \times e_A$	16,26
	α_{ser}	$\alpha_{ser} = \frac{n\bar{\sigma}_{bc}}{n\bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}}$	0,53
	$Y_{ser}(m)$	$Y_{ser} = d \times \alpha_{ser}$	0,09
Bras de levier	$Z_{ser}(m)$	$Z_{ser} = d - \frac{Y_{ser}}{3}$	0,1484
Moment réduit	$M_{serb}(KN.m)$	$M_{serb} = \frac{1}{2} b o \times Z_{ser} \times \bar{\sigma}_{bc} \times Y_{ser}$	105,63
conclusion	$M_{serf} < M_{serb}$	OK	pas d'acier comprimé
Section d'acier fictive	$A_{stf}(cm^2)$	$A_{stf} = \frac{M_{serf}}{Z_{ser} \times \sigma_{st}}$	5,44
Section d'acier	A_s	$A_s = A_{stf} - \frac{N_{ser}}{\sigma_{st}}$	0,42
condition de non fragilité	$A_{stmin}(cm^2)$	$A_{stmin} = \max\left(\frac{bh}{100}; \frac{0,23 b d f_{tj}}{f_e}\right)$	2,17
choix	$A_s(cm^2)$	$\max(A_{st}; A_{stmin})$	2,17
Acier			5HA10 Soit 3,93 cm ²
espacement	eh(cm)	22,25	20

Figure 34: section d'acier des pieds de rive

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

Sections d'acier des pieds de intermédiaire			
Désignations	application linéaire		Résultats
Moment à L'ELS	Mser	0	
Effort normal	Nser	202,1	0,2021
section réduite	Br (m ²)	Br = (h-0,02)(b-0,02)	0,1764
	λ	$\lambda = 3,5 \times \frac{lf}{a}$	26,95
	α	$\alpha = \frac{0,85}{1 + 0,2 \times \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2}$	0,7599
Acier comprimés	Asc	$Asc = \frac{\gamma_s}{f_e} \left(\frac{Nu}{\alpha} - \frac{Br \times f_{c28}}{0,9Br} \right)$	-0,01
		4 U	9,60
		$\frac{0,2 \times B}{100}$	4,00
Acier min		$Asc_{min} = \max\left(4 U ; \frac{0,2 \times B}{100}\right)$	9,60
	choix	Asc	9HA12 soit 10,18 esp 10 cm
condition de non fragilité	A _{stmin} (cm ²)	$A_{stmin} = \max\left(\frac{bh}{100} ; \frac{0,23 b d f_{tj}}{f_e}\right)$	2,17
Acier	A _{st} (cm ²)	max(A _s ; A _{stmin})	9HA12 Soit 10,18 cm ²
Section d'acier de répartition	A _r (cm ²)	A _r = A _{st} /3	3,20
Acier			5HA10 Soit 3,93cm ² esp 25cm

Figure 35: section d'acier des pieds intermédiaires

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

Désignations		calcul des charges			bras de levier/A		Moment/A
charges permantes	poids propre du voile	P1	$P_1 = \gamma_{\text{béton}} \times e0 \times H_{\text{voile}}$	9	$d_1 = b_1 + e0/2$	0,4	-3,6
	poids propre de la semelle	P2	$P_2 = \gamma_{\text{béton}} \times e2 \times H_{\text{voile}}$	9	$d_2 = b/2$	0,55	-4,95
	poids des terres sur le talon	P3	$P_3 = \gamma_{\text{terre}} \times b2 \times H_{\text{voile}}$	27	$d_3 = b - b_2/2$	0,725	-19,575
	poussée des terres sur le mur	P4	$P_4 = \gamma_{\text{terre}} \times Ka \times \frac{H^2}{2}$	13,2	$d_4 = H/3$	0,666666667	8,8
charges d'exploitations	surchage	P5	$P_5 = Q \times b2$	0	$d_5 = b - b_2/2$	0,725	0
	poussée due à la surcharge	P6	$P_6 = Q \times Ka \times H$	0	$d_6 = H/2$	1	0
						moment (KN.m/ml)	-19,325
			Rv (KN/ml)	45		Ms	28,125
			RH (KN/ml)	13,2		Mr	8,8
verification des stabilitées	stabilitée au glissement	<i>vérifiée si $R_H < \overline{R_H}$</i>	$\overline{R_H} = \frac{R_V \times \tan \varphi}{\gamma_b}$	17,32		stabilitée au glissement vérifiée	
	stabilitée au renversement	<i>vérifiée si $F_H \geq 1,5$</i>	$F_H = \frac{\text{moment stabilisant } Ms}{\text{moment renversant } Mr}$	3,20		stabilitée au renversement vérifiée	
	excentricité	ea	$e_A = \frac{M}{Rv}$	0,43			

Figure 36: Dimensionnement du mur en aile

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

dimensionnement du voile				
sections	S1: x = h = 1,8	S2: x=h/2 = 0,9	S3: x= h/3 = 0,6	S4: x = 2h/3 = 1,2
N(KN/m)	9,00	4,50	2,85	5,65
V(KN/m)	10,69	2,38	1,07	4,21
M(KN/m)	6,42	0,68	0,20	1,59
e	0,71	0,15	0,07	0,28

Figure 37: calcul des charges qui arrive sur le voile

sur le coté du mur amont (remblayé)			
moment à l'ELS	Mser	6,4152	6,4152
parametre de déformation	$\bar{\alpha}_{ser}$	$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n\bar{\sigma}_{bc}}{n\bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}}$	0,53
	Yser (m)	$Yser = d \times \alpha_{ser}$	0,09
	Zser (m)	$Zser = d - \frac{\alpha_{ser}}{3}$	0,1484
Moment réduit	Mrser (KN. m)	$Mrser = \frac{1}{2} b o \times Zser \times \bar{\sigma}_{bc} \times Yser$	105,63
conclusion	$M_{ser} < M_{serb}$	OK	pas d'acier comprimé
Section d'acier fictive	Astf1 (cm ²)	$A_{stf1} = \frac{M_{ser}}{Zser \times \sigma_{st}}$	2,14
condition de non fragilité	Astmin (cm ²)	$A_{stmin} = \frac{0,23 b d f_{tj}}{f_e}$	2,17
choix	As (cm ²)	max(Ast ; Astmin)	2,17
Acier			5HA10 Soit 3,93 cm ²
espacement	eh(cm)	$eh \leq \min(25 ; 2h)$	25,00
espacement réel	eh(cm)	22,25	20
aciers de répartition coté terre	AH(cm ²)	$A_H = 0,10 \times e_1$	2
Acier			4HA10 Soit 3,14 cm ² esp 25cm

Figure 38 : calcul des aciers sur le côté amont

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

aciers complémentaire sur le coté face			
Armature verticales	A_V	$A_V = 0,10 \times e_1$	2
Acier			4HA10 Soit 3,14 cm ² esp 25cm
Armatures horizontales		$A_H = 0,0750 \times e_1$	1,5
Acier			4HA10 Soit 3,14 cm ² esp 25cm
Vérification de la nécessité des aciers transversaux			
condition à vérifier		$\frac{V_u}{b_0 d} \leq \frac{0,07d f_c 28}{\gamma_b}$	
effort tranchant	V_u	$V_u = 1,35 V_{ser}$	14,4342
		$\frac{V_u}{b_0 d}$	80,19
		$\frac{0,07d f_c 28}{\gamma_b}$	210
conclusion	$\frac{V_u}{b_0 d} \leq \frac{0,07d f_c 28}{\gamma_b}$	OK	pas necessaire d'utiliser les armatures transversaux

Figure 39 : calcul des aciers coté aval

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

dimensionnement de la semelle			
patin			
contrainte du sol	$\sigma (KN/m^2)$	$\sigma = \frac{\sum F_V}{2 e_A}$	52,39327296
moment d'encastrement	$M_{ser}(KN.m)$	$M_{ser} = \sigma \times \frac{b_1^2}{2}$	7,858990944
armatures principaux	$A_s (cm^2)$	$A_s = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_{st}}$	2,627221604
condition de non fragilité	$A_{stmin} (cm^2)$	$A_{stmin} = \frac{0,23 b d f_{tj}}{f_e}$	2,17
choix			4HA10 Soit 3,14 cm ² esp 25cm
acier de répartition	$A_r (cm^2)$	$A_r = 0,10 \times e_1$	2
choix			4HA10 Soit 3,14 cm ² esp 25cm
talon			
contrainte du sol sur le talon	$\sigma_1 (KN/m^2)$	$\sigma_1 = H_v \times \gamma_{terre}$	36
contrainte du sol sous le talon	$\sigma_2 (KN/m^2)$	$\sigma_2 = \frac{\sum F_V}{2 e_A}$	52,39327296
moment d'encastrement	$M_{ser}(KN.m)$	$M_{ser} = \sigma_1 \times \frac{b_2^2}{2} - \sigma_2 \times \frac{c^2}{2}$	5,999029754
armatures principaux	$A_s (cm^2)$	$A_s = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_{st}}$	2,005445824
condition de non fragilité	$A_{stmin} (cm^2)$	$A_{stmin} = \frac{0,23 b d f_{tj}}{f_e}$	2,17
choix			4HA10 Soit 3,14 cm ² esp 25cm
acier de répartition	$A_r (cm^2)$	$A_r = 0,10 \times e_1$	2
choix			4HA10 Soit 3,14 cm ² esp 25cm

Figure 40 : calcul de la section d'acier de la semelle

Annexe 7: Détail de l'étude financière du projet

Tableau 38 : calcul du coût du projet

N°	Désignation des travaux	Unité	Prix Unitaire	Quantité	Prix total
100	INSTALATION ET REPLI DE CHANTIER				
101	Installation du chantier	Fft	15 000 000	1	35 000 000,00
	Total				35 000 000,00
200	TRAVAUX PREPARATOIRE				
201	Débroussaillage	m ²	135000	1300	175 500 000,00
202	Décapage terrain meuble	m ³	20250	3000	60 750 000,00
	Total				236 250 000,00
300	TERRASEMENT				
301	Déblais en terrain meuble mis en dépôts	m ³	3500	126899,5	444 148 250
302	Remblais d'emprunt	m ³	4500	133552	600 984 000
	Total 300				1 045 132 250
400	CHAUSSEE ET REVETEMENT				
401	Fourniture et mise en œuvre de la grave latéritique améliorer au ciment pour la couche de fondation	m ³	50 000,00	18 158,60	907 930 000,00
402	Fourniture et mise en œuvre de la grave Bitume pour la couche de base	m ³	60 000,00	13 139,90	788 394 000,00
403	Fourniture et mise en œuvre de couche d'imprégnation	m ²	3500	96401,02	337 403 570,00
404	Fourniture et mise en œuvre de béton bitumeux pour couche de roulement	m ³	225000	4288,7	964 957 500,00
405	Fourniture et mise en œuvre de grave latéritique pour couche de forme	m ³	15000	63098,8	946 482 000,00
	Total 400				2 998 685 070,00
500	OUVRAGE D'ASSAINISSEMENT				

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

501	Mise en œuvre des caniveaux triangulaire	ml	10 036	1 500	15 054 000
502	Réalisation des dalots 3×2×2	u	2	1 030 000	2 060 000
503	Réalisation des dalots 3×1,5×2	u	1	970 000	970 000
504	Réalisation des dalots 2×2×2	u	2	925 000	1 850 000
505	Réalisation des dalots 1×1,5×2	u	1	455 000	455 000
506	Bordure T2	ml	9640	4 750	45 790 000
507	Bordure T3	ml	9640	5 000	48 200 000
	Total 500				20 389 000
600	SIGNALISATION ROUTIERE				
601	Peinture blanche pour ligne continue	ml	10000	850	8 500 000
602	Peinture blanche discontinue pour ligne de rive de 18 cm de largeur	ml	6373	850	5 417 050
603	Lignes transversales	m ²	6 688	75	501 600
604	Panneau de signalisation type A	U	3	180 000	540 000
605	Panneau de signalisation type AB	U	2	180 000	360 000
606	Panneau de signalisation type B	U	2	180 000	360 000
607	Panneau de signalisation type C	U	4	180 000	720 000
608	Fourniture et pose de balise pour ouvrage d'assainissement	U	14	20 000	280 000
	Total 600				16 398 650
700	ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL				
701	PGES	U	-	67 000 000	67 000 000
702	PDRICPA	U	-	167 000 000	167 000 000
	Total 700				234 000 000

Annexe 8: Plan d'exécution du dalot 3×200×200m

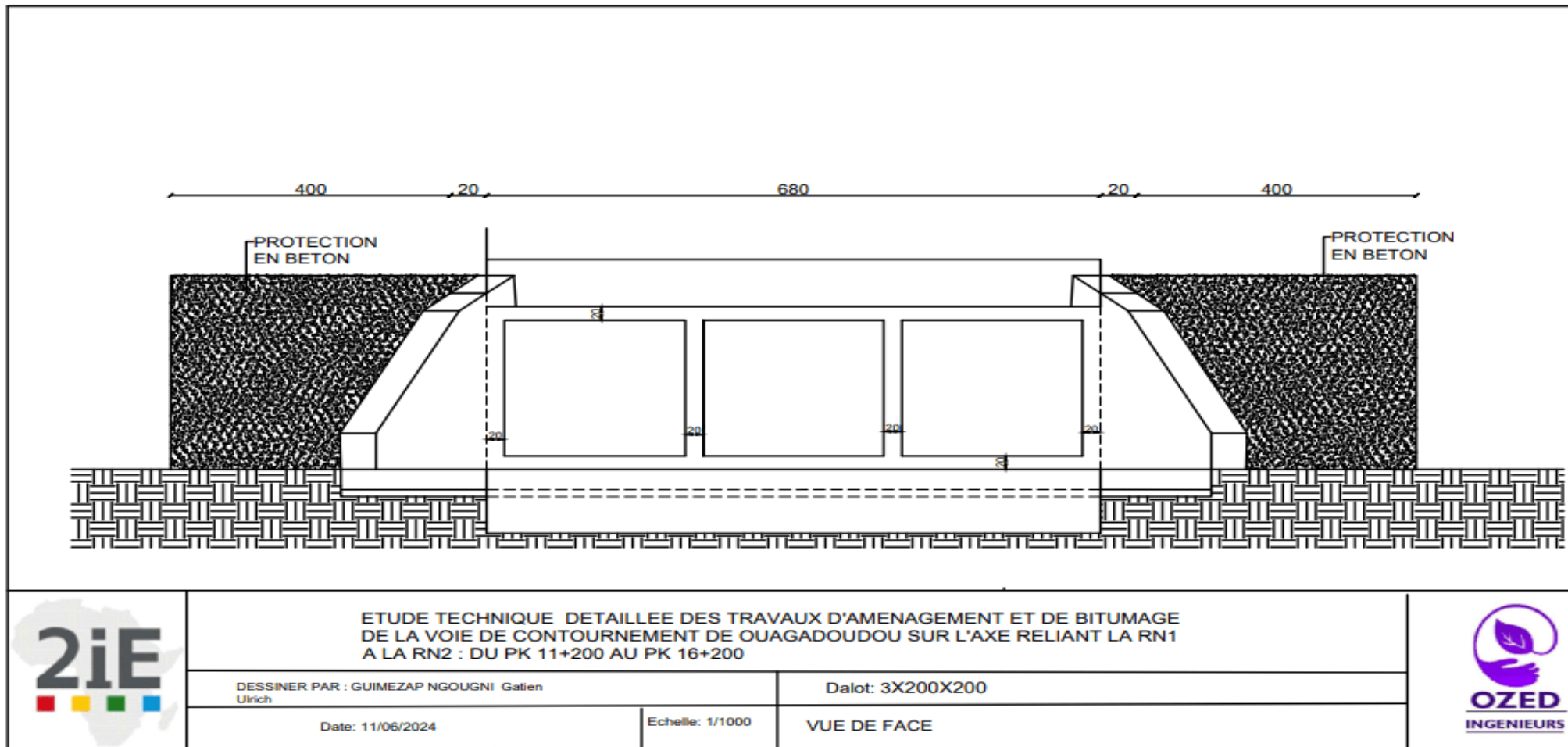


Figure 41: vue de face du dalot

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

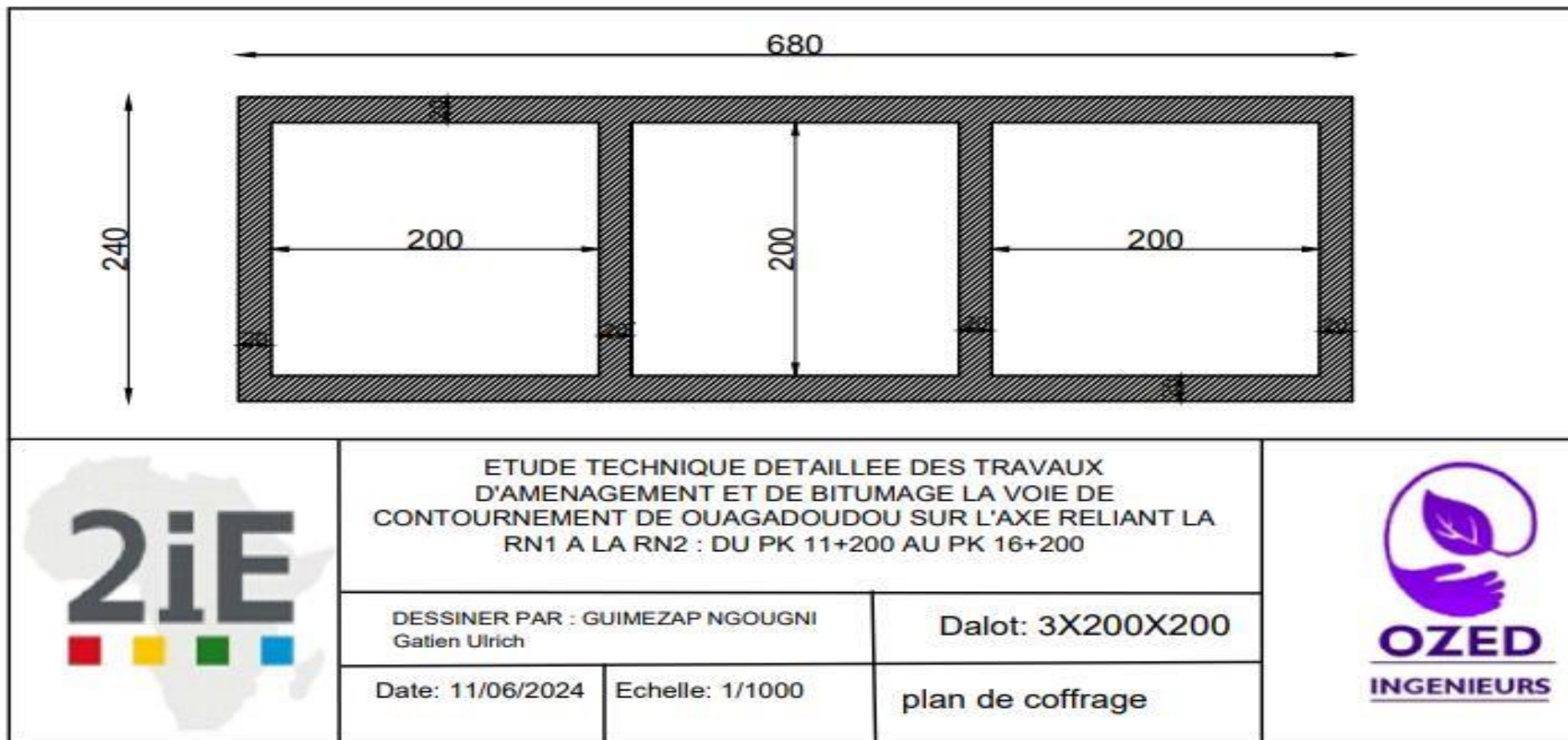


Figure 42 : coupe transversale du dalot

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

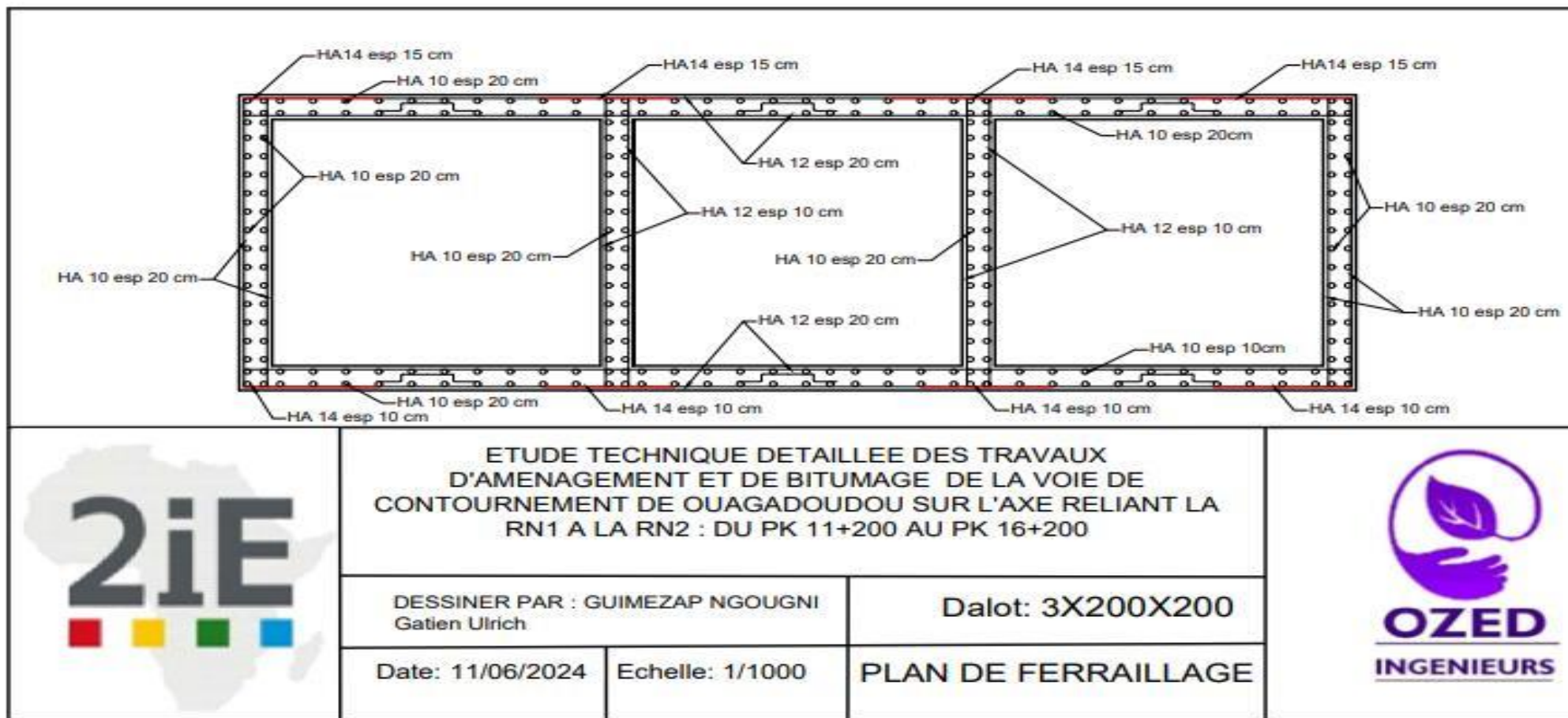


Figure 43 : plan de ferrailage du dalot

PLAN DE FERRAILLAGE DU MUR EN AILE

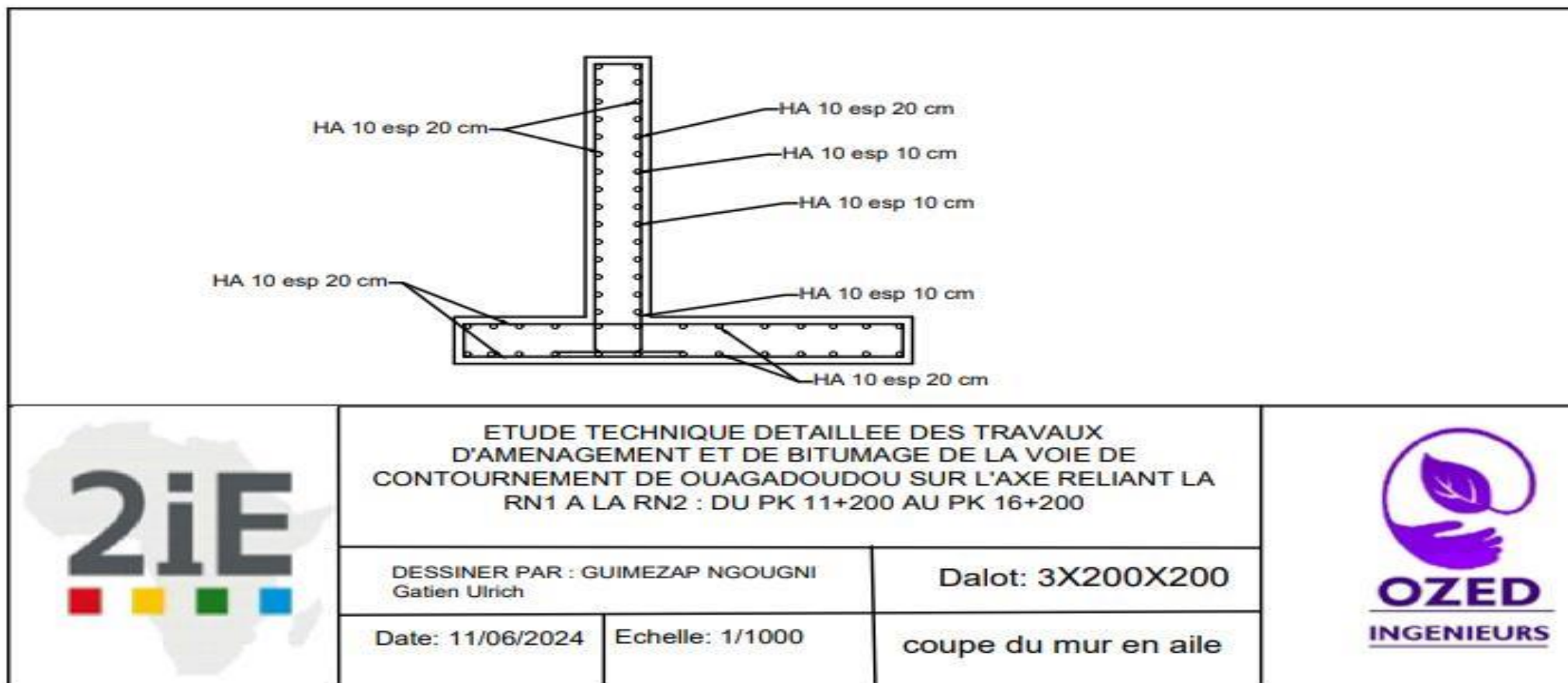


Figure 44: plan de ferrailage du mur en aile

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

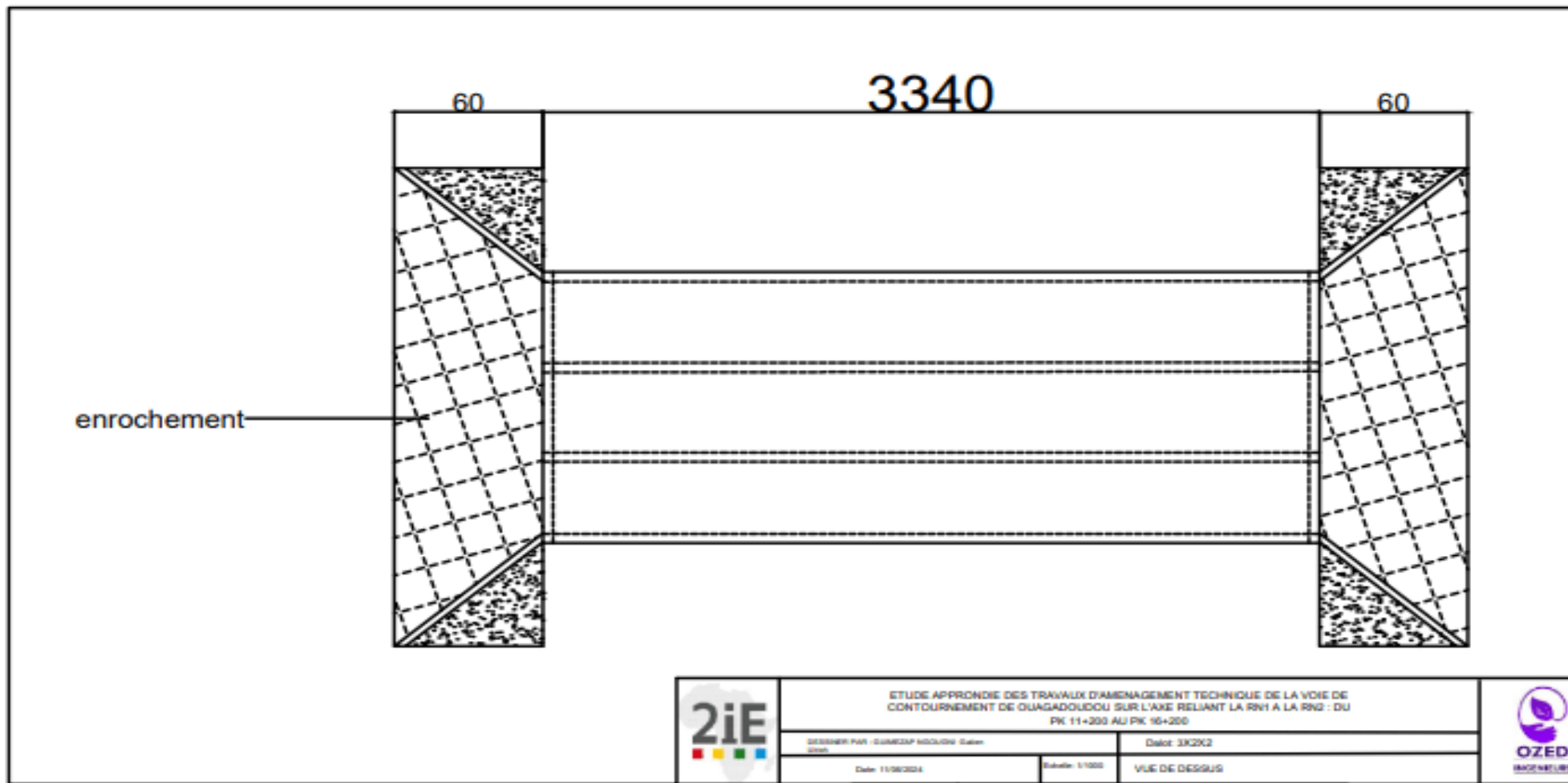


Figure 45: vue de dessus du dalot

Annexe 9: Tracer

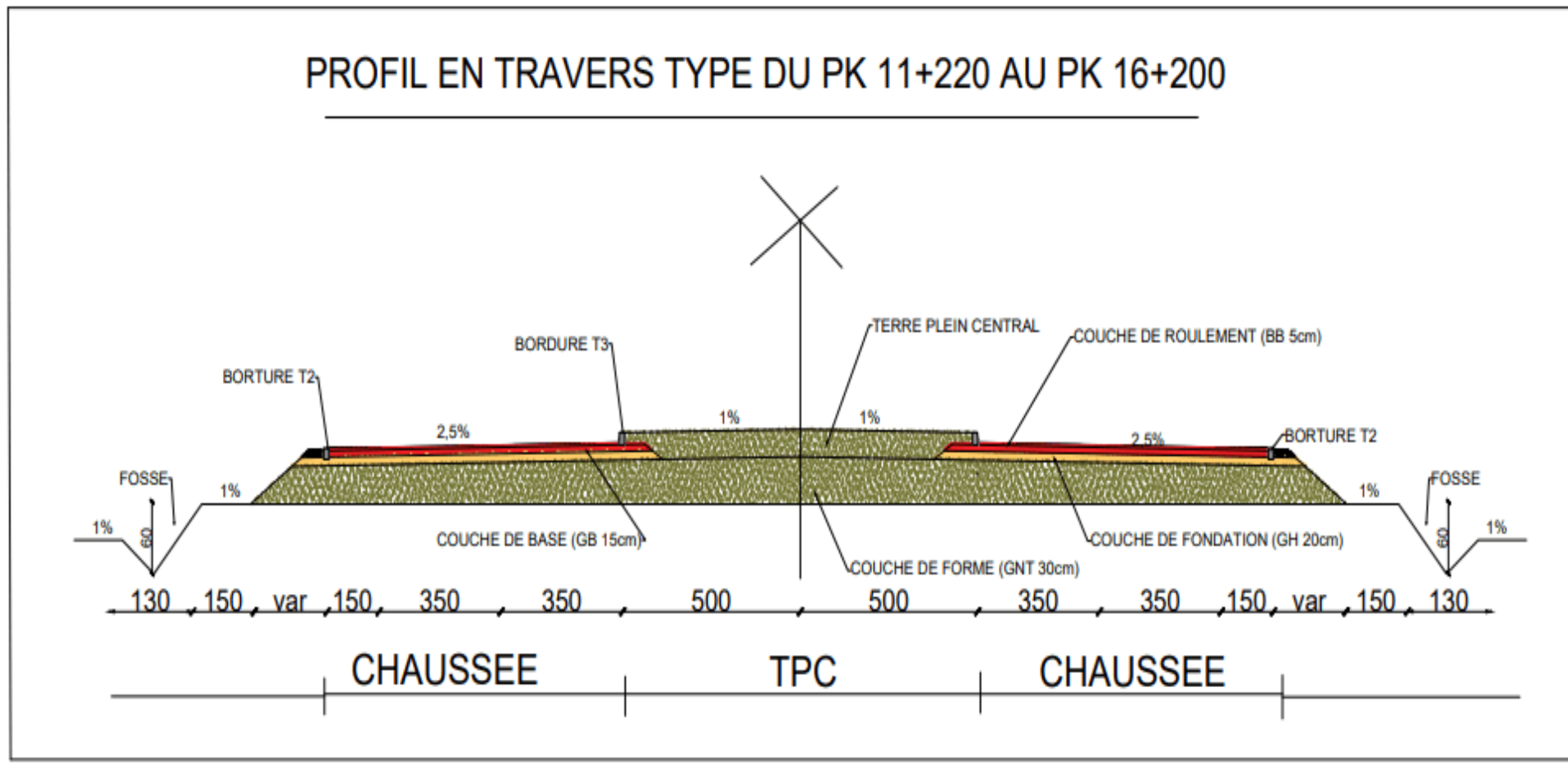


Figure 46: profil en travers type

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
 RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

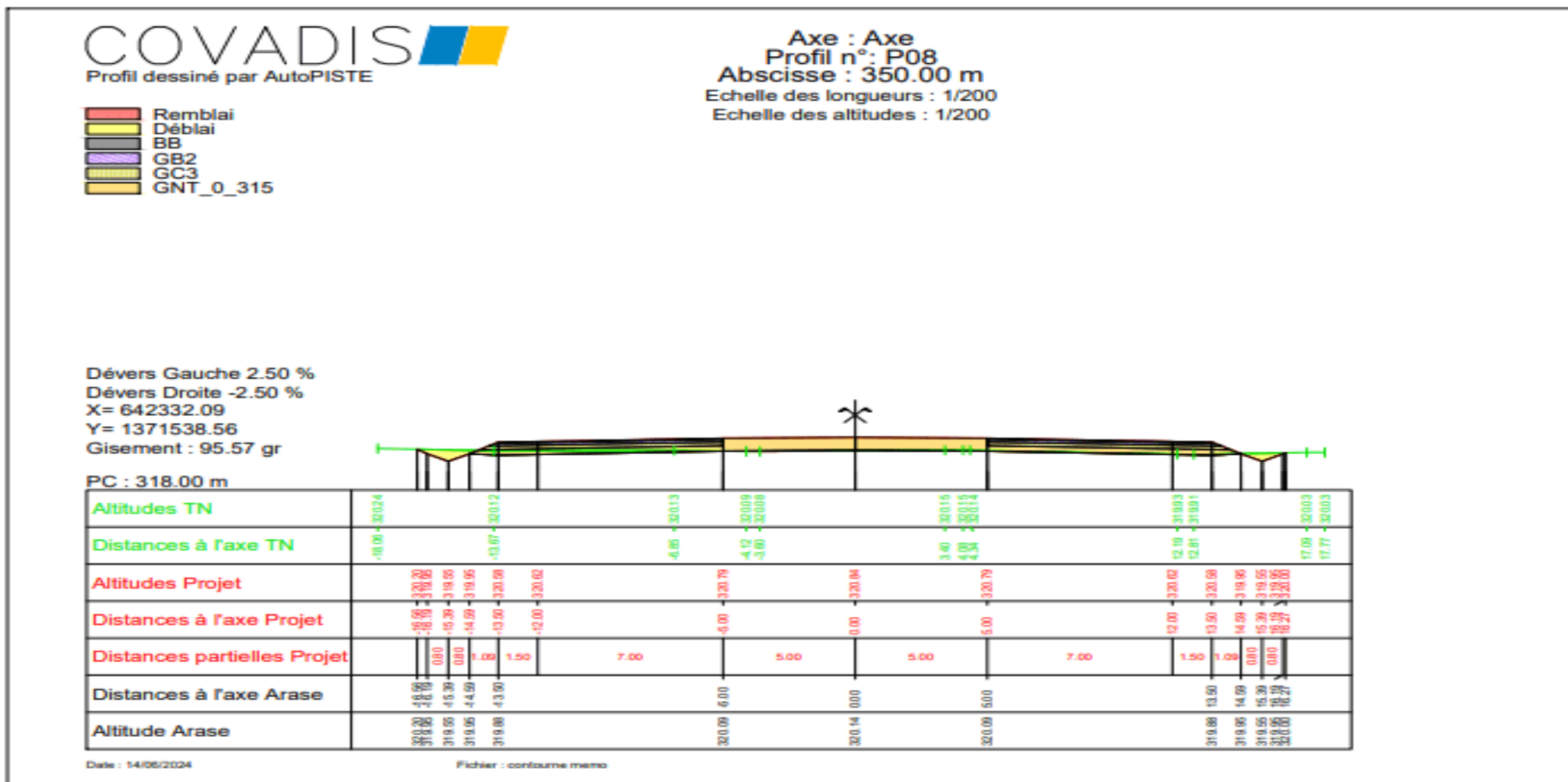
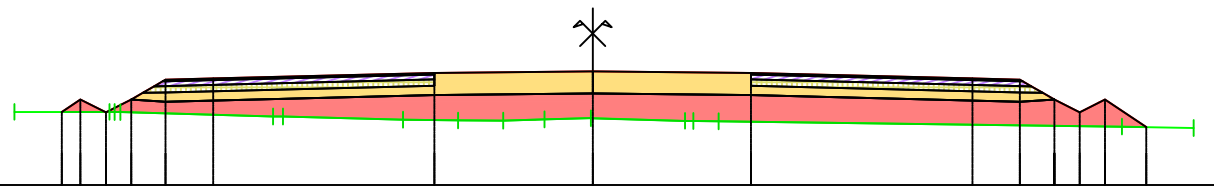


Figure 47: Profil en travers type P08






- Remblai
- Déblai
- BB
- GB2
- GC3
- GNT_0_315

Dévers Gauche 2.50 %
 Dévers Droite -2.50 %
 X= 642231.27
 Y= 1372985.05
 Gisement : 95.57 gr

PC : 325.00 m

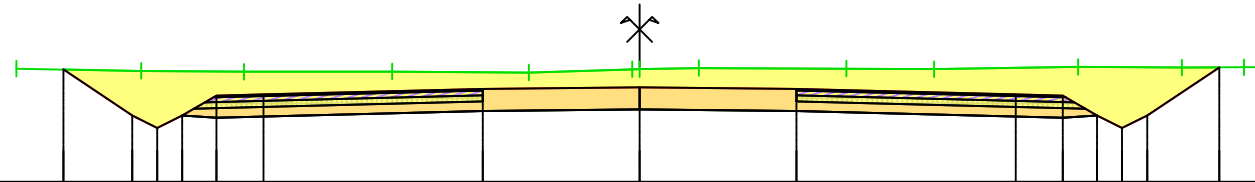


Altitudes TN	327.31	327.31	327.31	327.30	327.30	327.16	327.06	327.04	327.03	327.07	327.11	327.02	327.01	326.84	326.80
Distances à l'axe TN	-18.28	-16.78	-16.19	-15.39	-14.59	-13.50	-12.00	-5.00	-2.83	-1.53	-0.06	2.92	3.98	16.72	19.00
Altitudes Projet	327.31	327.31	327.70	327.30	327.70	328.33	328.36	328.54	328.54	328.59	328.54	328.36	328.33	327.70	326.83
Distances à l'axe Projet	-16.78	-16.19	-15.39	-14.59	-13.50	-12.00	-5.00	-0.00	5.00	12.00	13.50	14.59	15.39	16.19	17.50
Distances partielles Projet		0.80	0.80	1.09	1.50	7.00	5.00	5.00	7.00	1.50	1.09	0.80	0.80	1.31	
Distances à l'axe Arase	-16.78	-16.19	-15.39	-14.59	-13.50	-5.00	-0.00	5.00	13.50	14.59	15.39	16.19	17.50		
Altitude Arase	327.31	327.70	327.30	327.70	327.63	327.84	327.89	327.84	327.63	327.70	327.30	327.70	326.83		

-  Déblai
-  BB
-  GB2
-  GC3
-  GNT_0_315

Dévers Gauche 2.50 %
 Dévers Droite -2.50 %
 X= 642131.92
 Y= 1374129.85
 Gisement : 102.05 gr

PC : 328.00 m

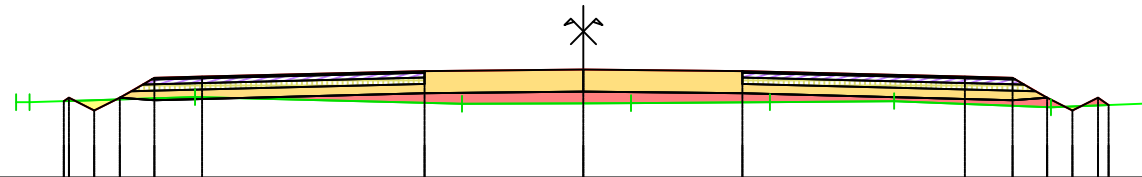


Altitudes TN		-19.88	-331.61			-15.90	-331.54			-12.62	-331.51			-7.90	-331.52			-3.53	-331.49			-0.24	331.59	331.60		1.89	-331.63			6.60	-331.61			9.39	-331.59			13.98	-331.66			17.30	-331.65			19.28	-331.66	331.66
Distances à l'axe TN			-19.88				-15.90				-12.62				-7.90				-3.53				-0.24	0.00		1.89			6.60			9.39			13.98			17.30			19.28		19.99		331.66			
Altitudes Projet			331.58			330.12	330.12			330.75	330.79			330.96	330.96			331.01	331.01			330.96	330.96			330.79	330.79			330.75	330.75			330.12	330.12			329.72	329.72			330.12	330.12			331.65	331.65	
Distances à l'axe Projet			-18.38			-16.19	-16.19			-13.50	-12.00			-5.00	-5.00			0.00	0.00			5.00	5.00			12.00	12.00			13.50	13.50			14.59	14.59			15.39	15.39			16.19	16.19			18.49	18.49	
Distances partielles Projet				2.19	0.80	0.80	0.80	1.09	1.50		7.00			5.00	5.00			5.00	5.00			7.00	7.00			1.50	1.50			1.09	0.80	0.80			0.80	0.80			2.30	2.30								
Distances à l'axe Arase			-18.38			-16.19	-16.19			-13.50	-13.50			-5.00	-5.00			0.00	0.00			5.00	5.00			13.50	13.50			14.59	14.59			15.39	15.39			16.19	16.19			18.49	18.49					
Altitude Arase			331.58			330.12	330.12			330.05	330.05			330.26	330.26			330.31	330.31			330.26	330.26			330.05	330.05			330.12	330.12			329.72	329.72			330.12	330.12			331.65	331.65					

- Remblai
- Déblai
- BB
- GB2
- GC3
- GNT_0_315

Dévers Gauche 2.50 %
 Dévers Droite -2.50 %
 X= 642145.33
 Y= 1373830.44
 Gisement : 92.25 gr

PC : 329.00 m



Altitudes TN	331.36	331.36	331.36	331.52	331.31	331.33	331.36	331.40	331.20	331.33
Distances à l'axe TN	-17.85	-17.43	-17.43	-12.22	-3.82	1.49	5.87	9.78	14.71	18.03
Altitudes Projet	331.40	331.50	331.10	331.50	332.34	332.39	332.34	332.16	332.13	331.10
Distances à l'axe Projet	-16.35	-16.19	-15.39	-14.59	-13.50	-12.00	-5.00	0.00	5.00	12.00
Distances partielles Projet	0.80	0.80	1.09	1.50	7.00	5.00	5.00	7.00	1.50	1.09
Distances à l'axe Arase	-16.35	-16.19	-15.39	-14.59	-13.50	-5.00	0.00	5.00	13.50	14.59
Altitude Arase	331.40	331.50	331.10	331.50	331.43	331.64	331.69	331.64	331.43	331.50

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

Tableau 39: Tabulation du profil en long

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente long.
									Gauche	Droite	
P01	0,000	Droite 1	Pente 1	318,971	318,971	95,57	642356,423	1371189,410	2,50	-2,50	0,53
P02	50,000	Droite 1	Pente 1	319,117	319,238	95,57	642352,946	1371239,289	2,50	-2,50	0,53
P03	100,000	Droite 1	Pente 1	319,491	319,505	95,57	642349,470	1371289,168	2,50	-2,50	0,53
P04	150,000	Droite 1	Pente 1	319,788	319,773	95,57	642345,993	1371339,047	2,50	-2,50	0,53
P05	200,000	Droite 1	Pente 1	319,935	320,040	95,57	642342,517	1371388,926	2,50	-2,50	0,53
P06	250,000	Droite 1	Pente 1	319,919	320,307	95,57	642339,040	1371438,805	2,50	-2,50	0,53
P07	300,000	Droite 1	Pente 1	319,908	320,574	95,57	642335,564	1371488,684	2,50	-2,50	0,53
P08	350,000	Droite 1	Pente 1	320,114	320,841	95,57	642332,087	1371538,563	2,50	-2,50	0,53
P09	400,000	Droite 1	Pente 1	320,177	321,108	95,57	642328,610	1371588,442	2,50	-2,50	0,53
P10	450,000	Droite 1	Pente 1	320,406	321,375	95,57	642325,134	1371638,321	2,50	-2,50	0,53
P11	500,000	Droite 1	Pente 1	320,649	321,643	95,57	642321,657	1371688,200	2,50	-2,50	0,53
P12	550,000	Droite 1	Pente 1	321,158	321,910	95,57	642318,181	1371738,079	2,50	-2,50	0,53
P13	600,000	Droite 1	Pente 1	321,503	322,177	95,57	642314,704	1371787,958	2,50	-2,50	0,53

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

P14	650,000	Droite 1	Pente 1	321,828	322,444	95,57	642311,228	1371837,837	2,50	-2,50	0,53
P15	700,000	Droite 1	Pente 1	322,116	322,711	95,57	642307,751	1371887,716	2,50	-2,50	0,53
P16	750,000	Droite 1	Pente 1	322,432	322,978	95,57	642304,275	1371937,595	2,50	-2,50	0,53
P17	800,000	Droite 1	Pente 1	322,827	323,245	95,57	642300,798	1371987,474	2,50	-2,50	0,53
P18	850,000	Droite 1	Pente 1	322,993	323,512	95,57	642297,321	1372037,353	2,50	-2,50	0,53
P19	900,000	Droite 1	Pente 1	323,249	323,780	95,57	642293,845	1372087,232	2,50	-2,50	0,53
P20	950,000	Droite 1	Pente 1	323,478	324,047	95,57	642290,368	1372137,111	2,50	-2,50	0,53
P21	1000,000	Droite 1	Pente 1	323,488	324,314	95,57	642286,892	1372186,990	2,50	-2,50	0,53
P22	1050,000	Droite 1	Pente 1	323,563	324,581	95,57	642283,415	1372236,869	2,50	-2,50	0,53
P23	1100,000	Droite 1	Pente 1	323,177	324,848	95,57	642279,939	1372286,748	2,50	-2,50	0,53
P24	1150,000	Droite 1	Pente 1	323,732	325,115	95,57	642276,462	1372336,627	2,50	-2,50	0,53
P25	1200,000	Droite 1	Pente 1	324,014	325,382	95,57	642272,986	1372386,506	2,50	-2,50	0,53
P26	1250,000	Droite 1	Pente 1	324,397	325,650	95,57	642269,509	1372436,385	2,50	-2,50	0,53
P27	1300,000	Droite 1	Pente 1	324,640	325,917	95,57	642266,032	1372486,264	2,50	-2,50	0,53
P28	1350,000	Droite 1	Pente 1	324,925	326,184	95,57	642262,556	1372536,143	2,50	-2,50	0,53
P29	1400,000	Droite 1	Pente 1	325,206	326,451	95,57	642259,079	1372586,022	2,50	-2,50	0,53

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

P30	1450,000	Droite 1	Pente 1	325,399	326,718	95,57	642255,603	1372635,901	2,50	-2,50	0,53
P31	1500,000	Droite 1	Pente 1	325,549	326,985	95,57	642252,126	1372685,780	2,50	-2,50	0,53
P32	1550,000	Droite 1	Pente 1	325,792	327,252	95,57	642248,650	1372735,659	2,50	-2,50	0,53
P33	1600,000	Droite 1	Pente 1	325,707	327,520	95,57	642245,173	1372785,538	2,50	-2,50	0,53
P34	1650,000	Droite 1	Pente 1	326,199	327,787	95,57	642241,697	1372835,417	2,50	-2,50	0,53
P35	1700,000	Droite 1	Pente 1	326,768	328,054	95,57	642238,220	1372885,296	2,50	-2,50	0,53
P36	1750,000	Droite 1	Pente 1	327,155	328,321	95,57	642234,744	1372935,175	2,50	-2,50	0,53
P37	1800,000	Droite 1	Pente 1	327,106	328,588	95,57	642231,267	1372985,054	2,50	-2,50	0,53
P38	1850,000	Droite 1	Pente 1	327,264	328,855	95,57	642227,790	1373034,933	2,50	-2,50	0,53
P39	1900,000	Droite 1	Pente 1	327,484	329,122	95,57	642224,314	1373084,812	2,50	-2,50	0,53
P40	1950,000	Droite 1	Pente 1	327,712	329,389	95,57	642220,837	1373134,691	2,50	-2,50	0,53
P41	1973,422	Arc 1	Pente 1	327,734	329,515	95,57	642219,209	1373158,056	2,50	-2,50	0,53
P42	2000,000	Arc 1	Pente 1	327,730	329,657	95,35	642217,316	1373184,566	2,50	-2,50	0,53
P43	2050,000	Arc 1	Pente 1	328,240	329,924	94,94	642213,509	1373234,421	2,50	-2,50	0,53
P44	2100,000	Arc 1	Pente 1	328,593	330,191	94,54	642209,383	1373284,251	2,50	-2,50	0,53
P45	2150,000	Arc 1	Pente 1	329,091	330,458	94,13	642204,938	1373334,053	2,50	-2,50	0,53

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

P46	2200,000	Arc 1	Pente 1	329,411	330,725	93,72	642200,174	1373383,825	2,50	-2,50	0,53
P47	2250,000	Arc 1	Pente 1	329,364	330,992	93,31	642195,090	1373433,566	2,50	-2,50	0,53
P48	2300,000	Arc 1	Pente 1	329,645	331,259	92,90	642189,688	1373483,273	2,50	-2,50	0,53
P49	2350,000	Arc 1	Pente 1	329,754	331,527	92,50	642183,968	1373532,945	2,50	-2,50	0,53
P50	2400,000	Arc 1	Pente 1	329,955	331,794	92,09	642177,929	1373582,579	2,50	-2,50	0,53
P51	2450,000	Arc 1	Parabole 1	330,373	332,048	91,68	642171,572	1373632,173	2,50	-2,50	0,45
P52	2461,480	Arc 1	Parabole 1	330,492	332,098	91,59	642170,067	1373643,553	2,50	-2,50	0,42
P53	2500,000	Droite 2	Parabole 1	330,787	332,238	91,59	642164,991	1373681,738	2,50	-2,50	0,31
P54	2550,000	Droite 2	Parabole 1	331,139	332,358	91,59	642158,402	1373731,302	2,50	-2,50	0,17
P55	2600,000	Droite 2	Parabole 1	331,446	332,409	91,59	642151,813	1373780,866	2,50	-2,50	0,03
P56	2629,765	Arc 2	Parabole 1	331,141	332,406	91,59	642147,891	1373810,371	2,50	-2,50	-0,05
P57	2650,000	Arc 2	Parabole 1	331,324	332,390	92,25	642145,329	1373830,443	2,50	-2,50	-0,11
P58	2700,000	Arc 2	Parabole 1	331,456	332,301	93,88	642139,893	1373880,145	2,50	-2,50	-0,25
P59	2750,000	Arc 2	Parabole 1	331,695	332,143	95,52	642135,735	1373929,971	2,50	-2,50	-0,39
P60	2800,000	Arc 2	Parabole 1	331,494	331,915	97,15	642132,857	1373979,887	2,50	-2,50	-0,53
P61	2850,000	Arc 2	Pente 2	331,569	331,623	98,79	642131,262	1374029,860	2,50	-2,50	-0,61

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

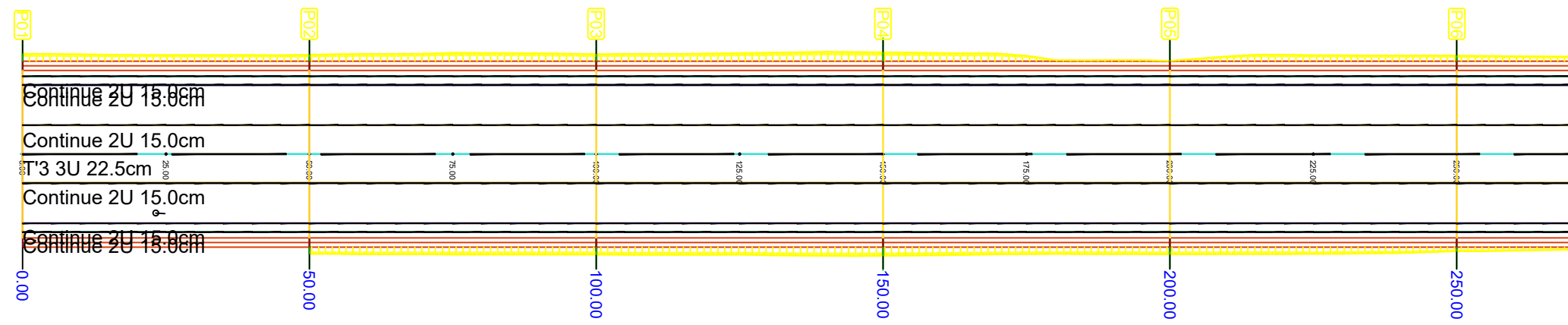
P62	2900,000	Arc 2	Pente 2	331,668	331,317	100,42	642130,950	1374079,857	2,50	-2,50	-0,61
P63	2950,000	Arc 2	Pente 2	331,596	331,011	102,05	642131,922	1374129,847	2,50	-2,50	-0,61
P64	3000,000	Arc 2	Pente 2	331,570	330,706	103,69	642134,177	1374179,794	2,50	-2,50	-0,61
P65	3050,000	Arc 2	Pente 2	331,673	330,400	105,32	642137,714	1374229,668	2,50	-2,50	-0,61
P66	3100,000	Arc 2	Pente 2	331,507	330,094	106,96	642142,530	1374279,434	2,50	-2,50	-0,61
P67	3150,000	Arc 2	Pente 2	330,987	329,789	108,59	642148,622	1374329,060	2,50	-2,50	-0,61
P68	3200,000	Arc 2	Pente 2	330,788	329,483	110,23	642155,985	1374378,513	2,50	-2,50	-0,61
P69	3250,000	Arc 2	Pente 2	330,508	329,177	111,86	642164,616	1374427,761	2,50	-2,50	-0,61
P70	3300,000	Arc 2	Pente 2	329,862	328,872	113,50	642174,509	1374476,772	2,50	-2,50	-0,61
P71	3350,000	Arc 2	Pente 2	329,587	328,566	115,13	642185,656	1374525,512	2,50	-2,50	-0,61
P72	3400,000	Arc 2	Pente 2	329,344	328,261	116,77	642198,051	1374573,950	2,50	-2,50	-0,61
P73	3450,000	Arc 2	Pente 2	328,910	327,955	118,40	642211,686	1374622,053	2,50	-2,50	-0,61
P74	3500,000	Arc 2	Pente 2	328,830	327,649	120,03	642226,551	1374669,791	2,50	-2,50	-0,61
P75	3550,000	Arc 2	Pente 2	328,494	327,344	121,67	642242,636	1374717,132	2,50	-2,50	-0,61
P76	3600,000	Arc 2	Pente 2	328,415	327,038	123,30	642259,932	1374764,043	2,50	-2,50	-0,61
P77	3650,000	Arc 2	Parabole 2	328,271	326,733	124,94	642278,426	1374810,496	2,50	-2,50	-0,60

Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

P78	3700,000	Arc 2	Parabole 2	328,399	326,459	126,57	642298,107	1374856,458	2,50	-2,50	-0,49
P79	3725,594	Arc 2	Parabole 2	328,940	326,340	127,41	642308,636	1374879,786	2,50	-2,50	-0,44
P80	3745,767	Arc 3	Parabole 2	328,830	326,255	127,41	642317,055	1374898,118	2,50	-2,50	-0,40
P81	3750,000	Arc 3	Parabole 2	328,825	326,238	127,52	642318,825	1374901,963	2,50	-2,50	-0,39
P82	3800,000	Arc 3	Parabole 2	328,742	326,070	128,78	642340,220	1374947,154	2,50	-2,50	-0,28
P83	3850,000	Arc 3	Parabole 2	328,526	325,954	130,04	642362,507	1374991,911	2,50	-2,50	-0,18
P84	3866,033	Arc 3	Parabole 2	328,423	325,928	130,45	642369,841	1375006,168	2,50	-2,50	-0,15
P85	3900,000	Droite 4	Parabole 2	328,380	325,891	130,45	642385,475	1375036,323	2,50	-2,50	-0,07
P86	3950,000	Droite 4	Parabole 2	328,438	325,880	130,45	642408,489	1375080,712	2,50	-2,50	0,03
P87	4000,000	Droite 4	Parabole 2	328,351	325,922	130,45	642431,502	1375125,101	2,50	-2,50	0,14
P88	4050,000	Droite 4	Parabole 2	327,927	326,016	130,45	642454,516	1375169,490	2,50	-2,50	0,24
P89	4100,000	Droite 4	Parabole 2	327,422	326,163	130,45	642477,530	1375213,878	2,50	-2,50	0,35
P90	4150,000	Droite 4	Parabole 2	327,195	326,362	130,45	642500,544	1375258,267	2,50	-2,50	0,45
P91	4200,000	Droite 4	Pente 3	327,017	326,606	130,45	642523,557	1375302,656	2,50	-2,50	0,50
P92	4250,000	Droite 4	Pente 3	326,598	326,856	130,45	642546,571	1375347,045	2,50	-2,50	0,50
P93	4300,000	Droite 4	Pente 3	326,277	327,106	130,45	642569,585	1375391,434	2,50	-2,50	0,50

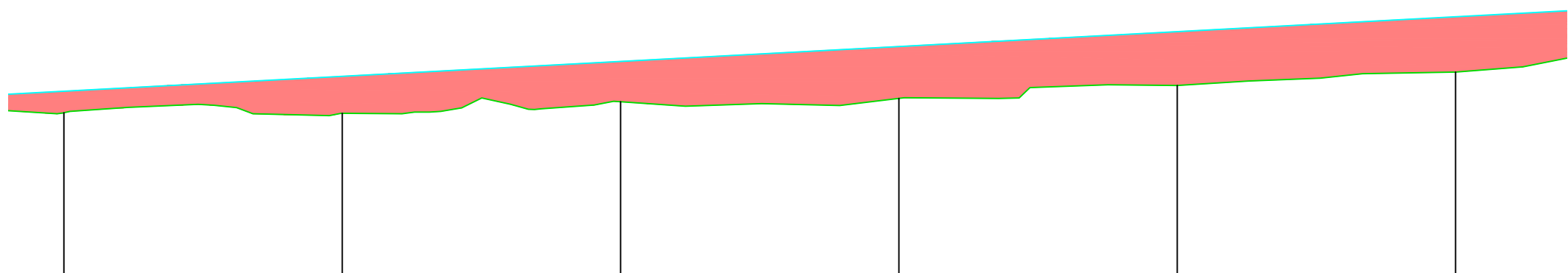
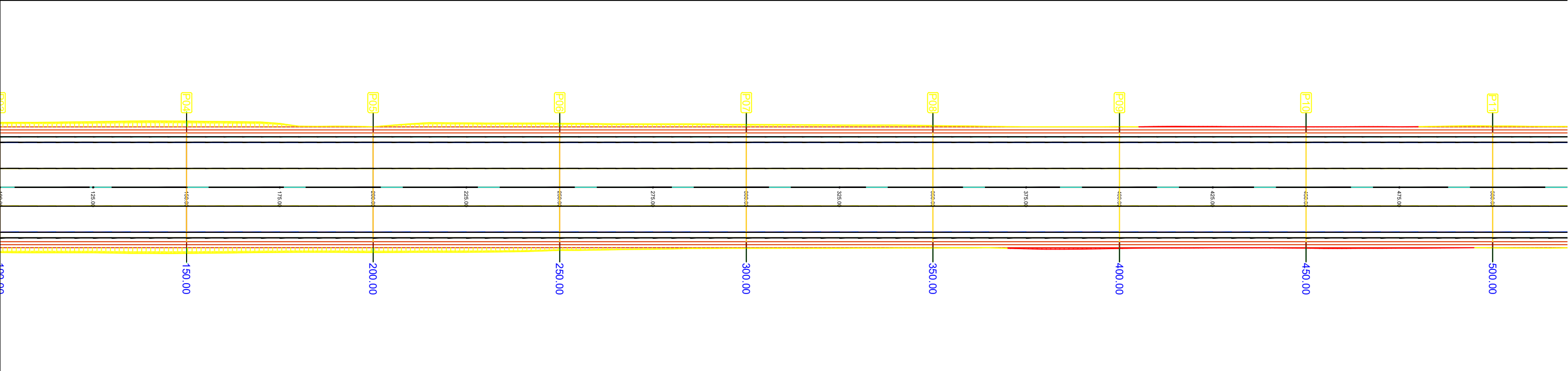
Etude technique détaillée des travaux d'aménagement et de bitumage de la voie de contournement de Ouagadougou sur l'axe reliant la RN1 a la
RN2 : du pk11+200 au pk 16+200

P94	4350,000	Droite 4	Pente 3	326,017	327,356	130,45	642592,599	1375435,823	2,50	-2,50	0,50
P95	4400,000	Droite 4	Pente 3	325,643	327,606	130,45	642615,612	1375480,211	2,50	-2,50	0,50
P96	4450,000	Droite 4	Pente 3	325,732	327,856	130,45	642638,626	1375524,600	2,50	-2,50	0,50
P97	4500,000	Droite 4	Pente 3	325,562	328,106	130,45	642661,640	1375568,989	2,50	-2,50	0,50
P98	4550,000	Droite 4	Pente 3	325,363	328,356	130,45	642684,654	1375613,378	2,50	-2,50	0,50
P99	4600,000	Droite 4	Pente 3	325,558	328,606	130,45	642707,667	1375657,767	2,50	-2,50	0,50
P100	4650,000	Droite 4	Pente 3	325,092	328,856	130,45	642730,681	1375702,156	2,50	-2,50	0,50
P101	4700,000	Droite 4	Pente 3	324,537	329,106	130,45	642753,695	1375746,544	2,50	-2,50	0,50
P102	4750,000	Droite 4	Pente 3	324,402	329,356	130,45	642776,708	1375790,933	2,50	-2,50	0,50
P103	4800,000	Droite 4	Pente 3	324,438	329,606	130,45	642799,722	1375835,322	2,50	-2,50	0,50
P104	4850,000	Droite 4	Pente 3	323,748	329,856	130,45	642822,736	1375879,711	2,50	-2,50	0,50
P105	4900,000	Droite 4	Pente 3	323,011	330,106	130,45	642845,750	1375924,100	2,50	-2,50	0,50
P106	4950,000	Droite 4	Pente 3	322,578	330,356	130,45	642868,763	1375968,489	2,50	-2,50	0,50
P107	5000,000	Droite 4	Pente 3	321,981	330,606	130,45	642891,777	1376012,877	2,50	-2,50	0,50
P108	5018,713	Droite 4	Pente 3	322,030	330,700	130,45	642900,390	1376029,490	2,50	-2,50	0,50



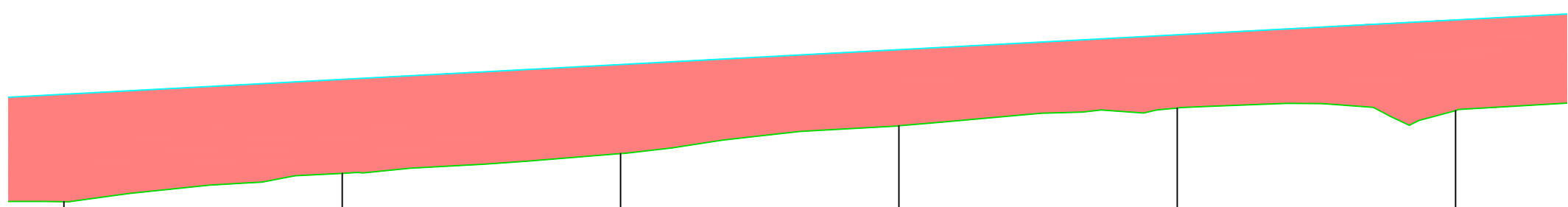
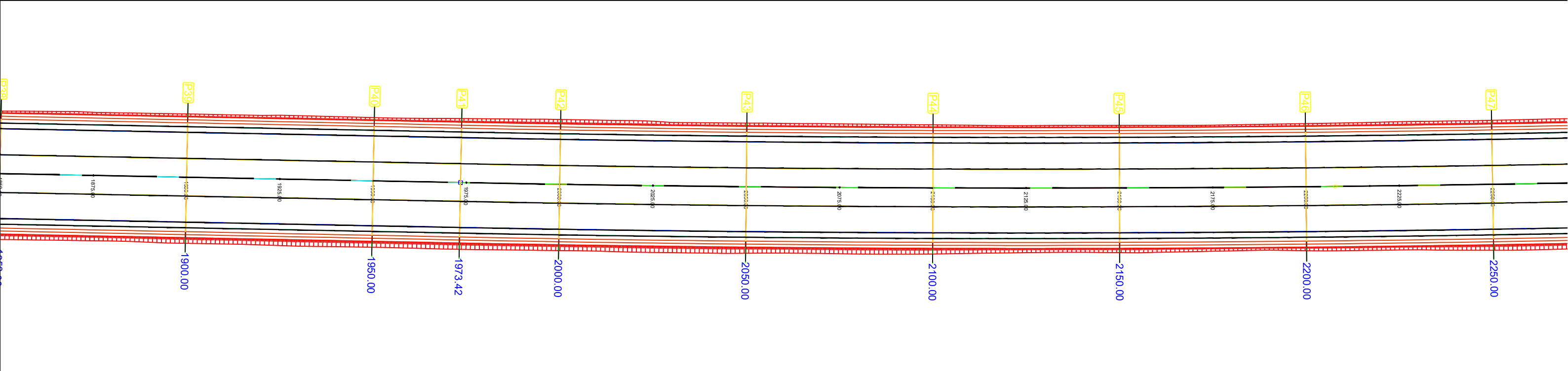
PC : 317.00 m

Numéro de profils en travers	P01	P02	P03	P04	P05	P06
Altitudes TN	318.97	319.12	319.49	319.79	319.93	319.92
Altitudes Projet	318.97	319.24	319.51	319.77	320.04	320.31
Ecart Proj - TN	0.00	0.12	0.01	-0.02	0.10	0.39
Abcisses	0.00	50.00	100.00	150.00	200.00	250.00
Distances partielles		50.00	50.00	50.00	50.00	
Pentes et rampes	2.50 %					
Alignements droits et courbes						
Dévers Gauche	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Dévers Droit	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50
Graphique des dévers	2.50 %	0.00 %	-2.50 %	2.50 %	0.00 %	-2.50 %



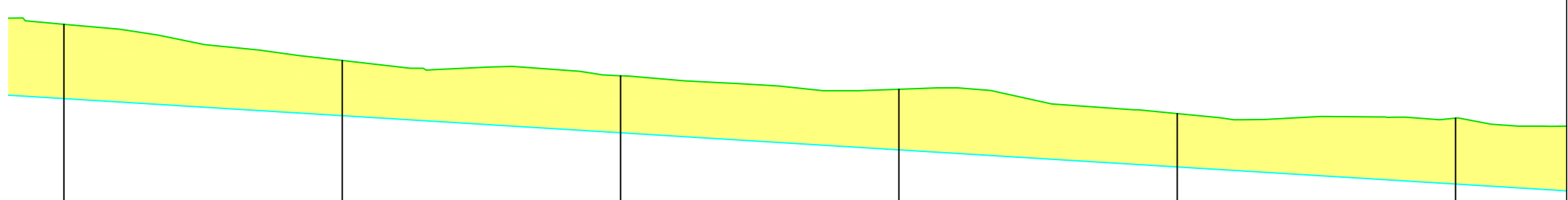
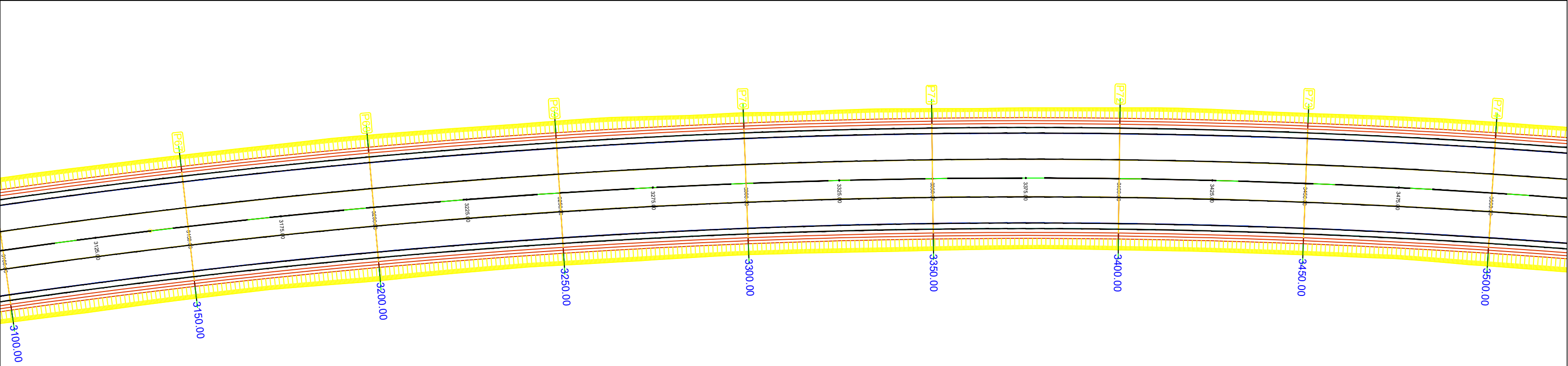
PC : 317.00 m

Numéro de profils en travers	P06	P07	P08	P09	P10	P11
Altitudes TN	319.92	319.91	320.11	320.18	320.41	320.65
Altitudes Projet	320.31	320.57	320.84	321.11	321.38	321.64
Ecart s Projet - TN	0.39	0.67	0.73	0.93	0.97	0.99
Abcisses	250.00	300.00	350.00	400.00	450.00	500.00
Distances partielles		50.00	50.00	50.00	50.00	
Pentes et rampes						
Alignements droits et courbes						
Dévers Gauche	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Dévers Droit	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50
Graphique des dévers						



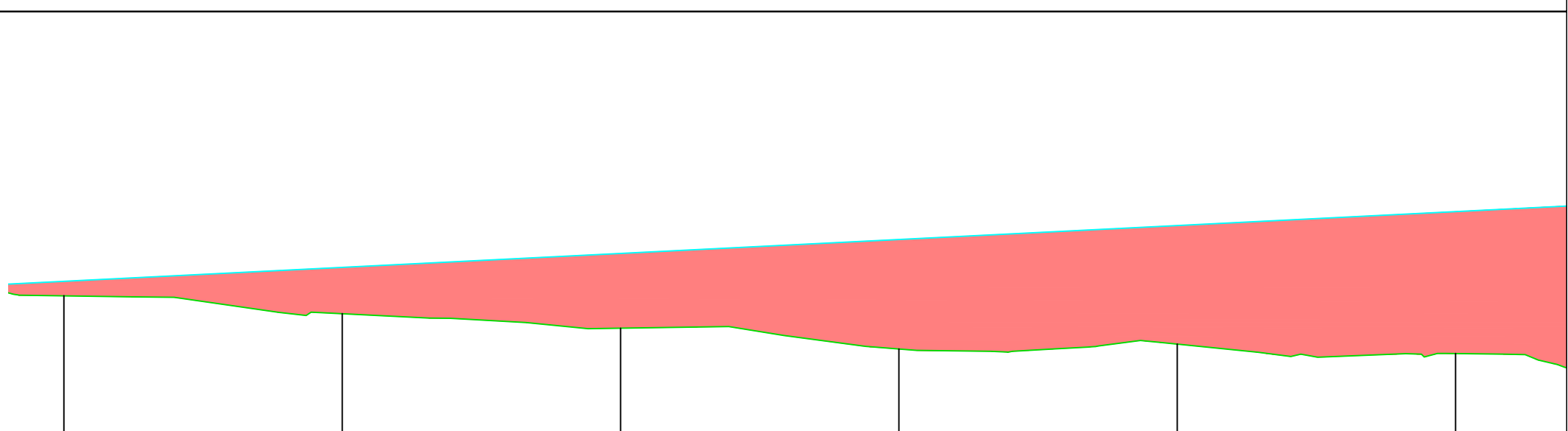
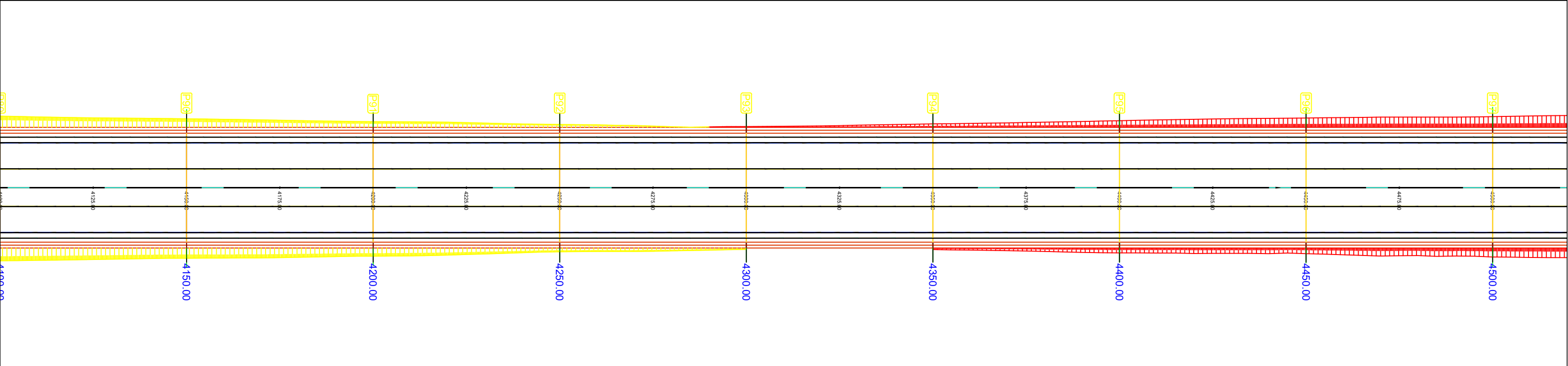
PC : 327.00 m

Numéro de profils en travers	P42	P43	P44	P45	P46	P47
Altitudes TN	327.73	328.24	328.59	329.09	329.41	329.36
Altitudes Projet	329.66	329.92	330.19	330.46	330.73	330.99
Ecart Proj - TN	1.93	1.68	1.60	1.37	1.31	1.63
Abcisses	2000.00	2050.00	2100.00	2150.00	2200.00	2250.00
Distances partielles	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	
Pentes et rampes						
Alignements droits et courbes	R = 7799.45 m L = 488.06 m					
Dévers Gauche	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Dévers Droit	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50
Graphique des dévers						



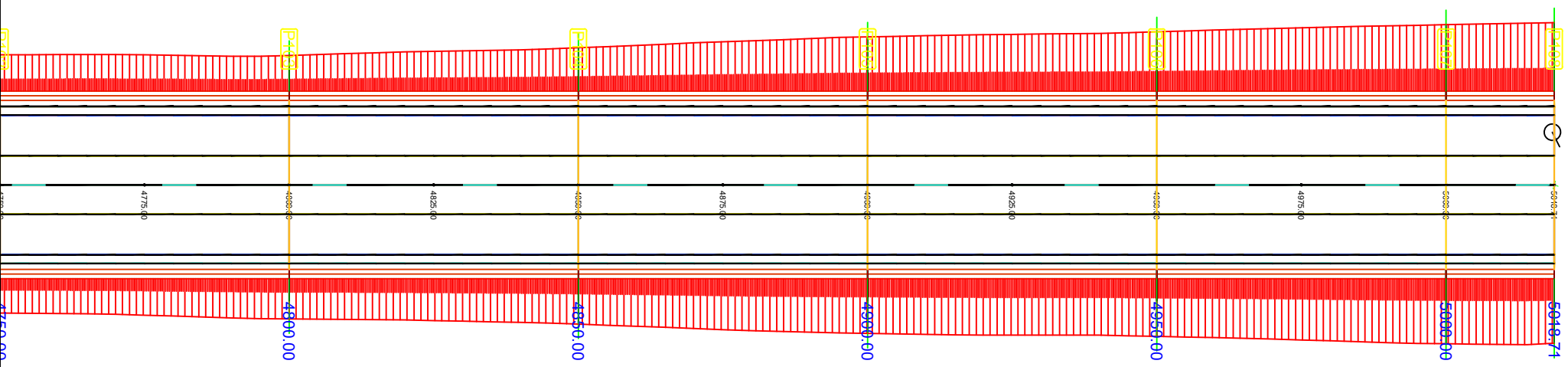
PC : 326.00 m

Numéro de profils en travers	P69	P70	P71	P72	P73	P74
Altitudes TN	330.51	329.86	329.59	329.34	328.91	328.83
Altitudes Projet	329.18	328.87	328.57	328.26	327.95	327.65
Ecart s Projet - TN	-1.33	-0.99	-1.02	-1.08	-0.95	-1.18
Abcisses	3250.00	3300.00	3350.00	3400.00	3450.00	3500.00
Distances partielles	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	
Pentes et rampes	m P = -0.61 %					
Alignements droits et courbes						
Dévers Gauche	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Dévers Droit	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50
Graphique des dévers						



PC : 324.00 m

Numéro de profils en travers	P92	P93	P94	P95	P96	P97
Altitudes TN	326.60	326.28	326.02	325.64	325.73	325.56
Altitudes Projet	326.86	327.11	327.36	327.61	327.86	328.11
Ecart s Projet - TN	0.26	0.83	1.34	1.96	2.12	2.54
Abcisses	4250.00	4300.00	4350.00	4400.00	4450.00	4500.00
Distances partielles	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	
Pentes et rampes						
Alignements droits et courbes	DROITE L = 1152.68 m					
Dévers Gauche	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Dévers Droit	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50
Graphique des dévers						



PC : 326.00 m

Numéro de profils en travers	P105	P106	P107	P108
Altitudes TN	323.01	322.58	321.98	322.03
Altitudes Projet	330.11	330.36	330.61	330.70
Ecart s Projet - TN	7.10	7.78	8.63	8.67
Abcisses	4900.00	4950.00	5000.00	5018.71
Distances partielles	50.00	50.00	18.71	
Pentes et rampes				
Alignements droits et courbes				
Dévers Gauche	2.50	2.50	2.50	2.50
Dévers Droit	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50
Graphique des dévers				