



ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION/REHABILITATION DE ROUTE ET D'OUVRAGES D'ART, DE LA BRETELLE RN1-DEPOT D'HYDROCARBURES DE BINGO

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE
MASTER

SPECIALITE : GENIE CIVIL / ROUTE ET OUVRAGES D'ART

Présenté et soutenu publiquement le 03 Juillet 2019 par

Sibiri Faridah Nabihah KABORE (20130447)

Directeur de mémoire : Dr Abdou LAWANE GANA, Enseignant chercheur à 2iE

Maître de stage : Zoltan JANOS, Directeur de projet à SOGEA SATOM

Structure d'accueil du stage : **SOGEA SATOM**

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr Babacar LAYE

Membres et correcteurs : Dr Omar SORE

M. Amadou SIMAL

Promotion [2018/2019]

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

- ✓ Dieu le tout puissant pour m'avoir préservé dans la santé, la force et le courage de mener jusqu'au bout ma formation en ingénierie.
- ✓ Mon très cher père Salifou KABORE qui a su par tant de sacrifices me soutenir et m'encourager et sans lequel tout ceci n'aurait été possible. Puisses-tu trouver en ce travail toute ma reconnaissance.
- ✓ Ma très chère mère Isabelle OUEDRAOGO pour toute son affection, ses sacrifices, sa disponibilité et toutes ses prières qui m'ont toujours accompagné. Puisses-tu également trouver en ce travail toute ma reconnaissance.
- ✓ Mes frères Abd-El et Jamal pour les encouragements perpétuels, le soutien moral et la joie qu'ils m'apportent. Que le Seigneur nous unisse toujours et nous montre à chacun le chemin de l'amour.
- ✓ Tous mes amis, tous ceux qui, de près ou de loin m'ont apporté leur soutien

DIEU VOUS BENISSE

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à tous ceux et celles qui de par leur acte et leur conseil ont contribué à l'aboutissement de ce travail. Au terme de notre stage pratique, nous sommes honorés de pouvoir adresser nos sincères remerciements principalement :

- ✚ A Monsieur Abdou LAWANE, Directeur de mémoire, Enseignant chercheur à 2iE pour son entière disponibilité pour nous guider et nous orienter dans notre travail.
- ✚ A Monsieur Robin TESTOT-Ferry, chef d'agence de SOGEA SATOM pour la confiance qu'il nous a accordé en nous offrant cette opportunité de stage.
- ✚ A Monsieur Harouna SAWADOGO, Responsable QHSE à SOGEA SATOM qui a été d'une grande aide à l'obtention de notre stage et d'un grand soutien.
- ✚ A Monsieur Zoltan JANOS, Directeur de projet à SOGEA SATOM qui a dirigé nos travaux au sein de l'entreprise. Monsieur JANOS a témoigné à notre égard d'une très grande disponibilité et a toujours prêté une oreille attentive à toutes nos préoccupations et pour cela nous lui sommes très reconnaissante.
- ✚ A Monsieur Donald KOUGBLENOU, Conducteur des travaux à SOGEA SATOM qui a contribué d'une manière inconditionnelle à notre apprentissage au sein de l'entreprise. Malgré ces nombreuses occupations Monsieur KOUGBLENOU a été à notre disponibilité pour toutes les zones d'ombres et ces conseils, suggestions nous ont été très bénéfiques. Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.
- ✚ A l'ensemble de l'encadrement de l'entreprise SOGEA SATOM Ghislain KABORE, Isidore OUEDRAOGO, Ousmane OUEDRAOGO, Djakaria SANA pour le soutien et l'atmosphère familiale durant notre stage et de qui nous avons reçu encouragements, conseils et disponibilité.
- ✚ A nos amis et camarades Ange BICABA, Bertille DIPAMA, Pulchérie KIEMA, Faridatou OUEDRAOGO, Williams RAMDE, Aminata SAPATEH, Hervé ZOUNGRANA qui ont su nous soutenir et nous encourager.
- ✚ A tous ceux et celles dont les noms n'ont pas pu être cité, qu'ils trouvent en ces mots, l'expression de notre profonde gratitude.

RESUME

Les travaux de réhabilitation/construction de routes, d'ouvrages d'art et aménagements au profit de la SONABHY à BINGO s'insère dans le cadre de projet des travaux d'infrastructures du dépôt d'hydrocarbures. La présente étude concerne la bretelle entre la Nationale N°1 et le dépôt de la SONABHY à Bingo. Ce tronçon long de 7Km se trouve dans un état de dégradations très avancé n'offrant plus le minimum de niveau de service attendu.

L'objectif de cette étude est de vérifier les notes de calcul de l'entreprise.

Pour ce faire, nous avons réalisé un diagnostic de la chaussée qui nous a conféré une solution de réhabilitation qui consiste à une reconstruction de la chaussée. L'étude géotechnique quant à elle nous a permis d'apprécier la qualité des matériaux de la chaussée et des sites d'emprunt. Avec un trafic de type T3, une variante de solution optimale a été retenue constituée de 20 cm de grave latéritique argileuse CBR30 en couche de fondation, 22 cm de grave latéritiques argileuse CBR45 en couche de fondation, 16 cm de grave latéritiques amélioré au ciment en couche de fondation, 12 cm de grave bitume en couche de base et 5 cm de béton bitumineux à module élevé en couche de revêtement.

La conception géométrique a consisté à définir, grâce au logiciel Covadis, le tracé en plan, les profils en long et l'application des profils en travers type du projet.

Aussi il a été abordé la question d'assainissement où il apparaît à l'inspection visuelle que tous les ouvrages hydrauliques tous des dalots sont en bon état. Nous avons ainsi procédé à une vérification des sections hydrauliques des ouvrages et à la détermination du ferrailage utile. Nous dénombrons six (06) dalots de section 1×1,50×1,00.

En outre, une étude d'impact environnemental et social a été menée en vue de déterminer les impacts sur le projet et proposer des mesures d'atténuations.

Enfin, notre estimation du coût du projet s'élève à **7 384 977 924 FCFA TTC**.

Mots Clés :

-
- 1 - Aménagement**
 - 2 - Assainissement**
 - 3 - Reconstruction**
 - 4 - Réhabilitation**
 - 5 - RN1 - dépôt de BINGO**

ABSTRACT

The rehabilitation/construction of roads, structures and improvements for the benefit of SONABHY in BINGO is part of the project infrastructure works of the hydrocarbon depot. The present study concerns the ramp between National N° 1 and the deposit of SONABHY in BINGO. This length of 7 km lies in a very advanced state of degradation that no longer offers the minimum level of service expected.

The purpose of this study is to check the company's results.

To do this, we made a diagnosis of the road that gave us a rehabilitation solution that consists of a reconstruction of the roadway. The geotechnical study allowed us to assess the quality of the pavement materials and the borrow sites. With a type T3 traffic, an optimal solution variant was selected consisting of 20 cm serious lateritic CBR30 layer of foundation, 22 cm serious lateritic CBR45 layer of foundation, 16 cm serious lateritic treated with cement layer of foundation, 12 cm of bitumen as base layer and 5 cm of bituminous concrete in a coating layer. The geometric design consisted in defining, with Covadis, the drawing in plan, the longitudinal profiles and the cross-sectional profiles of the project.

Also it was addressed the sanitation issue where it appears to the visual inspection that all hydraulic structures all scuppers are in good condition. We carried out a hydraulic check of the existing structures and the determination of the useful reinforcement. We count six (06) scuppers of section $1 \times 150 \times 100$.

In addition, an environmental and social study was conducted to determine impacts on the project and propose mitigation measures.

Finally, our estimate of the cost of the project amounts to approximately 7,384,977,924 CFA including tax.

Key words :

-
- 1 – Planning**
 - 2 - Sanitation**
 - 3 - Reconstruction**
 - 4 - Rehabilitation**
 - 5 - National road N°1 - BINGO deposit**

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

BBME : Béton Bitumineux à Module élevé

CBR: Californian Bearing Ratio

CCTP : Cahier des Clauses Techniques et Particulières

CEBTP : Centre Expérimental de recherche de d'étude du bâtiment et des travaux publics

GAL : Grave Argileuse Latéritique

GB : Grave Bitume

GLAC : Grave latéritique amélioré au ciment

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

OPM: Optimum Proctor Modifié

PK : Point kilométrique

TDR : Termes De Référence

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annualisé

TPC : Terre-Plein Central

SONABHY : Société Nationale Burkinabé d'Hydrocarbures

SOMMAIRE

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME	iii
LISTE DES ABREVIATIONS	v
SOMMAIRE	vi
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES FIGURES	xi
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DU CADRE DE L'ETUDE	2
1.1 Présentation de la structure d'accueil.....	2
1.1.1 Historique et mission de SOGEA SATOM.....	2
1.1.2 Organigramme de SOGEA SATOM	2
1.2 Présentation du projet.....	3
1.2.1 Contexte et justification du projet.....	3
1.2.2 Objectifs du projet.....	3
1.2.3 Objectifs de l'étude	3
1.2.4 Situation de la zone de projet.....	4
1.3 Synthèse des résultats de l'étude du bureau d'étude.....	5
1.4 Méthodologie de l'étude.....	6
1.4.3 Traitement des données	7
CHAPITRE II : ETUDES DE BASE	11
2.1 Caractéristiques géo-climatiques de la zone de projet	11
2.1.1 Le climat.....	11
2.1.2 Le relief et l'hydrographie	11
2.1.3 Les sols	12
2.1.4 La végétation	12
2.1.5 Milieu humain.....	13
2.2 Diagnostic et évaluation du niveau de dégradation de la chaussée existante.....	13

2.2.1	Caractéristiques de la chaussée	13
2.2.2	Relevé de dégradation	14
2.2.3	Résultats de l'évaluation	14
2.2.4	Evaluation du niveau de dégradation par la méthode vizir [6]	16
2.3	Etudes géotechniques	18
2.3.1	Méthode	19
2.3.2	Résultats des analyses	19
2.4	Etude du trafic	22
2.5	Conception géométrique	23
2.5.1	Etat des lieux	23
2.5.2	Etude du nouveau tracé	23
2.5.3	Calcul des paramètres cinématiques en fonction de la vitesse de référence	27
2.6	Etude hydrologique	27
2.6.1	Analyse pluviométrique	27
2.6.2	L'intensité I de l'averse	28
2.6.3	Caractéristiques morphologiques des bassins versants	28
2.6.4	Présentation des différentes méthodes d'évaluation des débits	30
2.6.4.1	Calculs des débits à évacuer : Méthode rationnelle	31

CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE LA CHAUSSEE.....33

3.1	Méthode de dimensionnement	33
3.2	Résultats	35
3.2.1	Chaussée existante	35
3.2.2	Solution à adopter dans les zones d'élargissement	36
3.3	Vérification par le logiciel Alize III du LCPC	36
3.3.1	Hypothèses	37
3.3.2	Méthode de calcul sur le logiciel Alizé	37
3.3.3	Résultats	38
3.3.3.1	Détermination du module de Young	38
3.3.3.2	Calcul des contraintes et des déformations admissibles	39
3.3.3.3	Vérification sur le logiciel Alizé	40
3.3.4	Etude comparative	40
3.4	Analyse	41
3.5	Détail du profil en travers type	42

3.5.1 Sécurité et signalisation routière	42
3.5.2 Aménagements routiers	44
3.5.3 Eclairage public	45
CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES	48
4.1 Diagnostic des ouvrages transversaux existants	48
4.2 Vérification hydraulique des ouvrages : Cas de l'ouvrage n°1 au PK0+016,65	49
4.2.2 Résultats	50
4.3 Dimensionnement structural du dalot	52
4.3.1 Méthode de calcul	52
4.3.2 Résultats	52
CHAPITRE V : NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL – BUDGET DU PROJET.....	55
5.1 Impacts positifs	55
5.2 Impacts négatifs	56
5.3 Mesures d'atténuation et de bonification	57
5.4 Estimation du cout du projet.....	59
5.5 Suivi de la mise en œuvre.....	60
CONCLUSION – PERSPECTIVES.....	61
BIBLIOGRAPHIE	63
ANNEXES.....	65

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Niveau de dégradation et étendu de pathologie	17
Tableau 2: Indice de fissuration [6] Tableau 3: Indice de déformation [6].....	17
Tableau 4: Indice de dégradation	17
Tableau 5: Indice de dégradation corrigé	18
Tableau 6 : Synthèse des résultats d'essai après sondage.....	20
Tableau 7 :Récapitulatif des résultats d'identification des matériaux des différents emprunts	21
Tableau 8 : Classification des sols de plateforme (guide de dimensionnement CEBTP) [3] ...	22
Tableau 9 : Récapitulatif de l'étude du trafic.....	22
Tableau 10 : Caractéristiques géométriques limites du tracé en plan selon l'ARP [5]	23
Tableau 11 : Valeurs courantes des dévers [5]	24
Tableau 12 : Récapitulatif des paramètres du tracé en plan utilisés.....	24
Tableau 13 : Eléments de raccordement et différentes valeurs de rayons selon l'ARP [5].....	25
Tableau 14 : Profils en travers type dans les différentes sections	26
Tableau 15 : Résultats des calculs des paramètres cinématiques.....	27
Tableau 16 : Pluie journalière maximale décennale.....	28
Tableau 17 : Coefficients de Montana valable dans la zone du projet.....	28
Tableau 18 : Caractéristiques des bassins versants	29
Tableau 19 : Coefficient élémentaire de ruissellement	31
Tableau 20 : Récapitulatif des débits des bassins versants.....	31
Tableau 21 : Tableau récapitulatif des données	38
Tableau 22 : Valeurs de module en fonction des couches et du choix des matériaux	39
Tableau 23 : Contraintes et déformations.....	39
Tableau 24 : Résultats de la vérification des déformations avec Alizé.....	40
Tableau 25 : Elément de marquage au sol.....	43
Tableau 26 : Les aménagements routiers proposés sur le long du tronçon	45
Tableau 27 : Liste des dalots à dimensionner	48
Tableau 28 : Récapitulatif de la vérification hydraulique	50
Tableau 29 : Sollicitations considérées pour le calcul des aciers.....	53
Tableau 30 : Ferrailage du dalot type 150x150.....	53
Tableau 31 : Synthèse des impacts positifs du projet.....	55
Tableau 32 : Récapitulatif de l'estimation financière du projet.....	59
Tableau 33 : Valeurs de r en fonction de la typologie de la route [9]	74

Tableau 34 : Classe de trafic (source : guide de dimensionnement CEBTP, 1984) [3]	74
Tableau 35 : Coefficient d'agressivité Moyen [9]	75
Tableau 36 : Valeur du trafic cumulé équivalent en fonction du type de structure	75
Tableau 37 : Eléments de l'axe en plan	76
Tableau 38 : Eléments du profil en long	77
Tableau 39 : Tabulation	78
Tableau 40 : Valeurs du coefficient de frottement à retenir et longueurs de freinage correspondantes en alignement et en courbes [12].....	86
Tableau 41 : Séries des pluies maximales journalières (1986 – 2015) à la station de Ouagadougou	89
Tableau 42 : Caractéristiques de la série de données	90
Tableau 43 : résultats de l'ajustement à la loi de Gumbel	92
Tableau 44 : résultats de l'ajustement à la loi de Pearson III	94
Tableau 45 : résultats de la comparaison par critères	96
Tableau 46 : Caractéristiques géomorphologiques du BV1	97
Tableau 47 : Calcul des débits des bassins versants existants	97
Tableau 48 : Paramètres utilisés pour la détermination de la déformation admissible pour les matériaux bitumineux [9].....	100
Tableau 49 : Paramètres de calcul de la contrainte tangentielle [9]	101
Tableau 50: Paramètres de calcul de la contrainte tangentielle	105
Tableau 51: Résultats de la vérification des déformations avec Alizé (variante proposée) ...	106
Tableau 52 : Récapitulatif des valeurs des constantes.....	119
Tableau 53 : Valeur de la charge roulante de calcul qBC	128
Tableau 54 : Valeur de la charge roulante de calcul qBt.....	131
Tableau 55 : récapitulatif de la charge de type B	138

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme de l'entreprise.....	2
Figure 2 : Zone de projet.....	4
Figure 3 : Carte satellitaire de la zone de projet.....	5
Figure 4: Fissurations	15
Figure 5: flaches	15
Figure 6: Nids de poules	16
Figure 7: réparations	16
Figure 8 : bassins versants de la zone.....	29
Figure 9 : Schéma de fonctionnement d'une structure de chaussée sous l'application d'une charge roulante	33
Figure 10 : Moteur de calcul Alizé.....	37
Figure 11 : Fonctionnement en sortie libre [7]	49
Figure 12 : Diagramme donnant les vitesses V_{85} en fonction de la rampe [5]	88
Figure 13 : Représentation des observations sur du papier normal weibull	90
Figure 14 : Histogramme des observations.....	91
Figure 15 : Ajustement à la loi de Gumbel.....	93
Figure 16 : Ajustement à la loi de Pearson III	95
Figure 17 : Comparaison des deux lois d'ajustement.....	95
Figure 18 : Quelques images des dalots rencontrés sur le tronçon [1].....	111
Figure 19 : Abaque des dalots rectangulaires à sortie libre [7].....	112
Figure 20 : Abaque des pentes critiques des dalots rectangulaires à sortie libre [7].....	113
Figure 21 : Abaque des vitesses critiques des dalots rectangulaires à sortie libre [7]	114
Figure 22 : Dalot type 1 x 1,50 x 1,00.....	115
Figure 23 : Dalot type 150x100.....	118

INTRODUCTION

Le développement d'un pays s'apprécie par de nombreux indicateurs. Parmi ces indicateurs, les infrastructures dont il dispose occupent une place de choix principalement la route. Du fait de son importance, il est nécessaire que cette infrastructure soit convenablement réalisée dans les meilleures conditions de confort et de sécurité pour une durée de vie définie. Toutefois, il arrive que cette période atteigne son terme, ou que le trafic pour lequel elle a été dimensionnée soit dépassé. Alors il survient des dégradations qui empêchent la route d'assurer les fonctions auxquelles elle est destinée. C'est le cas de la bretelle RN1 – dépôt de Bingo.

En effet la seule voie d'accès desservant le dépôt de Bingo en hydrocarbures se trouve dans un état de dégradation très avancé marqué par des nids de poule, des faiençages, des arrachements et bien d'autres. La structure de chaussée ne parvient plus à supporter les sollicitations due à l'évolution importante du trafic. Cette situation engendre des conséquences négatives sur le bon déroulement de l'approvisionnement régulier du dépôt.

Dans l'optique de pallier ce problème la SONABHY a décidé de mettre en œuvre le projet de travaux d'infrastructures du dépôt de Bingo. Parmi les infrastructures à réaliser, il est prévu la réhabilitation de la bretelle RN1-dépôt de Bingo. C'est dans ce cadre que se situe notre projet qui a pour thème : « Etudes techniques détaillées des travaux de construction/réhabilitation de route, d'ouvrages d'art de la bretelle RN1-dépôt d'hydrocarbures de Bingo »

Notre travail a pour objectif de vérifier les résultats du dimensionnement pendant la phase d'exécution.

Pour mener à bien cette étude, ce travail sera structuré en six (06) chapitres qui s'articulent comme suit :

- ✓ Le premier chapitre présente la structure d'accueil, le projet et la méthodologie utilisée;
- ✓ Le deuxième chapitre aborde les études de base ;
- ✓ Le troisième chapitre traite du dimensionnement de la chaussée ;
- ✓ Le quatrième chapitre est consacré au dimensionnement des ouvrages hydrauliques ;
- ✓ Le cinquième chapitre aborde l'étude d'impact environnemental et social, et fait sortir l'estimation du coût du projet ;
- ✓ Le sixième chapitre expose le suivi de la mise en œuvre.

CHAPITRE I : PRESENTATION DU CADRE DE L'ETUDE

Dans ce chapitre il sera question de présenter la structure d'accueil suivi du projet et de la méthodologie d'étude du projet. Nous débuterons par la présentation de l'entreprise, ensuite nous présenterons le projet à travers son contexte, ses objectifs et sa situation. Enfin nous exposerons la méthodologie utilisée pour la réalisation de cette étude.

1.1 Présentation de la structure d'accueil

1.1.1 Historique et mission de SOGEA SATOM

SOGEA-SATOM est une filiale de VINCI Construction, créée en 1951, pour la réalisation des travaux de route et terrassement, d'hydraulique, de génie civil et de bâtiment en Afrique. SOGEA-SATOM se positionne comme chef de file des entreprises internationales du BTP au Burkina Faso depuis plus de 50ans. SOGEA-SATOM, reconnue sous le statut juridique de société anonyme (SA) est située à Ouagadougou à la Zone Industrielle de Goughin.

1.1.2 Organigramme de SOGEA SATOM

La figure 1 suivante présente l'organigramme de l'entreprise.

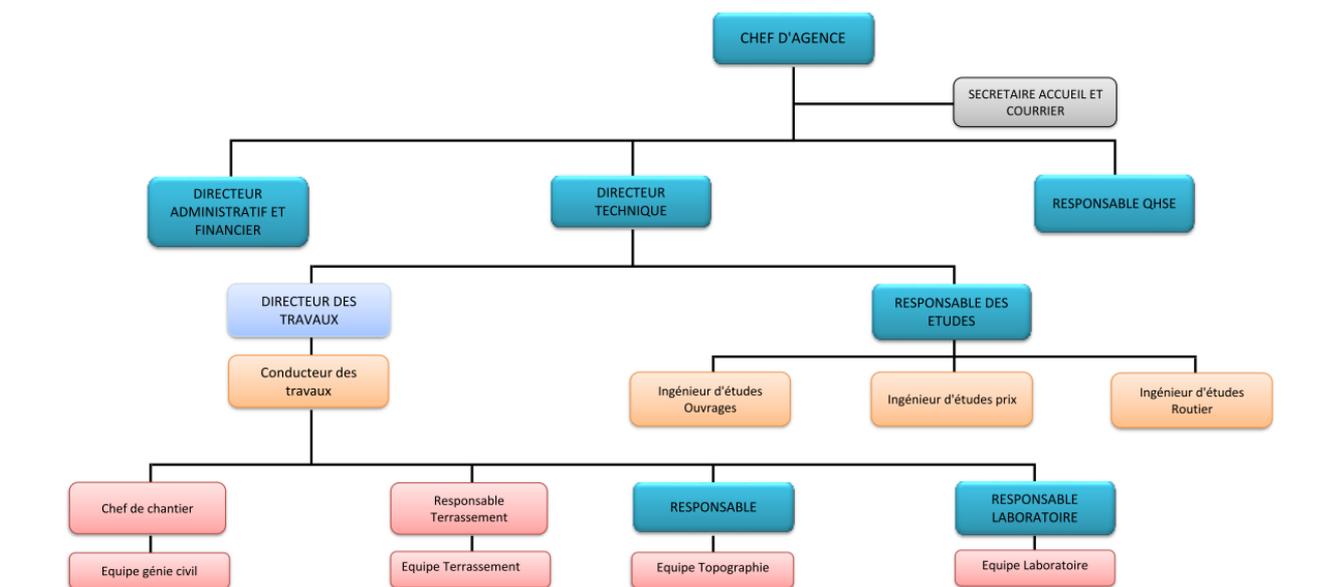


Figure 1 : Organigramme de l'entreprise

1.2 Présentation du projet

1.2.1 Contexte et justification du projet

La dépendance totale des importations d'hydrocarbures du Burkina Faso vis-à-vis des états voisins et le souci constant de mettre en place un stock de sécurité conséquent, obligent la Société Nationale Burkinabé d'Hydrocarbure (SONABHY), l'opérateur de l'État dans le sous-secteur des hydrocarbures, à adapter les capacités de stockage et les installations existantes à l'évolution des consommations. Ce souci de mettre en place un stock de sécurité conséquent s'accompagne d'une évolution considérable des camions citernes en nombre (2142), en volume (33 000 à 69 000 m³ pour les produits liquides) et en tonnage (19 à 29 tonnes pour le gaz butane) qui approvisionnent le dépôt. Cette évolution occasionne la dégradation de la seule voie d'accès au dépôt de Bingo. Cette bretelle réalisée depuis les années 80 connaît une très forte dégradation et n'est plus adaptée au trafic routier actuel.

Sur le plan économique il y'a l'amortissement accéléré des gros porteurs, des risques d'accidents et de chute des camions qui entraînent des retards de livraison et des possibles pertes en vie humaine. Sur le plan environnemental et social, il y a des pollutions de l'air dues aux poussières soulevées par les gros porteurs.

A la lueur de ce qui précède, la SONABHY a décidé de mettre en œuvre le projet de travaux d'infrastructures du dépôt de Bingo scindé en deux lots : le lot 1, objet de notre étude, travaux de construction/réhabilitation de la route d'accès RN1-dépôt de Bingo et le lot 2, travaux d'aménagement du parking gros porteur, de la route interne, du poste de péage et du site de dépotage. Le projet permettra de satisfaire l'accès au dépôt de Bingo et d'assurer la sécurité des riverains.

1.2.2 Objectifs du projet

L'objectif global du projet est de garantir au Burkina Faso une sécurité énergétique suffisante. A travers la construction de cette bretelle, l'accès au dépôt sera facilité.

La mise en œuvre de ce projet permettra de résoudre les difficultés de circulation et d'améliorer le cadre de vie des populations environnantes tout en assurant leur sécurité.

1.2.3 Objectifs de l'étude

De façon spécifique notre travail consistera à vérifier les résultats d'étude fournis par le bureau d'étude pour exécution. Cette étude consistera à :

- ✓ Évaluer le niveau de dégradation de la chaussée existante ;
- ✓ Étudier les caractéristiques géotechniques des matériaux et faire le dimensionnement de la chaussée ;
- ✓ Étudier l'aspect hydrologique et hydraulique du projet ;
- ✓ Étudier la signalisation et sécurité routière ainsi que l'éclairage public ;
- ✓ Étudier les impacts environnementaux et sociaux qu'engendrera le projet ;
- ✓ Faire ressortir un devis estimatif du projet.

1.2.4 Situation de la zone de projet

Le site du projet est situé à 35 km de Ouagadougou plus précisément à 7 km de la commune de Tanghin-Dassouri. Notre étude portant sur le **lot 1** a une longueur totale estimée à 6,57 km. Le tronçon débute au carrefour de l'intersection avec la RN1 (après la commune de Tanghin-Dssouri) et prend fin à l'entrée du site de dépôt des hydrocarbures de la SONABHY en passant par le village de Bouli. En coordonnées UTM (30 P), l'origine du projet se situe au point (X = 637 889 ; Y = 1 356 467) et la fin est localisée au point (X = 634 521 ; Y = 1 361 258). La figure 2 et 3 présentent respectivement la zone du projet et la carte satellitaire de la zone du projet.

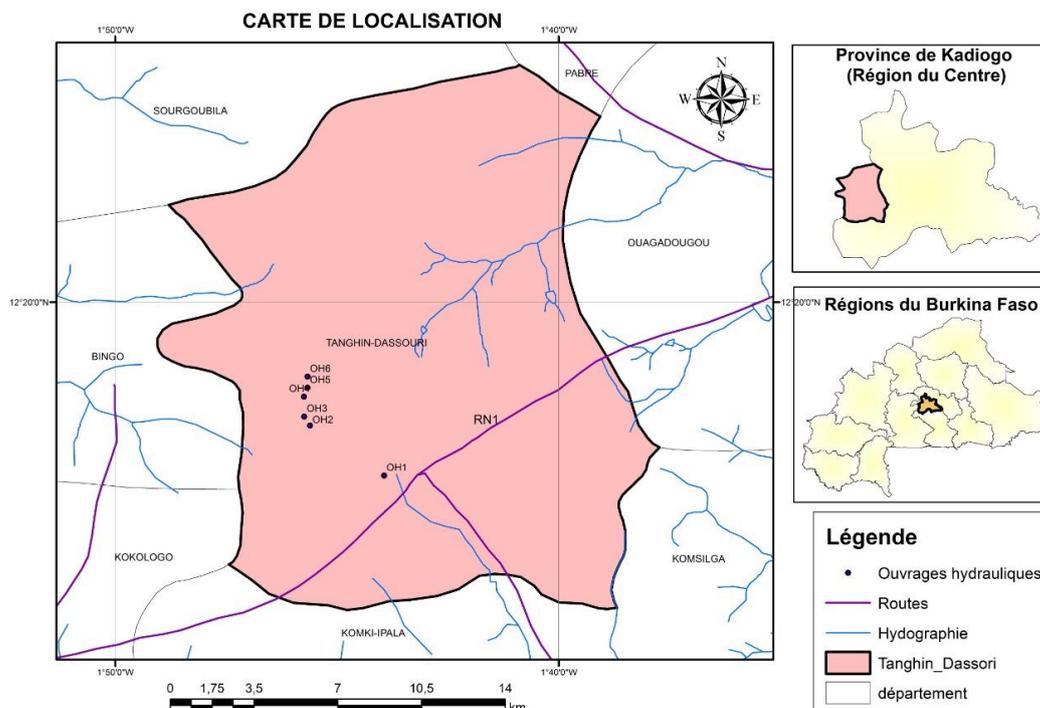


Figure 2 : Zone de projet



Figure 3 : Carte satellitaire de la zone de projet

1.3 Synthèse des résultats de l'étude du bureau d'étude

Dans le cadre des travaux de construction/réhabilitation de route, d'ouvrages d'art de la bretelle RN1-dépôt de BINGO, le Bureau d'étude ACE-Ingénieurs Conseils, a été recruté pour effectuer les études d'avant-projet détaillé. Le rapport de synthèse Avant-Projet Détaillé [1] résume :

Rapport géotechnique

Les études géotechniques ont été confiées au Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics (LNBTP). Le rapport géotechnique [1] a fourni les principaux résultats suivants :

- La caractérisation de la chaussée et des caractéristiques résiduelles : des sondages manuels tous les 1 km environ sur la chaussée existante, les élargissements (gauche et droite) ;
- Les matériaux pour corps de chaussée : Quatre emprunts de graveleux latéritiques ont été prospectés et étudiés. Les résultats des essais sur les matériaux d'emprunts ont montré qu'ils sont de bonne qualité.
- La détermination de la portance du sol support : les échantillons des différents sondages ont fait l'objet d'essais en laboratoire. Il en ressort que le sol support est d'assez bonne qualité dans son ensemble ($15 < CBR < 30$). La route étant en remblai et les matériaux

d'emprunts ayant un CBR minimum de 15, il a été considéré un sol support de portance S4.

- Dimensionnement du corps de chaussée : Avec un trafic T3 et un sol support S4 une variante de solution a été proposée :
 - 15 cm de GLAC en couche de fondation
 - 8 cm de GB en couche de base
 - 5 cm de BB en couche de revêtement

Cependant des insuffisances (année de mise en service considérée dans le calcul du trafic et plateforme support considérée sur Alizé) qui remettent en cause la démarche et la structure proposée ont été relevées par l'entreprise et la mission de contrôle ACIT géotechnique et Techni Consult qui ont alors proposé une revue géotechnique [2]. Ainsi la structure de chaussée proposée et retenue pour exécution est la suivante :

- 20 cm de GLA en couche de fondation (CBR>30)
- 22 cm de GLA en couche de fondation (CBR>45)
- 16 cm de GLAC en couche de fondation
- 12 cm de GB3 en couche de base
- 5 cm de BBME en couche de revêtement

Rapport hydraulique

Les missions de reconnaissance de la route ont également consisté à réaliser le diagnostic des ouvrages existants. Sur la base des résultats des investigations des ouvrages et des résultats des calculs hydrologiques et hydrauliques, le Bureau d'étude a proposé les types d'ouvrages à réaliser pour remplacer les ouvrages existants et un aménagement de ces ouvrages de type dalots. Les ouvrages hydrauliques projetés sont des dalots de 1×1,50×1,00. Ces ouvrages sont au nombre de six (06).

1.4 Méthodologie de l'étude

Pour mieux s'orienter chronologiquement il est défini une approche méthodologique qui permettra de cerner les activités à faire en vue d'avoir les résultats attendus suite à chaque objectif spécifique fixé préalablement.

La démarche méthodologique utilisée pour la réalisation de l'étude comprend : le diagnostic de la zone étudiée, les outils utilisés et l'exploitation des données.

1.4.1 Diagnostic de la zone d'étude

Pour mieux nous imprégner des difficultés d'accès dans la zone, nous avons orienté le diagnostic en deux phases :

- Historique de la chaussée existante grâce aux documents traitant de la chaussée existante et des informations recueillis auprès des riverains ;
- Visite du site afin de constater les dégradations de la chaussée et des ouvrages. Cette visite s'est effectuée avec le conducteur des travaux et a consisté à relever de façon visuelle les différentes dégradations observées sur la chaussée. Nous avons pu ainsi observer que tout le linéaire étudié se trouvait dans un très mauvais état.

1.4.2 Outils utilisés

Les données qui ont été recueillies ont été exploitées directement ou traitées préalablement dans les différentes étapes de l'étude. Les outils informatiques utilisés sont :

- Le logiciel de calculs Excel ;
- Les logiciels de traitements de données Arcgis, Google Earth, Global Mapper, Hyfran, Autocad, Covadis ;
- Le logiciel Alizé.

1.4.3 Traitement des données

Cette phase a consisté à l'exploitation des données, de l'ensemble de la documentation obtenue et des observations sur le terrain. La mise en forme de ces données nous a permis l'élaboration des différentes parties de ce présent mémoire.

1.4.3.1 Etudes de base

1.4.3.1.1 Les données du trafic

Un comptage du nombre de véhicules a été réalisé par le Consultant sur le tronçon RN1-dépôt de Bingo. A l'issue de ce comptage le nombre de poids lourd a été extrait. Nous avons donc actualisé ce trafic journalier moyen depuis l'année de comptage à l'année de mise en service de la chaussée. Grâce à cette donnée actualisée nous allons déterminer le trafic cumulé, puis la classe de trafic de notre bretelle par la méthode CEBTP [3].

1.4.3.1.2 Le rapport géotechnique

Les études géotechniques ont été reprises par l'entreprise exécutante SOGEA SATOM sous le contrôle de ACIT géotechnique et Techni Consult. Le rapport géotechnique [2] est obtenu

à partir de sondages sur l'emprise du projet et dans les différents sites d'emprunt. Le rapport géotechnique nous permet de caractériser le type de sol de l'emprise et sa portance. Il permet aussi de vérifier l'adéquation entre les caractéristiques géotechniques du matériau d'emprunt et les spécifications du CCTP [4].

1.4.3.1.3 Les données topographiques

La conception de tous les projets routiers passe en amont par les études topographiques en vue d'appréhender le relief de la plate-forme. Les travaux de terrain visent à l'implantation de la polygonale de base et les levés des détails ; quant à ceux menés au bureau, ils s'articulent sur le traitement des données. L'ensemble des levés et tous les détails rencontrés sur le site ont été réalisés en coordonnées X, Y, Z. Ces données topographiques traitées et habillées en fichier AutoCad serviront pour la conception géométrique et ce, à l'aide du logiciel Covadis.

1.4.3.1.4 La conception géométrique

La conception géométrique a consisté à créer à l'aide du logiciel Covadis l'axe en plan, le profil en long du projet et l'application des profils en travers courant tout en respectant les conditions du document Aménagement des Routes Principales (ARP) [5] (les paramètres géométriques des éléments des axes : rayon, longueur).

1.4.3.1.5 Les études hydrologiques

➤ Etudes pluviométriques

Cette étude a consisté à faire un ajustement de la loi de Gumbel et de la loi de Pearson III à un échantillon de pluies journalières maximales de taille 30 afin d'estimer les valeurs de pluies maximales journalières pour des périodes de retour supérieure ou égale à dix (10) ans. Cet ajustement a été réalisé avec le logiciel HYFRAN.

La validation des lois a été faite au travers du test graphique des intervalles de confiance à 95%. Après la validation de ces lois, nous avons estimé les pluies maximales journalières décennale, cinquantennale et centennale à travers une comparaison. Cette comparaison a consisté d'une part à une comparaison graphique en observant la loi qui s'ajuste le mieux à l'échantillon et une comparaison par critère où il s'agit de comparer les valeurs de BIC et de AIC des deux lois obtenues. Les valeurs les plus faibles sont les valeurs de la loi qui s'ajuste le mieux.

➤ **Caractéristiques des bassins versants**

Grâce aux coordonnées (latitude, longitude) des dalots existants de la zone étudiée, nous avons matérialisé notre tronçon de 7Km sur le logiciel Google Earth et extrait les éléments nécessaires aux traitements sur Global mapper et Arcgis. Ainsi, grâce au logiciel Arcgis, nous avons pu générer les bassins versants. Une analyse particulière a été portée sur les bassins versant ayant une influence sur notre route. Les caractéristiques physiques ainsi que le débit engendré par chaque bassin versant ont été déterminés. Ces débits serviront au dimensionnement des ouvrages de franchissement.

1.4.3.2 Dimensionnement de la chaussée

Le dimensionnement de la chaussée consiste à définir la variante de structure de chaussée. Le choix de la variante se fait en fonction de la disponibilité des matériaux et des spécifications du Cahier de Clause Technique Particulière [4]. Nous vérifions ensuite les résistances de la structure choisie à l'aide du manuel CEBTP [6] en comparant les contraintes et déformations admissibles calculées aux contraintes et déformations obtenues à partir du logiciel Alizé. Dans notre cas notre dimensionnement portera principalement sur une vérification de la variante proposée par le CCPT [4] par manque de données sur les mesures de déflexion.

1.4.3.3 Dimensionnement hydraulique des dalots

Cette étude consistera à vérifier les sections hydrauliques des ouvrages projetés sur le tronçon RN1 – dépôt de Bingo et de proposer des sections hydrauliques des ouvrages si toutefois les dalots existant ne peuvent évacuer le débit décennal déterminé. La formule de Manning Strickler [7] est celle retenue pour le calcul des sections hydrauliques. Connaissant le débit de projet, nous calculons la section théorique S.

Ensuite, la profondeur d'eau en amont de l'ouvrage H sera déterminée, par le calcul des variables adimensionnelles Q^* et H^* ; ainsi que le calcul de la pente critique l_c par le calcul des variables adimensionnelles Q^* et l_c^* .

Enfin la détermination de la vitesse réelle d'écoulement V, en calculant les variables adimensionnelles Q^* et V^* met fin à la partie dimensionnement hydraulique. Si cette vitesse réelle d'écoulement V est inférieure ou égale à 3m/s le dimensionnement hydraulique est validé et l'on peut passer au dimensionnement structural de l'ouvrage.

1.4.3.4 Dimensionnement structural des dalots

Il s'agit d'évaluer les charges permanentes et variables de nos ouvrages afin de déterminer le ferrailage utile à la bonne tenue des ouvrages.

1.4.3.5 Signalisation

Cette partie a consisté à proposer, sur la base des normes, des panneaux et marquages au sol fondamentaux pour réduire les risques d'accidents et prévenir les zones de danger.

1.4.3.6 L'aspect environnemental

Elle consiste à l'analyse des impacts négatifs aussi bien positifs de la réalisation du projet sur l'environnement. La connaissance des impacts négatifs nous permettra de proposer des mesures d'atténuation. Les domaines pris en compte sont principalement le domaine sociale, sanitaire, économique, la faune et bien d'autres.

1.4.3.7 Estimation financière

Il s'agira d'estimer le coût global de notre projet.

1.4.3.8 Suivi de la réalisation

Cette partie consiste à décrire la procédure d'exécution des travaux, le contrôle de la conformité permanente des matériaux, des compacités, du nombre de passes du compacteur, des mesures de déflexion, de la résistance à la compression du béton et ce, conformément aux prescriptions du CCTP [4].

Conclusion : Dans ce chapitre, il a été question de la présentation de l'entreprise, du cadre de l'étude et de la méthodologie de l'étude. Dans le chapitre suivant il sera question de présenter les données nécessaires à la réalisation de notre étude.

CHAPITRE II : ETUDES DE BASE

Dans ce chapitre nous présentons les données de base nécessaires à la réalisation de notre étude. Ces données sont entre autres celles recueillies auprès de la structure d'accueil et celles calculées qui sont nécessaires avant de passer au dimensionnement proprement dit. Ce chapitre aborde tout d'abord les caractéristiques géo-climatiques de la zone de projet, ensuite l'étude d'état des lieux de la chaussée, les études géotechniques, l'étude du trafic, la conception géométrique et pour terminer les études hydrologiques.

2.1 Caractéristiques géo-climatiques de la zone de projet

2.1.1 Le climat

La commune rurale de Tanghin-Dassouri située dans la zone soudano-sahélienne a un climat tropical avec une saison sèche d'où soufflent les vents d'harmattan secs et poussiéreux qui s'étend de Novembre à Avril et une saison pluvieuse qui va de Mai à Octobre avec des vents de mousson chauds et humides. Les hauteurs d'eau sont rarement supérieures à 800mm par an et se caractérisent par leur irrégularité dans le temps et dans l'espace. Du point de vue des mois, les hauteurs d'eau les plus importantes s'enregistrent en Juillet et Août de chaque année. Mais une grande partie de ces eaux de pluie n'est pas retenue, faute d'ouvrages des stockages. La répartition des pluies est mauvaise sur l'ensemble du territoire communal avec des poches de sécheresse et des précipitations.

Pour ce qui est des températures, selon les archives [1] de la direction générale de la météorologie du Burkina Faso, elle varie entre 22 degré Celsius (Décembre, Janvier) et 35 degré Celsius (Mars, Avril). Les températures maximales moyennes varient de 31 à 38 degré et sont observées généralement en Avril, mois le plus chaud de l'année.

2.1.2 Le relief et l'hydrographie

La commune est drainée par de nombreux cours d'eau temporaires. Mais toutes ces eaux coulent vers d'autres horizons ou s'infiltrent très rapidement obligeant la population à faire recours à la source souterraine.

De façon générale, les ressources en eau de la commune sont faibles surtout pour ce qui concerne l'eau de production. Les productions agricoles en souffrent grandement. La quasi-absence d'eau de surface en saison sèche pose aussi de sérieux problèmes pour l'abreuvement

de l'important cheptel et ne permet pas l'exploitation des nombreux bas-fonds en cultures maraîchères de contre saison. Les besoins en eau pour certaines actions d'aménagement (pépinières, fosses fumières) ou travaux domestiques sont aussi non satisfaits. Les conséquences de cette situation sont les faibles productions, l'insuffisance alimentaire, le faible niveau économique de la commune et la forte émigration des bras valides avec pour conséquence la pauvreté généralisée et prononcée des ménages.

Le relief de la province est celui du plateau mossi caractérisé par une pénéplaine peu élevée (300 à 400 mètres d'altitude) par rapport au niveau de la mer. Ce relief comprend :

- Des plateaux cuirassés où émergent par endroit des buttes cuirassées ou croupes démantelées et de forme souvent convexe (plateau) ;
- Des axes de drainage que constituent le Massili (une branche du Nakambé ou Volta Blanche) et ses nombreuses ramifications, des glacis cuirassés s'insérant entre les plateaux relativement élevés et les axes de drainage.

2.1.3 Les sols

Ce sont des sols essentiellement ferrugineux tropicaux lessivés, de type latéritico-argileux reposant sur une grande masse de granites fissurés. Ils se composent de :

- Les sols gravillonnaires ;
- Les sols sablonneux ;
- Les sols argileux ;
- Les sols dénudés.

La principale contrainte des sols demeure la faiblesse de leur fertilité. Ces sols appartiennent à trois grands types qui sont :

- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés. Ils occupent la plus grande partie de la zone soit 252 km² ;
- Les sols peu évolués : ce sont des sols qui ont subi une faible évolution due à un impact peu prononcé du climat ou de l'érosion ;
- Les lithosols sur cuirasse ferrugineuse.

2.1.4 La végétation

La végétation de Tanghin - Dassouri est de type savanicole. Plusieurs espèces végétales se rencontrent dans la zone. Dans les champs, quelques espèces utilitaires tels que le karité, le

né, l'Acacia albida, le baobab, le raisinier, le tamarinier sont épargnées. Le manguier, l'eucalyptus ont été plantés un peu partout dans la zone surtout aux alentours des concessions. On rencontre de ce fait des plantations collectives et individuelles d'eucalyptus et de manguiers. Quelques fois des forêts villageoises ont été délimitées dans le souci de préservation de la nature. La commune dispose d'une forêt communale d'environ 9ha, des bosquets d'environ 63ha, d'une pépinière départementale à Itaoua et d'une autre à Lougsi. Il existe une seule pépinière départementale à Dassouri. Notons que la commune dispose de 14 unités de production regroupant 49 producteurs dont 32 femmes et 17 hommes. La composition floristique varie en fonction des types de sols et de la pression anthropique. On y rencontre donc les forêts galeries aux alentours des cours d'eau, la savane arbustive, la savane herbeuse, les cultures, la jachère, les prairies marécageuses.

2.1.5 Milieu humain

La commune de Tanghin-Dassouri, peuplée essentiellement de Mossi, fait partie intégrante du royaume mossi de Ouagadougou. Quelques familles peulh y résident. Un seul village est constitué uniquement de Silmi-mossé.

La population de la commune de Tanghin-Dassouri est de 55094 habitants selon le RGPH 2017 avec 56% de femmes et 44% d'hommes. La densité au km² est de 111 habitants. Les villages les plus peuplés sont respectivement : Ouèguelga avec 4445 habitants, Koudiéré 4000 habitants et Yimdi 3916 habitants.

2.2 Diagnostic et évaluation du niveau de dégradation de la chaussée existante

La bretelle RN1-SONABHY de 1x2 voies a été construite de 1984 à 1985 par l'entreprise OUMAROU KANAZOE sous le financement de la SONABHY et n'a fait objet de quasi aucun entretien. Son état actuel nécessite une analyse diagnostic afin de proposer la solution adéquate de réhabilitation.

2.2.1 Caractéristiques de la chaussée

Le tronçon présente les caractéristiques suivantes :

-  Profil en travers type
- 1 chaussée bidirectionnelle revêtue de 6,00 m ;
- 2 accotements de 1,00 m chacun.

✚ Structure de chaussée :

- Revêtement en enduit superficiel bicouche ;
- Couche de base en graveleux latéritique de +/- 15 cm ;
- Couche de fondation en graveleux latéritique de +/- 20 cm.

2.2.2 Relevé de dégradation

Dans le cadre de notre projet, des relevés de dégradations de la chaussée par observation visuelle en continue le long de la chaussée ont été réalisés lors de la sortie sur le terrain. Nous avons ainsi classé les dégradations relevées sur le terrain selon leur type.

2.2.3 Résultats de l'évaluation

Le tronçon RN1-dépôt de SONABHY présente à l'heure actuelle un état de dégradation très avancé, marqué par une généralisation de la présence de nids de poule. Aussi, il a été notées des fissurations très accentuées sur une bonne longueur de cette route ; ces fissurations sont souvent moyennes à fortes ouvertures et se présentent la plupart du temps sous forme faïencée. Des déformations sont aussi recensées et apparaissent presque sur 50% du tronçon. Il est à noter également que de manière générale, la largeur initiale de la chaussée revêtue reste à 6,00 m. Cependant, la largeur initiale des accotements de 1,00 m est très souvent réduite à moins d'un mètre à cause des érosions de bord (suite aux agressions mécaniques et au ruissellement des eaux). En conséquence, il est prévu un élargissement presque généralisé de la plateforme afin d'accueillir le nouveau profil en travers projeté.

Les différentes familles de dégradations recensées sont les suivantes :

➤ Les fissurations

Elles sont principalement de type faïencage à mailles fines et larges. On les remarque pratiquement sur toute la totalité du tronçon toutes aussi graves.



Figure 4: Fissurations

- Les déformations

Elles sont caractérisées par les flaches et les arrachements. Leur gravité (2 dans notre cas) est souvent appréciée par rapport à la profondeur. Elles apparaissent presque sur 50% de notre tronçon.



Figure 5: flaches

- Les nids de poule

Ce sont des cavités de forme arrondies à bords plus ou moins francs à la surface de la couche de roulement. Ils sont caractérisés par une éjection de quantités importantes de matériaux de la couche de roulement et ont souvent tendance à s'agrandir rapidement et se propager en chapelets. Tout comme les faïençages, ils se répartissent sur tout le linéaire de la route aux 3 degrés de gravité.



Figure 6: Nids de poules

➤ Les réparations

Elles sont généralement exécutées pour pallier aux défauts de la chaussée de façon provisoire ou définitive. Leur fréquence, leur étendue et leur nombre sont des éléments du diagnostic. Elles apparaissent le plus souvent à la suite des nids de poule qui résultent des faiblesses de gravité 3.



Figure 7: réparations

2.2.4 Evaluation du niveau de dégradation par la méthode vizir [6]

Utilisée dans les travaux d'entretien et de renforcement routier, adaptée aux routes bitumées, la méthode VIZIR [6] consiste à évaluer les niveaux de dégradation (relevés visuels, évaluation de la portance et de la déformabilité de la chaussée) de chaussée avec leur gravité afin de proposer des solutions de réhabilitation.

L'objectif visé de cette méthode permet de déterminer l'indice de dégradation de la chaussée, qui permettra de donner une note de qualité à la structure. Cette note de qualité servira de motif pour la nature des travaux ou des interventions. En effet, l'indice de dégradation sera combiné à la valeur de la déflexion pour proposer une solution de réhabilitation. Dans cette méthodologie, les diverses dégradations sont relevées et codifiées en fonction de leur gravité et de leur étendue. On distingue en outre deux grandes familles de dégradations :

- Dégradations de type A : ce sont celles qui affectent la structure de la chaussée ;
- Dégradations de type B : elles ne concernent normalement que la surface.

Cependant, dans le cadre de notre projet, les exigences du maître d'ouvrage (SONABHY) étaient spécifiques à savoir la remise en état total de la chaussée. Il n'a donc pas été jugé utile d'évaluer la déformabilité à travers les mesures de déflexions. Nous nous contenterons de déterminer l'indice de fissuration et de déformation sur la base des relevés visuels sur le terrain.

Le tableau N°1 présente les niveaux de gravité et étendu des pathologies établies sur la base des familles de dégradations relevées sur notre tronçon :

Tableau 1: Niveau de dégradation et étendu de pathologie

	Catégorie A	Catégorie B	Réparation
Gravité	3	2	2
Etendue	> 50%	10 à 50%	10 à 50%

2.2.4.1 Détermination de l'indice de fissuration et de déformation

Ils sont déterminés à travers l'étendue et le niveau de gravité des dégradations dans les tableaux 2 (catégorie A) et 3 (catégorie B) suivants :

Tableau 2: Indice de fissuration [6]

Etendue \ Gravité	0 à 10%	10 à 50%	>50%
	1	1	2
2	2	3	4
3	3	4	5

Tableau 3: Indice de déformation [6]

Etendue \ Gravité	0 à 10%	10 à 50%	>50%
	1	1	2
2	2	3	4
3	3	4	5

Le croisement de la valeur obtenu dans les deux tableaux ci-dessus de l'indice de fissuration et celle de l'indice de déformation respectivement **5** et **3**, permettent de déterminer la première note de dégradation, notée **Is** (indice de dégradation).

Tableau 4: Indice de dégradation

If \ Id	0	1 à 2	3	4 à 5
0	1	2	3	4
1 à 2	3	3	4	5
3	4	5	5	6
4 à 5	5	6	7	7

L'indice de dégradation (**Is = 6**) étant obtenu, il reste maintenant l'évaluation des réparations. Le tableau N°5 (réparations) met en évidence les cas où il y a lieu de les prendre en compte en ajoutant un (1) point à la valeur l'indice de dégradation.

Tableau 5: Indice de dégradation corrigé

Etendue \ Gravité	0 à 10%	10 à 50%	>50%
1	0	0	0
2	0	0	+1
3	0	+1	+1

L'indice de dégradation reste alors égal à **six (6)**.

CONCLUSION : L'impression générale dégagée par l'état de la structure de chaussée est plutôt mauvaise. La valeur de l'indice de dégradation obtenue implique que la route en très mauvais état. Le tronçon RN1-SONABHY nécessite une réhabilitation qui consiste à une **reconstruction totale** des couches de l'ancienne chaussée et à un élargissement généralisé de la plate-forme afin d'accueillir le nouveau profil en travers projeté.

2.3 Etudes géotechniques

Étant donné qu'il s'agit d'un projet de réhabilitation, il peut y avoir des zones où les matériaux répondront encore aux caractéristiques requises pour la réalisation de l'assise de la chaussée. Donc pour ce lieu précis, ces matériaux pourraient être réutilisés. Ainsi l'étude géotechnique a consisté en :

- La reconnaissance des sols de plate-forme ;
- La prospection de site de matériaux pour le remblai et du corps de chaussée.
- Les essais d'identification au laboratoire.

2.3.1 Méthode

2.3.1.1 Sols de plate-forme

Une campagne de sondages a été effectuée sur la chaussée existante à des profondeurs variables en vue de l'identification des matériaux. Les échantillons prélevés dans ces sondages ont été soumis aux essais suivant :

- Analyse granulométrique ;
- Limite d'Atterberg ;
- Proctor modifié ;
- Portance CBR ;
- Densité sèche.

Les différents essais ont été effectués sur les matériaux de la couche de base, la fondation et la forme de la chaussée existante.

2.3.1.2 Matériaux pour remblais et corps de chaussée

Des sites de graveleux latéritique naturel ont été prospectés pour la recherche de matériaux de viabilité pour corps de chaussée. Les échantillons prélevés ont été soumis aux mêmes essais que ceux de la plateforme.

2.3.2 Résultats des analyses

L'analyse des résultats de ces études s'est faite sur la base des prescriptions du CCTP [4] :

Couche de base :

- Un CBR supérieur à 60 à 95% de l'OPM ;
- Un indice de plasticité inférieur à 20 ;
- Le pourcentage de fines (80µm) est inférieur à 20%.

Couche de Fondation :

- Un CBR supérieur ou égal à 30 à 95% de l'OPM ;
- Un indice de plasticité inférieur à 25 ;

- La limite de liquidité inférieure à 40 ;
- Le passant au tamis 80 μ m est inférieur à 25%.

2.3.2.1 Sols de plate-forme

Des sondages ont été réalisés en vue de comprendre l'état des assises. Le tableau N°6 suivant présente le récapitulatif des résultats (Voir l'annexe II pour le détail des résultats de reconnaissance des sols de la chaussée existante).

Tableau 6 : Synthèse des résultats d'essai après sondage

	épaisseurs			fines			IP			CBR à 95% de l'OPM		
	max	min	moy	max	min	moy	max	min	moy	max	min	moy
Base + Fondation	50	21	34	24,4	12,5	18,8	17,3	9,04	12,3	56	17	35,8
Forme	50	10	30	55	15,3	36,6	24,3	11,6	19	51	7	17

On remarque que le pourcentage des fines et les indices de plasticité de la couche de base + fondation sont peu élevés ce qui traduit que le graveleux latéritique n'est pas argileux. Les CBR lui ne sont pas conformes aux spécifications d'une couche de base (CBR>60). Les caractéristiques des matériaux de base et de fondation sont sensiblement les mêmes ; elles correspondent à des matériaux médiocres pour une couche de base et tout à fait corrects pour une couche de fondation. Les matériaux de la couche de base avec une partie de la couche de fondation au choix de l'entreprise seront recyclés en vue d'utilisation pour la couche en graveleux latéritique améliorée au ciment.

Les graveleux latéritiques rencontrés en sol support sont d'assez bonne qualité pour cette couche. Cependant il ressort qu'il existe certaines zones où le matériau a une classe de portance S2 (CBR comprise entre 5-10 à 95% OPM). Ce sol de mauvaise qualité sera substitué par au moins 30 cm de matériaux de classe S4 (CBR>15 à 95% OPM). Selon le Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux [3], ce type de sol est classé sol de type S4.

Quant à la couche de forme existante, dans les zones de déblais de chaussée, elle pourrait être utilisée dans le corps de remblais en zone d'élargissement. Les matériaux d'emprunts viendront compléter le déficit dans les zones de remblais et seront pris en compte dans l'exécution du corps de chaussée.

2.3.2.2 Matériaux pour corps de chaussée

Le rapport géotechnique [1] du marché a proposé (04) emprunts de graveleux latéritique. Cependant, pour des raisons d'optimisation de distance de transport, l'entreprise a prospecté et étudié deux sites d'emprunt de superficie exploitable de 37500 m² et 12500 m² se trouvant à une distance maximale de 2km169. Les sites ont un potentiel cubature d'environ 81250 m³ avec possibilité d'extension.

Le tableau N°7 ci-dessous présente le récapitulatif des résultats obtenus lors de cette étude (Voir l'annexe II pour le détail des analyses des matériaux d'emprunt et le plan de situation des zones d'emprunts).

Tableau 7 :Récapitulatif des résultats d'identification des matériaux des différents emprunts

EMPRUNT	PK	Distance morte (m)	Cubature (m3)	Granulométrie		Limites d'ATTERBERG		Proctor modifié		Immersion CBR		Destination
				2,0	0,08	LL	IP	W %	γ_d	95%	98%	
1B	3+900	1850	11250	21,9	14,2	31,9	15,3	6,2	2,28	42	62	Fondation
				41,3	27,4	32,3	15	7,2	2,16	40	66	Remblai
				38,3	25,9	30,8	13,5	8,8	2,11	38	59	Remblai
1B BIS	3+900	2169	70000	42,8	27,5	33,6	17,4	9,0	1,99	43	61	Remblai
				26,4	10,4	38,9	20,3	7,4	2,05	34	53	Fondation
				35,5	19,9	44,0	23,5	11,2	1,98	20	36	Remblai
				38,1	16,1	44,1	23,4	9,8	2,01	18	28	Remblai
				27,7	15,7	31,0	15,6	8,0	2,12	44	68	Fondation

Les matériaux d'emprunts rencontrés ont une portance CBR à 95% OPM variant entre 15 et 30.

Ces matériaux répondent aux spécifications du CCTP [4].

Les deux (02) emprunts de matériaux de viabilité sont regroupés en deux familles :

- Un emprunt dont la plupart des portances CBR à 95% OPM supérieur à 10 peut être utilisé comme matériaux de remblai ;
- Un emprunt avec des indices CBR à 95% supérieur ou égale à 40. Cet emprunt peut servir principalement pour l'exécution des couches de fondation.

2.3.2.3 Portance du sol support

Les résultats des essais ci-dessus font ressortir que le sol support de chaussée est relativement homogène. Les sols sont de portance moyenne et donc acceptable. Ce sol support est, selon le rapport d'étude géotechnique de l'entreprise, de la classe S4. Au vu de cela et des caractéristiques des matériaux de l'emprunt, nous optons pour un sol support de type S4 ($15 < CBR < 30$).

Tableau 8 : Classification des sols de plateforme (guide de dimensionnement CEBTP) [3]

Catégorie de sol de plateforme	Intervalle des valeurs CBR
S1	$CBR < 5$
S2	$5 < CBR < 10$
S3	$10 < CBR < 15$
S4	$15 < CBR < 30$; (Cas de notre étude)
S5	$CBR > 30$

2.4 Etude du trafic

Le trafic est le flux de véhicules circulant en un point donné d'une route pendant un temps bien déterminé. Sa connaissance est cruciale pour la conception et l'entretien d'une chaussée. Le tableau N°9 suivant présente le récapitulatif de l'étude du trafic. Le détail des calculs est présenté à l'annexe III.

Tableau 9 : Récapitulatif de l'étude du trafic

	TMJA	Taux d'accroissement	Durée de vie	T ₂₀	CAM	NE
Valeur	264	4%	20	2 582 474	0,5	1 291 237
					1	2 582 474
					1,3	3 357 216

2.5 Conception géométrique

Suite à l'étude topographique effectuée, il est question de proposer une conception géométrique pour faire sortir le tracé en plan de la voie, les différents profils en long et en travers de la voie. La conception s'est effectuée conformément aux prescriptions de l'Aménagement des Routes Principales (ARP) [5] et du logiciel Covadis.

2.5.1 Etat des lieux

Une étude topographique a été effectuée dans le cadre de notre projet. Il en ressort :

- ❖ Le linéaire total du projet est d'environ 7 km ;
- ❖ Identification de 06 ouvrages hydrauliques (dalots) ;
- ❖ Détermination de l'ensemble des points de la polygonale du tronçon.

2.5.2 Etude du nouveau tracé

2.5.2.1 Rappel des termes de référence

Les termes de références que nous avons utilisés pour l'étude du tracé du tronçon RN1-dépôt de Bingo ont été définis par le maître d'ouvrage et se présentent comme suit :

- La vitesse de référence est de 60Km/h étant en zone urbaine ;
- Profil de 2×2 voies avec Terre-plein central de 1 m sur tout le long du projet exceptées les zones de stationnement ;
- Profil de 2×3 voies avec Terre-plein central de 1 m dans les zones de stationnement.

2.5.2.2 Tracé en plan

Pour le tracé en plan, les caractéristiques géométriques des sections routières relatives à la catégorie R60 telles que définies par l'ARP [5] sont rappelées dans le tableau N°10 ci-après :

Tableau 10 : Caractéristiques géométriques limites du tracé en plan selon l'ARP [5]

Désignation du paramètre	Rayon (m)	Dévers (%)
Rayon minimum absolu RHm	120	7
Rayon minimum normal RHN	240	5
Rayon au dévers minimal RH''	450	2,5
Rayon en plan non déversé RH'	600	2,5

La route sera aménagée avec un dévers en alignement droit de 2,5 %. Le tableau N°11 ci-après présente les dévers types retenus pour une route de catégorie R60.

Tableau 11 : Valeurs courantes des dévers [5]

Valeur du rayon	Sens du dévers	Valeurs du dévers (%)
120 m	Vers l'intérieur du virage	7 %
Compris entre 120 et 450 m	Vers l'intérieur du virage	$0,86+736,4 / R$
450 m	Vers l'intérieur du virage	2,5 %
Compris entre 450 et 600 m	Vers l'intérieur du virage	2,5 %
600 ou plus	En toit	2,5 %

➤ **Construction de l'axe en plan**

La construction de l'axe du projet consiste à la mise en place d'un axe en plan unique et cohérent constitué par la succession des alignements droits et des courbes de raccordement établis ci-dessus. La longueur totale de l'axe mis en place est de 6570,238 ml. Le tableau N°37 regroupant les caractéristiques de l'axe en plan est présenté en annexe IV.

Tableau 12 : Récapitulatif des paramètres du tracé en plan utilisés

	Valeur (m)	Récurrence	Longueur (m)	Pourcentage (%)
Plus petit rayon	400	1	13,723	-
Plus grand rayon	1500	2	48,85	-
Plus grand alignement droit	-	-	1260,796	-
Total courbes	-	-	1527,52	23,15
Total clothoïdes	-	-	399,99	6,09
Total alignements droits	-	-	4453,96	67,79
LONGUEUR TOTALE PROJET			6570,238	100,00

Sur un linéaire de 6570,238 m, 4453,96 m soit 67,79% représentent le linéaire cumulé des alignements droits. Pour des raisons de sécurité et en particulier pour éviter la monotonie source

d'accidents, il est recommandé d'alterner alignements droits et courbes circulaires : 40 à 60% d'alignement droits, et on limite à 30% les courbes. Nous pouvons ainsi dire que notre tracé est équilibré compte tenu de nos pourcentages. Le plus grand alignement droit a été limité à 2000 m.

2.5.2.3 Profil en long

Le profil en long se compose d'une succession d'éléments rectilignes caractérisée par leur déclivité (pentes et rampes) et de raccordements paraboliques caractérisés par leur rayon (rentrant et saillant).

Sur le profil en long du terrain naturel, on trace le profil en long du projet de la route ou ligne rouge par des segments et des raccordements paraboliques de façon analogue au tracé en plan. Il sera constitué d'une succession de déclivités (rampes, pente) raccordé par les éléments circulaires ou paraboliques.

Les raccordements convexes en points haut sont appelés raccordement en angles saillants et les raccordements concaves sont appelés les angles entrants.

Pour le profil en long, le tableau N°13 donne les paramètres normalisés des rayons de raccordement entre alignements droits pour la constitution de la ligne rouge du projet selon l'ARP [5].

Tableau 13 : Eléments de raccordement et différentes valeurs de rayons selon l'ARP [5]

Désignation des éléments			Valeurs
Déclivité maximale en rampe (%)			7
Rayon avec angle saillant R_v (m)	Chaussée unidirectionnelle (Route à 4 voies ou à 2 chaussées)	Minimal absolu R_{vm1}	1500
		Minimal normal R_{vN1}	3000
Rayon en angle rentrant R_v' (m)	Minimal absolu R_{vm}'		1500
	Minimal normal R_{vN}'		2200
Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement minimale sur route à 2 ou 3 voies (m)			6500

Les plans du tracé du profil en long et le tableau N°38 regroupant les caractéristiques du profil en long sont représentés en annexe IV.

2.5.2.4 Profil en travers

Le nouveau tracé est basé sur les termes de références établis par le maître d'ouvrage compte tenu du trafic qui a augmenté au fil des années ; il est important de redéfinir les profils en travers type dans les deux grandes zones. Nous avons ainsi 2 types de profils en travers type : un profil en travers type 2×2 voies dans les zones courantes et un profil en travers type 2×3 voies en zone de stationnement. Les profils en travers types sont les suivants :

Tableau 14 : Profils en travers type dans les différentes sections

Zone d'application	Type de profil	Eléments du profil en travers		
		N°	Désignation	Dimensions
PK0+000 – PK1+825 PK2+175 – PK4+550 PK4+575 – PK4+725 PK4+750 – PK5+475 PK5+500 – PK5+575 PK5+600 – PK6+050	PT1 Section courante 2×2 voies	1	Plateforme	18,50 m
		2	TPC	1 m
		3	Bande Dérasée Gauche	2×0,25 m
		4	Chaussée	2×7 m
		5	Accotements	2×1 m
		6	Bermes	2×0,5 m
PK 1+850 – PK2+150 PK6+075 – PK6+566,90	PT2 Section 2×3 voies	1	Plateforme	25,50 m
		2	TPC	1 m
		3	Chaussée	2×7 m
		4	Stationnement latéral	2×3,5 m
		5	Bande Dérasée Gauche	2×0,25 m
		6	Accotement	2×1 m
		7	Bermes	2×0,5 m

Les plans des différents profils en travers sont présentés en annexe IV.

2.5.3 Calcul des paramètres cinématiques en fonction de la vitesse de référence

Le calcul des paramètres cinématiques est effectué pour assurer la sécurité et le confort des usagers de la route. Pour une meilleure conception géométrique de la route RN1-dépôt de BINGO, nous avons ainsi déterminé les paramètres fondamentaux fonction de la vitesse de référence.

Les résultats de calculs sont regroupés dans le tableau N°15 ci-dessous et le détail des calculs est présenté en annexe IV.

Tableau 15 : Résultats des calculs des paramètres cinématiques

Désignation		Notation (unité)	Valeur
Vitesse du véhicule		V (Km/h)	60
Longueur de freinage		d_0 (m)	30,20
Distance d'arrêt en alignement		d_1 (m)	63,54
Distance d'arrêt en courbe		d_2 (m)	71,09
Distance de perception		d_p (m)	163,56
Distance de visibilité de dépassement	Sur un virage	d_v (m)	87,5
	Sur un obstacle situé sur la chaussée	d_v (m)	> 71,09

2.6 Etude hydrologique

L'étude hydrologique a pour objectif principal le calcul des débits de crue pour chaque bassin versant dont l'écoulement coupe notre projet afin de dimensionner leur section hydraulique. Pour atteindre cet objectif nous utiliserons les logiciels HYFRAN pour déterminer la hauteur de la pluie décennale, Global Mapper et Arcgis pour délimiter les bassins versants et trouver leurs caractéristiques.

2.6.1 Analyse pluviométrique

L'étude pluviométrique a consisté à faire un ajustement de la loi de Gumbel et de la loi de Pearson III à un échantillon de pluies journalières maximales. L'analyse fréquentielle a été conduite à l'aide du logiciel HYFRAN. Cette analyse fréquentielle a concerné les enregistrements journaliers maximaux pour les observations des stations météorologiques dans la zone du projet. Notre échantillon était de taille $N = 30$. La valeur de pluie décennale obtenue suite à l'ajustement à la loi de Gumbel a été comparée à celle obtenue suite à l'ajustement à la

loi de Pearson III. La valeur retenue est celle de Gumbel qui s'ajustait le mieux. Le tableau N° 16 suivant nous donne la valeur de la pluie journalière maximale décennale. Les détails des calculs sont présentés en annexe V.

Tableau 16 : Pluie journalière maximale décennale

Station	Pluie journalière maximale décennale (mm)		
	Valeur obtenue par ajustement à la loi de Gumbel		
	T = 5ans	T = 10 ans	T = 20 ans
Ouagadougou	132	158	183

2.6.2 L'intensité I de l'averse

L'intensité est le rapport entre la hauteur de pluie tombée pendant une période d'observation et la durée de cette période, exprimée en millimètre par heure. L'intensité I peut être déterminée à partir des paramètres a et b de Montana et en utilisant la relation qui existe entre cette intensité et la durée de l'averse à savoir :

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

a et b étant les coefficients de Montana dépendant du lieu et de la fréquence pluviométrique. Le tableau N°17 suivant nous donne ces coefficients de la station la plus proche de la zone d'étude (Ouagadougou dans notre cas).

Tableau 17 : Coefficients de Montana valable dans la zone du projet

Ville	Période de retour	Durée inférieure à 1 heure		Durée supérieure à 2 heures	
		Paramètre a	Paramètre b	Paramètre a	Paramètre b
Ouagadougou	10 ans	39,00	0,50	9,40	0,90

Ainsi pour notre projet les coefficients a et b de MONTANA utilisés sont $a = 39$ et $b = 0,50$.

2.6.3 Caractéristiques morphologiques des bassins versants

La détermination des caractéristiques des bassins versants a été possible grâce à un modèle numérique terrain que nous avons obtenu par délimitation de la zone sur le logiciel Global Mapper. Les paramètres physiques et géométriques (Tableau 18 : Caractéristiques des bassins

versants) de ces bassins ont été déterminés par le logiciel Arcgis. Pour notre projet, ces paramètres sont essentiellement :

- La superficie en km² : il s'agit de l'aire totale, incluant éventuellement ceux des sous bassins, drainé par l'écoulement et circonscrite par les lignes de partages des eaux ;
- Le périmètre : c'est le contour des surfaces des bassins versant ;
- La longueur hydraulique : la distance entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin ;
- La pente moyenne des bassins versants en pourcentage (%) ;
- Les altitudes : ce sont les altitudes maximales et minimales des bassins, ainsi que celle à l'exutoire.

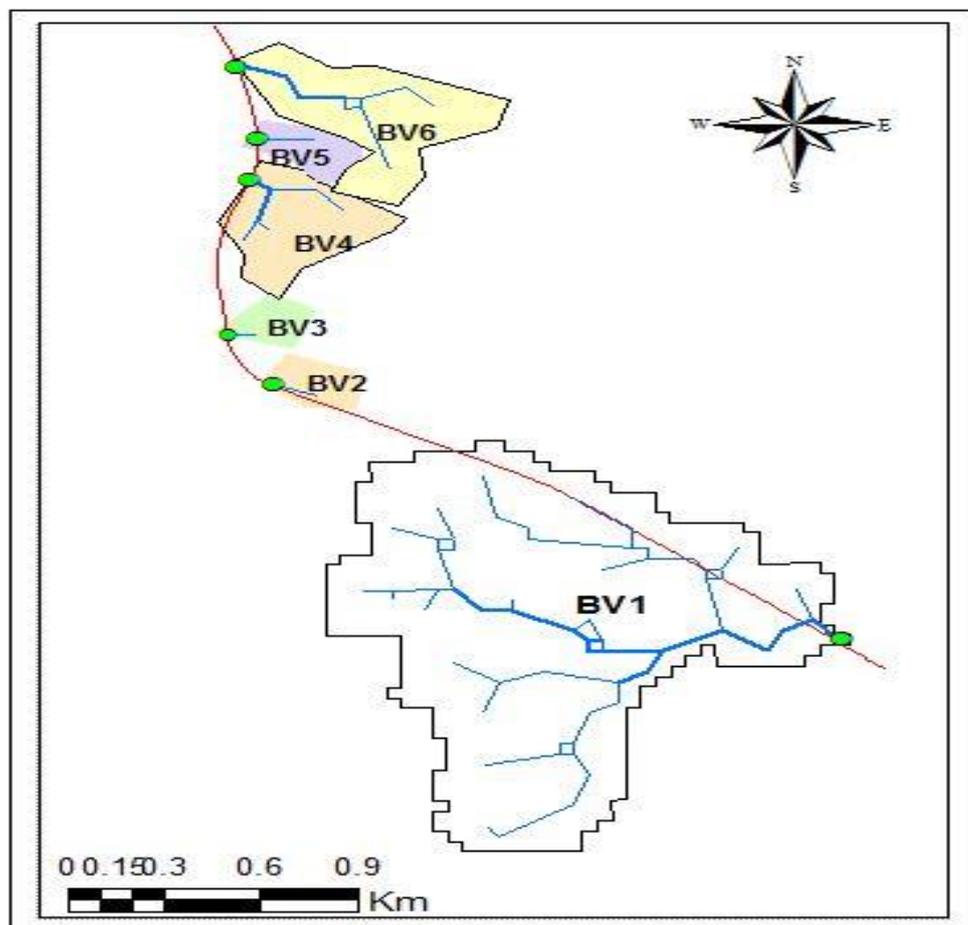


Figure 8 : bassins versants de la zone

Tableau 18 : Caractéristiques des bassins versants

N° des BV	superficie en Km ²	Périmètre en Km	indice de Gravelius	Longueur hydraulique (Km)	cote amont (m)	cote aval (m)	pente moyenne (m/m)
1	3,88	11,07	1,57	3,23	360,478	344,135	0,005
2	0,15	1,5	1,08	0,3	360,768	355,864	0,016
3	0,12	1,5	1,21	0,19	362,96	356,137	0,036
4	0,49	2,95	1,18	0,61	360,857	352,609	0,014
5	0,17	1,74	1,18	0,33	356,218	351,47	0,014
6	0,73	4,37	1,43	1,35	358,900	350,372	0,006

2.6.4 Présentation des différentes méthodes d'évaluation des débits

L'évaluation du débit de crue décennale est estimée par les méthodes établies à partir du manuel FAO élaboré par les équipes du CIEH, l'ORSTOM et de l'hydraulique routière.

Le manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche définit les deux (02) méthodes actualisées ORSTOM et CIEH. Ces méthodes s'appliquent aux bassins versants situés entre les isohyètes annuelles 150 - 200 et 1200 mm, ayant des superficies comprises entre 0,2 ou 1-2 km² à 1500 ou 2000 km².

L'hydraulique routière [7] donne la méthode rationnelle utilisée pour l'estimation des débits de crues des petits bassins dont la superficie ne dépasse pas 4 km².

Pour ce projet la **méthode rationnelle** [7] sera utilisée pour l'évaluation des débits compte tenue de la petite taille des bassins versants ($S < 4 \text{ km}^2$).

La méthode rationnelle

Cette méthode est appliquée aux petits bassins versant dont la superficie ne dépasse pas 4 km². Cette formule utilise un modèle de transformation de la pluie, décrite par son intensité considérée comme uniforme dans le temps en un débit instantané maximal à l'exutoire.

La formule s'écrit :

$$Q_{10} = 0,278 CIA. [7]$$

Q_{10} : le débit décennal à l'exutoire en m^3/s ;

C : le coefficient de ruissellement en % ;

I : intensité de l'averse décennal en mm/h ;

A : la superficie du bassin versant en km².

- Le coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement exprime la fraction d'eau météorique qui, par rapport à la totalité de la précipitation pluviale, parvient à l'exutoire. Ce coefficient traduit l'imperméabilisation naturelle ou artificielle en fonction de la morphologie du terrain, de sa couverture végétale, de la pente et de la nature des éléments constitutifs du sol. Le coefficient de ruissellement est pris égal à 0,70 pour notre zone d'étude. Le tableau N°19 suivant présente les différentes valeurs du coefficient de ruissellement.

Tableau 19 : Coefficient élémentaire de ruissellement

Coefficients élémentaires	
Ilots	0,74
Terrains vagues	0,66
Rues aménagées	0,95
Rues non aménagées	0,70

- Le temps de concentration

Le temps de concentration T_c (en min), temps mis par une goutte d'eau tombant sur le point hydrauliquement le plus éloigné pour arriver à l'exutoire est donné par différentes formules telles que :

$$T_c = 0,01947 \times \frac{L^{0,77}}{I^{0,385}} [7]$$

t_c : temps de concentration en mn ;

L : La distance entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin en m ;

I : Pente moyenne, m/m.

2.6.4.1 Calculs des débits à évacuer : Méthode rationnelle

Le tableau N°20 suivant présente le récapitulatif des débits à évacuer de chaque bassin versant. (Voir annexe V pour le détail des calculs).

Tableau 20 : Récapitulatif des débits des bassins versants

Bassins	BV1	BV2	BV3	BV4	BV5	BV6
Débit (m ³ /s)	3,399	0,411	0,456	0,985	0,438	1,125

Conclusion

Il a été question dans ce chapitre de présenter les données de bases relatives à l'étude. Ces données sont entre autre :

- ✓ Climat : Soudano-sahélien ;
- ✓ Relief : Courbe de niveau entre 300 m et 400 m ;
- ✓ Sol : ferrugineux tropicaux lessivés ;
- ✓ Température : 22°C – 38°C ;
- ✓ Type de trafic : T3 ;
- ✓ Portance du sol : S4 ;
- ✓ Géométrie : Dressage des différents profils (annexe N°IV) ;
- ✓ Hydrologie : Détermination de la pluie journalière maximale décennale, des caractéristiques des six (06) bassins versants et des débits à évacuer.

Ces données serviront de base au dimensionnement de la structure de chaussée et au dimensionnement des ouvrages d'assainissement.

CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE LA CHAUSSEE

Le dimensionnement d'une structure de chaussée routière consiste à déterminer le nombre et l'épaisseur des différentes couches constituant la surface et le corps de chaussée, pour le niveau de trafic attendu. Ceci en tenant compte, entre autres, de la nature et des caractéristiques des matériaux de viabilité disponibles dans la zone de projet afin de permettre à la chaussée de pouvoir résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie.

La structure d'une chaussée routière doit résister à diverses sollicitations, notamment celles dues au trafic et elle doit assurer la diffusion des efforts induits par ce même trafic dans le sol de fondation. L'application d'une charge roulante induit ainsi une déformation en flexion des couches de la structure. Cette flexion entraîne des sollicitations en compression au droit de la charge et des sollicitations en traction à la base des couches d'enrobés.

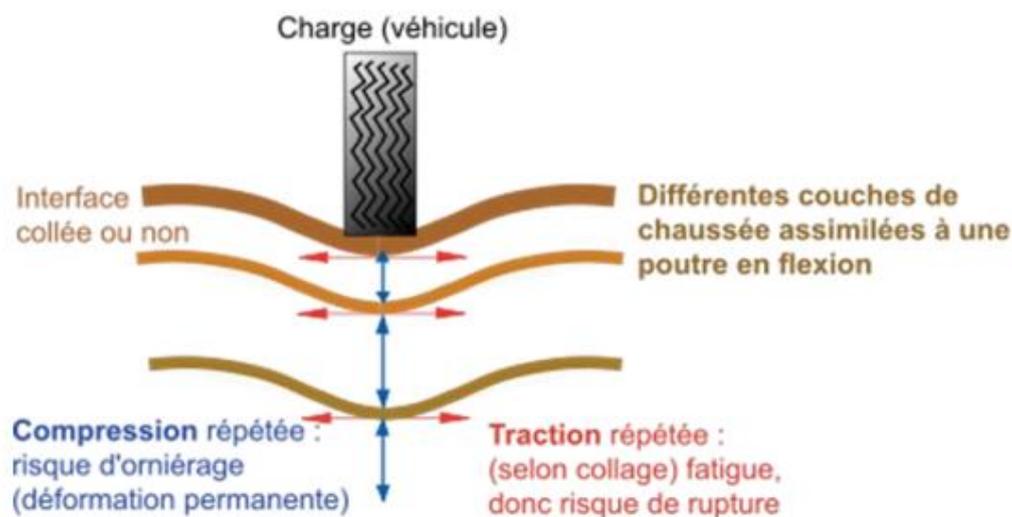


Figure 9 : Schéma de fonctionnement d'une structure de chaussée sous l'application d'une charge roulante

3.1 Méthode de dimensionnement

Il existe différentes méthodes pour bien appréhender la déformation d'une structure. Elles donnent lieu ensuite à différents modèles de dimensionnement. Donc pour dimensionner une chaussée, il s'agit surtout de déterminer la structure optimale de la chaussée pour la durée de

vie projetée.

De façon générale, on distingue deux voies d'approche principale pour le dimensionnement des chaussées à savoir les méthodes empiriques et les méthodes rationnelles ou théoriques.

➤ Les méthodes empiriques

Ces méthodes peuvent se regrouper en deux types :

- Les méthodes qui à partir d'une formule mathématique ou d'un graphique permettent de calculer, en fonction des matériaux (sol et matériaux de viabilité) et du trafic, les épaisseurs des différentes couches : méthodes CBR, abaques TRRL, méthodes dérivées des essais AASHO, méthodes SHELL...
- Les méthodes catalogues de structures : l'utilisation du catalogue est pratique. Le catalogue libère le concepteur des calculs numériques et le met à l'abri de l'illusion d'un résultat rigoureux du fait de l'application d'une formule mathématique alors que les paramètres d'entrée sont imprécis.

On peut citer :

- Le catalogue français des structures types des chaussées neuves établi en 1971, révisé en 1977 et 1994 ;
- Le manuel de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux en voie de développement (CEBTP 1980) révisé en 1984 et intitulé « guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux » [3].

➤ Les méthodes rationnelles ou théoriques

Les méthodes rationnelles sont basées sur la mécanique des milieux continus et sur la résistance des matériaux. Ces dernières présentent l'avantage de pouvoir être appliquées à des structures sous différents types de climat et pour divers chargements de trafic.

Le développement de l'outil informatique a permis que les méthodes de dimensionnement rationnelles soient devenues plus accessibles. Avec la facilité de résolution des équations multiples à dérivées partielles, des logiciels comme Alizé ont été développés.

Ce sont des logiciels qui modélisent les structures multicouches et calculent les contraintes transversales et radiales ainsi que les déformations à travers les couches de chaussées.

Méthode utilisée

Pour mieux affiner les résultats nous nous proposons de procéder comme suit :

D'abord par la méthode empirique en utilisant la méthode CEBTP : pour pré dimensionner à l'aide des tableaux fournis par le Manuel pour le Renforcement des Chaussées Souples en pays tropicaux de 1985 [6] et ensuite faire une vérification par la méthode rationnelle en utilisant le logiciel Alizé III du LCPC.

3.2 Résultats

La méthode CEBTP [6] est caractérisée par deux paramètres importants (le trafic et les mesures de déflexion) pour déterminer les épaisseurs des couches de chaussées. Par manque des données sur la mesure de déflexion, nous ne serions à mesure d'utiliser le Manuel. Ainsi, nous allons nous contenter d'une part de vérifier la variante retenue par le CCPT [4] et d'autre part, d'analyser cette variante.

3.2.1 Chaussée existante

Pour le dimensionnement structural des assises de chaussée nous avons considéré les variantes (Grave Bitume et sol ciment) proposées dans le dossier d'appel d'offre. En outre, vu les contraintes rencontrées lors des renforcements, Pascal BAUER et Yves MEUNIER [i] recommandent dans le manuel diagnostic, conception et renforcement des chaussées :

- Pour les **couches d'assises**, ils préconisent que pour tenir compte des problèmes de surcharge, de difficultés de compactage et de variation d'épaisseur, il est recommandé de majorer les épaisseurs de couches d'assise de 10 à 15 % par rapport aux épaisseurs habituelles. Les matériaux recommandés sont les **Graves Bitumes de classe 3 ou 4** ainsi que les EME de classe 2.
- Quant à la couche **de roulement** ils suggèrent que les couches minces sont à proscrire et l'épaisseur recommandée est au moins de 5 cm de façon à résister aux efforts de cisaillement et limiter les contraintes à l'interface couche de base / couche de roulement. Les produits les plus adaptés sont les **BBSG 0/10 ou BBME 0/10 de classe 2 ou 3**. Ces produits utilisant des liants modifiés ou multigrades sont particulièrement résistants à l'orniérage engendré par un trafic canalisé.

Au vu de ce qui précède et compte tenu de l'état de la chaussée existante et de la disponibilité des matériaux de viabilité (graveleux latéritiques) dans la zone du projet :

- Après analyse il a été ressorti que notre chaussée est fortement assujettie aux effets d'orniérage dû au trafic et au fait qu'elle sera énormément sollicitée au même moment dans les zones de stationnement ;
- Ces analyses ont sérieusement attiré l'attention concernant la durée de vie projetée et ont amené à prendre des mesures sécuritaires dans le dimensionnement. Ainsi la structure retenue par le CCPT [4] sur la base des analyses ci-dessus pour notre projet est la suivante :
 - 5 cm de Béton bitumineux à module élevé en couche de revêtement
 - 12 cm de grave bitume 3 en couche de base
 - 16 cm de Graveleux latéritique amélioré au ciment en couche de fondation
 - 22 cm de graveleux argileux latéritique en couche de fondation (CBR>45)
 - 20 cm de graveleux latéritique en couche de fondation (CBR>30)

3.2.2 Solution à adopter dans les zones d'élargissement

La route sera élargie sur tout le tronçon. La structure de la chaussée dans les zones d'élargissement est inexistante, ce qui nous conduit à proposer une solution de **construction** de la structure de chaussée. Par soucis d'harmoniser les différentes structures de chaussée et de faciliter la mise en œuvre, il est retenu pour la structure d'élargissement et la structure de la route existante les mêmes matériaux avec les mêmes épaisseurs.

Les déformations et contraintes de cette structure retenue pour la chaussée ainsi que les zones d'élargissements seront vérifiées afin d'assurer un dimensionnement correct.

3.3 Vérification par le logiciel Alize III du LCPC

Le programme Alizé permet de calculer les contraintes et les déformations induites dans les différentes couches de la chaussée choisie. Il y'a lieu, d'effectuer une vérification des déformations et contraintes de la structure retenue pour s'assurer de la fiabilité du dimensionnement.

La démarche Alizé s'articule autour d'importants points essentiels qui sont :

- Le choix du type de structure et de matériaux qui la composent ;
- La détermination des différentes sollicitations admissibles dans les différents matériaux ;
- La détermination des différentes épaisseurs des couches de matériaux.

Les paramètres mécaniques d'entrée pour la modélisation pour chaque matériau sont :

- L'épaisseur h_i ;
- Le module d'Young (E_i) ;
- Le coefficient de poisson (ν) ;
- Les types d'interface entre les couches (conditions de collage).

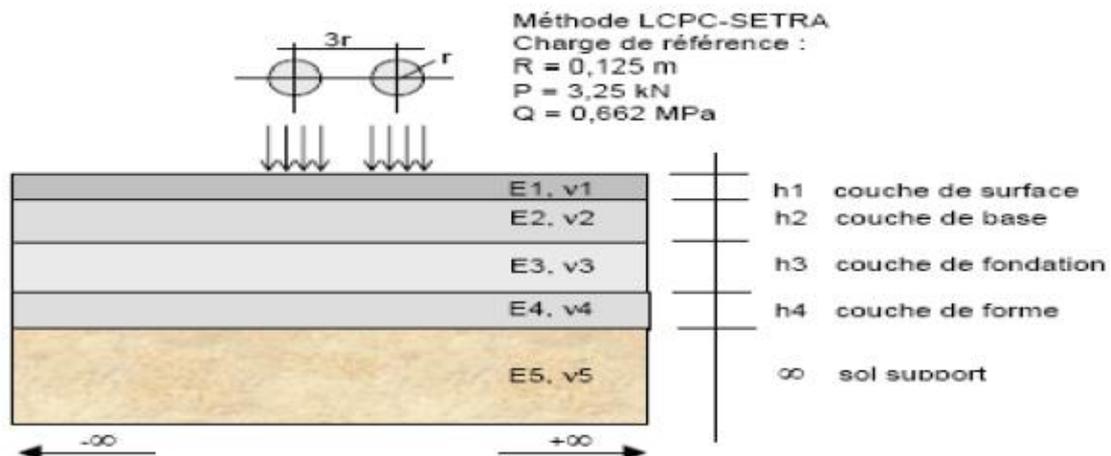


Figure 10 : Moteur de calcul Alizé

3.3.1 Hypothèses

La modélisation sur Alizé-LCPC a été faite en considérant les hypothèses suivantes :

- Les épaisseurs des couches retenues ;
- Le coefficient de poisson ν sera pris égal à 0,35 pour toutes les couches sauf la couche en graveleux latéritique améliorée au ciment où ν sera pris égal à 0,25 ;
- Toutes les interfaces entre les couches seront considérées collées.

Les hypothèses [9] de base relatives à l'essieu standard de 13 Tonnes sont :

- Essieux à roue jumelée supportant une charge de 13 tonnes ;
- Pression verticale de 0,6620 MPa ;
- Rayon de contact de 0,125 m ;
- Entraxe jumelage de 0,375 m.

3.3.2 Méthode de calcul sur le logiciel Alizé

Pour se faire, nous procéderons de la manière suivante :

- Détermination au préalable des différents modules ;
- Ensuite les sollicitations admissibles dans les différents matériaux en utilisant les lois de fatigues ;
- Enfin la vérification sur Alizé du niveau des contraintes et des déformations, tout en nous assurant que ces dernières demeurent strictement inférieures aux contraintes et déformations admissibles calculées en amont.

3.3.3 Résultats

3.3.3.1 Détermination du module de Young

La classe de plateforme étant de S4 ($15 < CBR < 30$), nous considérons un CBR de 15 MPa. Son module de Young est pris égal $5 \times CBR$ ce qui nous donne 75 MPa.

Les modules de Young des couches de fondation en GNT sont déterminés par la relation suivante [9] :

$$E_2 = \min(E_1 \times K; E)$$

$$E_1 = \min(E_0 \times K; E)$$

$$E_0 = \text{module plate - forme}$$

Avec GNT de catégorie 3 $\rightarrow K = 2$

Les hypothèses de prises en compte du CBR pour la détermination du module E sont consignées dans le tableau N°21 suivant :

Tableau 21 : Tableau récapitulatif des données

	CBR CCTP	CBR réel
Sol support	10	30
Fondation 1 GAL	30	66,3
Fondation 2 GAL	45	58

Les CBR obtenus sur le terrain sont nettement supérieurs aux CBR demandés. Nous considérerons cependant les CBR du CCTP [4] (cas défavorable).

Quant aux matériaux bitumineux et traités aux liants hydrauliques, nous adopterons les valeurs des modules dynamiques données par SETRA [9].

Le module de Young et le coefficient de poisson obtenus pour chaque couche est présenté dans le tableau N°22 ci-dessous :

Tableau 22 : Valeurs de module en fonction des couches et du choix des matériaux

Couches de chaussée	Module de Young en (MPa)
Revêtement BBME	2170
Couche de base GB	2700
Couche de fondation GLAC	5000
Couche de fondation CBR>45	225
Couche de fondation CBR>30	150
Sol support	75

3.3.3.2 Calcul des contraintes et des déformations admissibles

Les vérifications concernent les critères de ruptures que sont :

- La déformation verticale ε_z à la surface du sol support et des couches non traitées ;
- La contrainte tangentielle σ_T à la face inférieure des couches traitées aux liants hydrauliques;
- L'allongement relatif ε_T à la face inférieure des couches bitumineuses.

Les détails des calculs sont présentés en annexe VI. Après calcul, nous avons regroupé les résultats consignés dans le tableau N°23 ci-dessous :

Tableau 23 : Contraintes et déformations

Désignation		Valeur admissible manuelle	Couches de chaussée
Plateforme	ε_z, adm (en μdef)	452,59	Plate-forme
	σ_z, adm (en MPa)	0,820	
fondation CBR > 30	ε_z, adm (en μdef)	452,59	Couche de fondation
	σ_z, adm (en MPa)	1,64	
fondation CBR > 45	ε_z, adm (en μdef)	452,59	Couche de fondation
	σ_z, adm (en MPa)	2,46	
fondation GLAC	ε_z, adm (en μdef)	452,59	Couche de fondation
	σ_t, adm (en MPa)	0,815	
$\varepsilon_t, adm(GB3)$ (en μdef)		197,41	Couche de base
$\varepsilon_t, adm(BBME)$ (en μdef)		164,49	Couche de roulement

3.3.3.3 Vérification sur le logiciel Alizé

La vérification avec alizé portant sur les épaisseurs retenues, a donné les résultats présentés en annexe VI et dont le récapitulatif est donné par le tableau N°24 suivant :

Tableau 24 : Résultats de la vérification des déformations avec Alizé

Désignation		Valeur variante choisie	Valeur admissible	Observations
5 cm BBME ϵt (μdef)		24,4	164,49	24,4 < 164,49 ✓ Condition satisfaite
12 cm GB ϵt (μdef)		20,1	197,41	20,1 < 197,41 ✓ Condition satisfaite
16 cm GLAC	σt (MPa)	0,528	0,815	0,528 < 0,815 ✓ Condition satisfaite
	ϵz (μdef)	54,1	452,59	54,1 < 452,59 ✓ Condition satisfaite
22 cm GLA	σz (MPa)	0,041	2,46	0,041 < 2,46 ✓ Condition satisfaite
	ϵz (μdef)	190,8	452,59	190,8 < 452,59 ✓ Condition satisfaite
20 cm GLA	σz (MPa)	0,023	1,64	0,023 < 1,64 ✓ Condition satisfaite
	ϵz (μdef)	172,4	452,59	172,4 < 452,59 ✓ Condition satisfaite
Sol support ϵz (μdef)		206,1	452,59	206,1 < 452,59 ✓ Condition satisfaite

3.3.4 Etude comparative

Nos résultats du dimensionnement sont identiques à ceux de la mission de contrôle à une différence près. La différence se situe dans la détermination de la valeur du module de young

de la couche améliorée au ciment. En effet dans le cas des matériaux traités au ciment, le guide CEBTP [3] nous donne la formule longtemps utilisée: $E_{stat} = 200 R_{c7}$ qui doit être remplacée par celle-ci :

$$E_{stat} = 1000 \text{ à } 2000 R_{c7} \text{ avec } 18 < R_{c7} < 30 \text{ bars (exigence du CCTP)}[4]$$

Pour notre dimensionnement nous avons utilisé la formule actualisée avec une valeur de résistance à la compression à 7 jours égale à 25 bars tandis que l'entreprise a opté pour la formule longtemps utilisée avec une valeur de résistance à la compression à 7 jours égale à 18 bars.

Conclusion : Les déformations et les contraintes des matériaux sous-jacentes sont acceptables car elles sont toutes inférieures aux valeurs admissibles. La vérification des couches mise en exécution lors du stage montre que la chaussée qui est posée sur une plateforme de classe S4, résistera au trafic de type T3 qui lui sera imposé pendant sa durée de vie.

Variante retenue :

- ✓ Couche de revêtement : 5 cm de BBME ;
- ✓ Couche de base : 12 cm de GB3 ;
- ✓ Couche de fondation : 16 cm de GLAC ;
- ✓ Couche de fondation : 22 cm de GAL ;
- ✓ Couche de fondation : 20 cm de GAL.

3.4 Analyse

D'une part, ce type de structure bitumineuse est très sensible aux hydrocarbures [ii]. En effet, la route étant pratiquée par les gros porteurs transportant les hydrocarbures, les huiles et le gasoil sont susceptibles de se déverser sur l'enrobé. Cette situation présente un inconvénient majeur : le gasoil et les huiles contiennent des solvants qui « lavent » l'enrobé du bitume entraînant la décomposition de l'enrobé en un amas de gravillons que l'eau de pluie finira par enlever.

D'autres part, le béton en couche de revêtement constitue une excellente solution. Bien que coûteuse de par sa mise en œuvre, elle est économique de par la quasi absence d'entretien à long terme. Il présente plusieurs avantages [iii] :

- Durable ;
- Réduction des épaisseurs des structures routières ;
- Résistance aux hydrocarbures ;

- Absence de déformation de la chaussée : orniérage, faïençage, etc.

Toutes ces raisons très importantes nous font pencher la balance du côté de la structure en béton en défaveur de la structure bitumineuse.

Variante proposée

La structure proposée sur la base du guide technique conception et dimensionnement des structures de chaussé SETRA [9] est la suivante :

- ✓ Couche de roulement : 22 cm de Béton armé continu
- ✓ Couche de fondation : 20 cm de GAL (CBR>30)

Le détail du calcul des valeurs admissibles pour cette structure et la vérification sur Alizé se trouvent en annexe VI.

3.5 Détail du profil en travers type

Le profil en travers est une coupe transversale de la chaussée présentant tous les éléments constitutifs de la route (largeurs de voies, ouvrages d'assainissement, dispositifs de sécurité, d'éclairage, bordures).

3.5.1 Sécurité et signalisation routière

Pour le bien des usagers et des riverains, la construction routière nécessite un certain nombre de précautions à prendre pendant et après la réalisation, pour garantir la sécurité des travailleurs sur le chantier et des usagers, la pérennité de l'ouvrage.

3.5.1.1 Sécurité

Les exigences concernant la sécurité de la voie ne s'expriment pas sous une forme simple. Elles doivent prendre en considération plusieurs aspects du système de circulation en général et plus particulièrement à la visibilité, la lisibilité, l'adéquation aux contraintes dynamiques des véhicules et à la limitation de la gravité des chocs.

L'aménagement routier doit viser à limiter le risque d'accident en vue de l'amélioration de la sécurité des usagers sur la voie. Pour notre projet, nous avons retenu quelques dispositifs :

- Des bordures de type T2 au niveau des virages ;

- Des glissières sont prévues dans les zones de haut remblais et sur les ouvrages de franchissement.

3.5.1.2 Signalisation

La signalisation routière est en générale l'information donnée à l'utilisateur de la route à titre préventif de tout éventuel danger qui pourrait survenir dans la circulation. Elle permet également d'indiquer et de rappeler les diverses prescriptions particulières.

On distingue deux types de signalisation à savoir la signalisation horizontale et la signalisation verticale.

Signalisation horizontale

Elle regroupe l'ensemble des marquages portés au sol dans le but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la plate-forme réservées aux différents sens de circulation, ou à une certaine catégorie d'utilisateurs. Pour ce projet, les marquages horizontaux sont constitués essentiellement :

- Des marquages longitudinaux (lignes d'axes et de rives de chaussée) ;
- Des marquages transversaux (lignes complétant les panneaux « stop » et « cédez le passage ») ;
- La bande de passage pour piétons positionnée au niveau des amorces.

Le tableau N°25 suivant donne les dimensions des différentes lignes utilisées. Pour l'unité de largeur des lignes elle est de $U = 6 \text{ cm}$.

Tableau 25 : Elément de marquage au sol

Type	Largeur	Longueur du trait	Intervalle entre 2 traits successifs	Utilisation
Ligne discontinue T1	12 cm	3 m	10 m	Séparation de voies en section courante
Ligne discontinue T2	18 cm	3 m	3,5 m	Lignes de rives (délimitation de chaussée)
Ligne continue T2	18 cm	-	-	Délimitation de TPC
Ligne T'2	50 cm	0,5 m	0,5 m	Cédez le passage et Stop

Signalisation verticale

Les panneaux de signalisation verticales sont classés en diverses catégories dont l'objectif essentiel est d'attirer l'attention des usagers de la route aux endroits où leur vigilance doit redoubler en présence d'obstacles ou de points dangereux.

Dans le cadre de ce projet, les panneaux utilisés pour la signalisation verticale sont :

- Panneaux d'intersection et de priorité (type AB)
- Panneaux d'indication (type C)
- Panneau de direction (type D)
- De type J5 pour les têtes d'îlots directionnels à contournement.

Les différents panneaux sont représentés à l'annexe VII.

3.5.1.3 Signalisations et Sécurité pendant les travaux

Pendant la réalisation des travaux, il est nécessaire de mettre en place des panneaux de signalisation et des dispositifs de sécurité. Ce sont entre autre :

- A l'entrée de la zone du chantier pour signaler les travaux ;
- Des panneaux de limitation de vitesse à 30 Km/h ;
- Des panneaux indiquant les zones de déviation ;
- Dispositifs de barrières aux abords des fouilles des ouvrages ;
- Des signaleurs ;
- Des équipements de protection individuel pour tout individu intervenant sur le chantier.

3.5.2 Aménagements routiers

L'aménagement de route bitumée consiste à définir les lieux de stationnements, des bordures, ainsi que la représentation des amorces. Pour notre projet, nous avons à aménager les amorces des rues adjacentes.

Le tableau N°26 ci-après présente les aménagements routiers proposés sur le long du tronçon.

Tableau 26 : Les aménagements routiers proposés sur le long du tronçon

Type d'aménagement	Localisation	Côté	Nombre
Amorces	PK0+940	Gauche et Droit	25
	PK1+214	Gauche	
	PK1+521	Gauche	
	PK1+620	Gauche et Droit	
	PK1+900	Droit	
	PK1+980	Gauche et Droit	
	PK2+035	Droit	
	PK2+240	Droit	
	PK2+665	Gauche et Droit	
	PK3+590	Droit	
	PK3+700	Gauche	
	PK3+950	Gauche et Droit	
	PK4+450	Gauche et Droit	
	PK4+780	Gauche et Droit	
	PK5+600	Gauche et Droit	
PK6+480	Gauche et Droit		

En annexe VII, nous avons deux représentations type de l'aménagement des amorces.

3.5.3 Eclairage public

La sécurité des usagers est aussi conditionnée par la visibilité nocturne. L'éclairage public permet aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevés que possible.

Il permet à l'automobiliste de percevoir les points singuliers de la route et les éventuels obstacles.

3.5.3.1 Types de luminaires

Pour ce projet nous utiliserons des luminaires EP 120W lampe LED qui offrent un confort visuel plus appréciable.

Le réseau d'éclairage public sera donc réalisé en candélabres en acier galvanisé surmontés de doubles crosses et équipés des lampes.

3.5.3.2 Implantation des candélabres

On distingue plusieurs types d'implantations ou interviennent la largeur de la voie et la hauteur de feu :

- Implantation unilatérale qui n'est recommandée que dans le cas où la largeur de chaussée est proche ou inférieure à la hauteur de feu ;
- Implantation bilatérale en quinconce : applicable pour les chaussées dont la largeur est inférieure à 1,5 fois la hauteur de feu. Ce type d'implantation est à éviter dans les courbes ;
- Implantation bilatérale vis-à-vis de la voie lorsque la largeur de la chaussée est supérieure à 1,5 fois la hauteur du feu ;
- Implantation axiale pour des cas particuliers ; Cette solution convient pour les routes à chaussées séparées par une bande centrale. Dans ce cas-là, pour éclairer les deux chaussées, il faut que les candélabres soient constitués de crosses doubles.

Pour notre projet, nous avons une plateforme de 18,50 m avec un terre-plein central pour la section courante et une plateforme de largeur de 25,50 m avec un terre-plein central dans les zones de stationnement. Au vu des rapports existants entre la hauteur de feu et la largeur de la route, nous optons pour une implantation axiale sur terre-plein pour toutes les voies. La hauteur h du luminaire est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et parfois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées. Nous retenons 12 m.

L'espacement entre candélabres est $e = 3h$. L'inter distance entre les candélabres variera entre 30 m dans les zones de stationnement et 40 m dans les zones à section courante. Les candélabres utilisés sont à double crosse placés au niveau du terre-plein central.

Cependant dans le marché, la fourniture, la pose et le raccordement de candélabre concerne uniquement la zone de stationnement à l'entrée du dépôt. Quant au reste du linéaire, il sera question de réaliser les réservations pour l'éclairage public.

3.5.3.3 Nombre de candélabres fournis et de réservation pour éclairage public

$$N = \frac{L_{troncon}}{e}$$

- Réservation pour EP

$$N = \frac{5725}{40} + \frac{350}{30} \quad \frac{350}{30} \text{ zone de stationnement douane } e = 30$$

N = 155 réservations pour EP

- Fourniture des candélabres

$$N = \frac{520}{30}$$

N = 17 candélabres double crosse

Nous avons donc 17 candélabres double crosse qui seront installés à l'entrée de la SONABHY et 155 réservations pour l'éclairage public.

Conclusion : Dans ce chapitre, nous avons d'une part vérifié la variante retenue par le CCTP pour le dimensionnement de la chaussée et d'autres part mené l'étude de la signalisation et la sécurité routière. La vérification sur Alizé a montré que les valeurs des déformations obtenues étaient acceptables.

Cependant, selon notre analyse, vu que la route est remise en état principalement pour les camions transportant des hydrocarbures, ce type de structure bitumineuse ne résisterait pas dans le temps. Cette analyse nous a ainsi amené à proposer une variante économique à long terme et résistante dans le temps.

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Ce chapitre s'attache à la vérification du débouché hydraulique des ouvrages et à la proposition d'ouvrages de remplacement ou de renforcement au cas où un sous dimensionnement d'ouvrage quelconque est prouvé.

Le présent chapitre a pour objectif de dimensionner les ouvrages hydrauliques.

Pour atteindre cet objectif, nous allons procéder en quatre (03) étapes à savoir :

- Un diagnostic des ouvrages transversaux existants ;
- Une étude hydraulique ;
- Le dimensionnement structural.

4.1 Diagnostic des ouvrages transversaux existants

Lors de la visite de terrain, il a été identifié six ouvrages (dalots simples) qui ne sont que des ouvrages de décharge. Les différents ouvrages transversaux sont construits principalement en béton armé. La protection amont en perrés est relativement correcte. Le diagnostic fait de l'ouvrage lors des études hydrologiques et hydrauliques prévoit le prolongement de tous ces dalots avec des sections de 1,50×1,00.

Tableau 27 : Liste des dalots à dimensionner

N° Ouvrage	Profil	Nature	Dimensions	Proposition aménagement (marché)	Proposition aménagement (entreprise)
OH1	PK0+016,65	Dalot BA	1x1,00x1,00	1x1,50x1,00 Prolongement	2x1,00x1,00 Prolongement
OH2	PK3+716,44	Dalot BA	1x1,00x1,00	1x1,50x1,00 Prolongement	2x1,00x1,00 Prolongement
OH3	PK4+176,24	Dalot BA	1x1,00x1,00	1x1,50x1,00 Prolongement	2x1,00x1,00 Prolongement
OH4	PK5+017,23	Dalot BA	1x1,00x1,00	1x1,50x1,00 Prolongement	2x1,00x1,00 Prolongement
OH5	PK5+416,91	Dalot BA	1x1,00x1,00	1x1,50x1,0 Prolongement	2x1,00x1,00 Prolongement

OH6	PK5+883,95	Dalot BA	1x1,00x1,00	1x1,50x1,00 Prolongement	2x1,00x1,00 Prolongement
-----	------------	-------------	-------------	-----------------------------	-----------------------------

Le détail des images des dalots existants sur le tronçon se trouve en annexe VIII.

La totalité de ces ouvrages inspectés est en bon état du point de vue structural. Les calculs seront menés pour vérifier si la section des ouvrages transversaux projetée par le marché est suffisante pour évacuer le débit de projet.

4.2 Vérification hydraulique des ouvrages : Cas de l'ouvrage n°1 au PK0+016,65

L'étude hydraulique doit permettre de conclure si la section de l'ouvrage projetée est suffisante ; dans le cas contraire un changement des dimensions est nécessaire. Le calcul de la structure de l'ouvrage va permettre de déterminer les sections d'acier à utiliser pour que l'ouvrage puisse tenir. La vérification va concerner le dalot transitant le plus gros débit.

4.2.1 Mode de fonctionnement de l'ouvrage

L'ouvrage 1,50x1,00 à vérifier est un ouvrage à section rectangulaire sous chaussée. Pour ce type d'ouvrage deux (02) types de fonctionnement se présentent : La sortie noyée et la sortie libre. Pour notre cas, l'ouvrage fonctionne à sortie libre (dénoyée) c'est-à-dire que le niveau de l'eau à l'exutoire immédiat de l'ouvrage est en dessous de bord supérieur de l'ouvrage.

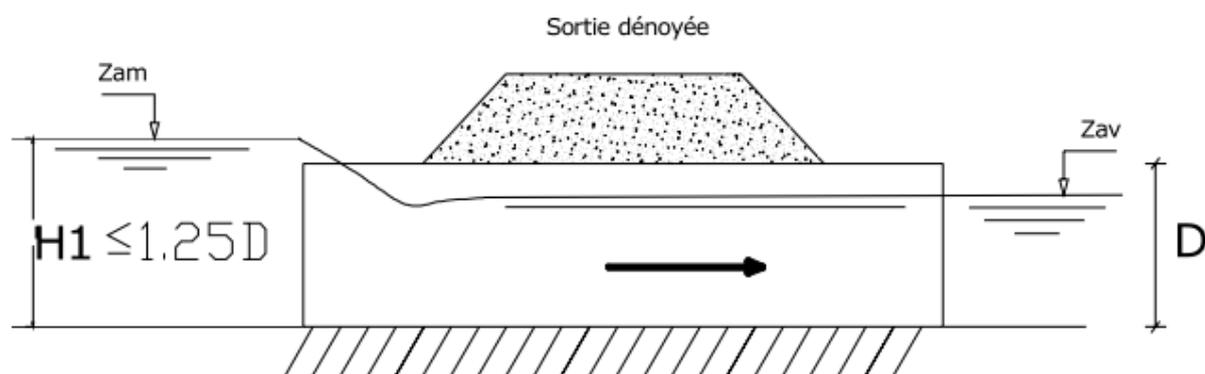


Figure 11 : Fonctionnement en sortie libre [7]

4.2.2 Résultats

Il s'agira de vérifier si la section $1,50 \times 1,00$ permet d'évacuer convenablement le débit de projet.

Le débit de projet de l'ouvrage est $Q_p = 3,399 \text{ m}^3/\text{s}$.

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

Coefficient de rugosité de Manning - Strickler $K_s = 67$ (pour le béton) [7]

Le tableau N°28 suivant représente le récapitulatif de la vérification hydraulique. Le détail de calcul est présenté à l'annexe VIII.

Tableau 28 : Récapitulatif de la vérification hydraulique

Désignation	Formules	Unités	Résultats
Débit de projet	Q_p	m^3/s	3,399
1-Pré dimensionnement de l'ouvrage			
Nombre de travée	N		1
Hauteur fictive	H		1,00
Largeur fictive	B		1,50
Section fictive	$A = H \times B$	m^2	1,5
Vitesse fictive	$V = Q/A$	m^2/s	2,26
2-Détermination de la profondeur d'eau en amont H_1			
Calculs des variables Q^* et H^*			
Q^*	$\frac{Q}{H \times B \times \sqrt{2 \times g \times H}}$	m^3/s	0,50
H_1^*	Par la lecture de l'abaque [7] de la figure 18 joint en annexe VII	m	1,15
H_1	$H_1^* \times H$	m	1,15
3-Détermination de la pente critique I_c			
Calculs de variables Q et I_c^*			

Q*	$\frac{Q}{\sqrt{g \times B^5}}$	m ³ /s	0,39
Ic*	De l'abaque [7] de la figure 19 des pentes critiques des dalots rectangulaires		3,25
Ic	$I_c^* \times \frac{g}{Ks^2 \times \sqrt{H}}$		0,005
4-Détermination de la vitesse réelle d'écoulement V			
Calculs des variables adimensionnelles Q* et V*			
Q*	$\frac{Q}{Ks \times \sqrt{I} \times \sqrt[3]{B^8}}$	m ³ /s	0,24
V*	De l'abaque [7] de la figure 20 des vitesses critiques des dalots rectangulaires	m/s	0,41
V	$V^* \times Ks \times \sqrt{Ic} \times \sqrt[3]{B^2}$	m/s	2,24

La vitesse réelle de l'écoulement étant égale à 2,24 m³/s est inférieure à 3 m³/s, alors le dimensionnement hydraulique est accepté, c'est-à-dire que les dimensions du dalot (largeur, hauteur) sont acceptables.

➤ Evaluation de la capacité réelle d'évacuation

La formule de Manning Strickler [7] est celle retenue pour le calcul :

$$Q_c = K_s \times S \times R_H^{2/3} \times \sqrt{I}$$

$$\text{Surface mouillée : } S = L \times H = 1,5 \times 1,3 = 1,95 \text{ m}^2$$

$$\text{Périmètre mouillé : } P = 2(L + H) = 2(1,5 + 1,3) = 5,6 \text{ m}$$

$$\text{Le rayon hydraulique : } R_h = \frac{\text{Surface mouillée}}{\text{Périmètre mouillé}} = \frac{1,95}{5,6} = 0,35 \text{ m}$$

$$\rightarrow Q_{\text{réel}} = 67 \times 1,95 \times 0,35^{2/3} \times \sqrt{0,005} = 4,588 \text{ m}^3/\text{s}$$

Conclusion : Les sections proposées par le marché ont une capacité d'évacuation suffisante. Les ouvrages existants peuvent ainsi être maintenus et prolongés sur un côté pour augmenter leur largeur. Ceci pourrait être une solution économique. Cependant, le remplacement des dalots existants par des dalots de section $2 \times 1,00 \times 1,00$ est l'option retenue par l'entreprise pour des raisons d'ordre pratiques et de maniabilité. Cet aménagement est acceptable étant donné que ces sections égales à 2 m^2 sont supérieures à celles du marché. Nous prendrons en compte pour la suite de notre étude les sections de dalots proposées par le marché ($1 \times 1,50 \times 1,00$).

4.3 Dimensionnement structural du dalot

À la lumière du diagnostic des ouvrages hydrauliques existants et de la vérification hydraulique qui ont permis de confirmer les sections, cette partie de l'étude a pour but de proposer le ferrailage utile. Nous allons dimensionner le dalot qui a été sujet à la vérification de section $1,50 \times 1,00 \text{ m}^2$. Étant donné que tous les dalots ont les mêmes sections, nous allons considérer pour les autres dalots, les mêmes sections d'armatures.

4.3.1 Méthode de calcul

De manière générale, les études seront faites par bande b d'un (01) mètre de dalot ($b = 1 \text{ m}$). Pour le calcul des sollicitations dans les éléments de structure du cadre simple, nous considérerons les différents cas de charges : sous actions permanentes d'une part, et sous surcharge d'exploitation d'autre part. Pour chaque cas de charge, il sera calculé :

- les moments fléchissants M aux appuis A, B, C, D ;
- les moments en mi-travée dans les éléments AB (piédroit gauche), BC (tablier), CD (piédroit droit), et AD (radier) ;
- les efforts normaux N dans les éléments AB (piédroit gauche), BC (tablier), CD (piédroit droit), et AD (radier).

Les valeurs de sollicitation du moment fléchissant M et de l'effort normal N seront déterminées à partir des formules provenant du livre « Formulaire des cadres simples » de KLEINLOGEL [11].

4.3.2 Résultats

La combinaison d'action [10] utilisée est :

✓ A l'ELS : $G + 1,2 Q$

Les résultats des sollicitations et des sections d'armatures sont consignés dans les tableaux suivants. Le détail des calculs est exposé à l'annexe XIV.

Tableau 29 : Sollicitations considérées pour le calcul des aciers

Partie de l'ouvrage	Sollicitation kN.m/ml et kN/ml		Combinaison à ELS
TABLIER (flexion simple)	Moment fléchissant	Appui	-18,59
		Travée	38,74
RADIER (flexion simple)	Moment fléchissant	Appui	-20,23
		Travée	28,28
PIEDROIT (flexion composée)	Moment fléchissant	Appui	-20,23
		Travée	-16,55
	Effort normal		185,39

Tableau 30 : Ferrailage du dalot type 150x150

RECAPITULATIF DES FERRAILLAGES		
Tablier	Inférieur	HA14 esp =15 cm
	Supérieur	HA8 esp =15 cm
	Appui	HA12 esp =15 cm
	Transversal	HA8 esp =20 cm
Radier	Inférieur	HA8 esp =15 cm
	Supérieur	HA12 esp =15 cm
	Appui	HA12 esp =15 cm
	Transversal	HA8 esp =20 cm
Piédroits	Intérieur	HA10 esp =15 cm
	Extérieur	HA8 esp =15 cm
	Transversal	HA8 esp =20 cm

Conclusion : Nous considérons les mêmes sections d'aciers pour les autres dalots. Le détail de calcul, les hypothèses de calcul ainsi que les plans de coffrage et de ferrailage du dalot type se

trouvent en annexe XIV.

Plan de ferrailage d'un dalot type 1,50x1,00

CHAPITRE V : NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL – BUDGET DU PROJET

La protection de l'environnement fait partie des préoccupations majeures de l'État burkinabé. Il dispose à cet effet, pour la gestion de l'environnement, des politiques et procédures stratégiques de même que des instruments juridiques et réglementaires en la matière. A ce jour plusieurs textes d'application du code de l'environnement ont été adoptés par l'Etat Burkinabé, et traitent à la fois des questions de prévention et de gestion des pollutions. En faisant allusion au décret n°2001-342/PRES/PM/MEE adopté le 17 juillet 2001, portant contenu, procédure et champ d'application de l'Etude d'Impact sur l'Environnement (EIE) et de la Notice d'Impact sur l'Environnement (NIE), le projet de construction/réhabilitation du tronçon RN1-dépôt de BINGO est assujetti à l'Etude d'Impact sur l'Environnement.

Il sera question dans ce chapitre d'identifier les effets négatifs et positifs que produiront le projet sur l'environnement mais aussi de proposer les mesures d'atténuations et de bonification pour pallier aux impacts négatifs.

5.1 Impacts positifs

Les actions suivantes traduisent les impacts positifs du projet aussi bien en phase de réalisation des travaux qu'en phase d'exploitation.

Tableau 31 : Synthèse des impacts positifs du projet

Phase	Impacts positifs
Préparation et construction	<ul style="list-style-type: none">• Emploi probable pour les populations et les PME locales/réduction de la pauvreté ;• Intensification des activités économiques et commerciales autour des chantiers ;• Opportunités d'affaires et d'emplois temporaires, dynamisation du petit commerce et augmentation des revenus ;• Augmentation des revenus locatifs des villages riverains.

Exploitation	<ul style="list-style-type: none">• Amélioration de la mobilité entre les deux rives dans la zone du projet ;• Facilitation de l'évacuation des productions locales ;• Amélioration des conditions de vie ;• Désenclavement de la zone et le développement d'activités socio-économiques ;• Amélioration des conditions de transport et réduction des couts d'entretien des véhicules, des couts de transport ;• Meilleur accès aux services et équipements sociaux de base ;• Amélioration de l'accès aux services administratifs.
--------------	---

Il apparaît ainsi que le projet va fortement contribuer à la réduction de la pauvreté, à l'amélioration du cadre et des conditions de vie de la population. Cependant ces impacts positifs nécessitent d'être renforcés ou « bonifiés », notamment par des mesures de développement local, pour une meilleure appropriation du projet par les communautés riveraines.

5.2 Impacts négatifs

Parmi les impacts négatifs significatifs spécifiques, nous pouvons noter ceux sur le milieu biophysique et humain en phase de préparation et d'exécution des travaux.

✚ Impacts sur le milieu physique

- Impact sur la qualité de l'air dû à la poussière du terrassement et les émissions gazeuses des véhicules.
- Impacts sur le sol (compactage, érosion et perte de la fertilité des sols) : Les sols mis à nus pourront être sérieusement affectés par l'érosion superficielle.
- Risque de pollution physique et chimique des eaux et des sols : Les hydrocarbures et les huiles de vidange peuvent être déversés sur le sol et susceptibles d'être transportés vers les couches profondes du sol.
- Impacts sur la quantité et la qualité des ressources en eau : L'utilisation abusive du barrage aura un effet direct sur leur régime.
- Impacts sur l'ambiance sonore : Les nuisances sonores provenant des véhicules et engins affecteront le personnel de chantier et les populations riveraines.
- Impact sur la flore : L'exploitation des zones d'emprunt et carrières entrainera la destruction du couvert végétal.

Impacts du projet sur le milieu humain

- Des risques sanitaires liés à la prolifération d'infections sexuellement transmissibles (IST) et du VIH/SIDA.
- Des risques de maladies respiratoires et oculaires liés à la pollution de l'air.
- La dépravation des mœurs.
- Risques d'accidents sur le chantier et de conflits entre autochtones et ouvriers.

⇒ **En phase d'exploitation de la route**

- Pollution de l'air par les gaz et particules provenant de la circulation routière ;
- Accidents avec l'accroissement des véhicules : Avec la présence de la route, il est à craindre les excès de vitesses, les stationnements anarchiques le long de la route aménagée, la prolifération anarchique d'infrastructures aux abords de la route qui constitueront des risques potentiels d'accidents.

5.3 Mesures d'atténuation et de bonification

5.3.1 Les mesures d'atténuation

En phase de préparation et d'exécution des travaux

Pour minimiser les dommages prévisionnels du projet sur l'environnement, nous préconisons un certain nombre de mesures correctives et préventives qui seront nécessaires pour donner au projet sa raison d'être et d'atteindre ses objectifs de développement socio-économique et environnemental.

Milieu physique

- Mesures de réduction des poussières : L'arrosage des déviations et toutes les voies d'accès dans les agglomérations doit être quotidienne afin de limiter la propagation des poussières.
- Mesure d'atténuation de l'impact sur la quantité des eaux : Compte tenu de la rareté des ressources en eaux superficielles dans la zone du projet en saison sèche, il a été recommandé de prévoir des forages pour les besoins en eau des travaux pour minimiser les conflits d'usage.
- Mesures de réduction de l'impact sur la flore : Pour atténuer les effets des sites d'extraction sur le paysage, il convient de décaper progressivement le site selon

l'avancement de l'exploitation, limiter et orienter l'exploitation et aménager les abords des carrières (entrée du site, route d'accès).

Milieu humain

Sensibilisation à la sécurité routière et la protection de l'environnement : De préférence un mois avant le début des travaux, pendant toute la période de construction et un mois après la fin des travaux de construction, l'entrepreneur sensibilisera les populations riveraines, les employés et les usagers de la route sur :

- La sécurité routière et la protection du patrimoine routier ;
- La protection de l'environnement notamment en abordant des thèmes sur la lutte contre la déforestation, l'entretien des arbres plantés, la lutte contre les feux de brousse.

Mesures de prévention sur la santé, la sécurité et l'hygiène (SSH) : En vue de garantir la sécurité de ses ouvriers, de la population riveraine et des usagers de la route, l'entreprise est tenue de soumettre un plan de SSH pour prendre toutes les précautions utiles pour prévenir tout risque d'accident : accidents de la route, incendies, explosions, mauvaise manipulation des équipements du chantier. Elle sensibilisera les populations riveraines, les employés sur les problèmes de santé tels que les IST/VIH-SIDA, paludisme.

Favoriser l'embauche de la population locale : Les ouvriers non qualifiés seront recrutés au sein de la population locale afin de constituer une source de revenus pour la localité.

En phase d'exploitation

Mesures relatives à la sécurité routière : Un soin particulier est donné à l'aménagement des traversées des villages qui constituent des points dangereux aussi bien pour les usagers de la route que pour les riverains (signalisation, ralentisseurs physiques).

5.3.2 Les mesures de bonification

Pour renforcer les impacts positifs, l'entreprise et ses sous-traitants devront :

- Doter en médicaments le CSPS de Tanghin-Dassouri ;
- Aménager (reprofilier) 8 km de pistes d'accès à la bretelle ;
- Motiver l'embauche des femmes et des jeunes de la population locale ;

5.4 Estimation du cout du projet

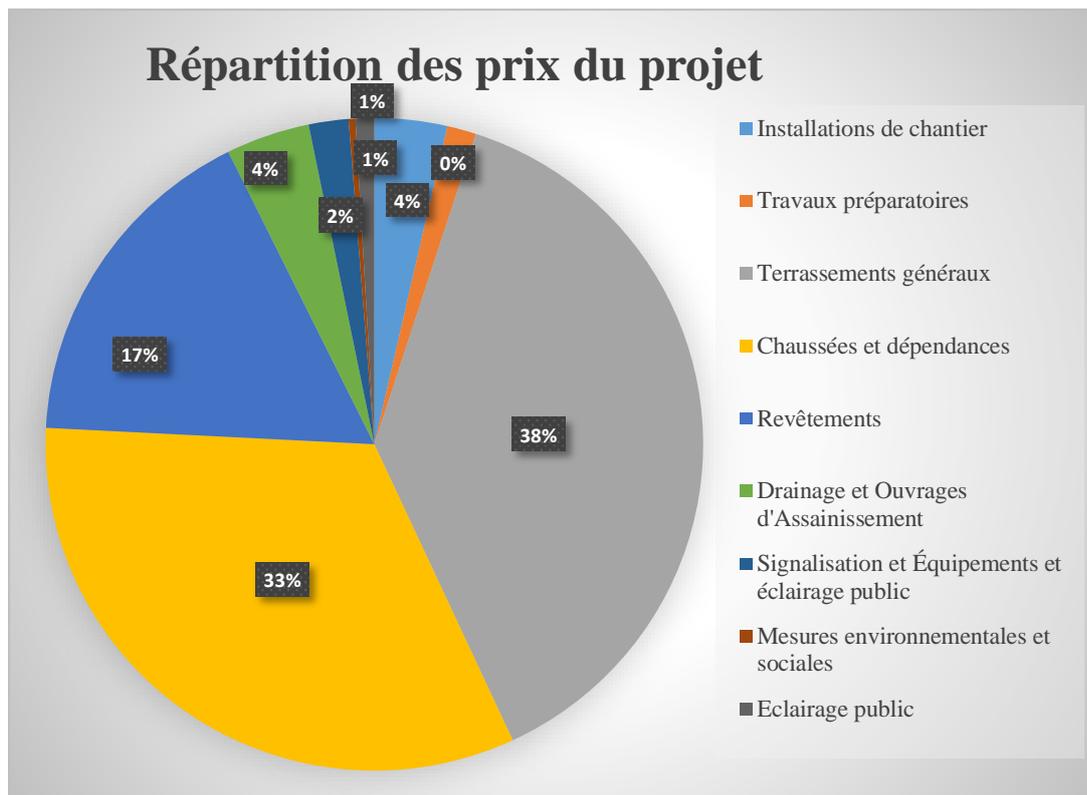
Le coût des aménagements est récapitulé dans le tableau N°32 ci-dessous.

Tableau 32 : Récapitulatif de l'estimation financière du projet

N° Prix	DESIGNATION	PRIX
100	INSTALLATION DE CHANTIER	337 040 322
200	TRAVAUX PREPARATOIRES	135 135 004
300	TERRASSEMENTS GENERAUX	504 038 440
400	CHAUSSEES ET DEPENDANCES	3 086 666 377
500	REVETEMENTS	1 591 367 439
600	DRAINAGES ET OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT	388 638 749
700	SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS	97 761 595
800	MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES	31 203 500
900	ECLAIRAGE PUBLIC	86 604 442
MONTANT HORS TVA (FCFA)		6 258 455 868
MONTANT TVA 18%(FCFA)		1 126 522 056
MONTANT TOTAL EN FCFA TTC (FCFA)		7 384 977 924

Arrêté le présent devis à la somme de sept milliards trois cent quatre-vingt-dix-huit millions sept cent soixante-quatre mille neuf cent quatre-vingt-trois (7 398 764 983) de francs CFA réparti comme suit :

- Le revêtement représente 17%
- Les terrassements 38 %
- Les chaussées et dépendances 33%
- Les ouvrages d'assainissements 4%



5.5 Suivi de la mise en œuvre

Dans ce chapitre, il est question de décrire le processus de mise en œuvre de l'ensemble des travaux. Cette description concerne :

- ✓ Les travaux de terrassement ;
- ✓ L'exécution des enrobés ;
- ✓ L'exécution des ouvrages d'assainissement.

Voir annexe X pour le détail du processus de mise en œuvre.

CONCLUSION – PERSPECTIVES

La présente étude effectuée dans le cadre du projet des travaux de réhabilitation/construction de routes, d'ouvrages d'art au profit de la SONABHY avait pour objectifs d'établir un diagnostic de la route et de proposer une nouvelle structure de chaussée capable de résister au trafic pendant sa durée de vie. En outre un aménagement répondant aux normes de conception géométrique a été proposé. D'autres aménagements indispensables pour des raisons de sécurité des usagers ont été également étudiés et pris en compte. Les résultats obtenus à l'issue de notre étude sont les suivants :

Par rapport à l'étude géotechnique, au trafic et à la durée de vie une variante a été retenue dans le CCTP [4] : une structure de chaussée constituée de 20 cm de grave latéritiques naturel (CBR>30), 22 cm de grave latéritiques naturel (CBR>45), 16 cm de grave latéritiques traité au ciment en couches de fondation, 12 cm de grave bitume comme couche de base et 5 cm de béton bitumineux en couche de revêtement. Nous avons toutefois proposé une structure en béton vu les inconvénients que présentaient cette structure bitumineuse par rapport à l'exploitation de la route.

En ce qui concerne l'étude hydrologique, six (06) bassins versants ont été délimités et les débits de crues décennaux ont été déterminés. La vérification hydraulique a confirmé les sections projetées du marché des six ouvrages existants. Nous avons ainsi pour le projet, six dalots de 1x1,50x1,00 tandis que l'entreprise a des sections de 2x1,00x1,00. Cette différence s'explique par l'approche de l'entreprise du point de vue de la facilité de la mise en œuvre.

Le volet socio-environnemental a amené à considérer les impacts positifs et négatifs des travaux et de proposer des mesures d'atténuations.

L'ensemble des études nous a permis d'avoir une idée des quantités des différents matériaux et matériels entrant dans la réalisation du projet. Ces quantités nous ont permis de faire l'évaluation financière de notre route. Cette évaluation révèle un budget de **7 384 977 924 FCFA** pour la réalisation du projet. La réalisation des dalots de sections 1x1,50x1,00 aurait été une solution plus économique car ce budget est inférieur à celui de l'entreprise.

Le suivi de la mise en œuvre de l'ensemble des travaux nous a permis de décrire dans le dernier volet de notre travail les différentes étapes de réalisation.

A la lumière de cette étude, les recommandations suivantes sont nécessaires pour un développement durable des infrastructures routières :

 A l'endroit de la SONABHY

Etant donné que les hydrocarbures entraînent la dégradation précoce du revêtement, il serait judicieux d'organiser une séance de sensibilisation des transporteurs à la fin des travaux.

Cette séance devra donner des conseils à ceux qui doivent s'arrêter en cours de route à cause de pannes diverses. Des réflexes simples à développer comme :

- Stationner sur le bas-côté pour éviter que l'huile ou le gasoil ne coule sur la chaussée ;
- Mettre un récipient pour recueillir ces fuites dans le cas où le véhicule ne peut pas bouger ;
- Répandre une bonne couche de terre sous le véhicule pour absorber l'huile ou le gasoil en l'absence de récipient.

Veiller au respect du service d'entretien de la route.

 A l'endroit des bureaux de contrôle

Veiller à ce que les travaux soient réalisés conformément à la règle de l'art et tout en ayant en permanence un contrôleur à pied d'œuvre lors du déroulement des travaux sur le chantier.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages et articles

- ✚ [1], ACE Ingénieurs Conseils (Août 2017), *Rapport de synthèse Avant-projet détaillé (APD)*, 65p.
- ✚ [2], ACIT Géotechnique (Août 2018), *Revue géotechnique*, 24p.
- ✚ [3], CEBTP (1980), *Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux*, Ministère de la coopération, 155p.
- ✚ [4], DGIR – ACE Ingénieurs Conseils, *Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP)*, 147p.
- ✚ [5], Service d'études techniques des routes et autoroutes (1994), *Aménagement des Routes Principales*, 117p.
- ✚ [6], CEBTP – LCPC (1985), *Manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux*, Ministère des Relations extérieures – Coopération et Développement, 135p.
- ✚ [7], Angelbert Chabi BIAOU (2011), *Polycopié de cours d'hydraulique routière*, 85p.
- ✚ [8], SETRA (29 décembre 1971), « Titre II : programmes des charges et épreuves des ponts routes », *Fascicule : conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art, n°61*, 16p.
- ✚ [9], LCPC – SETRA (décembre 1994), *Guide technique conception et dimensionnement des structures de chaussée*, 260p.
- ✚ [10], Adamah MESSAN (2013), *Polycopié de cours de béton armé*, 64p
- ✚ [11], Adolf KLEINLOGEL (1969), *Formulaire des cadres simples*, 483p.
- ✚ [12], Issoufou TAMBOURA (2014), *Polycopié de cours routes*, 172p
- ✚ [13], Adamah MESSAN (2014), *Polycopié de cours d'hydraulique routière partie 2 : ouvrage d'art conception et dimensionnement des petits ouvrages de franchissement routier*, 36p
- ✚ [14], Jean-Pierre MOUGIN (2000), *Béton Armé aux États Limites 91 modifié 99 et DTU associés*, 2^e éd., Eyrolles, 283p.

Site internet

- ✚ [i] GT diagnostic conception renforcement chaussées [PDF], http://www.aapaq.org/q/2012st/doc/REF/F03_GT_diagnostic_conception_renforcement_chaussees_-JFC.pdf, consulté le 15/04/2019

- ✚ [ii] Bitume [en ligne], <https://fr.wikipedia.org/wiki/Bitume> , consulté le 05/05/2019

- ✚ [iii] Route en béton [PDF], https://www.febelcem.be/fileadmin/user_upload/autres-publications/fr/Route_en_beton_-_resume.pdf , consulté le 05/05/2019

ANNEXES

ANNEXE II : TABLEAU DES RESULTATS DES ESSAIS GEOTECHNIQUES

2.3.2.1 Matériaux de la chaussée [2]

RECAPITULATIF DES RESULTATS D'IDENTIFICATION DES MATERIAUX DE SONDAGES DE LA CHAUSSE

Couche	Sondages	Epaisseur (cm)	PK ou Profil	Nature du matériau	Granulométrie		Limite d'ATTERBERG		Proctor modifié		Immersion CBR 96H		
	N°				2,0	0,08	LL	IP	γ_d	w%	90%	95%	98%
Couches de Base + Fondation	1	0,025 à 0,50	0+100D	GLA	33,0	19,0	27,7	13,3	2,180	6,6	7	30	47
	2	0,025 à 0,43	0+600G	GLA	26,5	4,5	23,4	12,3	2,240	5,9	13	44	61
	3	0,025 à 0,38	1+100D	GLA	30,0	17,0	23,7	12,4	2,230	7,3	16	56	76
	4	0,025 à 0,53	1+600G	GLA	33,5	21,5	23,7	11,9	2,200	5,5	14	40	64
	5	0,025 à 0,25	2+100D	GLA	42,5	24,5	24,8	12,1	2,150	8,0	11	28	40
	6	0,025 à 0,29	2+100G	GLA	30,5	17,0	22,7	11,6	2,200	6,4	15	52	70
	7	0,025 à 0,31	3+100D	GLA	31,5	19,0	21,0	10,2	2,240	6,3	12	34	56
	8	0,025 à 0,30	3+600G	GLA	28,5	15,5	23,1	11,5	2,180	6,2	12	36	52
	9	0,025 à 0,30	4+100D	GLA	33,0	19,5	21,5	10,3	2,210	6,4	7	48	62
	10	0,24 à 0,45	4+600G	GLA	35,5	21,5	26,9	14,2	2,120	8,2	20	41	70
	11	0,28 à 0,75	5+100D	GLA	38,5	23,0	26,1	13,5	2,200	6,3	5	22	45
	12	0,025 à 0,37	5+600G	GLA	19,6	12,5	24,8	12,6	2,165	7,2	7	26	37
	13	0,025 à 0,28	6+100D	GLA	28,1	17,5	20,3	9,04	2,160	6,5	9	27	37
	14	0,02 à 0,37	6+600G	GLA	38,8	21,1	34,9	17,30	2,070	9,8	7	17	34

RECAPITULATIF DES RESULTATS D'IDENTIFICATION DES MATERIAUX DE SONDAGES DE LA CHAUSSE

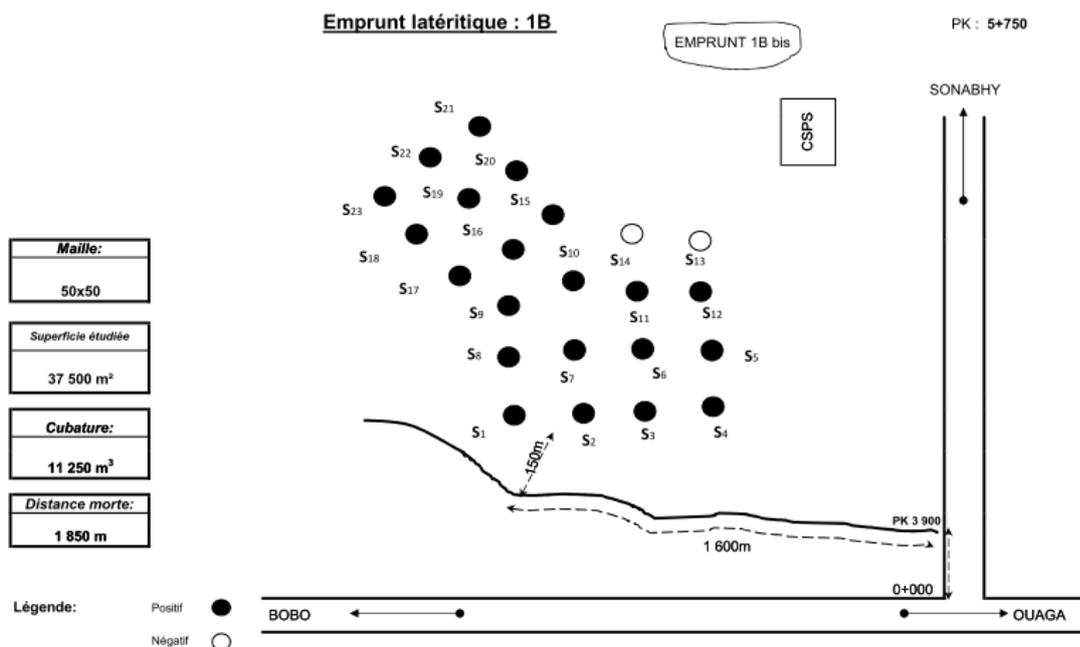
Couche	Sondages	Epaisseur (cm)	PK ou Profil	Nature du matériau	Granulométrie		Limite d'ATTERBERG		Proctor modifié		Immersion CBR 96H		
	N°				2,0	0,08	LL	IP	γ_d	w%	90%	95%	98%
Couche de forme	1	-	0+100D	GAL	58	31	27,5	14,4	2,05	9	5	12	17
	2	0,43 à 0,58	0+600G	Argile blanchâtre peu graveleux	72,5	51,5	42,6	22,2	1,88	12	4	9	13
	3	0,38 à 0,49	1+100D	Argile latéritique graveleux	60	37	36,3	18,2	2,015	9,2	4	8	22
	4	-	1+600G	Argile latéritique graveleux	59,5	33	34,6	17,8	2,04	8,2	9	19	23
	5	0,025 à 0,52	2+100D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	0,029 à 0,38	2+100G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	0,31 à 0,47	3+100D	Limon argileux peu graveleux	73,5	55	46,6	24,3	1,85	13,4	1	8	9
	8	0,30 à 0,52	3+600G	GAL	54,5	37,5	43	15,2	1,84	13	16	51	71
	9	0,30 à 0,66	4+100D	GAL	65,5	40,5	37,3	19,5	1,85	13,5	10	20	33
	10	0,24 à 0,45	4+600G	GAL	56	31,5	34,7	11,6	1,97	11	6	12	19
	10	0,45 à 0,71	4+600G	GAL	55,5	29,5	30,9	16,6	1,91	11,5	4	14	23
	11	0,28 à 0,75	5+100D	GAL	74,5	51	44,9	23,3	1,81	14,2	2	7	9
12	-	5+600G	GLA	39	15,3	36,3	18,7	1,93	11,4	11	32	48	

ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION/REHABILITATION DE ROUTE, D'OUVRAGES D'ART DE LA BRETELLE RNI-DEPOT D'HYDROCARBURES DE BINGO

13	0,028 à 0,37	6+100D	Argile latéritique	68,1	41,7	40	20,4	1,89	12,6	7	14	22
13	0,37 à 0,60	6+100D	Argile latéritique	57,5	31,5	35,8	18,6	1,91	10,9	4	9	14
14	0,37 à 0,60	6+600G	GLA	46,9	26,9	36	18,6	2,01	9,6	8	21	31

2.3.2.2 PLANS D'ACCES, TABLEAU DES RESULTATS DES ESSAIS GEOTECHNIQUES DES MATERIAUX D'EMPRUNT [2]

✚ Emprunt 1B



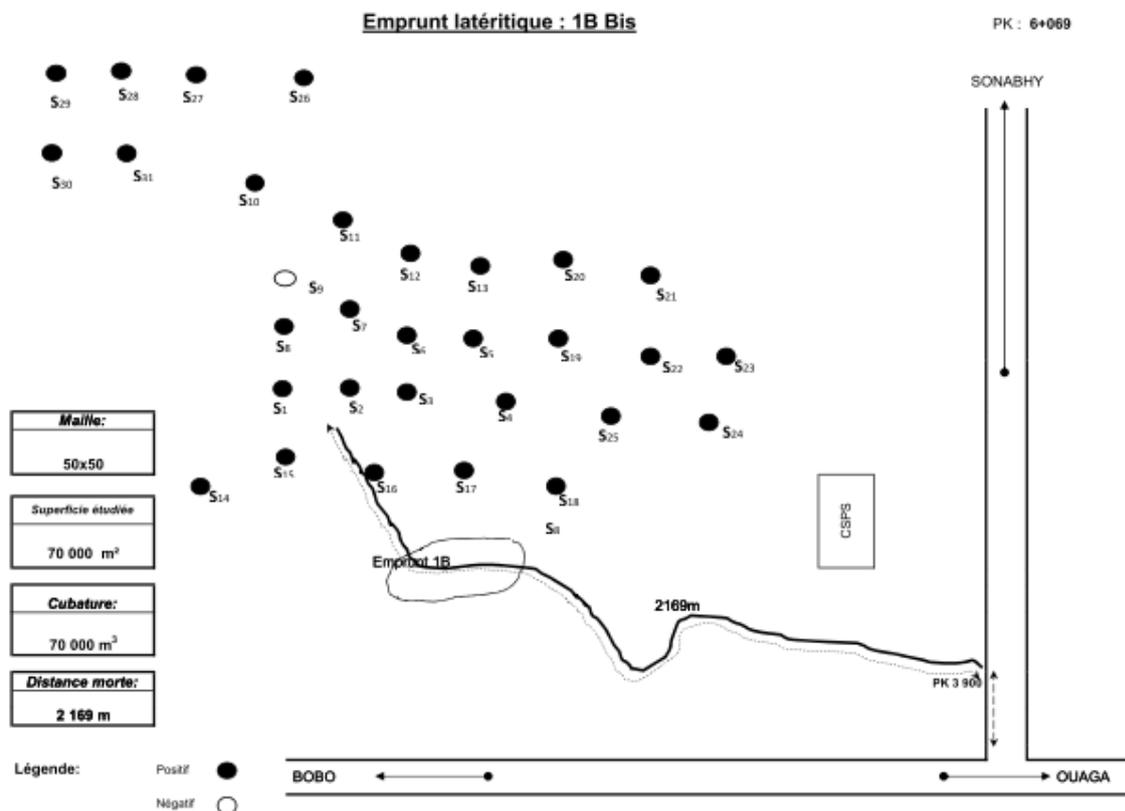
Suivi qualité tas gerbés

Emprunt N°...1B Côté.....

N° tas	Limite d'atterberg		Granulométrie		Référence Proctor		CBR			Quantité (m3)	Destination
	LL	IP	< 2 mm	% fines	Densité sèche	Teneur en eau	90%	95%	98%		
1	32,0	15,4	16,0	6,5	2,30	9,1	57	70	140	1192	Sol-ciment
2	29,7	14,6	22,0	11,5	2,36	7,4	30	170	224	1188	Sol-ciment
3	33,8	16,4	16,5	8,0	2,24	8,6	38	95	137	2061	Sol-ciment
4	32,7	15,8	21,0	15,0	2,22	7,3	30	65	88	2525	Sol-ciment
5	36,4	17,2	30,0	11,0	2,20	9,6	25	97	112	1817	Sol-ciment
6	33,6	16,4	27,5	9,5	2,20	10,0	40	95	135	3080	Sol-ciment
7	35,5	17,2	23,0	9,0	2,22	8,6	16	96	105	1602	Sol-ciment
8	33,7	16,9	26,0	12,0	2,18	8,0	35	41	80	1385	
9	36,7	18,8	16,0	5,5	2,21	8,3	27	80	125	1823	Sol-ciment
10	33,8	17,1	15,5	7,0	2,24	9,0	50	90	130	3005	Sol-ciment
11	34,8	17,7	12,0	4,5	2,25	8,3	58	95	140	1867	Sol-ciment
12	31,7	15,5	30,0	21,0	2,19	8,0	23	38	70	1289	
13	36,5	18,6	27,0	12,0	2,215	8,6	30	82	130	1352	Sol-ciment
14	34,7	17,0	25,5	10,0	2,200	7,6	19	55	93	2525	Sol-ciment
15	31,6	15,1	32,0	16,0	2,180	8,0	9	93	145	2722	Sol-ciment
16	34,8	17,7	19,0	8,0	2,240	9,0	39	80	125	1115	

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION/REHABILITATION DE ROUTE,
D'OUVRAGES D'ART DE LA BRETELLE RN1-DEPOT D'HYDROCARBURES DE BINGO**

✚ Emprunt 1B BIS



Emprunt N°...1B BIS..... Côté.....											
N° tas	Limite		Granulométrie		Référence Proctor		CBR			Quantité Gerbé (m3)	Destination
	LL	IP	< 2 mm	% fines	Densité sèche	Teneur en eau	90%	95%	98%		
1	33,0	17,2	25,0	15,5	2,12	7,9	12	60	116	600	Sol-ciment
2	32,3	16,7	21,0	14,5	2,13	7,5	10	48	72	550	Sol-ciment
3	39,0	20,7	31,0	23,0	2,08	8,0	12	24	38	1 100	Forme
4	31,9	15,8	34,0	12,0	2,08	8,5	20	34	64	700	Fondation
5	37,9	19,5	41,0	24,5	2,00	11,0	10	22	36	1 000	Forme
6	38,9	20,3	29,0	12,0	2,05	9,2	11	31	58	700	Fondation
7	31,7	15,3	25,0	13,0	2,10	8,3	16	52	80	1 500	Sol-ciment
8	38,9	19,5	31,0	13,0	2,06	9,0	19	32	52	450	Fondation
9	35,8	17,7	31,5	20,0	2,09	8,4	9	24	44	800	Forme
10	37,6	18,4	17,5	10,0	2,11	8,5	12	30	52	750	Forme
11	37,1	18,2	24,0	12,5	2,10	8,4	18	47	78	1 300	Sol-ciment
12	36,0	18,4	25,0	13,0	2,14	9,2	15	45	92	550	Sol-ciment
13	39,3	20,5	34,0	24,0	2,02	10,4	7	21	34	1 800	Forme
14	34,8	17,2	26,0	14,0	2,14	8,2	10	28	44	550	Forme
15	38,1	19,6	36,0	17,0	2,00	10,6	8	26	50		Forme
15	35,8	17,6			2,13	11,0	27	60	100	1 550	Sol-ciment
16	41,5	21,8	36,0	21,0	2,03	10,0	19	41	57	1 550	Fondation
17	35,8	17,8	27,0	17,0	2,01	8,6	123	23	44	600	Forme
18	38,7	20,2	32,0	17,0	2,06	8,8	14	46	90	1 000	Sol-ciment
19	38,6	18,3	17,0	10,5	2,16	8,0	12	42	62	850	Fondation
20	39,2	20,8	31,0	18,0	1,97	10,2	5	15	23	1 100	Remblai

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION/REHABILITATION DE ROUTE,
D'OUVRAGES D'ART DE LA BRETELLE RNI-DEPOT D'HYDROCARBURES DE BINGO**

N° tas	Limite d'atterberg		Granulométrie		Référence Proctor		CBR			Quantité Gerbé (m3)	Destination
	LL	IP	< 2 mm	% fines	Densité sèche	Teneur en eau	90%	95%	98%		
21	38,0	19,8	35,0	18,0	1,93	9,7	6	28	48	950	Forme
21	34,8	17,6			2,08	9,8	20	36	85		
22	35,8	17,4	27,0	14,0	2,03	8,8	11	35	53	900	Fondation
23	38,1	19,3	30,0	17,5	2,00	9,4	7	23	44		Forme
23	33,4	15,9			2,15	9,5	28	65	108	1 634	Sol-ciment
24	39,8	20,3	30,5	17,0	1,98	9,4	8	25	42	1 215	Forme
25	35,5	17,9	30,0	17,0	2,05	9,2	6	15	32	700	Remblai
26	39,2	20,6	34,0	16,0	1,99	11,0	7	19	40	1 694	Forme
27	39,1	20,4	32,0	17,0	1,96	11,4	9	22	44		Forme
27	35,4	17,2			2,13	10,0	40	86	103	1 688	Sol-ciment
28	36,5	18,6	24,5	11,0	1,99	10,6	6	19	36	750	Forme
29	40,4	21,9	25,0	12,0	2,00	10,8	9	35	58	382	Forme
30	41,0	21,9	18,0	6,0	2,03	10,7	5	27	48		Forme
30	36,7	18,9	31,0	8,5	2,15	9,8	16	55	87	1 772	Sol-ciment
31	42,1	22,4	17,5	9,0	2,00	10,5	9	24	35	1 405	Forme
32	41,8	21,7	15,5	6,5	2,06	9,7	19	42	84	1 943	Fondation
33	43,0	22,7	15,5	6,5	2,065	9,4	11	34	76		Forme
33	40,6	20,8	23,5	6,0	2,130	8,5	27	85	135	1 365	Sol-ciment
34	40,8	21,2	17,5	10,5	2,10	8,8	12	34	64	2 105	Fondation
34	38,8	20,1	33,0	14,5	2,18	8,5	11	52	90	2 105	Sol-ciment
35	40,6	21,9	32,5	14,0	2,03	10,5	5	24	40	1 007	Forme
36	48,3	25,6	36,0	22,0	1,98	10,4	6	17	32	900	Forme
37	42,8	22,3	28,0	13,0	2,05	9,8	11	23	40	1 854	Forme
38	43,3	22,5	15,0	6,0	2,07	9,0	7	28	48	1 682	Forme
39	40,5	21,3	20,0	11,0	2,075	9,0	11	28	48	2 289	Forme
40	43,9	23,4	22,5	9,0	2,00	10,6	11	29	46	1 423	Forme
41	43,5	22,5	26,0	11,0	1,98	11,6	11	24	38		Forme
41	42,7	21,7	27,0	13,0	2,05	11,6	5	30	54	4 189	Fondation
42	44,7	23,0	21,5	10,0	2,01	9,8	6	26	40	1 756	Forme
43	46,3	24,8	19,0	9,0	2,00	10,6	5	16	27	1 000	Forme
44	44,4	22,9	24,0	13,0	1,97	10,8	4	20	27	1 651	Forme
45	44,0	22,9	15,5	6,5	2,13	8,8	17	31	48	2 444	Fondation
45	37,8	18,5	27,5	7,0	2,15	9,0	15	45	117		Fondation
46	32,9	15,7	28,5	17,0	2,05	10,0	14	32	52	1 722	Fondation
46	39,7	20,6	33,0	14,0	2,09	9,0	4	30	50		
47	26,8	13,7	38,0	18,5	2,01	10,0	6	17	27	1 414	Forme
48	30,6	15,4	21,0	8,5	2,00	11,5	10	18	22	1 639	Forme
49	45,5	23,6	21,0	8,5	2,13	8,7	28	50	70	1 720	Fondation
50	47,5	23,8	21,5	12,0	2,16	7,7	15	32	68		Forme
50			29,0	11,0	2,09	11,5	22	51	67	2 498	Sol-ciment
51	41,8	21,2	21,0	8,0	2,06	9,1	11	40	60	1 501	Fondation
52	35,6	18,0	30,8	19,2	2,12	8,2	19	33	60	405	Fondation
53	49,5	25,4	19,5	8,5	2,07	10,7	9	30	52		Forme
53			22,0	8,0	2,15	10,4	25	60	75	2 100	Sol-ciment
54	48,0	24,8	25,9	10,7	2,00	9,2	10	24	42	1 696	Forme
54					2,11	12,0	20	27	60		
55	44,1	22,5	21,5	7,7	2,00	10,6	16	27	45	900	Forme
56	44,6	22,4	18,3	5,5	2,02	7,6	28	43	55	1 199	Fondation
57	48,4	24,4	26,0	7,0	1,975	11,3	21	45	64	1 839	Fondation
58	46,8	23,6	21,5	6,5	1,955	11,8	12	26	39		Forme
58	36,6	18,8	27,0	7,0	2,045	11,2	15	65	90	1 087	Sol-ciment
59	36,7	18,8	35,5	18,9	2,03	9,8	6	17	34	900	Forme
60	42,5	21,5	37,0	21,0	2,025	10,2	24	36	60		Fondation
60					2,140	9,0	25	69	110	2 102	Sol-ciment
61			27,0	16,0	1,98	11,1	17	32	40	1 530	
62	41,6	21,3	23,0	10,5	2,025	9,0	12	34	52	2 039	Fondation
63	34,4	18,2	42,0	23,0	2,00	8,8	38	53	70	1 621	Fondation
64	34,8	17,6	31,1	12,2	2,005	9,0	16	43	74	1 017	Fondation
65	38,1	19,6	22,2	11,7	2,035	9,1	12	57	74	1 071	Fondation
66	43,7	22,6	24,2	11,4	2,035	9,1	32	80	100	1 409	Fondation
67	35,9	17,4	17,7	8,6	2,09	7,9		42	57	790	Fondation
68	38,5	19,6	16,5	8,0	2,03	8,2	32	80	100	1 299	Sol-ciment
69	38,2	19,8	18,3	4,1	2,03	8,9	25	58	84	1 835	Fondation
70	41,9	21,6	24,8	11,0	2,04	9,0	15	42	63	1 961	Fondation

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION/REHABILITATION DE ROUTE,
D'OUVRAGES D'ART DE LA BRETELLE RN1-DEPOT D'HYDROCARBURES DE BINGO**

N° tas	Limite d'atterberg		Granulométrie		Référence Proctor		CBR			Quantité Gerbé (m3)	Destination
	LL	IP	< 2 mm	% fines	Densité sèche	Teneur en eau	90%	95%	98%		
71	46,5	23,5	22,0	14,9	1,99	8,0	8	25	40	499	Forme
72	49,4	25,2	28,5	20,4	1,945	10,0	20	41	54	1 162	Forme
73	49,8	24,7	23,4	15,3	1,92	9,9	12	38	44	997	Forme
74	33,1	16,9	17,2	11,5	2,175	7,7	24	50	84	1 013	Fondation
75	34,6	17,8	11,5	6,0	2,165	8,2	18	34	54	1 163	Fondation
76	33,9	17,1	17,0	7,5	2,195	8,2	16	40	61	1 160	Fondation
77	35,8	18,6	11,0	5,0	2,170	8,9	23	43	66	1 070	Fondation
78	34,8	17,7	17,0	7,5	2,140	8,1	18	38	61	1 158	Fondation
79	36,8	17,4	8,5	3,0	2,26	7,6	44	92	110	1 112	sol ciment
80	35,1	17,2	17,0	6,5	2,18	8,3	50	84	108	1 729	sol ciment
81	35,7	17,4	21,5	11,0	2,20	7,6	23	93	135	1 143	sol ciment
82	33,6	16,4	24,5	8,0	2,21	8,0	26	115	134	465	sol ciment

ANNEXE III : ETUDE DU TRAFIC

2.4.1 Les données du trafic

Pour l'estimation du trafic de dimensionnement, il a été considéré l'étude de trafic de l'APD [1] et de la campagne de « comptage de trafic du Consultant ». Les résultats de ce comptage nous donnent un trafic de **244 PL/J** en 2018 avec un taux d'accroissement annuel i de 4%.

Le DAO [4] nous donne les données suivantes :

- Durée de vie $n=20$ ans ;
- Année de mise en service 2020.

Le trafic T_0

Il est évalué en considérant une croissance exponentielle du trafic. Pour ce faire nous actualiserons le trafic moyen journalier de la première année de comptage 2018 à 2020, année de mise en service de la route. Ainsi,

- $T_0 = T_{PL} (1 + i)^{n'}$ où :
- n' = intervalle de temps entre l'année de comptage et l'année de mise en service.
- T_0 = Trafic à l'année de mise en service de la route des véhicules poids lourd
- $n' = 2020 - 2018 = 2$ ans
- $T_0 = 244 \times (1 + 0,04)^2 = 264 \text{ PL/jr}$

On détermine le trafic cumulé de poids lourds à partir de la formule suivante :

$$T_c = 365 \times T_0 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times r$$

Avec :

T_0 : Trafic moyen journalier des poids lourds de l'année de mise en service

i : Taux d'accroissement annuel du trafic poids lourds pris égale à 4%

n : Durée de vie du projet prise égale à 20ans

r : coefficient traduisant la répartition transversale des PL

Tableau 33 : Valeurs de r en fonction de la typologie de la route [9]

Typologie de la route	Valeur de r
Routes bidirectionnelles de largeur ≥ 6 m	1
Routes bidirectionnelles de largeur de 5 à 6 m	1,5
Routes bidirectionnelles de largeur ≤ 5 m	2
Routes unidirectionnelles	1
Routes à 2 x 2 voies	0,9
Routes à 2 x 3 voies	0,8

$$T_c = 365 \times 264 \times \frac{(1 + 0,04)^{20} - 1}{0,04} \times 0,9 = 2582474$$

$$T_c = 2,582.10^6 PL$$

Les différentes classes de trafic exprimées par le guide pratique de dimensionnement des chaussées en pays tropicaux peuvent être déterminées selon le trafic cumulé de poids lourds.

Tableau 34 : Classe de trafic (source : guide de dimensionnement CEBTP, 1984) [3]

Classes de Trafic	Trafic en nombre cumulé de PL
T1	$T < 5.10^5$
T2	$5.10^5 < T < 1,5.10^6$
T3	$1,5.10^6 < T < 4.10^6$
T4	$4.10^6 < T < 10^7$
T5	$10^7 < T < 2.10^7$

$T_c = 2,582.10^6 \rightarrow$ La classe de trafic correspondant est T3.

2.4.2 Détermination du trafic cumulé équivalent

Le trafic cumulé équivalent NE est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement, il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.

Il fait intervenir le coefficient d'agressivité moyen (CAM) des poids lourds (PL), et est donné par la formule suivante :

$$NE = T_c \times CAM$$

Le coefficient d'agressivité moyen (CAM) du poids lourd dépend :

- ~ De la composition du trafic ;
- ~ De la configuration des essieux ;
- ~ Du type de roues (simples/jumelées) ;
- ~ De la charge des essieux ;
- ~ De la structure de la chaussée ;

La collecte de donnée ne nous permet pas de calculer avec précision ce paramètre. Le tableau N°35 ci-dessous nous propose des valeurs de CAM.

Tableau 35 : Coefficient d'agressivité Moyen [9]

Type de structure	Valeurs	
Bitumineuses et inverses	VRS	VRNS
	0,8	0,5
Chaussée aux liants hydrauliques	1,3	
GNT, sol	1	
Semi-rigides et béton	1,3	

Nous retiendrons donc comme valeur du CAM, **0,5** pour les couches bitumineuses, **1** pour les GNT et **1,3** pour la couche traitée aux liants hydrauliques.

Ainsi pour notre chaussée nous aurons :

Tableau 36 : Valeur du trafic cumulé équivalent en fonction du type de structure

Type de structure	Couches bitumineuses CAM=0,8	Couche traitée aux liants CAM=1,3	GNT CAM=1
NE	1,291237. 10⁶	3,357216 . 10⁶	2,582. 10⁶

ANNEXE IV : CONCEPTION GEOMETRIQUE

2.5.2 CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS ET TRACES

Tableau 37 : Eléments de l'axe en plan

Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 344.5260gr	719,278	0,000	637890,731	1356474,658
Arc 1	Rayon 1500.000 m Centre X 636374.672 m Centre Y 1355789.876 m	42,888	719,278	637340,325	1356937,706
Droite 2	Gisement 342.7058gr	1185,284	762,165	637307,116	1356964,843
Arc 2	Rayon 1500.000 m Centre X 635446.225 m Centre Y 1356526.683 m	48,845	1947,450	636378,669	1357701,650
Droite 3	Gisement 340.6327gr	183,805	1996,295	636339,921	1357731,386
Arc 3	Rayon 1200.000 m Centre X 635477.344 m Centre Y 1356877.134 m	188,767	2180,100	636192,301	1357840,896
Droite 4	Gisement 330.6183gr	1260,795	2368,867	636032,492	1357941,000
Clothoïde 1	Paramètre -252,666	133,000	3629,661	634914,728	1358524,273
Arc 4	Rayon -480.000 m Centre X 635078.579 m Centre Y 1358981.924 m	336,829	3762,661	634799,880	1358591,122
Clothoïde 2	Paramètre 252,657	132,990	4099,491	634613,451	1358863,368
Droite 5	Gisement 392.9308gr	400,699	4232,481	634592,647	1358994,606
Arc 5	Rayon -900.000 m Centre X 635442.700 m Centre Y 1359492.571 m	452,997	4633,180	634548,243	1359392,837
Droite 6	Gisement 24.9737gr	173,819	5086,177	634611,066	1359836,643
Arc 6	Rayon 1000.000 m Centre X 633753.480 m Centre Y 1360379.561 m	632,234	5259,996	634677,518	1359997,258
Droite 7	Gisement 384.7245gr	398,715	5892,230	634724,831	1360617,212
Clothoïde 3	Paramètre 163,707	67,000	6290,945	634630,076	1361004,505
Arc 7	Rayon 400.000 m Centre X 634233.122 m Centre Y 1360941.866 m	13,726	6357,945	634612,348	1361069,095
Clothoïde 4	Paramètre -163,707	67,000	6371,672	634607,760	1361082,031
Droite 8	Gisement 371.8765gr	131,566	6438,672	634580,825	1361143,356
			6570,238	634524,576	1361262,292
Longueur totale de l'axe 6570.238 mètre(s)					

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION/REHABILITATION DE ROUTE,
D'OUVRAGES D'ART DE LA BRETELLE RN1-DEPOT D'HYDROCARBURES DE BINGO**

Tableau 38 : Eléments du profil en long

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 0.03 %	86,947	0,000	339,650
Cercle 1	Rayon 6000.000 m	29,229	86,947	339,674
	Sommet Absc. 85.296 m			
	Sommet Alt. 339.674 m			
Pente 2	Pente 0.51 %	286,706	116,176	339,753
Cercle 2	Rayon 3726.927 m	3,536	402,882	341,229
	Sommet Absc. 383.701 m			
	Sommet Alt. 341.179 m			
Pente 3	Pente 0.61 %	116,691	406,418	341,249
Cercle 3	Rayon 14274.099 m	16,210	523,109	341,960
	Sommet Absc. 436.102 m			
	Sommet Alt. 341.695 m			
Pente 4	Pente 0.72 %	444,771	539,319	342,068
Cercle 4	Rayon 4798.810 m	12,562	984,090	345,284
	Sommet Absc. 949.390 m			
	Sommet Alt. 345.159 m			
Pente 5	Pente 0.98 %	179,811	996,652	345,392
Cercle 5	Rayon 6938.020 m	10,784	1176,464	347,163
	Sommet Absc. 1108.132 m			
	Sommet Alt. 346.826 m			
Pente 6	Pente 1.14 %	189,747	1187,247	347,277
Cercle 6	Rayon -10808.461 m	65,663	1376,994	349,441
	Sommet Absc. 1500.244 m			
	Sommet Alt. 350.144 m			
Pente 7	Pente 0.53 %	464,679	1442,657	349,990
Cercle 7	Rayon 8493.894 m	21,789	1907,336	352,466
	Sommet Absc. 1862.080 m			
	Sommet Alt. 352.346 m			
Pente 8	Pente 0.79 %	439,869	1929,124	352,610
Cercle 8	Rayon 15312.441 m	11,684	2368,993	356,082
	Sommet Absc. 2248.129 m			
	Sommet Alt. 355.605 m			
Pente 9	Pente 0.87 %	109,622	2380,677	356,179
Cercle 9	Rayon -9371.331 m	23,281	2490,298	357,128
	Sommet Absc. 2571.419 m			
	Sommet Alt. 357.479 m			
Pente 10	Pente 0.62 %	119,161	2513,580	357,300
Cercle 10	Rayon -24965.298 m	145,595	2632,741	358,036
	Sommet Absc. 2786.824 m			
	Sommet Alt. 358.511 m			
Pente 11	Pente 0.03 %	294,224	2778,336	358,510
Cercle 11	Rayon -14786.225 m	54,077	3072,560	358,610
	Sommet Absc. 3077.587 m			
	Sommet Alt. 358.611 m			
Pente 12	Pente -0.33 %	332,951	3126,637	358,530
Cercle 12	Rayon 4557.572 m	14,710	3459,588	357,425
	Sommet Absc. 3474.707 m			

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION/REHABILITATION DE ROUTE,
D'OUVRAGES D'ART DE LA BRETELLE RN1-DEPOT D'HYDROCARBURES DE BINGO**

	Sommet Alt.	357.400 m			
Pente 13	Pente	-0.01 %	111,750	3474,299	357,400
Cercle 13	Rayon	4365.108 m	9,914	3586,048	357,390
	Sommet Absc.	3586.439 m			
	Sommet Alt.	357.390 m			
Pente 14	Pente	0.22 %	843,224	3595,963	357,400
Cercle 14	Rayon	-14964.834 m	135,802	4439,186	359,240
	Sommet Absc.	4471.835 m			
	Sommet Alt.	359.276 m			
Pente 15	Pente	-0.69 %	362,286	4574,988	358,920
Cercle 15	Rayon	20199.092 m	165,533	4937,274	356,423
	Sommet Absc.	5076.507 m			
	Sommet Alt.	355.943 m			
Pente 16	Pente	0.13 %	293,438	5102,807	355,960
Cercle 16	Rayon	-29755.679 m	217,552	5396,245	356,342
	Sommet Absc.	5434.987 m			
	Sommet Alt.	356.367 m			
Pente 17	Pente	-0.60 %	420,662	5613,797	355,830
Cercle 17	Rayon	6670.877 m	20,775	6034,459	353,302
	Sommet Absc.	6074.546 m			
	Sommet Alt.	353.182 m			
Pente 18	Pente	-0.29 %	345,179	6055,233	353,210
Cercle 18	Rayon	6321.755 m	3,518	6400,412	352,210
	Sommet Absc.	6418.714 m			
	Sommet Alt.	352.184 m			
Pente 19	Pente	-0.23 %	162,970	6403,930	352,201
				6566,900	351,820
Longueur partielle de l'axe 6566.900 mètre(s)					
Longueur développée partielle de l'axe 6566.997 mètre(s)					

Tableau 39 : Tabulation

TABULATION								
Num.	Abscisse	Z _{TN}	Z _{PROJET}	Gisement	X	Y	Dévers	
							Gauche	Droite
01	0	339,65	339,65	44,526	637 890,73	1 356 474,66	2,50	-2,50
02	16,647	339,71	339,65	44,526	637 877,99	1 356 485,37	2,50	-2,50
03	25	339,69	339,66	44,526	637 871,60	1 356 490,75	2,50	-2,50
04	50	339,64	339,66	44,526	637 852,47	1 356 506,85	2,50	-2,50
05	75	339,42	339,67	44,526	637 833,34	1 356 522,94	2,50	-2,50
06	100	339,40	339,69	44,526	637 814,21	1 356 539,03	2,50	-2,50
07	125	339,46	339,80	44,526	637 795,08	1 356 555,13	2,50	-2,50
08	140	339,53	339,88	44,526	637 783,60	1 356 564,79	2,50	-2,50
09	150	339,58	339,93	44,526	637 775,95	1 356 571,22	2,50	-2,50
10	175	339,67	340,06	44,526	637 756,82	1 356 587,32	2,50	-2,50
11	200	339,76	340,18	44,526	637 737,69	1 356 603,41	2,50	-2,50

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION/REHABILITATION DE ROUTE,
D'OUVRAGES D'ART DE LA BRETELLE RNI-DEPOT D'HYDROCARBURES DE BINGO**

12	225	339,89	340,31	44,526	637 718,56	1 356 619,51	2,50	-2,50
13	250	340,03	340,44	44,526	637 699,43	1 356 635,60	2,50	-2,50
14	275	340,15	340,57	44,526	637 680,30	1 356 651,69	2,50	-2,50
15	300	340,28	340,70	44,526	637 661,16	1 356 667,79	2,50	-2,50
16	325	340,41	340,83	44,526	637 642,03	1 356 683,88	2,50	-2,50
17	350	340,51	340,96	44,526	637 622,90	1 356 699,98	2,50	-2,50
18	375	340,62	341,09	44,526	637 603,77	1 356 716,07	2,50	-2,50
19	400	340,75	341,21	44,526	637 584,64	1 356 732,17	2,50	-2,50
20	425	340,86	341,36	44,526	637 565,51	1 356 748,26	2,50	-2,50
21	450	341,04	341,51	44,526	637 546,38	1 356 764,35	2,50	-2,50
22	475	341,20	341,67	44,526	637 527,25	1 356 780,45	2,50	-2,50
23	500	341,35	341,82	44,526	637 508,12	1 356 796,54	2,50	-2,50
24	525	341,52	341,97	44,526	637 488,99	1 356 812,64	2,50	-2,50
25	550	341,68	342,15	44,526	637 469,86	1 356 828,73	2,50	-2,50
26	575	341,88	342,33	44,526	637 450,73	1 356 844,82	2,50	-2,50
27	600	342,07	342,51	44,526	637 431,60	1 356 860,92	2,50	-2,50
28	625	342,19	342,69	44,526	637 412,47	1 356 877,01	2,50	-2,50
29	650	342,36	342,87	44,526	637 393,34	1 356 893,11	2,50	-2,50
30	675	342,54	343,05	44,526	637 374,21	1 356 909,20	2,50	-2,50
31	700	342,70	343,23	44,526	637 355,08	1 356 925,30	2,50	-2,50
32	725	342,86	343,41	44,283	637 335,94	1 356 941,38	2,50	-2,50
33	750	343,06	343,59	43,222	637 316,61	1 356 957,24	2,50	-2,50
34	775	343,23	343,77	42,706	637 297,06	1 356 972,82	2,50	-2,50
35	800	343,38	343,95	42,706	637 277,48	1 356 988,36	2,50	-2,50
36	825	343,58	344,13	42,706	637 257,90	1 357 003,90	2,50	-2,50
37	834,3	343,65	344,20	42,706	637 250,61	1 357 009,68	2,50	-2,50
38	835,3	343,66	344,21	42,706	637 249,83	1 357 010,31	2,50	-2,50
39	850	343,77	344,31	42,706	637 238,31	1 357 019,44	2,50	-2,50
40	864,7	343,90	344,42	42,706	637 226,80	1 357 028,58	2,50	-2,50
41	865,702	343,91	344,43	42,706	637 226,01	1 357 029,20	2,50	-2,50
42	875	343,98	344,50	42,706	637 218,73	1 357 034,98	2,50	-2,50
43	900	344,14	344,68	42,706	637 199,15	1 357 050,53	2,50	-2,50
44	925	344,31	344,86	42,706	637 179,57	1 357 066,07	2,50	-2,50
45	950	344,49	345,04	42,706	637 159,98	1 357 081,61	2,50	-2,50
46	975	344,69	345,22	42,706	637 140,40	1 357 097,15	2,50	-2,50
47	1000	344,90	345,42	42,706	637 120,82	1 357 112,69	2,50	-2,50
48	1025	345,07	345,67	42,706	637 101,23	1 357 128,23	2,50	-2,50
49	1050	345,34	345,92	42,706	637 081,65	1 357 143,77	2,50	-2,50
50	1075	345,60	346,16	42,706	637 062,07	1 357 159,31	2,50	-2,50
51	1100	345,89	346,41	42,706	637 042,49	1 357 174,85	2,50	-2,50
52	1125	346,18	346,66	42,706	637 022,90	1 357 190,39	2,50	-2,50
53	1150	346,47	346,90	42,706	637 003,32	1 357 205,93	2,50	-2,50
54	1175	346,74	347,15	42,706	636 983,74	1 357 221,47	2,50	-2,50

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION/REHABILITATION DE ROUTE,
D'OUVRAGES D'ART DE LA BRETELLE RNI-DEPOT D'HYDROCARBURES DE BINGO**

55	1200	347,02	347,42	42,706	636 964,16	1 357 237,01	2,50	-2,50
56	1225	347,31	347,71	42,706	636 944,57	1 357 252,55	2,50	-2,50
57	1250	347,58	347,99	42,706	636 924,99	1 357 268,10	2,50	-2,50
58	1275	347,85	348,28	42,706	636 905,41	1 357 283,64	2,50	-2,50
59	1300	348,14	348,56	42,706	636 885,82	1 357 299,18	2,50	-2,50
60	1325	348,42	348,85	42,706	636 866,24	1 357 314,72	2,50	-2,50
61	1350	348,68	349,13	42,706	636 846,66	1 357 330,26	2,50	-2,50
62	1375	348,94	349,42	42,706	636 827,08	1 357 345,80	2,50	-2,50
63	1400	349,19	349,68	42,706	636 807,49	1 357 361,34	2,50	-2,50
64	1425	349,45	349,88	42,706	636 787,91	1 357 376,88	2,50	-2,50
65	1450	349,61	350,03	42,706	636 768,33	1 357 392,42	2,50	-2,50
66	1475	349,77	350,16	42,706	636 748,74	1 357 407,96	2,50	-2,50
67	1500	349,90	350,30	42,706	636 729,16	1 357 423,50	2,50	-2,50
68	1509,324	349,94	350,35	42,706	636 721,86	1 357 429,30	2,50	-2,50
69	1510,3	349,94	350,35	42,706	636 721,09	1 357 429,91	2,50	-2,50
70	1525	350,01	350,43	42,706	636 709,58	1 357 439,04	2,50	-2,50
71	1539,7	350,07	350,51	42,706	636 698,06	1 357 448,18	2,50	-2,50
72	1540,716	350,07	350,51	42,706	636 697,27	1 357 448,81	2,50	-2,50
73	1550	350,13	350,56	42,706	636 690,00	1 357 454,58	2,50	-2,50
74	1575	350,29	350,70	42,706	636 670,41	1 357 470,12	2,50	-2,50
75	1600	350,42	350,83	42,706	636 650,83	1 357 485,67	2,50	-2,50
76	1625	350,53	350,96	42,706	636 631,25	1 357 501,21	2,50	-2,50
77	1650	350,65	351,10	42,706	636 611,67	1 357 516,75	2,50	-2,50
78	1675	350,79	351,23	42,706	636 592,08	1 357 532,29	2,50	-2,50
79	1700	350,88	351,36	42,706	636 572,50	1 357 547,83	2,50	-2,50
80	1725	351,02	351,49	42,706	636 552,92	1 357 563,37	2,50	-2,50
81	1750	351,15	351,63	42,706	636 533,33	1 357 578,91	2,50	-2,50
82	1775	351,29	351,76	42,706	636 513,75	1 357 594,45	2,50	-2,50
83	1800	351,42	351,89	42,706	636 494,17	1 357 609,99	2,50	-2,50
84	1825	351,56	352,03	42,706	636 474,59	1 357 625,53	2,50	-2,50
85	1850	351,71	352,16	42,706	636 455,00	1 357 641,07	2,50	-2,50
86	1875	351,88	352,29	42,706	636 435,42	1 357 656,61	2,50	-2,50
87	1900	352,02	352,43	42,706	636 415,84	1 357 672,15	2,50	-2,50
88	1925	352,20	352,58	42,706	636 396,25	1 357 687,69	2,50	-2,50
89	1950	352,38	352,77	42,598	636 376,67	1 357 703,23	2,50	-2,50
90	1975	352,58	352,97	41,537	636 356,93	1 357 718,58	2,50	-2,50
91	1984,297	352,65	353,05	41,142	636 349,53	1 357 724,20	2,50	-2,50
92	1985,298	352,66	353,05	41,099	636 348,73	1 357 724,80	2,50	-2,50
93	2000	352,75	353,17	40,633	636 336,94	1 357 733,59	2,50	-2,50
94	2014,702	352,85	353,29	40,633	636 325,14	1 357 742,35	2,50	-2,50
95	2015,702	352,86	353,29	40,633	636 324,33	1 357 742,95	2,50	-2,50
96	2025	352,93	353,37	40,633	636 316,87	1 357 748,49	2,50	-2,50
97	2050	353,10	353,56	40,633	636 296,79	1 357 763,38	2,50	-2,50

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION/REHABILITATION DE ROUTE,
D'OUVRAGES D'ART DE LA BRETELLE RNI-DEPOT D'HYDROCARBURES DE BINGO**

98	2075	353,26	353,76	40,633	636 276,71	1 357 778,28	2,50	-2,50
99	2100	353,42	353,96	40,633	636 256,63	1 357 793,17	2,50	-2,50
100	2125	353,63	354,16	40,633	636 236,55	1 357 808,07	2,50	-2,50
101	2150	353,85	354,35	40,633	636 216,47	1 357 822,96	2,50	-2,50
102	2175	354,11	354,55	40,633	636 196,40	1 357 837,86	2,50	-2,50
103	2200	354,31	354,75	39,577	636 176,22	1 357 852,62	2,50	-2,50
104	2225	354,55	354,95	38,251	636 155,75	1 357 866,97	2,50	-2,50
105	2250	354,78	355,14	36,924	636 134,98	1 357 880,88	2,50	-2,50
106	2275	354,96	355,34	35,598	636 113,93	1 357 894,37	2,50	-2,50
107	2300	355,14	355,54	34,272	636 092,60	1 357 907,41	2,50	-2,50
108	2325	355,36	355,73	32,946	636 071,00	1 357 920,00	2,50	-2,50
109	2350	355,59	355,93	31,619	636 049,15	1 357 932,14	2,50	-2,50
110	2375	355,75	356,13	30,618	636 027,05	1 357 943,84	2,50	-2,50
111	2400	355,96	356,35	30,618	636 004,89	1 357 955,40	2,50	-2,50
112	2425	356,13	356,56	30,618	635 982,73	1 357 966,97	2,50	-2,50
113	2450	356,34	356,78	30,618	635 960,56	1 357 978,53	2,50	-2,50
114	2475	356,54	357,00	30,618	635 938,40	1 357 990,10	2,50	-2,50
115	2500	356,73	357,21	30,618	635 916,24	1 358 001,67	2,50	-2,50
116	2525	356,91	357,37	30,618	635 894,07	1 358 013,23	2,50	-2,50
117	2550	357,10	357,53	30,618	635 871,91	1 358 024,80	2,50	-2,50
118	2575	357,25	357,68	30,618	635 849,74	1 358 036,36	2,50	-2,50
119	2600	357,41	357,83	30,618	635 827,58	1 358 047,93	2,50	-2,50
120	2609,3	357,47	357,89	30,618	635 819,33	1 358 052,23	2,50	-2,50
121	2610,308	357,48	357,90	30,618	635 818,44	1 358 052,70	2,50	-2,50
122	2625	357,58	357,99	30,618	635 805,42	1 358 059,49	2,50	-2,50
123	2639,7	357,65	358,08	30,618	635 792,38	1 358 066,29	2,50	-2,50
124	2640,708	357,66	358,08	30,618	635 791,49	1 358 066,76	2,50	-2,50
125	2650	357,70	358,14	30,618	635 783,25	1 358 071,06	2,50	-2,50
126	2675	357,80	358,26	30,618	635 761,09	1 358 082,62	2,50	-2,50
127	2700	357,87	358,36	30,618	635 738,92	1 358 094,19	2,50	-2,50
128	2725	357,96	358,43	30,618	635 716,76	1 358 105,76	2,50	-2,50
129	2750	358,01	358,48	30,618	635 694,60	1 358 117,32	2,50	-2,50
130	2775	358,04	358,51	30,618	635 672,43	1 358 128,89	2,50	-2,50
131	2800	358,04	358,52	30,618	635 650,27	1 358 140,45	2,50	-2,50
132	2825	358,08	358,53	30,618	635 628,10	1 358 152,02	2,50	-2,50
133	2850	358,12	358,53	30,618	635 605,94	1 358 163,58	2,50	-2,50
134	2875	358,16	358,54	30,618	635 583,78	1 358 175,15	2,50	-2,50
135	2900	358,15	358,55	30,618	635 561,61	1 358 186,71	2,50	-2,50
136	2925	358,17	358,56	30,618	635 539,45	1 358 198,28	2,50	-2,50
137	2950	358,18	358,57	30,618	635 517,29	1 358 209,85	2,50	-2,50
138	2975	358,20	358,58	30,618	635 495,12	1 358 221,41	2,50	-2,50
139	3000	358,21	358,59	30,618	635 472,96	1 358 232,98	2,50	-2,50
140	3025	358,22	358,59	30,618	635 450,79	1 358 244,54	2,50	-2,50

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION/REHABILITATION DE ROUTE,
D'OUVRAGES D'ART DE LA BRETELLE RNI-DEPOT D'HYDROCARBURES DE BINGO**

141	3050	358,22	358,60	30,618	635 428,63	1 358 256,11	2,50	-2,50
142	3075	358,20	358,61	30,618	635 406,47	1 358 267,67	2,50	-2,50
143	3100	358,17	358,59	30,618	635 384,30	1 358 279,24	2,50	-2,50
144	3125	358,14	358,53	30,618	635 362,14	1 358 290,80	2,50	-2,50
145	3150	358,08	358,45	30,618	635 339,97	1 358 302,37	2,50	-2,50
146	3175	358,02	358,37	30,618	635 317,81	1 358 313,94	2,50	-2,50
147	3200	357,94	358,29	30,618	635 295,65	1 358 325,50	2,50	-2,50
148	3225	357,84	358,20	30,618	635 273,48	1 358 337,07	2,50	-2,50
149	3250	357,76	358,12	30,618	635 251,32	1 358 348,63	2,50	-2,50
150	3275	357,66	358,04	30,618	635 229,16	1 358 360,20	2,50	-2,50
151	3300	357,60	357,95	30,618	635 206,99	1 358 371,76	2,50	-2,50
152	3325	357,48	357,87	30,618	635 184,83	1 358 383,33	2,50	-2,50
153	3350	357,41	357,79	30,618	635 162,66	1 358 394,90	2,50	-2,50
154	3375	357,33	357,71	30,618	635 140,50	1 358 406,46	2,50	-2,50
155	3400	357,19	357,62	30,618	635 118,34	1 358 418,03	2,50	-2,50
156	3425	357,12	357,54	30,618	635 096,17	1 358 429,59	2,50	-2,50
157	3450	357,02	357,46	30,618	635 074,01	1 358 441,16	2,50	-2,50
158	3475	356,94	357,40	30,618	635 051,84	1 358 452,72	2,50	-2,50
159	3500	356,88	357,40	30,618	635 029,68	1 358 464,29	2,50	-2,50
160	3525	356,89	357,40	30,618	635 007,52	1 358 475,85	2,50	-2,50
161	3550	356,89	357,39	30,618	634 985,35	1 358 487,42	2,50	-2,50
162	3575	356,92	357,39	30,618	634 963,19	1 358 498,99	2,50	-2,50
163	3600	356,97	357,41	30,618	634 941,02	1 358 510,55	2,50	-2,50
164	3625	357,03	357,46	30,618	634 918,86	1 358 522,12	2,50	-2,50
165	3650	357,10	357,52	30,825	634 896,71	1 358 533,70	2,50	-2,50
166	3675	357,15	357,57	31,643	634 874,65	1 358 545,46	2,50	-2,50
167	3684,269	357,18	357,59	32,105	634 866,51	1 358 549,91	2,50	-2,50
168	3685,296	357,18	357,60	32,162	634 865,62	1 358 550,41	2,50	-2,50
169	3700	357,21	357,63	33,085	634 852,80	1 358 557,61	2,50	-2,50
170	3714,702	357,22	357,66	34,224	634 840,10	1 358 565,02	2,50	-2,50
171	3715,731	357,23	357,66	34,312	634 839,22	1 358 565,55	2,50	-2,50
172	3716,444	357,23	357,66	34,373	634 838,61	1 358 565,92	2,50	-2,50
173	3725	357,25	357,68	35,15	634 831,29	1 358 570,36	2,50	-2,50
174	3750	357,29	357,74	37,839	634 810,28	1 358 583,90	2,50	-2,50
175	3775	357,40	357,79	41,075	634 789,93	1 358 598,41	2,50	-2,50
176	3800	357,47	357,85	44,39	634 770,35	1 358 613,96	2,50	-2,50
177	3825	357,50	357,90	47,706	634 751,62	1 358 630,51	2,50	-2,50
178	3850	357,59	357,95	51,022	634 733,76	1 358 648,00	2,50	-2,50
179	3875	357,63	358,01	54,338	634 716,85	1 358 666,41	2,50	-2,50
180	3900	357,69	358,06	57,653	634 700,91	1 358 685,67	2,50	-2,50
181	3925	357,73	358,12	60,969	634 686,00	1 358 705,73	2,50	-2,50
182	3934,23	357,77	358,14	62,193	634 680,76	1 358 713,33	2,50	-2,50
183	3935,23	357,77	358,14	62,326	634 680,20	1 358 714,16	2,50	-2,50

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION/REHABILITATION DE ROUTE,
D'OUVRAGES D'ART DE LA BRETELLE RNI-DEPOT D'HYDROCARBURES DE BINGO**

184	3950	357,79	358,17	64,285	634 672,16	1 358 726,54	2,50	-2,50
185	3964,704	357,83	358,20	66,235	634 664,52	1 358 739,11	2,50	-2,50
186	3965,761	357,83	358,21	66,375	634 663,99	1 358 740,02	2,50	-2,50
187	3975	357,85	358,23	67,6	634 659,41	1 358 748,05	2,50	-2,50
188	4000	357,88	358,28	70,916	634 647,80	1 358 770,19	2,50	-2,50
189	4025	357,92	358,34	74,232	634 637,37	1 358 792,90	2,50	-2,50
190	4050	358,05	358,39	77,548	634 628,12	1 358 816,13	2,50	-2,50
191	4075	358,08	358,45	80,863	634 620,10	1 358 839,80	2,50	-2,50
192	4100	358,12	358,50	84,179	634 613,33	1 358 863,86	2,50	-2,50
193	4125	358,14	358,55	87,17	634 607,77	1 358 888,23	2,50	-2,50
194	4150	358,18	358,61	89,538	634 603,24	1 358 912,82	2,50	-2,50
195	4175	358,29	358,66	91,283	634 599,51	1 358 937,54	2,50	-2,50
196	4176,236	358,29	358,67	91,353	634 599,34	1 358 938,76	2,50	-2,50
197	4200	358,34	358,72	92,405	634 596,33	1 358 962,34	2,50	-2,50
198	4225	358,42	358,77	92,903	634 593,48	1 358 987,17	2,50	-2,50
199	4250	358,45	358,83	92,931	634 590,71	1 359 012,02	2,50	-2,50
200	4275	358,48	358,88	92,931	634 587,93	1 359 036,86	2,50	-2,50
201	4300	358,56	358,94	92,931	634 585,16	1 359 061,71	2,50	-2,50
202	4325	358,61	358,99	92,931	634 582,39	1 359 086,56	2,50	-2,50
203	4350	358,67	359,05	92,931	634 579,62	1 359 111,40	2,50	-2,50
204	4375	358,72	359,10	92,931	634 576,85	1 359 136,25	2,50	-2,50
205	4400	358,75	359,15	92,931	634 574,08	1 359 161,09	2,50	-2,50
206	4425	358,74	359,21	92,931	634 571,31	1 359 185,94	2,50	-2,50
207	4434,303	358,81	359,23	92,931	634 570,28	1 359 195,19	2,50	-2,50
208	4435,3	358,82	359,23	92,931	634 570,17	1 359 196,18	2,50	-2,50
209	4450	358,88	359,26	92,931	634 568,54	1 359 210,79	2,50	-2,50
210	4464,7	358,88	359,27	92,931	634 566,91	1 359 225,40	2,50	-2,50
211	4465,702	358,88	359,27	92,931	634 566,80	1 359 226,39	2,50	-2,50
212	4475	358,86	359,28	92,931	634 565,77	1 359 235,63	2,50	-2,50
213	4500	358,86	359,25	92,931	634 563,00	1 359 260,48	2,50	-2,50
214	4525	358,81	359,18	92,931	634 560,23	1 359 285,32	2,50	-2,50
215	4550	358,71	359,07	92,931	634 557,46	1 359 310,17	2,50	-2,50
216	4575	358,60	358,92	92,931	634 554,69	1 359 335,02	2,50	-2,50
217	4600	358,44	358,75	92,931	634 551,92	1 359 359,86	2,50	-2,50
218	4625	358,24	358,58	92,931	634 549,15	1 359 384,71	2,50	-2,50
219	4650	358,02	358,40	94,121	634 546,54	1 359 409,57	2,50	-2,50
220	4675	357,85	358,23	95,889	634 544,58	1 359 434,49	2,50	-2,50
221	4700	357,66	358,06	97,657	634 543,31	1 359 459,46	2,50	-2,50
222	4725	357,46	357,89	99,426	634 542,74	1 359 484,45	2,50	-2,50
223	4734,276	357,38	357,82	100,082	634 542,70	1 359 493,73	2,50	-2,50
224	4735,282	357,37	357,82	100,153	634 542,70	1 359 494,73	2,50	-2,50
225	4750	357,27	357,71	101,194	634 542,86	1 359 509,45	2,50	-2,50
226	4764,71	357,19	357,61	102,235	634 543,25	1 359 524,16	2,50	-2,50

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION/REHABILITATION DE ROUTE,
D'OUVRAGES D'ART DE LA BRETELLE RNI-DEPOT D'HYDROCARBURES DE BINGO**

227	4765,785	357,18	357,60	102,311	634 543,29	1 359 525,23	2,50	-2,50
228	4775	357,11	357,54	102,962	634 543,67	1 359 534,44	2,50	-2,50
229	4800	356,93	357,37	104,731	634 545,18	1 359 559,39	2,50	-2,50
230	4825	356,75	357,20	106,499	634 547,39	1 359 584,29	2,50	-2,50
231	4850	356,54	357,02	108,268	634 550,28	1 359 609,12	2,50	-2,50
232	4875	356,41	356,85	110,036	634 553,86	1 359 633,87	2,50	-2,50
233	4900	356,14	356,68	111,804	634 558,13	1 359 658,50	2,50	-2,50
234	4925	355,98	356,51	113,573	634 563,08	1 359 683,00	2,50	-2,50
235	4950	355,87	356,34	115,341	634 568,71	1 359 707,36	2,50	-2,50
236	4975	355,76	356,20	117,11	634 575,01	1 359 731,55	2,50	-2,50
237	5000	355,70	356,09	118,878	634 581,98	1 359 755,56	2,50	-2,50
238	5017,234	355,64	356,03	120,097	634 587,17	1 359 771,99	2,50	-2,50
239	5025	355,64	356,01	120,646	634 589,62	1 359 779,36	2,50	-2,50
240	5050	355,61	355,96	122,415	634 597,91	1 359 802,95	2,50	-2,50
241	5075	355,62	355,94	124,183	634 606,86	1 359 826,29	2,50	-2,50
242	5100	355,58	355,96	124,974	634 616,35	1 359 849,42	2,50	-2,50
243	5125	355,60	355,99	124,974	634 625,91	1 359 872,52	2,50	-2,50
244	5150	355,61	356,02	124,974	634 635,47	1 359 895,62	2,50	-2,50
245	5175	355,64	356,05	124,974	634 645,02	1 359 918,72	2,50	-2,50
246	5200	355,68	356,09	124,974	634 654,58	1 359 941,82	2,50	-2,50
247	5225	355,70	356,12	124,974	634 664,14	1 359 964,92	2,50	-2,50
248	5250	355,72	356,15	124,974	634 673,70	1 359 988,02	2,50	-2,50
249	5275	355,76	356,18	124,019	634 683,15	1 360 011,17	2,50	-2,50
250	5300	355,77	356,22	122,427	634 692,07	1 360 034,52	2,50	-2,50
251	5325	355,81	356,25	120,835	634 700,40	1 360 058,09	2,50	-2,50
252	5350	355,86	356,28	119,244	634 708,14	1 360 081,86	2,50	-2,50
253	5375	355,88	356,31	117,652	634 715,28	1 360 105,82	2,50	-2,50
254	5400	355,88	356,35	116,061	634 721,83	1 360 129,95	2,50	-2,50
255	5416,911	355,89	356,36	114,984	634 725,91	1 360 146,36	2,50	-2,50
256	5425	355,90	356,37	114,469	634 727,76	1 360 154,23	2,50	-2,50
257	5450	355,85	356,36	112,878	634 733,09	1 360 178,65	2,50	-2,50
258	5475	355,84	356,34	111,286	634 737,81	1 360 203,21	2,50	-2,50
259	5500	355,77	356,30	109,695	634 741,91	1 360 227,87	2,50	-2,50
260	5525	355,74	356,23	108,103	634 745,39	1 360 252,62	2,50	-2,50
261	5550	355,70	356,15	106,511	634 748,25	1 360 277,46	2,50	-2,50
262	5575	355,55	356,04	104,92	634 750,50	1 360 302,36	2,50	-2,50
263	5600	355,43	355,91	103,328	634 752,11	1 360 327,30	2,50	-2,50
264	5625	355,29	355,76	101,737	634 753,11	1 360 352,28	2,50	-2,50
265	5634,311	355,25	355,71	101,144	634 753,32	1 360 361,59	2,50	-2,50
266	5635,3	355,24	355,70	101,081	634 753,34	1 360 362,58	2,50	-2,50
267	5650	355,19	355,61	100,145	634 753,48	1 360 377,28	2,50	-2,50
268	5664,701	355,14	355,52	99,209	634 753,40	1 360 391,98	2,50	-2,50
269	5665,693	355,14	355,52	99,146	634 753,39	1 360 392,97	2,50	-2,50

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION/REHABILITATION DE ROUTE,
D'OUVRAGES D'ART DE LA BRETELLE RNI-DEPOT D'HYDROCARBURES DE BINGO**

270	5675	355,06	355,46	98,554	634 753,22	1 360 402,28	2,50	-2,50
271	5700	354,91	355,31	96,962	634 752,34	1 360 427,26	2,50	-2,50
272	5725	354,71	355,16	95,371	634 750,84	1 360 452,21	2,50	-2,50
273	5750	354,57	355,01	93,779	634 748,71	1 360 477,12	2,50	-2,50
274	5775	354,41	354,86	92,188	634 745,96	1 360 501,97	2,50	-2,50
275	5800	354,23	354,71	90,596	634 742,59	1 360 526,74	2,50	-2,50
276	5825	354,13	354,56	89,004	634 738,60	1 360 551,42	2,50	-2,50
277	5850	353,95	354,41	87,413	634 734,00	1 360 575,99	2,50	-2,50
278	5875	353,81	354,26	85,821	634 728,78	1 360 600,44	2,50	-2,50
279	5890,103	353,72	354,17	84,86	634 725,33	1 360 615,15	2,50	-2,50
280	5900	353,66	354,11	84,724	634 722,98	1 360 624,76	2,50	-2,50
281	5925	353,45	353,96	84,724	634 717,04	1 360 649,04	2,50	-2,50
282	5950	353,31	353,81	84,724	634 711,10	1 360 673,33	2,50	-2,50
283	5975	353,14	353,66	84,724	634 705,16	1 360 697,61	2,50	-2,50
284	6000	353,01	353,51	84,724	634 699,22	1 360 721,89	2,50	-2,50
285	6025	352,90	353,36	84,724	634 693,28	1 360 746,18	2,50	-2,50
286	6050	352,80	353,23	84,724	634 687,34	1 360 770,46	2,50	-2,50
287	6075	352,71	353,15	84,724	634 681,40	1 360 794,75	2,50	-2,50
288	6100	352,60	353,08	84,724	634 675,45	1 360 819,03	2,50	-2,50
289	6125	352,51	353,01	84,724	634 669,51	1 360 843,31	2,50	-2,50
290	6150	352,45	352,94	84,724	634 663,57	1 360 867,60	2,50	-2,50
291	6175	352,40	352,86	84,724	634 657,63	1 360 891,88	2,50	-2,50
292	6200	352,32	352,79	84,724	634 651,69	1 360 916,16	2,50	-2,50
293	6225	352,26	352,72	84,724	634 645,75	1 360 940,45	2,50	-2,50
294	6250	352,19	352,65	84,724	634 639,81	1 360 964,73	2,50	-2,50
295	6275	352,14	352,57	84,724	634 633,86	1 360 989,02	2,50	-2,50
296	6300	352,07	352,50	84,627	634 627,92	1 361 013,30	2,50	-2,50
297	6316,649	352,04	352,45	83,94	634 623,86	1 361 029,45	2,50	-2,50
298	6325	352,04	352,43	83,347	634 621,74	1 361 037,52	2,50	-2,50
299	6350	351,99	352,36	80,582	634 614,80	1 361 061,54	2,50	-2,50
300	6375	351,88	352,28	76,692	634 606,58	1 361 085,14	2,50	-2,50
301	6400	351,83	352,21	73,653	634 597,03	1 361 108,25	2,50	-2,50
302	6425	351,74	352,15	72,098	634 586,66	1 361 130,99	2,50	-2,50
303	6450	351,65	352,09	71,876	634 575,98	1 361 153,60	2,50	-2,50
304	6464,191	351,62	352,06	71,876	634 569,91	1 361 166,43	2,50	-2,50
305	6465,193	351,62	352,06	71,876	634 569,49	1 361 167,33	2,50	-2,50
306	6475	351,60	352,03	71,876	634 565,29	1 361 176,20	2,50	-2,50
307	6494,591	351,64	351,99	71,876	634 556,92	1 361 193,91	2,50	-2,50
308	6495,592	351,64	351,99	71,876	634 556,49	1 361 194,81	2,50	-2,50
309	6500	351,65	351,98	71,876	634 554,61	1 361 198,80	2,50	-2,50
310	6525	351,66	351,92	71,876	634 543,92	1 361 221,40	2,50	-2,50
311	6550	351,67	351,86	71,876	634 533,23	1 361 244,00	2,50	-2,50
312	6566,876	351,57	351,82	71,876	634 526,01	1 361 259,25	2,50	-2,50

313	6570,238	-	-	71,876	634 524,58	1 361 262,29	2,50	-2,50
-----	----------	---	---	--------	------------	--------------	------	-------

2.5.3 CALCUL DES PARAMETRES CINEMATQUES EN FONCTION DE LA VITESSE DE REFERENCE

❖ Distance de freinage

C'est la distance que parcourt le véhicule pendant l'action de freinage, pour passer de la vitesse V à la vitesse nulle, dans des conditions de chaussée mouillée.

$$d_0 = \frac{v^2}{2 \times g \times F(V)} \quad v \text{ en m/s et } V \text{ en Km/h}$$

F(V) = coefficient de frottement longitudinal pneu/chaussée. (Voir tableau N°40 ci-après)

Tableau 40 : Valeurs du coefficient de frottement à retenir et longueurs de freinage correspondantes en alignement et en courbes [12].

Vitesse en Km/h		40	60	80	100	120	140
Alignement droit	F	0,46	0,46	0,42	0,38	0,34	0,31
	Longueur de freinage	15m	35m	60m	105m	170m	250m
Courbe	F	0,37	0,37	0,34	0,30	0,27	0,25
	Longueur de freinage	20m	45m	75m	125m	220m	313m

$$d_0 = \frac{v^2}{2 \times g \times F(V)} = \frac{16,67^2}{2 \times 10 \times 0,46} = 30,20 \text{ m}$$

❖ Distance d'arrêt en alignement droit (d_1)

La distance d'arrêt d_1 est égale à la distance de freinage d_0 augmentée de la distance parcourue pendant le temps de réaction de freinage devant un obstacle inattendu ; ce temps de réaction devant un obstacle inattendu est pris égale à 2s si $V < 100$ Km/h et à 1,8s si $V > 100$ Km/h.

$$\text{Si } V < 100 \text{ Km/h } d_1 = d_0 + 2v \quad [12]$$

$$d_1 = 30,20 + 2 \times 16,67 = 63,54 \text{ m}$$

❖ **Distance d'arrêt en courbe (d_2)**

On définit aussi la distance d'arrêt en courbe d_2 obtenue en augmentant dans la formule donnant la distance d'arrêt d_1 de 25% la distance de freinage d_0 soit :

$$d_2 = 1,25 \times d_0 + 2v \text{ si } V < 100\text{Km/h [12]}$$

$$d_2 = (1,25 \times 30,20) + (2 \times 16,67) = 71,09 \text{ m}$$

❖ **Distance de perception**

C'est la distance à laquelle certains points particuliers de la route doivent pouvoir être perçus (donc vus) suffisamment tôt pour laisser le temps de faire la manœuvre qui résulte d'un choix, contrairement à la situation d'urgence du calcul de la distance d'arrêt. Le temps nécessaire pour effectuer une telle manœuvre est pris égal à 6 secondes. La distance de perception d_p est égale à la somme de la distance d'arrêt d_1 et de la distance parcourue en 6s.

$$d_p = d_1 + 6v \text{ [12]}$$

$$d_p = 63,54 + 6 \times 16,67 = 163,56 \text{ m}$$

❖ **Distance de visibilité de dépassement**

La vitesse qui sert à définir les exigences de visibilité est la vitesse en dessous de laquelle circulent 85% des usagers de la route et est notée V_{85} . Pour une rampe maximale de 7% et une route de 2x2 voies, V_{85} correspond à 105 km/h.

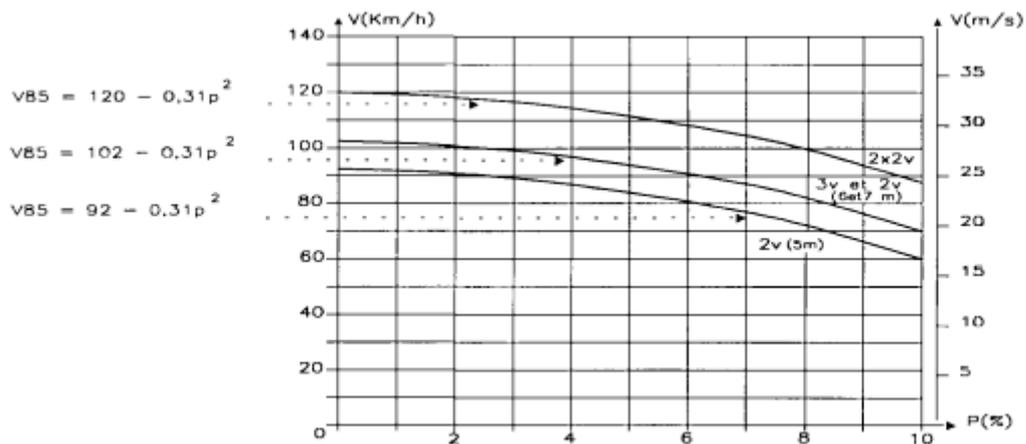


Figure 12 : Diagramme donnant les vitesses V_{85} en fonction de la rampe [5]

❖ La visibilité sur un virage

Le conducteur doit disposer à l'approche d'un virage d'une visibilité telle qu'il puisse percevoir le virage et modifier son comportement (trajectoire, vitesse) à temps. La distance nécessaire dans les cas courants est estimée à une distance correspondant à 3 secondes parcourues à la vitesse V_{85} pratiquée en amont du virage soit :

$$d_v = 3 \times v_{85} \quad \text{avec } v_{85} = \frac{105}{3,6} = 29,17 \text{ m/s} \quad [12]$$

$$d_v = 3 \times 29,17 = 87,5 \text{ m}$$

❖ La visibilité sur un obstacle situé sur la chaussée

Il est nécessaire d'assurer la visibilité à une distance permettant au conducteur de s'arrêter avant un obstacle, en chaque point du tracé : la distance de visibilité doit être supérieure à la distance d'arrêt d_1 ou d_2 [12].

$$d_v > 71,09 \text{ m}$$

Profils

ANNEXE V : ETUDE HYDROLOGIQUE

2.6 Analyse pluviométrique

Cette étude permettra de déterminer la hauteur de la pluie ponctuelle décennale. La méthode d'étude utilisée est l'analyse statistique des pluies journalières maximales sur un échantillon de 30 ans (1986 à 2015) d'observations, considéré comme assez représentatif.

Tableau 41 : Séries des pluies maximales journalières (1986 – 2015) à la station de Ouagadougou

POSTE PLUVIOMETRIQUE DE OUAGADOUGOU			
Année	Pluies journalières max	Année	Pluies journalières max
1986	111,2	2001	157,8
1987	108,5	2002	115,2
1988	117,2	2003	84,0
1989	114,8	2004	152,1
1990	69,4	2005	75,7
1991	137,8	2006	51,5
1992	105,4	2007	116,7
1993	96,0	2008	58,4
1994	111,3	2009	261,3
1995	92,9	2010	70,4
1996	139,8	2011	43,8
1997	66,1	2012	67,8
1998	145,4	2013	67,3
1999	106,5	2014	57,2
2000	58,6	2015	67,0

Les études qui suivront seront faites par le logiciel **HYFRAN**.

➤ **Caractéristiques de la série de données N = 30**

Les caractéristiques empiriques de la série de donnée ont été obtenues par le logiciel HYFRAN et sont représentées dans le tableau N°42 suivant :

Tableau 42 : Caractéristiques de la série de données

Caractéristiques	Valeurs
Nombre d'années d'observation	30
Minimum	43,0
Maximum	261
Moyenne	100
Ecart-type	44,1
Médiane	101
Coefficient de variation (Cv)	0,439
Coefficient d'asymétrie (Cs)	1,67
Coefficient d'aplatissement (Ck)	6,38

La représentation des observations sur du papier normal et leurs histogrammes sont présentés dans les figures qui suivent :

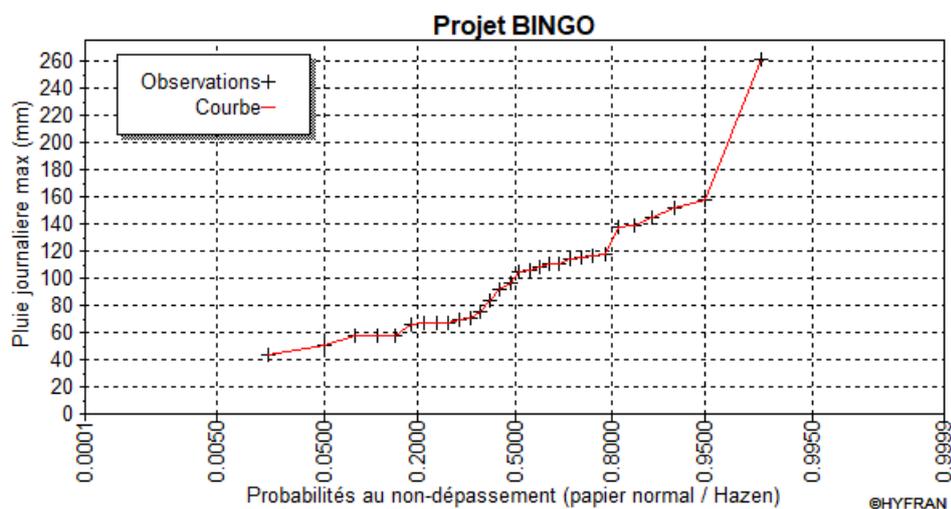


Figure 13 : Représentation des observations sur du papier normal weibull

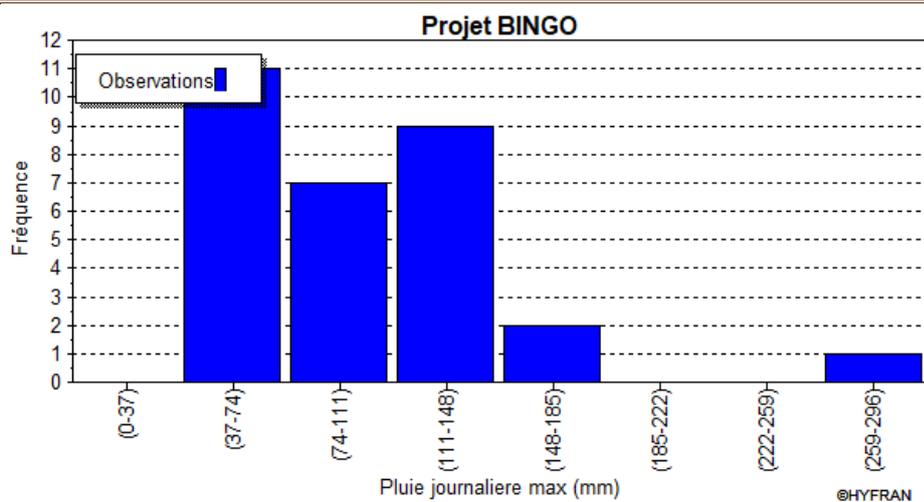


Figure 14 : Histogramme des observations

Conclusion : Nous pouvons accepter H_0 au niveau de signification de 5%.

2.6.1.1 Ajustement à la loi de Gumbel (méthode des moments)

Nombre d'observations : 30

❖ Paramètres :

$\mu = 80,6214$

$\sigma = 34,381$

❖ Quantiles :

$q = F(X)$ (probabilité au non-dépassement)

$T = 1 / (1-q)$

Tableau 43 : résultats de l'ajustement à la loi de Gumbel

Période de retour	Fréquence au non dépassement	Valeur théorique	Ecart-type	Intervalle de confiance
T (ans)	q	XT	δ	95%
100	0,9900	239	31,6	177 - 301
50	0,9800	215	27,1	162 - 268
20	0,9500	183	21,2	141 - 224
10	0,9000	158	16,8	125 - 191
5	0,8000	132	12,4	108 - 157
3	0,6667	112	9,39	93,3 - 130
2	0,5000	93,2	7,39	78,7 - 108

- **Test d'homogénéité :**

Test d'adéquation du Khi carré.

- **Hypothèses :**

H0 : L'échantillon provient d'une loi Gumbel ;

H1 : L'échantillon ne provient pas d'une loi Gumbel.

- **Résultats :**

Résultat de la statistique : $\chi^2 = 12,46$

P-value : $p = 0,0142$

Degrés de liberté : 4

Nombre de classes : 7

Conclusion : Nous devons REJETER H0 au niveau de signification de 5 %, mais on l'accepte au niveau de signification de 1 %. Ce qui est illustré au niveau de la figure suivante.

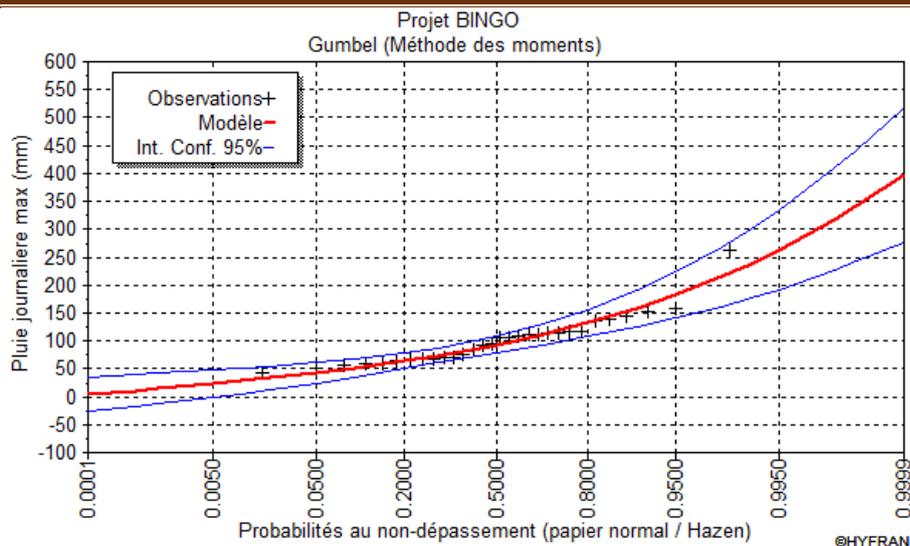


Figure 15 : Ajustement à la loi de Gumbel

2.6.1.2 Ajustement à la loi de Pearson III (méthode des moments)

Nombre d'observations : 30

❖ Paramètres

Alpha : 0,027092

Lambda : 1,42714

m : 47,789

❖ Quantiles

$q = F(X)$ (probabilité au non-dépassement)

$T = 1 / (1-q)$

Tableau 44 : résultats de l'ajustement à la loi de Pearson III

Période de retour	Fréquence au non dépassement	Valeur théorique	Ecart-type	Intervalle de confiance
T (ans)	q	XT	δ	95%
100	0,9900	252	60,2	N/D
50	0,9800	224	45,4	135 - 313
20	0,9500	187	28,4	132 - 243
10	0,9000	159	18,8	122 - 196
5	0,8000	130	14,1	102 - 157
3	0,6667	108	12,7	83,4 - 133
2	0,5000	88,8	10,9	67,4 - 110

- Test d'homogénéité

Test d'adéquation du Khi carré

- Hypothèses :

H0 : L'échantillon provient d'une loi Pearson type III

H1 : L'échantillon ne provient pas d'une loi Pearson type III

- Résultats

Résultat de la statistique : $X^2 = 5,47$

p-value : $p = 0,1406$

Degrés de liberté : 3

Nombre de classes : 7

Conclusion : Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5%. La figure suivante illustre l'ajustement de la série pluviométrique à la loi de Pearson III (Méthode des moments).

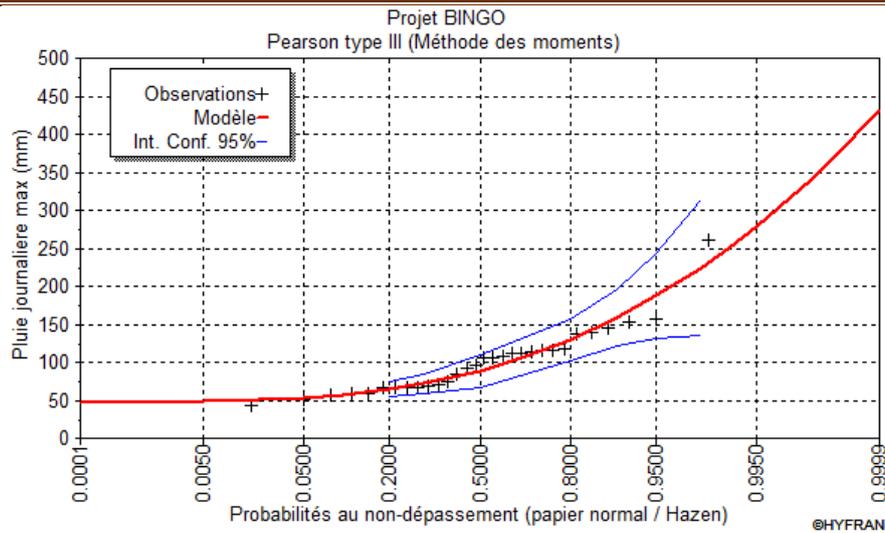


Figure 16 : Ajustement à la loi de Pearson III

2.6.1.3 Comparaison des deux lois d'ajustement

➤ Comparaison graphique

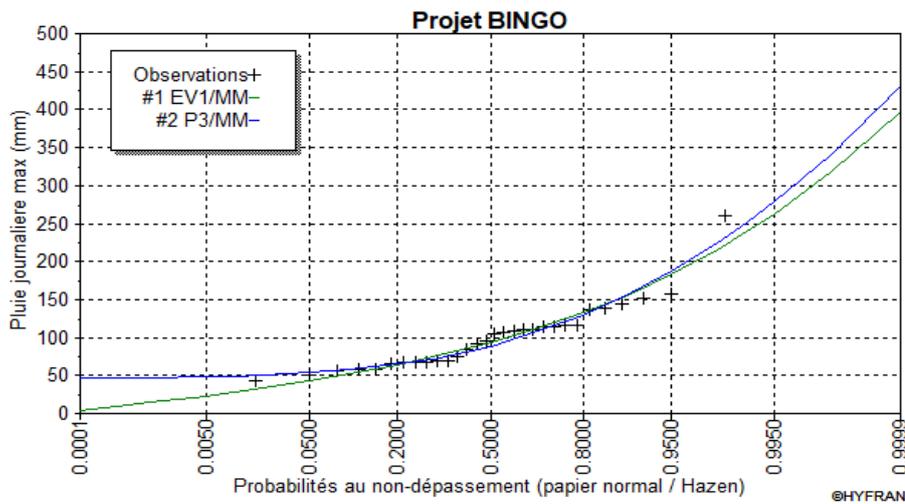


Figure 17 : Comparaison des deux lois d'ajustement

- : Loi Pearson III
- : Loi de Gumbel

La comparaison graphique des deux lois montre qu'il y'a plus d'échantillons qui se rapprochent de la loi de Gumbel que de celui de Pearson III. Cela signifie que la série de données obtenue

s'ajuste mieux avec la loi de Gumbel.

➤ **Comparaison par critère des deux lois**

Le tableau N°45 suivant montre le résultat de la comparaison par critères pour une période de retour de 10 ans.

Tableau 45 : résultats de la comparaison par critères

Modèle	Nb param	XT	P(Mi)	P(Mi/x)	BIC	AIC
Gumbel (méthode de moments)	2	157,991	50,00	100,00	309,418	306,616
Loi Pearson III (méthode de moments)	3	158,896	50,00	N/D	N/D	N/D

P(Mi) : Probabilité a priori

P (Mi | x) : Probabilité a posteriori (Méthode de Schwartz)

BIC : Critère d'information Bayésien

AIC : Critère d'information d'Akaike

Moyenne pondérée des quantiles : 157,9912

Avec la comparaison des deux lois nous obtenons des valeurs non définies du BIC et du AIC avec la loi de Pearson III. Ainsi nous pouvons dire que l'échantillon que nous avons obtenu s'ajuste mieux avec la loi de Gumbel.

Conclusion : En se référant aux graphes obtenus et à la comparaison par critère, par ces deux lois, celui de GUMBEL et de Person III, nous remarquons que l'échantillon s'ajuste mieux avec la loi de Gumbel. Nous optons donc pour la loi de **Gumbel**.

2.6.4.1 Calculs des débits à évacuer

Le détail des calculs va concerner le bassin versant 1. Le tableau N°46 suivant présente les caractéristiques géomorphologiques du bassin.

Tableau 46 : Caractéristiques géomorphologiques du BV1

N° des BV	superficie (Km ²)	Périmètre (Km)	Longueur hydraulique (Km)	Côte amont (m)	Côte aval (m)	penne moyenne I (m/m)	C
1	3,88	11,07	3,23	360,478	344,135	0,005	0,7

- Détermination de la concentration par la formule de KIRPICH [7]

$$T_c = 0,01947 \times \frac{L^{0,77}}{I^{0,385}} \rightarrow T_c = 0,01947 \times \frac{3230^{0,77}}{0,005^{0,385}}$$

$$T_c = 75,05 \text{ min}$$

- Calcul de l'intensité de la pluie déterminée à partir de la méthode de Montana [7]

$$I = a \times T_c^{-b} \text{ avec } a = 39 \text{ et } b = 0,5$$

$$I = 39 \times 75,5^{-0,5}$$

$$I = 4,502 \text{ mm/h}$$

- Calcul du débit ruisselé [7]

$$Q = 0,278 CIA \rightarrow Q = 0,278 \times 0,7 \times 4,502 \times 3,88$$

$$Q = 3,399 \text{ m}^3/\text{s}$$

Les résultats des calculs des débits des autres bassins versants sont résumés dans le tableau N°47 suivant.

Tableau 47 : Calcul des débits des bassins versants existants

BV	superficie (Km ²)	Périmètre (Km)	Longueur hydraulique (Km)	côte amont (m)	côte aval (m)	Pente I (m/m)	Tc (mn)	Montana		Intensité I (mm/h)	C	Q (m ³ /s)
								a	b			
1	3,88	11,07	3,23	360,478	344,135	0,005	75,052	39	0,5	4,502	0,7	3,399
2	0,15	1,5	0,3	360,768	355,864	0,016	7,666	39	0,5	14,086	0,7	0,411
3	0,12	1,5	0,19	362,96	356,137	0,036	3,983	39	0,5	19,541	0,7	0,456
4	0,49	2,95	0,61	360,857	352,609	0,014	14,244	39	0,5	10,334	0,7	0,985
5	0,17	1,74	0,33	356,218	351,47	0,014	8,665	39	0,5	13,249	0,7	0,438
6	0,73	4,37	1,35	358,9	350,372	0,006	35,199	39	0,5	6,574	0,7	1,125

ANNEXE VI : DIMENSIONNEMENT DE CHAUSSEE

3.3.3.2 Calcul des contraintes et déformations admissibles

➤ **Contrainte verticale admissible :**

Les contraintes de déformation verticales sont calculées à partir de la formule de Kerkhoven et Dormon [3] qui est la suivante :

$$\sigma_{z, adm} = \frac{0,3 \times CBR}{1 + 0,7 \times \log(NE)}$$

NE représente le trafic équivalent total de poids lourds, et CBR représente l'indice de portance du matériau pour lequel la contrainte de déformation verticale est calculée.

Pour la plateforme on a :

$$CBR = 15 ; NE = T_c = 2,582.10^6 PL$$

$$\sigma_{z, adm} = \frac{0,3 \times 15}{1 + 0,7 \times \log(2582474)} = 0,820 MPa$$

$$\sigma_{z, adm} = 0,820 MPa$$

Pour la couche de fondation non traité on a :

$$CBR = 30 ; NE = T_c = 2,582.10^6 PL$$

$$\sigma_{z, adm} = \frac{0,3 \times 30}{1 + 0,7 \times \log(2582474)} = 1,64 MPa$$

$$\sigma_{z, adm} = 1,64 MPa$$

Pour la couche de fondation non traitée on a :

$$CBR = 45 ; NE = T_c = 2,582.10^6 PL$$

$$\sigma_{z, adm} = \frac{0,3 \times 45}{1 + 0,7 \times \log(2582474)} = 2,46 MPa$$

$$\sigma_{z, adm} = 2,46 MPa$$

➤ **Déformation admissible**

- **Déformation admissible du sol support**

La déformation verticale de compression admissible est calculée par la relation suivante [3] :

$$\varepsilon z, adm = \begin{cases} 12\ 000 \times NE^{-0.222} \text{ (trafic fort) } T \geq T3 \\ 16\ 000 \times NE^{-0.222} \text{ (trafic faible) } T < T3 \end{cases}$$

Le trafic du projet étant de type T3 nous avons donc :

$$\varepsilon z, adm = 12\ 000 \times (2582474)^{-0.222}$$

$$\varepsilon z, adm = 452,59 \mu\text{def}$$

- **Déformation admissible en traction des matériaux de la chaussée**

Pour les matériaux bitumineux, les déformations admissibles en traction sont calculées par la relation [9] suivante :

$$\varepsilon t, adm = \varepsilon_6(10^\circ\text{C}; 25\text{Hz}) \times \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} \times kc \times kr \times ks$$

$$\text{Avec } Kr = 10^{-ub\delta} \text{ et } \delta = \sqrt{S_N^2 + \left(\frac{C \times Sh}{b}\right)^2}$$

Avec :

- **NE** le nombre équivalent de poids lourds ;
- **Kc** est le coefficient de calage ;
- **Kr** est lié au risque supporté par la chaussée
- **b** est la pente de la droite de fatigue ;
- **ks** est le facteur de stabilité tenant compte des hétérogénéités locales de portance d'une couche ;
- ε_6 est l'élongation admissible pour une fréquence de 25Hz et une température de 10°C ;
- **E(10°C)** est le module du matériau à la température équivalente de 10°C ;
- **E(θ_{eq})** est le module du matériau à la température équivalente du milieu d'utilisation ;
- **Sh** est l'écart type sur l'épaisseur de la couche;
- **S_N** est l'écart type sur la fatigue des matériaux;
- **C** est le coefficient reliant la variation de déformation à la variation aléatoire de la chaussée ;
- **u** est la valeur de la variable aléatoire associée au risque;
- **δ** est l'écart type épaisseur/fatigue.

Les valeurs des différents paramètres entrant dans le calcul de la déformation admissible sont consignées dans le tableau N°48 ci-dessous.

Tableau 48 : Paramètres utilisés pour la détermination de la déformation admissible pour les matériaux bitumineux [9].

Désignation	$\epsilon_6 (10^\circ C; 25Hz)$	$E(10^\circ C)$ (MPa)	$E(30^\circ C)$ (MPa)	$-1/b$	Sh (cm)	S_N	kc	ks	r (%)	Kr
Béton bitumineux	100	7200	2170	5	1	0,25	1,1	1	12	0,864
Grave bitume	90	12 300	2700	5	1,6	0,30	1,3	1	12	0,832

$$NE = T_c \times CAM = 2,582474 \cdot 10^6 \times 0,5 = 1,291237 \cdot 10^6 PL$$

- Béton bitumineux à module élevé (BBME)

$$\epsilon_{t, adm} = 100 \times \left(\frac{1,291237 \cdot 10^6}{10^6} \right)^{-0,2} \times \sqrt{\frac{7200}{2170}} \times 1,1 \times 0,864 \times 1$$

$$\epsilon_{t, adm} (BBME) = 164,49 \mu def$$

- Grave bitume 3 (GB3)

$$\epsilon_{t, adm} = 90 \times \left(\frac{1,291237 \cdot 10^6}{10^6} \right)^{-0,2} \times \sqrt{\frac{12300}{2700}} \times 1,3 \times 0,832 \times 1$$

$$\epsilon_{t, adm} (GB3) = 197,41 \mu def$$

➤ Contrainte tangentielle

Pour la couche traitée aux liants hydrauliques (ciment), la contrainte à la base de la couche se calcule comme suit [9] :

$$\sigma_{t, adm} = \sigma_6 \times \left(\frac{NE}{10^6} \right)^b \times kc \times kd \times kr \times ks$$

Les valeurs des différents paramètres entrant dans le calcul de la contrainte tangentielle admissible sont consignées dans le tableau N°49 ci-dessous.

Tableau 49 : Paramètres de calcul de la contrainte tangentielle [9]

Désignation	σ_6	$-1/b$	Sh (cm)	S_N	k_c	k_s	r (%)	Kr	Kd
GLAC	0,75	15	3	1	1,5	1	12	0,785	1

$$\sigma_{t, adm} = 0,75 \times \left(\frac{3,357216 \cdot 10^6}{10^6} \right)^{-0,06} \times 1,5 \times 1 \times 0,785 \times 1$$

$$\sigma_{t, adm} (GLAC) = 0,815 \text{ MPa}$$

3.3.3.3 Présentation de la simulation sur le logiciel alize LCPC

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION/REHABILITATION DE ROUTE,
D'OUVRAGES D'ART DE LA BRETELLE RNI-DEPOT D'HYDROCARBURES DE BINGO**

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

Trafic PL cumulé : données

<input type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	238
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	4
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	5,15
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	20
<input checked="" type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	2582474

Cocher au plus 3 cases

Aide

CAM : Guide lcpc-sétra 94
 CAM : Catalogue 1998
 Risques : Guide lcpc-sétra 94
 Risques : Catalogue 1998
 Structures catalogue 98

Valeurs admissibles : données

matériau type :	gb3	Téta équiv. (°C) :	30°C
coefficient CAM :	0,5	E10*10Hz (MPa) :	12300
risque (%) :	12,0	Etéq10Hz (MPa) :	2700
trafic cumulé NE :	1,2912E+6	Hstructurel MB (m) :	0,12
Epsilon6 (µdéf) :	90	écart type Sh (m) :	0,016
-1/b :	5	écart type SN :	0,300
		Kr (risque) :	0,832
		Kc (calage) :	1,3
		Ks (che liée/pf3 pf4) :	1

Calculer EpsiT admissible
 Calcul inverse NE = f(EpsiT)
 Calcul inverse Risk = f(EpsiT)
 Bibliothèque des matériaux
 Imprimer
 Enregistrer

Pour modifier les valeurs standard : cliquer sur "gb3"

EpsilonT admissible = 197,4 µdéf

Mémo ...
 10-EpsiT= 164,5
 11-EpsiT= 197,4

effacer=dbl click
 Fermer

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

Trafic PL cumulé : données

<input type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	238
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	4
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	5,15
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	20
<input checked="" type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	2582474

Cocher au plus 3 cases

Aide

CAM : Guide lcpc-sétra 94
 CAM : Catalogue 1998
 Risques : Guide lcpc-sétra 94
 Risques : Catalogue 1998
 Structures catalogue 98

Valeurs admissibles : données

matériau type :	mtlh	1/Kd (discontinuité) :	1
coefficient CAM :	1,3	écart type Sh (m) :	0,03
risque (%) :	12,0	écart type SN :	1
trafic cumulé NE :	3,3572E+6	Kr (risque) :	0,785
Sigma6 (MPa) :	0,75	Kc (calage) :	1,5
-1/b :	15	Ks (che liée/pf3 pf4) :	1

Calculer SigmaT admissible
 Calcul inverse NE = f(SigmaT)
 Calcul inverse Risk = f(SigmaT)
 Bibliothèque des matériaux
 Imprimer
 Enregistrer

SigmaT admissible = 0,815 MPa

Mémo ...
 10-EpsiT= 164,5
 11-EpsiT= 197,4
 12-SigmaT= 0,815

effacer=dbl click
 Fermer

ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION/REHABILITATION DE ROUTE, D'OUVRAGES D'ART DE LA BRETELLE RNI-DEPOT D'HYDROCARBURES DE BINGO

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

Trafic PL cumulé : données

Moyenne journalière annuelle (MJA) : 238
 Taux accroissement géométrique (%) : 4
 Taux accroissement arithmétique (%) : 5,15
 Durée de service (années) : 20
 Trafic cumulé PL : 2582474
 Cocher au plus 3 cases

Aide

CAM : Guide lcpc-sétra 94
 CAM : Catalogue 1998
 Risques : Guide lcpc-sétra 94
 Risques : Catalogue 1998
 Structures catalogue 98

Valeurs admissibles : données

matériau type : gnt et sol
 coefficient CAM : 1
 trafic cumulé NE : 2,5825E+6
 Coefficient A : 12000
 pente b : -0,222

Calculer EpsiZ admissible
 Calcul inverse NE = f(EpsiZ)

Bibliothèque des matériaux Imprimer Enregistrer

EpsilonZ admissible = 452,6 µdéf

Mémo ...
 10-EpsiT= 164,5
 11-EpsiT= 197,4
 12-SigmaT= 0,815
 13-EpsiZ= 452,6

effacer=dbl click

Fermer

Alizé-Lcpc - Définition d'une Structure (Fichier/nouveau)

Fichier Calculer Valeurs admissibles Bibliothèques Configurer Alizé Fenêtre ?

Titre : Projet BINGO

Structure de base

	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
collé	0,05	2170	0,350	bbme
collé	0,12	2700	0,350	gb3
collé	0,16	360	0,350	gnt-be
collé	0,22	225	0,35	autre
collé	0,20	150	0,35	autre
collé	infini	75	0,35	autre

Modifier la structure

nb de couches : 6

Ajouter 1 couche

Supprimer 1 couche

Série de calculs

nb de calculs : 1

Voir/gérer les variantes

Niveaux de calcul

Modifier les niveaux

Aide

Nature des interfaces
 Epaisseurs mini-maxi
 Calcul direct (charge réf.)
 Quitter Alizé

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

Projet BINGO variante 1 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,050	2170,0	0,350	0,000	43,3	0,294	-12,1	0,659
	collé		0,050	36,2	0,295	116,9	0,594
0,120	2700,0	0,350	0,050	36,2	0,362	83,4	0,594
	collé		0,170	-191,1	-0,637	208,3	0,162
0,160	360,0	0,350	0,170	-191,1	-0,010	451,4	0,162
	collé		0,330	-175,7	-0,047	282,3	0,075
0,220	225,0	0,350	0,330	-175,7	-0,014	360,2	0,075
	collé		0,550	-138,5	-0,026	236,3	0,036
0,200	150,0	0,350	0,550	-138,5	-0,011	286,2	0,036
	collé		0,750	-126,9	-0,017	219,4	0,022
infini	75,0	0,350	0,750	-126,9	-0,003	309,4	0,022

Grandeurs affichées

- tableau 1
- tableau 2
- tableau 3
- tableau 4
- tableau 5
- tableau 6
- tableau 7
- tableau 8

Déflexion = 50,5 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 290,4 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

3.4 Calcul des valeurs admissibles de la variante proposée

➤ Contrainte verticale admissible

Couche de fondation (CBR=30) → $\sigma_z, adm = 1,64 \text{ MPa}$

Plate-forme (CBR=15) → $\sigma_z, adm = 0,820 \text{ MPa}$

➤ Déformation admissible du sol support

$\epsilon_z, adm = 452,59 \mu\text{def}$

➤ Contrainte tangentielle de la couche en béton armé continu BAC

Le béton de ciment de la couche de BAC correspond à la classe de résistance 4 de la norme ($f_t = 2,4 \text{ MPa}$).

f_t étant la résistance moyenne en traction par fendage du béton à 28 jours .

La contrainte admissible à la base de cette couche se calcule comme suit [9] :

$$\sigma_t, adm = \sigma_6 \times \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b \times kr \times kd \times kc$$

Les valeurs des différents paramètres entrant dans le calcul de la contrainte tangentielle admissible sont consignées dans le tableau N°50 ci-dessous.

Tableau 50: Paramètres de calcul de la contrainte tangentielle

Désignation	E (MPa)	σ_6	$-1/b$	Sh (cm)	S_N	kc	kd	r (%)	Kr
GLAC	24000	1,95	15	1	1	1,5	1/1,47	5	0,776

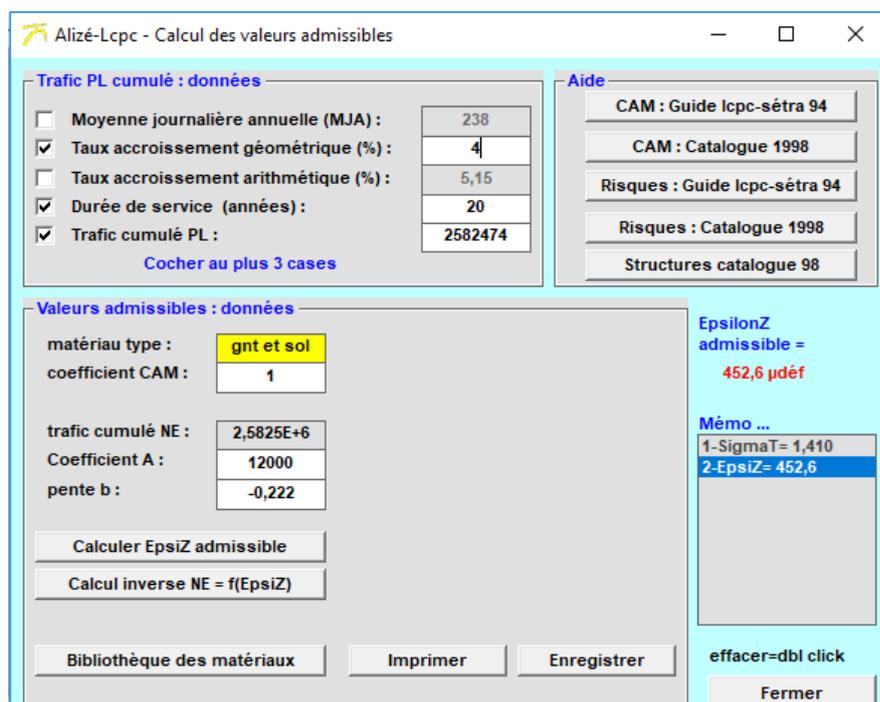
Coefficient de poisson $\nu = 0,25$

Toutes les couches sont supposées collées

$$\sigma_{t, adm} = 1,95 \times \left(\frac{3,357216 \cdot 10^6}{10^6} \right)^{-0,06} \times 0,776 \times \frac{1}{1,47} \times 1,5$$

$$\sigma_{t, adm} (GLAC) = 1,42 \text{ MPa}$$

➤ Présentation de la simulation sur le logiciel alize LCPC



Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

PROJET BINGO variante 1 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)	SigmaZ (MPa)
0,200	24000,0	0,250	0,000	27,2	1,043	-8,6	0,657
collé			0,200	-54,0	-1,590	31,5	0,024
0,200	150,0	0,350	0,200	-54,0	0,002	149,3	0,024
collé			0,400	-66,3	-0,006	135,9	0,017
infini	75,0	0,350	0,400	-66,3	0,002	205,3	0,017

Grandeurs affichées

- tableau 1
- tableau 2
- tableau 3
- tableau 4
- tableau 5
- tableau 6
- tableau 7
- tableau 8

Déflexion = 35,2 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 1447,3 m

Imprimer Enregistrer

Variante n+1

Voir Chargt. Fermer

Tableau 51: Résultats de la vérification des déformations avec Alizé (variante proposée)

Désignation	Valeur variante proposée	Valeur admissible	Observations
20 cm BAC σ_t (MPa)	1,59	1,42	1,59 > 1,42 Condition non satisfaite
20 cm GLA (CBR>30) ϵ_z (μdef)	149,3	452,59	149,3 < 452,59 ✓ Condition satisfaite
Sol support ϵ_z (μdef)	205,3	452,59	205,3 < 452,59 ✓ Condition satisfaite

En analysant la valeur de la contrainte tangentielle de la couche de revêtement, nous remarquons qu'elle est supérieure à la valeur admissible d'où la nécessité d'augmenter l'épaisseur de cette couche à 22 cm pour satisfaire aux conditions.

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

PROJET BINGO variante 2 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdéf)	SigmaZ (MPa)
0,220	24000,0	0,250	0,000	23,3	0,901	-5,1	0,657
	collé		0,220	-47,0	-1,384	27,4	0,020
0,200	150,0	0,350	0,420	-47,0	0,001	127,4	0,020
	collé		0,420	-56,3	-0,005	116,2	0,014
infini	75,0	0,350	0,420	-56,3	0,001	175,8	0,014

Grandeurs affichées

- tableau 1
- tableau 2
- tableau 3
- tableau 4
- tableau 5
- tableau 6
- tableau 7
- tableau 8

Déflexion = 32,4 mm/100
entre-jumelage

Rdc = 1739,8 m

Imprimer Enregistrer

Variante n-1

Voir Chargt. Fermer

Détermination des armatures

- Armatures longitudinales

Le pourcentage de section d'acier est égal à :

$$p = \frac{0,67f_t}{3,3} = 0,67 \times \frac{2,4}{3,3} = 0,49\%$$

La section de béton étant de $8m \times 0,22 m^2$, la section d'acier est :

$$A_s = 800 \times 22 \times 0,0049 = 86,24 cm^2$$

Soit 57 barres Ø14 mm réparties sur la largeur de la chaussée, avec un espacement de 15 cm.

- Fers de liaison

La section d'acier par mètre linéaire de joint longitudinal est :

$$S = flP/L_s$$

f = coefficient de frottement du béton sur le sol support pris à 1,5

l = largeur séparant le joint liaisonné du bord libre le plus proche égale à 4m

L_s = contrainte admissible dans l'acier prise à 75% de la limite élastique égale à 300MPa

P = Poids du revêtement au m^2 ; $P = 0,22 \times 2400 \times 10 = 5,28 kPa$

D'où $S = 1,05 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Afin de respecter une distance entre fers de liaison comprise entre 0,7 m et 1 m, on retiendra un fer $\varnothing 10$ mm tous les 0,80 m.

ANNEXE VII : SIGNALISATION, SECURITE ET AMENAGEMENT ROUTIER

3.5.1 Signalisation et sécurité routière

Les différents panneaux de signalisation utilisés :



Le panneau « STOP »



Panneau de direction



Panneau type ralentisseurs



Surélévation de chaussée



Panneau passage piéton



Balise J5



Limitation de vitesse



PANNEAU BETON type 1

Panneau de direction

3.5.2 Plan d'aménagement des amorces

ANNEXE VIII : ETUDE HYDRAULIQUE

4.1 Etat des lieux



Figure 18 : Quelques images des dalots rencontrés sur le tronçon [1]

4.2.2 Vérification hydraulique de l'ouvrage en sortie libre

Le débit de projet de l'ouvrage est $Q_p = 3,399m^3/s$.

Il s'agit de vérifier si la section $1,50 \times 1,00$ permet d'évacuer convenablement le débit de projet.

4.2.2.1 Pré-dimensionnement

Nombre de travée : $N = 1$

Hauteur fictive : $H = 1,0$

Largeur fictive : $B = 1,50$

Section fictive : $A = H \times B = 1 \times 1,5 = 1,5m^2$

Vitesse fictive : $V = \frac{Q}{A} = \frac{3,399}{1,5} = 2,266m^2/s$

4.2.2.2 Détermination de la profondeur d'eau en amont H_1

En retenant comme paramètre de calcul : l'accélération de la pesanteur $g = 10\text{m/s}^2$ et un coefficient de rugosité de Manning – Strickler $K_s = 67$ (pour le béton), on a :

- Calcul du débit réduit

$$Q^* = \frac{Q}{H \times B \times \sqrt{2 \times g \times H}} = \frac{3,399}{1 \times 1,5 \times \sqrt{2 \times 10 \times 1}} = 0,455\text{m}^3/\text{s}$$

De l'abaque des dalots rectangulaires à sortie libre avec mur en tête, on lit par projection sur la courbe A la hauteur réduite $H_1^* = 1,15\text{m}$.

Sortie libre : Dalots rectangulaires

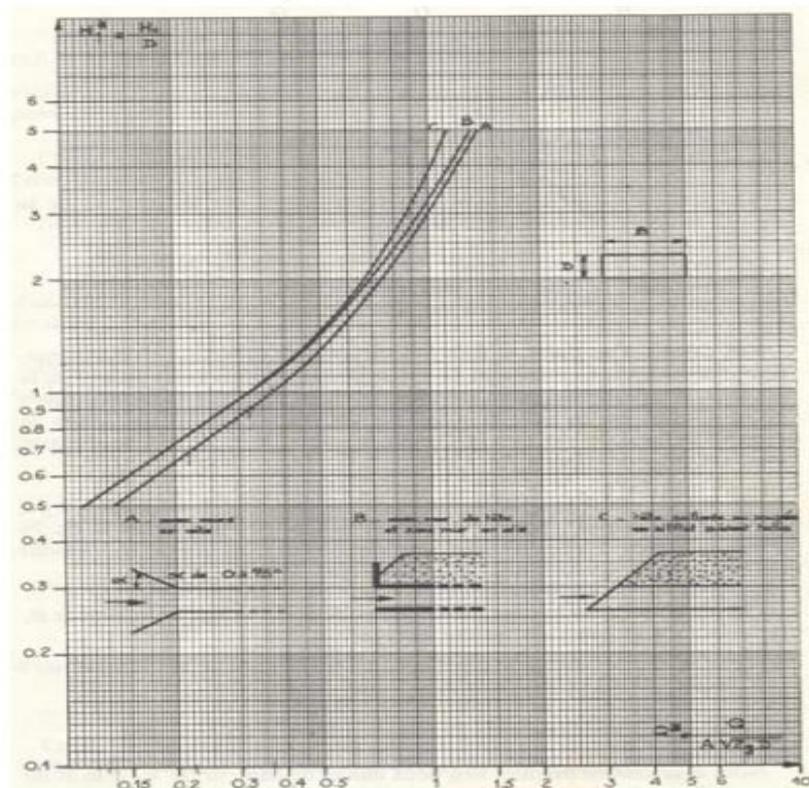


Figure 19 : Abaque des dalots rectangulaires à sortie libre [7]

- Calcul de la profondeur d'eau en amont H_1

$$H_1 = H_1^* \times H = 1,15 \times 1 = 1,15\text{m}$$

$$H_1 = 1,15 \leq 1,25 H \rightarrow \text{L'écoulement est à surface libre à l'amont.}$$

4.2.2.3 Détermination de la pente critique I_c

Le débit réduit donne : $Q^* = \frac{Q}{\sqrt{g \times B^5}} = \frac{3,399}{\sqrt{10 \times 1,5^5}} = 0,39 m^3/s$

De l'abaque des pentes critiques des dalots rectangulaires à sortie libre, on lit $I_c^* = 3,25$

VI.1.1.1 Calcul de la pente critique en fonction du débit. Dalot rectangulaire

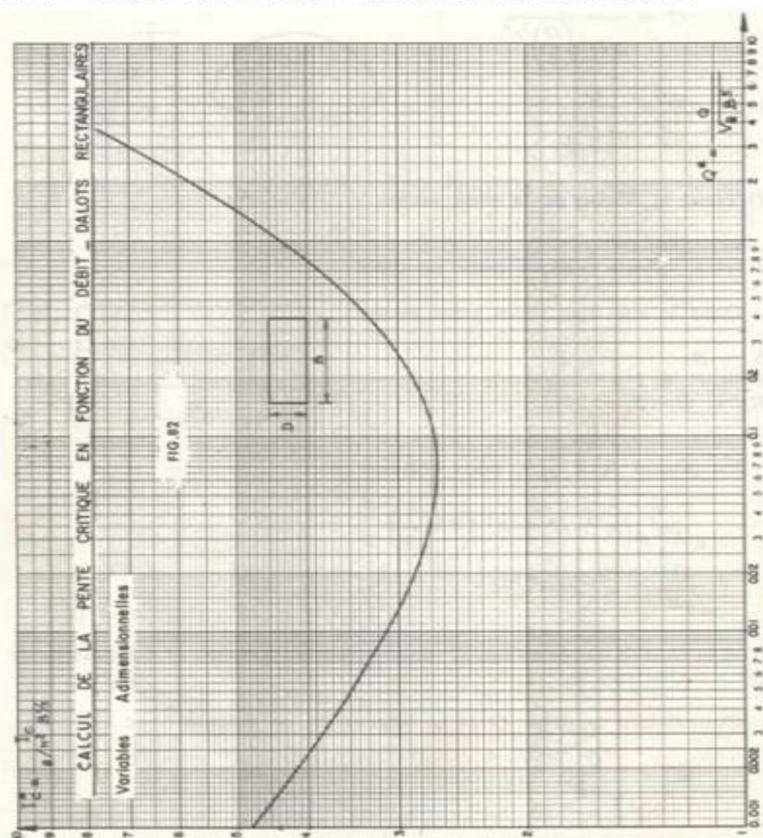


Figure 20 : Abaque des pentes critiques des dalots rectangulaires à sortie libre [7]

La pente critique est alors : $I_c = I_c^* \times \frac{g}{Ks^2 \times \sqrt{H}} = 3,25 \times \frac{10}{67^2 \times \sqrt{1,5}} = 0,005$ soit 0,5%.

4.2.2.4 Détermination de la vitesse réelle d'écoulement V

Le débit réduit donne : $Q^* = \frac{Q}{Ks \times \sqrt{I} \times \sqrt[3]{B^8}} = \frac{3,399}{67 \times \sqrt{0,005} \times \sqrt[3]{1,5^8}} = 0,24 m^3/s$

De l'abaque des vitesses critiques des dalots rectangulaires à sortie libre, on lit $V_c^* = 0,41$

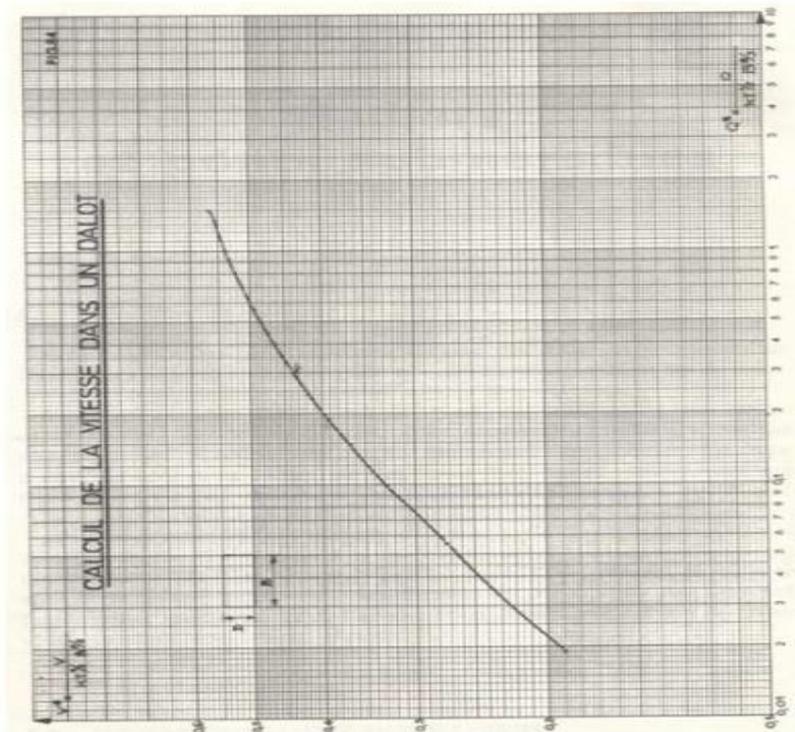


Figure 21 : Abaque des vitesses critiques des dalots rectangulaires à sortie libre [7]

La vitesse critique d'écoulement de l'eau est alors : $V = V^* \times K_s \times \sqrt{Ic} \times \sqrt[3]{B^2} = 0,41 \times 67 \times \sqrt{0,005} \times \sqrt[3]{1,5^2} = 2,24m/s$

Conclusion : $V_c = \frac{2,24m}{s} < V_{max} = \frac{3m}{s} \rightarrow$ la condition de vitesse limite est vérifiée ;
les dimensions du dalot sont donc acceptables.

ANNEXE XIV : Notes de calcul du dalot 150 × 100

4.3.2.1 Description de l'ouvrage

➤ Dimensions du dalot

L'épaisseur est déterminée par la formule suivante [13] :

$$e = \frac{l}{32} + 0,125$$

$$e = \frac{1,5}{32} + 0,125 = 0,172 \text{ m}$$

Prenons $e = 0,20\text{m}$

Epaisseur du tablier, du radier, des piédroits	= 0,20 m
Hauteur des piédroits	= 1,00 m
Portée	= 1,7 m entre axe des piédroits
Ouverture hydraulique	= 1,50 m x 1,00 m
Guide roues en béton armé	= 0,20 m x 0,80 m
Longueur du dalot	= 20,50 m

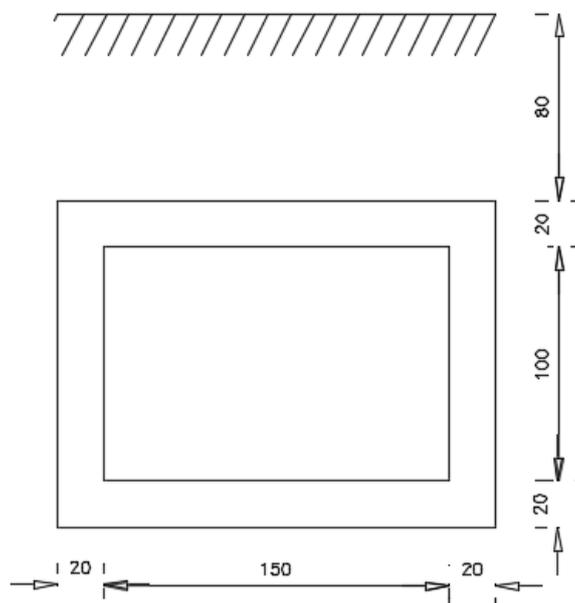


Figure 22 : Dalot type 1 x 1,50 x 1,00

4.3.2.2 Données

- Largeur roulable L_r : 2 x 8,25 m
- Largeur chargeable L_c : 15,5 m
- Nombre de voies : $E(L_c/3) = 4$ voies (2 x 2 voies)
- Classe de l'ouvrage : 1^{ère} classe ($L_r > 7$ m)
- Les coefficients b_t et b_c

Le coefficient b_c est fonction de la classe du pont et du nombre de files considérés. Quant au coefficient b_t , il est fonction uniquement de la classe du pont. Ainsi, pour un pont de première classe et pouvant disposer au maximum quatre files nous avons $b_t = 1,00$ et $b_c = 0,80$ [14].

- Le coefficient de majoration dynamique est donnée par la formule $\delta = 1 + \frac{0,4}{1+0,2L} + \frac{0,6}{1+(\frac{4G}{S})}$

Avec : L : Max (L_r ; portée de la travée) ;

G : poids total d'une section de couverture de longueur L et de toute la largeur relative à cette couverture et aux éléments reposant sur elle ;

S : poids total maximal des essieux du système B (B_c ou B_t) qu'il est possible de placer sur la longueur L .

On prendra $\delta = \text{Max}(\delta_{B_c}, \delta_{B_t})$ pour toutes les charges du système B.

4.3.2.3 Hypothèse de base

Les calculs sont établis selon les prescriptions des principaux documents suivants :

- ✓ Fascicule 62 titre I, section I : Règles techniques de construction et de calcul des ouvrages en béton Armé, suivant la méthode des états limites (BAEL 91 modifié 99) [8].
- ✓ Fascicule n° 61 (Titre II) concernant les charges d'exploitation - Conception Calcul et épreuves des ouvrages d'art [14].

4.3.2.4 Hypothèses De Calculs

Au sens du BAEL [8], la fissuration est jugée préjudiciable

✚ Béton

- Dosage : 350 kg/m³ de CPA ;
- Résistance de la compression à 28 jours : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$;
- Résistance de la traction à 28 jours : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 \times f_{c28} = 2,10 \text{ MPa}$;
- Contrainte de calcul du béton : $\sigma_{bu} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b} = \frac{0,85 \times 25}{1 \times 1,5} = 14,17 \text{ MPa}$ (avec $\theta = 1$; $\gamma_b = 1,5$;
- Contrainte limite du béton : $\sigma_{bc} = 0,6 \times f_{c28} = 15 \text{ MPa}$.

✚ Acier

- Nuance : Acier à haute adhérence (HA : FeE500 $f_e = 500 \text{ MPa}$) ;
- Contrainte de calcul de l'acier : $\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$;
- Fissuration préjudiciable : $\bar{\sigma}_s = \min(\frac{2}{3} f_e ; \max(\frac{1}{2} f_e ; 110 \sqrt{\eta f t j})) = 250 \text{ MPa}$ avec $(\frac{2}{3} f_e = \frac{2}{3} \times 500 = 333,33 \text{ MPa} ; \frac{1}{2} f_e = \frac{1}{2} \times 500 = 250 \text{ MPa} ; 110 \sqrt{1,6 \times 2,10} = 201,63 \text{ MPa pour } \eta = 1,6)$;
- Enrobage des aciers : $c = 3 \text{ cm}$

✚ Sol et fondation

Pour le calcul des efforts et sollicitations dus aux remblais, nous considérons une hauteur moyenne de remblai $Hr = 0,8 \text{ m}$ sur le tablier.

- Poids volumique des terres : $\gamma_d = \frac{20 \text{ kN}}{\text{m}^3}$
- Coefficient de poussée : $K_a = 0,33$
- Surcharge de remblai : $q = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
- Contrainte admissible : $\delta_{sol} = 0,15 \text{ MPa} = 1,5 \text{ bars}$

4.3.3 Calcul des sollicitations

4.3.3.1 Méthode de calcul

De manière générale, les études seront faites par bande b d'un (01) mètre de dalot ($b = 1 \text{ m}$).

Pour le calcul des sollicitations dans les éléments de structure du cadre simple, nous considérerons les différents cas de charges : sous actions permanentes d'une part, et sous

surcharge d'exploitation d'autre part.

4.3.3.2 Schéma de principe du cadre simple

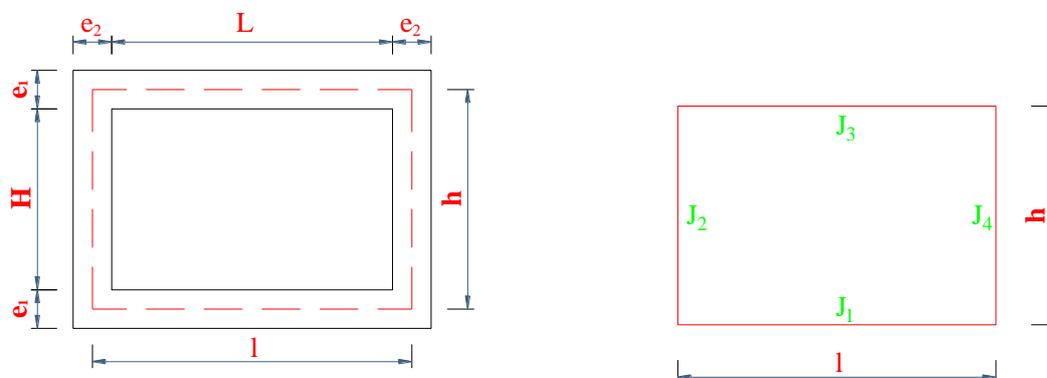


Figure 23 : Dalot type 150×100

Dimensions ouverture :

- $H = 1,0 \text{ m}$; $L = 1,5 \text{ m}$; $e1 = 0,20 \text{ m}$; $e2 = 0,20 \text{ m}$
- $l = 1,5 + 2 \times \frac{0,20}{2} = 1,70 \text{ m}$
- $h = 1,0 + 2 \times \frac{0,20}{2} = 1,20 \text{ m}$

Dimensions guide roue :

- $e3 = 0,2 \text{ m}$; $H' = 0,8 \text{ m}$

Détermination des constantes :

$$J_1 = J_3 = \frac{B \times H^3}{12} = \frac{1 \times 0,20^3}{12} = 0,000667 \text{ m}^4$$

$$J_2 = J_4 = \frac{B \times H^3}{12} = \frac{1 \times 0,20^3}{12} = 0,000667 \text{ m}^4$$

$$k1 = \frac{J_3}{J_1} = 1,00$$

$$k2 = \frac{J_3}{J_2} \times \frac{h}{l} = 1,00 \times \frac{1,20}{1,70} = 0,706$$

- $K1 = 2 k2 + 3$

$$K1 = 2 \times 0,706 + 3 = 4,412$$

- $K2 = 3 k1 + 2 k2$

$$K2 = 3 \times 1 + 2 \times 0,706 = 4,412$$

- $K3 = 3 k2 + 1 - \frac{k1}{5}$

$$K3 = 3 \times 0,706 + 1 - \frac{1}{5} = 2,918$$

- $K4 = \frac{6k1}{5} + 3 k2$

$$K4 = \frac{6 \times 1}{5} + 3 \times 1 = 0,706 + 3 = 3,706$$

- $F1 = K1 \times K2 - k2^2$

$$F1 = 4,412 \times 4,412 - 0,706^2 = 18,965$$

- $F2 = 1 + k1 + 6 k2$

$$F2 = 1 + 1 + 6 \times 0,706 = 6,235$$

Le tableau N°52 ci dessous présente le récapitulatif des constantes calculées.

Tableau 52 : Récapitulatif des valeurs des constantes

Constantes	Valeurs
k1	1
k2	0,706
K1	4,412
K2	4,412
K3	2,918
K4	3,318
F1	18,965
F2	6,235

4.3.3.3 Calcul des sollicitations dues aux charges permanentes

4.3.3.3.1 Actions permanentes et sollicitations du Tablier

➤ Charges Permanentes

Poids propre tablier : $P_{tab} = e_1 \times \gamma_b \times 1$
 $P_{tab} = 0,20 \times 25 \times 1 = 5 \text{ kN/ml}$

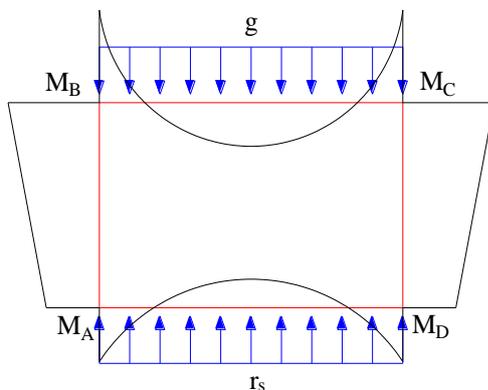
Poids propre guide roue : $P_{gr} = (\gamma_b \times l \times e_3 \times H' \times 2) / Lr$
 $P_{gr} = \frac{(25 \times 1,7 \times 0,20 \times 0,8 \times 2)}{16,5} = 0,824 \text{ kN/ml}$

Remblai : $P_r = 1 \times e_r \times \gamma_b$
 $P_r = 1 \times 0,8 \times 20 = 10 \text{ kN/ml}$

Poids total: $P = 21,824 \text{ kN/ml}$

➤ Détermination des inconnues hyperstatiques

Moment sur les appuis



$$M_A = - \frac{PL^2}{(4 F_1)} (k_1 \times K_1 - k_2)$$

$$M_A = - \frac{21,824 \times 1,7^2}{4 \times 18,965} (1 \times 4,412 - 0,706) = - 3,081 \text{ kN.m}$$

$$M_D = M_A = - 3,081 \text{ kN.m}$$

$$M_B = M_C = M_A = M_D = - 3,081 \text{ kN.m}$$

Détermination des Moments à mi portée

$$M_{BC} = -\frac{PL^2}{8} + \frac{MB + MC}{2}$$

$$M_{BC} = \frac{21,824 \times 1,7^2}{8} - 3,081 = 4,803 \text{ kN.m}$$

$$M_{AD}(\text{RADIÉ}) = M_{BC}(\text{TABLIÉ}) = 4,803 \text{ kN.m}$$

$$M_{AB}(\text{Piédroit}) = \frac{M_A + M_B}{2} = -3,081 \text{ kN.m}$$

$$M_{CD}(\text{Piédroit}) = \frac{M_C + M_D}{2} = -3,081 \text{ kN.m}$$

Détermination des efforts normaux

$$N_{AD} = \frac{-3,110 + 3,110}{1,70} = 0$$

$$N_{AB} = \frac{PL}{2} + \frac{M_B - M_A}{h} + \frac{M_C - M_D}{l} = \frac{21,824 \times 1,7}{2} = 18,551 \text{ kN}$$

$$N_{CD} = N_{AB} = 18,551 \text{ kN}$$

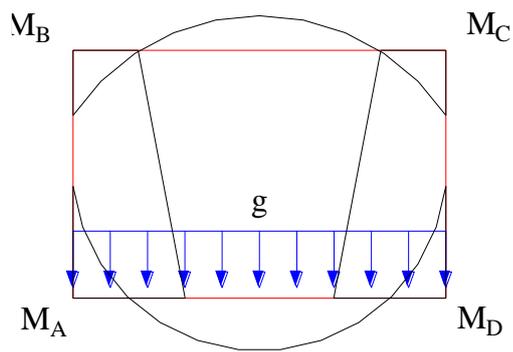
4.3.3.3.2 Actions permanentes et sollicitations du radier

➤ **Charges permanentes**

$$\text{Poids propre} : e_1 \times \gamma_b \times 1 = 0,2 \times 25 \times 1 = 5 \text{ kN/ml}$$

➤ **Détermination des inconnues hyperstatiques**

Moment sur les appuis



$$M_A = g \times l^2 \times \frac{k1 \times K1 - k2}{4 \times F1}$$

$$M_A = 5 \times 1,7^2 \times \frac{1 \times 4,412 - 0,706}{4 \times 18,965}$$

$$M_A = -0,706 \text{ kN.m}$$

$$M_D = M_A = -0,706 \text{ kN.m}$$

$$M_B = g \times l^2 \times \frac{K2 - k1 \times k2}{4 \times F1}$$

$$M_B = 5 \times 1,7^2 \times \frac{4,412 - 1 \times 0,706}{4 \times 18,965}$$

$$M_B = -0,706 \text{ kN.m}$$

$$M_C = M_B = -0,706 \text{ kN.m}$$

Moments à mi portée

$$M_{BC} = \frac{g \times l^2}{8} + M_B$$

$$M_{BC} = \frac{5 \times 1,70^2}{8} - 0,706$$

$$M_{BC} = 1,100 \text{ kN.m}$$

$$M_{AD} = M_{BC} = 1,100 \text{ kN.m}$$

$$M_{AB} = \frac{M_A + M_B}{2}$$

$$M_{AB} = -0,706 \text{ kN.m}$$

$$M_{CD} = M_{AB} = -0,706 \text{ kN.m}$$

Efforts normaux

$$N_{AD} = N_{BC} = 0$$

$$N_{AB} = \frac{g \times l}{2}$$

$$N_{AB} = \frac{5 \times 1,7}{2}$$

$$N_{AB} = 4,25 \text{ kN}$$

$$N_{CD} = N_{AB} = 4,25 \text{ kN}$$

4.3.3.3 Actions permanentes et sollicitations de la poussée des terres

➤ Charges permanentes

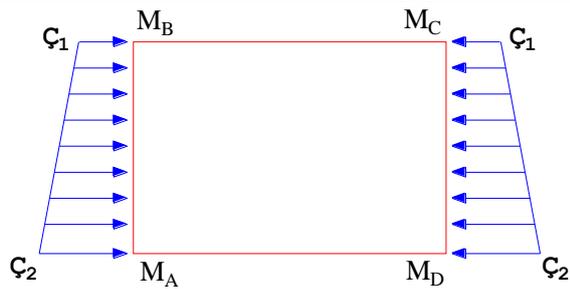
$$\begin{aligned} \text{Poussée des terres à la tête } \sigma_1 &= ka * \gamma d * \left(e_r + \frac{e_1}{2} \right) \\ &= 0,333 \times 20 \times (0,8 + 0,20/2) = 5,994 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Poussée des terres au pieds } \sigma_2 &= ka \times \gamma d \times \left(h + \frac{e_1}{2} + e_r \right) \\ &= 0,333 \times 20 \times \left(1,2 + \frac{0,2}{2} + 0,8 \right) = 13,986 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\Delta\sigma = 13,986 - 5,994 = 7,992 \text{ kN/m}^2$$

➤ Détermination des inconnues hyperstatiques

Moments sur les appuis



$$M_A = -\frac{k^2(k^2 + 3)}{4 F_1} \sigma_1 h^2 - \frac{k^2 (3 k^2 + 8)}{20 F_1} \Delta\sigma h^2$$

$$M_A = -\frac{0,706(0,706 + 3)}{4 \times 18,965} (5,994 \times 1,2^2) - \frac{0,706(3 \times 0,706 + 8)}{20 \times 18,965} (7,992 \times 1,2^2)$$

$$M_A = -0,514 \text{ kN.m}$$

$$M_D = M_A = -0,514 \text{ kN.m}$$

$$M_B = -\frac{k^2(3k^1 + k^2)}{4 F_1} \sigma_1 h^2 - \frac{k^2 (7k^1 + 2k^2)}{20 F_1} \Delta\sigma h^2$$

$$M_B = -\frac{0,706(3 \times 1 + 0,706)}{4 \times 18,695} (5,994 \times 1,2^2) - \frac{0,706 (7 \times 1 + 2 \times 0,706)}{20 \times 18,965} (7,992 \times 1,2^2)$$

$$M_B = -0,478 \text{ kN.m}$$

$$M_C = M_B = -0,478 \text{ kN.m}$$

Détermination des moments à mi- portée

$$M_{BC} (\text{Tablier}) = M_C = -0,478 \text{ kN.m}$$

$$M_{AD} (\text{Radier}) = M_A = -514 \text{ kN.m}$$

$$M_{AB} = -\frac{\sigma_1 \times h^2}{8} + \frac{\Delta\sigma \times h^2}{12} + \frac{M_A + M_C}{2}$$

$$M_{AB} = -\frac{5,994 \times 1,20^2}{8} + \frac{7992 \times 1,20^2}{12} - \frac{0,514 + 0,478}{2} = 1,542 \text{ kN.m}$$

$$M_{AB} (\text{Piédroit}) = 1,542 \text{ kN.m}$$

$$M_{CD} (\text{Piédroit}) = M_{AB} = 1,542 \text{ kN.m}$$

Détermination des efforts normaux

$$N_{AD} = \frac{(\sigma_1 + 2\sigma_2) \times h}{6} + \frac{MB - MA}{h} + \frac{MD - MA}{l}$$

$$N_{AD} = \frac{(5,994 + 2 \times 13,986) \times 1,20}{6} + \frac{0,514 - 0,478}{1,20} + \frac{0,514 - 0,514}{1,70} = 6,824 \text{ KN}$$

$$N_{BC} = \frac{(\sigma_1 + 2\sigma_2) \times h}{6} + \frac{MA - MB}{h} + \frac{MC - MB}{l}$$

$$N_{BC} = \frac{(5,994 + 2 \times 13,986) \times 1,20}{6} + \frac{0,478 - 0,514}{1,20} + \frac{0,478 - 0,478}{1,70} = 5,164 \text{ KN}$$

$$N_{AB} = N_{CD} = 0 \text{ kN}$$

4.3.3.4 Poids permanent et sollicitation des piédroits

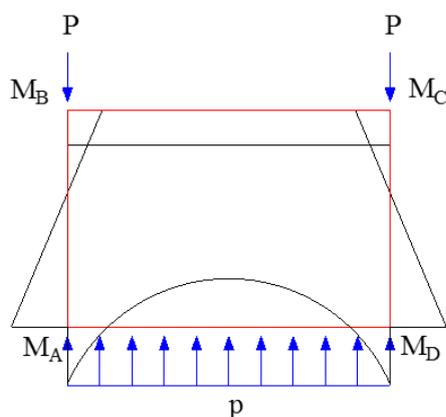
➤ Charges permanentes

$$\text{Poids propre } P = 1 \times h \times e_2 \times \gamma_b = 1 \times 1,20 \times 0,20 \times 25 = 6,00 \text{ kN}$$

$$\text{Réaction du sol } p = \frac{2 \times P}{l} = \frac{2 \times 6,00}{1,70} = 7,059 \text{ KN/ml}$$

➤ Détermination des inconnues hyperstatiques

Moment sur appui



$$M_A = -\frac{P \times l}{2 F_1} k1 \times K1$$

$$M_A = -\frac{6,00 \times 1,70}{2 \times 18,965} \times 1 \times 4,412 = -1,186 \text{ kN.m}$$

$$M_D = M_A = -1,186 \text{ kN.m}$$

$$M_B = \frac{P \times l}{2 F_1} k1 \times k2$$

$$M_B = -\frac{6,00 \times 1,70}{2 \times 18,965} \times 1 \times 0,706 = 0,190 \text{ kN.m}$$

$$M_C = M_B = 0,190 \text{ kN.m}$$

Détermination des moments à mi- portée

$$M_{BC}(\text{tablier}) = \frac{(M_B + M_C)}{2} = 0,190 \text{ kN.m}$$

$$M_{AD}(\text{radier}) = \frac{pl^2}{8} + \frac{(M_A + M_D)}{2}$$

$$M_{AD}(\text{radier}) = \frac{7,059 \times 1,70^2}{8} - 1,186 = 1,364 \text{ kN.m}$$

$$M_{AB}(\text{Piédroit}) = \frac{(M_A + M_B)}{2}$$

$$M_{AB}(\text{Piédroit}) = \frac{(-1,186 + 0,190)}{2} = -0,498 \text{ kN.m}$$

$$M_{CD}(\text{Piédroit}) = M_{AB}(\text{Piédroit}) = -0,498 \text{ kN.m}$$

Détermination des efforts normaux

$$N_{AD} = \frac{3 \times P \times l}{2 \times h \times F_1} \times k1 \times (1 + k2)$$

$$N_{AD} = \frac{3 \times 7,059 \times 1,70}{2 \times 1,20 \times 18,659} \times 1 \times (1 + 0,706) = 1,147 \text{ kN}$$

$$N_{BC} = -N_{AD} = -1,147 \text{ kN}$$

$$N_{AB} = N_{CD} = P = 6,00 \text{ kN}$$

4.3.3.4 Calcul des charges routières

4.3.3.4.1 Système A

Le système A se compose d'une charge uniformément répartie dont l'intensité dépend de la longueur L chargée en m :

$$A(L) = 2,30 + \frac{360}{L+12} \quad [14]$$

$$A(L) = 2,30 + \frac{360}{15,5 + 12} = 15,39 \text{ kN/m}^2$$

A(L) est ensuite multiplié par un coefficient a_1 , assimilable à un coefficient de dégressivité transversale, donné dans le tableau ci-dessous [14] :

Nombre de voies chargées...		1	2	3	4	≥ 5
Classe du pont.	Première ...	1	1	0,9	0,75	0,7
	Deuxième ...	1	0,9	*	*	*
	Troisième ...	0,9	0,8	*	*	*

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Pont de 1ère classe} \\ \text{4 voies chargées} \end{array} \right. \rightarrow a_1 = 0,75$$

Pour les grandes longueurs chargées, la charge $a_1 \times A(l)$ est limitée par $(4 - 0,002L)$, de sorte que la densité de charge effective $Q(L)$ peut être mise sous la forme:

$$Q(L) = \text{Sup} \{a_1 \times A(l); (4 - 0,002L)\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 4 - 0,002L = 4 - 0,002 \times 15,5 = 3,969 \text{ kN/m}^2 \\ a_1 \times A(l) = 15,39 \times 0,75 = 11,543,969 \text{ kN/m}^2 \end{array} \right. \rightarrow Q(L) = 11,54 \text{ kN/m}^2$$

Soit $Q_A = a_2 \times Q(L)$ la charge du système A :

$$a_2 = \frac{v_0}{v}; \text{ avec } v_0 = 3,5 \text{ (pont de première classe) et } v = \frac{L_r}{3} = \frac{16,5}{3} = 5,5$$

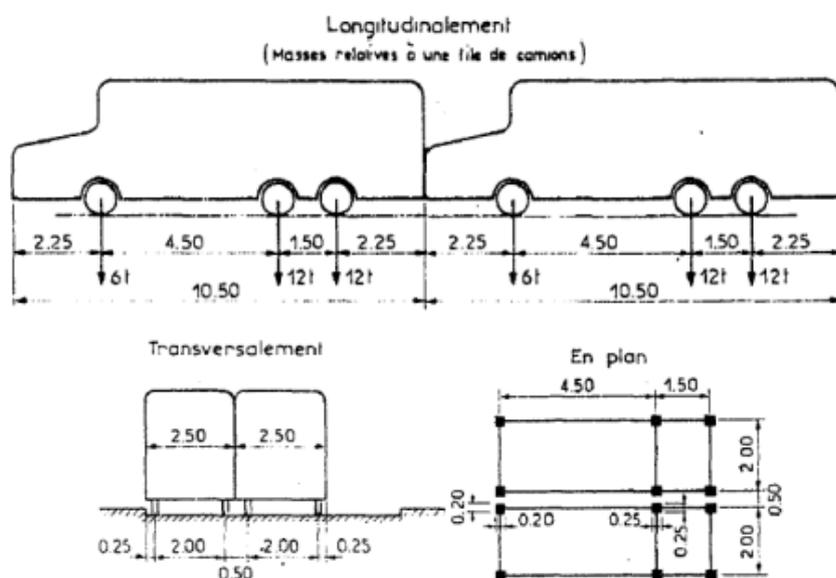
$$a_2 = \frac{3,5}{5,5} = 0,636$$

$$Q_A = a_2 \times Q(L)$$

$$Q_A = 0,636 \times 11,54 = 7,34 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_A = 0,636 \times 11,54 \times 1\text{m} = 7,34 \text{ kN/ml}$$

4.3.3.4.2 Sous-système Bc



Dans notre cas les deux essieux arrière peuvent être disposés longitudinalement et huit essieux transversalement.

Tableau 53 : Valeur de la charge roulante de calcul q_{BC}

	Symbole	Unité	Valeur
Nombre de file de camions à disposer transversalement (= nombre de voies)	-	-	4
Encombrement latéral d'un camion	el	m	2,50
Nombre d'impacts roue sur l'ouvrage	n	-	16
Poids défavorable d'une roue d'impact	qr	kN	60
Coefficient majorateur de la charge BC C _{BC}	-	-	0,8

Encombrement total des camions (elt)

$elt = \text{Nombre de file} \times \text{encombrement latéral d'un camion}$

$$elt = 4 \times 2,5 = 10 \text{ m}$$

Valeur de la charge roulante q_{BC}

$$q_{BC} = \frac{qr \times n}{elt \times l}$$

$$q_{BC} = \frac{(60 \times 16)}{10 \times 1,7}$$

$$q_{BC} = 56,471 \text{ kN/m}^2$$

- **Calcul du coefficient de majoration dynamique**

Paramètres de calcul du coefficient dynamique

$$"L" = (Lr; l) = \max(16,5; 1,7) = 16,5 \text{ m}$$

$$"G" = l \times P_{tab} \times L = 1,7 \times 21,824 \times 16,5 = 612,170 \text{ kN}$$

$$"S" = n \times qr \times C_{BC} = 16 \times 60 \times 0,8 = 768 \text{ kN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,40}{1 + 0,2 \times L} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{G}{S}}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,40}{1 + 0,2 \times 1,7} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{612,170}{\max(768; 1280)}} = 1,299$$

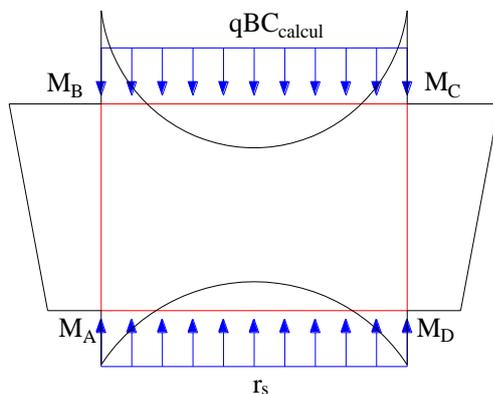
$$\delta = 1,299$$

$$D'où Q(\delta) = q_{BC} \times C_{BC} \times \delta$$

$$Q(\delta) = 56,471 \times 0,8 \times 1,299$$

$$Q(\delta) = 58,684 \text{ kN/m}^2$$

- **Détermination des inconnues hyperstatiques**



Moment sur appui

$$M_A = -\frac{Q(\delta)l^2}{4F_1}(k_1 \times K_1 - k_2)$$

$$M_A = -\frac{58,684 \times 1,7^2}{4 \times 18,695}(1 \times 4,412 - 0,706)$$

$$M_A = -8,285 \text{ kN.m}$$

$$M_D = M_A = -8,285 \text{ kN.m}$$

$$M_B = -\frac{Q(\delta)l^2}{4F_1}(K_2 \times k_1 - k_2)$$

$$M_B = -\frac{58,684 \times 1,7^2}{4 \times 18,695}(4,412 \times 1 - 0,706)$$

$$M_B = -8,285 \text{ kN.m}$$

$$M_C = M_B = -8,285 \text{ kN.m}$$

Les moments à mi- travée

$$M_{BC} = \frac{Q(\delta)l^2}{8} - \frac{MB + MC}{2}$$

$$M_{BC} = \frac{58,684 \times 1,7^2}{8} + 8,285 = 12,915 \text{ kN.m}$$

$$M_{AD} = M_{BC} = 12,915 \text{ kN.m}$$

$$M_{AB} = \frac{(M_A + M_B)}{2}$$

$$M_{AB} = -8,285 \text{ kN.m}$$

$$M_{CD} = M_{AB} = M_A = -8,285 \text{ kN.m}$$

Les efforts normaux

$$N_{AD} = N_{BC} = 0$$

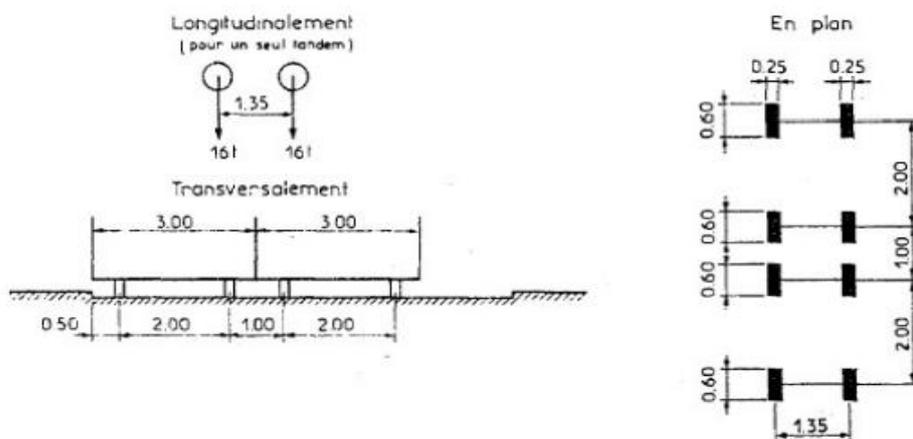
$$N_{AB} = \frac{q(\delta)l}{2}$$

$$N_{AB} = \frac{58,684 \times 1,7^2}{2}$$

$$N_{AB} = 49,881 \text{ kN}$$

$$N_{CD} = N_{AB} = 49,881 \text{ kN}$$

4.3.3.4.3 Sous-système Bt



Notre pont étant de première classe, le coefficient $bt = 1$.

Tableau 54 : Valeur de la charge roulante de calcul qBt

	Symbole	Unité	Valeur
Nombre de file de camions à disposer transversalement (= nombre de voies)	-	-	4
Encombrement latéral d'un camion	el	m	3
Nombre d'impacts roue sur l'ouvrage	n		16
Poids défavorable d'une roue d'impact	qr	kN	80
Coefficient majorateur de la charge BC C_{BC}	-	-	1

Encombrement total des camions (elt)

$elt = \text{Nombre de file} \times \text{encombrement latéral d'un camion}$

$$elt = 4 \times 3 = 12 \text{ m}$$

Valeur de la charge roulante q_{Bt}

$$q_{Bt} = \frac{qr \times n}{elt \times l}$$

$$q_{Bt} = \frac{(80 \times 16)}{12 \times 1,7}$$

$$q_{Bt} = 62,745 \text{ kN/m}^2$$

- **Calcul du coefficient de majoration dynamique**

Paramètres de calcul du coefficient dynamique

$$"L" = (Lr; l) = \max(16,5; 1,7) = 16,5m$$

$$"G" = l \times P_{tab} \times L = 1,7 \times 21,824 \times 16,5 = 612,170 \text{ kN}$$

$$"S" = n \times qr \times C_{BC} = 16 \times 80 \times 1 = 1280 \text{ kN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,40}{1 + 0,2 \times L} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{G}{S}}$$

$$\delta = 1 + \frac{0,40}{1 + 0,2 \times 1,7} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{724,370}{\max(1280; 768)}} = 1,299$$

$$\delta = 1,299$$

$$D'où Q(\delta) = q_{Bt} \times C_{BC} \times \delta$$

$$Q(\delta) = 62,745 \times 1,299 \times 0,8$$

$$Q(\delta) = 81,506 \text{ kN/m}^2$$

- **Détermination des inconnues hyperstatiques**

Moment sur appui

$$M_A = -\frac{Q(\delta)l^2}{4 F_1} (k_1 \times K_1 - k_2)$$

$$M_A = -\frac{81,506 \times 1,7^2}{4 \times 18,965} (1 \times 54,412 - 0,706)$$

$$M_A = -11,507 \text{ kN.m}$$

$$M_D = M_A = -11,507 \text{ kN.m}$$

$$M_B = -\frac{Q(\delta)l^2}{4 F_1} (K_2 \times k_1 - k_2)$$

$$M_B = -\frac{81,506 \times 1,7^2}{4 \times 18,965} (4,412 \times 1 - 0,706)$$

$$M_B = -11,507 \text{ kN.m}$$

$$M_C = M_B = -11,507 \text{ kN.m}$$

Les moments à mi-travée

$$M_{BC} = \frac{Q(\delta)l^2}{8} - \frac{M_B + M_C}{2}$$

$$M_{BC} = \frac{81,506 \times 1,7^2}{8} + 11,507 = 17,937 \text{ kN.m}$$

$$M_{AD} = M_{BC} = 17,937 \text{ kN.m}$$

$$M_{AB} = \frac{(M_A + M_B)}{2}$$

$$M_{AB} = -11,507 \text{ kN.m}$$

$$M_{CD} = M_{AB} = M_A = -11,507 \text{ kN.m}$$

Les efforts normaux

$$N_{AD} = N_{BC} = 0$$

$$N_{AB} = \frac{q(\delta)l}{2}$$

$$N_{AB} = \frac{81,506 \times 1,7^2}{2}$$

$$N_{AB} = 69,28 \text{ kN}$$

$$N_{CD} = N_{AB} = 69,28 \text{ kN}$$

Conclusion: La charge due au système A est largement inférieure à la charge due aux systèmes Bc et Bt. Elle ne sera donc pas prise en compte dans le calcul des différentes combinaisons.

4.3.3.5 Charges variables des remblais d'accès 2 cotés

La charge variable routière sur remblais est de 10 kN/m² sur remblais.

La pression des charges variables sur les piédroits :

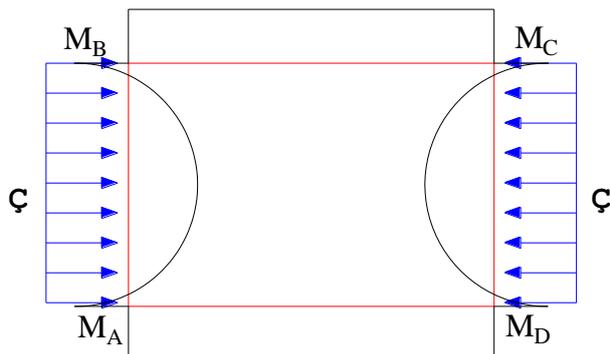
$$\sigma(q) = 0,333 \times 10 = 3,33 \text{ kN/m}^2$$

La résultante sera :

$$R(q) = \sigma(q) \times h = 3,33 \times 1,20 = 3,996 \text{ kN/m}^2$$

➤ **Détermination des inconnues hyperstatiques**

Moments d'appui



$$M_A = -\frac{\sigma(q)h^2}{4 F_1} (k_2 \times (k_2 + 3))$$

$$M_A = -\frac{3,33 \times 1,20^2}{4 \times 18,965} (0,706 \times (0,706 + 3))$$

$$M_A = -0,165 \text{ kN.m}$$

$$M_D = M_A = -0,165 \text{ kN.m}$$

$$M_B = -\frac{\sigma(q)h^2}{4 F_1} (3 \times k_1 + k_2)$$

$$M_B = -\frac{3,33 \times 1,20^2}{4 \times 18,965} (3 \times 1 + 0,706)$$

$$M_B = -0,165 \text{ kN.m}$$

$$M_C = M_B = -0,165 \text{ kN.m}$$

Les moments à mi- portée

$$M_{AB} = \frac{\sigma(q)h^2}{8} + \frac{M_A + M_B}{2}$$

$$M_{AB} = \frac{3,33 \times 1,20^2}{8} - \frac{0,165 + 0,165}{2}$$

$$M_{AB} = 0,434 \text{ kN.m}$$

$$M_{CD} = M_{AB} = 0,434 \text{ kN.m}$$

$$M_{BC} = \frac{M_B + M_C}{2}$$

$$M_{BC} = -0,165 \text{ kN.m}$$

$$M_{AD} = M_{BC} = M_A = -0,165 \text{ kN.m}$$

Les efforts normaux

$$N_{AB} = N_{CD} = 0$$

$$N_{AD} = \frac{\sigma(q)h}{2}$$

$$N_{AD} = \frac{3,33 \times 1,20}{2} = 1,998 \text{ kN}$$

$$N_{BC} = N_{AD} = 1,998 \text{ kN}$$

4.3.3.6 Charges variables des remblais d'accès 1 coté

La pression des charges variables sur les piédroits :

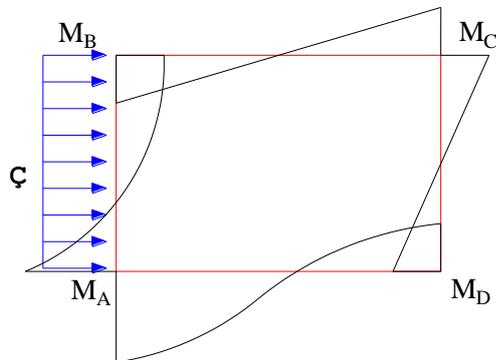
$$\sigma(q) = 0,333 \times 10 = 3,33 \text{ kN/m}^2$$

La résultante sera :

$$R(q) = \sigma(q) \times h = 3,33 \times 1,20 = 3,996 \text{ kN/m}^2$$

➤ Détermination des inconnues hyperstatiques

Moments d'appui



$$M_A = \left(\frac{\sigma(q)h^2}{4} \frac{(-k2 \times (k2 + 3))}{(2 * F1)} - \frac{K3 + k2}{F2} \right)$$

$$M_A = \frac{3,33 \times 1,20^2}{4} \frac{(-0,706 \times (0,706 + 3))}{(2 \times 18,965)} - \frac{2,918 + 0,706}{6,235}$$

$$M_A = -0,779 \text{ kN.m}$$

$$M_D = \frac{(\sigma(q)h^2)}{4} \times \frac{(-k2 \times (k2 + 3)) \times F2}{(2 \times F1) + (K3 + k2)}$$

$$M_D = \frac{3,33 \times 1,20^2}{4} \times \frac{(-0,706 \times (0,706 + 3)) \times 6,235}{(2 \times 18,965) + (2,918 + 0,706)}$$

$$M_D = 0,614 \text{ kN.m}$$

$$M_B = \frac{(\sigma(q)h^2)}{4} \times \frac{(-k2 \times (k2 + 3 \times k1)) \times F2}{(2 \times F1) + (K4 - k2)}$$

$$M_B = \frac{3,33 \times 1,20^2}{4} \times \frac{(-0,706 \times (0,706 + 3 \times 1)) \times 6,235}{(2 \times 18,965) + (3,315 - 0,706)}$$

$$M_B = 0,419 \text{ kN.m}$$

$$M_C = \frac{(\sigma(q)h^2)}{4} \times \frac{(-k2 \times (k2 + 3 \times k1)) \times F2}{(2 \times F1) - (K4 - k2)}$$

$$M_C = \frac{3,33 \times 1,20^2}{4} \times \frac{(-0,706 \times (0,706 + 3 \times 1)) \times 6,235}{(2 \times 18,965) - (3,315 - 0,706)}$$

$$M_C = -0,585 \text{ kN.m}$$

Les moments à mi- portée

$$M_{BC} = \frac{(M_C + M_B)}{2} = -0,083 \text{ kN.m}$$

$$M_{AD} = M_{BC} = -0,083 \text{ kN.m}$$

$$M_{AB} = \frac{\sigma(q)h^2}{8} + \frac{(M_A + M_B)}{2}$$

$$M_{AB} = \frac{3,33 \times 1,20^2}{8} + \frac{0,419 - 0,779}{2}$$

$$M_{AB} = 0,419 \text{ kN.m}$$

$$M_{CD} = \frac{(M_C + M_D)}{2}$$

$$M_{CD} = 0,015 \text{ kN.m}$$

Les efforts normaux

$$N_{BC} = \frac{(M_B - M_C)}{h}$$

$$N_{BC} = \frac{0,614 + 0,585}{1,2}$$

$$N_{BC} = 0,999 \text{ kN}$$

$$N_{AD} = \sigma(q) \times h - N_{BC}$$

$$N_{AD} = 3,33 \times 1,20 - 0,999$$

$$N_{AD} = 2,997 \text{ kN}$$

$$N_{CD} = \frac{M_B - N_C}{l}$$

$$N_{CD} = \frac{0,419 + 0,585}{1,7}$$

$$N_{CD} = 0,591 \text{ kN}$$

$$N_{AB} = -N_{CD} = -0,591 \text{ kN}$$

4.3.3.7 Charges variables de freinage sur piédroits

Force de freinage

D'après le fascicule 61 titre II [8] la force de freinage est utilisée uniquement lorsque le moment max est dû au système Bc. Et elle équivaut à la moitié de la charge total d'un camion d'essieu 12t. Dans les autres cas, comme dans le nôtre où le système Bt est le cas le plus défavorable, on peut ignorer l'effet de la force de freinage.

Le tableau N°55 suivant présente le récapitulatif de la charge B

Tableau 55 : récapitulatif de la charge de type B

ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION/REHABILITATION DE ROUTE, D'OUVRAGES D'ART DE LA BRETELLE RNI-DEPOT D'HYDROCARBURES DE BINGO

			Piédroits		Tablier		Piédroits		Radier	Radier	Piédroits		Tablier
		MA	M(A-B)	MB	M(B-C)	MC	M(C-D)	MD	M(A-D)	N(AD)	N(AB)	N(CD)	N(BC)
Tablier	1	-3,081	-3,081	-3,081	4,803	-3,081	-3,081	-3,081	4,803	0,000	18,551	18,551	0,000
Piédroits	2	-1,186	-0,498	0,190	0,190	0,190	-0,498	-1,186	1,364	1,147	6,000	6,000	-1,147
Radier	3	-0,706	-0,706	-0,706	1,100	-0,706	-0,706	-0,706	1,100	0,000	4,250	4,250	0,000
Poussée terre	4	-0,514	1,542	-0,478	-0,478	-0,478	1,542	-0,514	-0,514	6,824	0,000	0,000	5,164
Charge B (Bc; Bt)	5	-11,507	-11,507	-11,507	27,604	-11,507	-11,507	-11,507	17,937	0,000	129,899	129,899	0,000
Remblai 2 côtés	6	-0,165	0,434	-0,165	-0,165	-0,165	0,434	-0,165	-0,165	1,998	0,000	0,000	1,998
Remblai 1 côté	7	-0,779	0,419	0,419	-0,083	-0,585	0,015	0,614	-0,083	2,997	-0,591	0,591	0,999
Charges Permanentes G	1+2+3+4	-5,488	-2,743	-4,075	5,615	-4,075	-2,743	-5,488	6,753	7,970	28,801	28,801	4,018
Charges Variables V1	5+6	-11,672	-11,073	-11,672	27,438	-11,672	-11,073	-11,672	17,772	1,998	129,899	129,899	1,998
Charges Variables V2	5+7	-12,286	-11,087	-11,087	27,521	-12,092	-11,492	-10,893	17,854	2,997	129,309	130,490	0,999
Max de charges variables S		-12,286	-11,507	-11,672	27,604	-12,092	-11,507	-11,672	17,937	2,997	129,899	130,490	1,998

Les sollicitations à considérer pour le calcul des aciers sont :

Partie de l'ouvrage	Sollicitation kN.m/ml et kN/ml		Combinaison à ELS
TABLIER	Moment fléchissant	Appui	-18,59
		Travée	38,74
RADIER	Moment fléchissant	Appui	-20,23
		Travée	28,28
PIEDROIT	Moment fléchissant	Appui	-20,23
		Travée	-16,55
	Effort normal		185,39

4.3.4 Calcul des armatures

Données : $b = 1,00 \text{ m}$; $h = 0,20 \text{ m}$; $d = 0,9 \times h = 0,9 \times 0,2 = 0,18 \text{ m}$

$$F_{c28} = 25 \text{ MPa}$$

$$F_e = 500 \text{ MPa} \quad \sigma_s = 434,78 \text{ MPa} ; \bar{\sigma}_s = 250 \text{ MPa}$$

$$\mu l = 0,186$$

4.3.4.1 Section d'armature pour le tablier : calcul de section en flexion simple

4.3.4.1.1 Section d'armature à mi- travée

- A l'Etat Limite de Service (ELS)

Moment à l'état de service : $M_{ser} = G + 1,20 \times S = 5,615 + 1,2 \times 27,604$

$$M_{ser} = 38,740 \text{ kN.m/ml}$$

$$\text{Paramètre de déformation : } \bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0,47$$

$$\text{Fibre neutre : } \bar{y}_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \times d = 0,47 \times 0,18 = 0,085 \text{ m}$$

$$\text{Bras de levier : } \bar{z}_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0,18 - \frac{0,085}{3} = 0,152 \text{ m}$$

Moment résistant :

$$\bar{M}_{rserb} = \frac{1}{2} b_0 \times \bar{z}_{ser} \times \bar{\sigma}_{bc} \times \bar{y}_{ser} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,152 \times 15 \times 0,085 = 96,9 \text{ kN.m/ml}$$

$M_{ser} < \bar{M}_{rserb} \rightarrow A_{sc} = 0$; il n'y a donc pas de nécessité d'utiliser des aciers comprimés car le béton « seul » suffit pour reprendre la sollicitation.

$$\text{Section d'acier : } A_{st} = \frac{M_{ser}}{\bar{z}_{ser} \times \sigma_s} = \frac{38,74 \times 10^{-3}}{0,152 \times 250} \times 10^4 = 10,223 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{stmin} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{500} = 1,74 \text{ cm}^2$$

$A_{st} > A_{stmin}$; La section d'acier retenue est $A_{st} = 10,223 \text{ cm}^2$

$$A_{st} = 10,223 \text{ cm}^2$$

Choix : 7HA14 \longrightarrow 10,78 cm² Avec un espacement de 15 cm.

4.3.4.1.2 Section d'armature sur appuis

- A l'Etat Limite de Service (ELS)

Moment à l'état de service : $M_{ser} = 4,075 + 1,20 \times 12,092$

$$M_{ser} = 18,585 \text{ kN.m/ml}$$

$$\text{Paramètre de déformation : } \bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0,47$$

$$\text{Fibre neutre : } \bar{y}_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \times d = 0,47 \times 0,18 = 0,085 \text{ m}$$

$$\text{Bras de levier : } \bar{z}_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0,18 - \frac{0,085}{3} = 0,152 \text{ m}$$

Moment résistant :

$$\bar{M}_{rserb} = \frac{1}{2} b_0 \times \bar{z}_{ser} \times \bar{\sigma}_{bc} \times \bar{y}_{ser} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,152 \times 15 \times 0,085 = 96,9 \text{ kN.m/ml}$$

$M_{ser} < \bar{M}_{rserb} \rightarrow A_{sc} = 0$; il n'y a donc pas de nécessité d'utiliser des aciers comprimés car le béton « seul » suffit pour reprendre la sollicitation.

$$\text{Section d'acier : } A_{st} = \frac{M_{ser}}{\bar{z}_{ser} \times \sigma_s} = \frac{18,585 \times 10^{-3}}{0,152 \times 250} \times 10^4 = 4,904 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{stmin} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,2}{400} = 1,74 \text{ cm}^2$$

$A_{st} > A_{stmin}$; La section d'acier retenue est $A_{st} = 4,904 \text{ cm}^2$

$$A_{st} = 4,904 \text{ cm}^2$$

Choix : 5HA12 \longrightarrow 5,65 cm² Avec un espacement de 15 cm.

4.3.4.2 Section d'armature pour le radier : calcul de section en flexion simple

4.3.4.2.1 Section d'armature à mi- travée

- A l'Etat Limite de Service (ELS)

Moment à l'état de service : $M_{ser} = 6,753 + 1,20 \times 17,937$

$$M_{ser} = 28,277 \text{ kN.m/ml}$$

$$\text{Paramètre de déformation : } \bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0,47$$

$$\text{Fibre neutre : } \bar{y}_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \times d = 0,47 \times 0,18 = 0,085 \text{ m}$$

$$\text{Bras de levier : } \bar{z}_{ser} = d - \frac{\bar{y}_{ser}}{3} = 0,18 - \frac{0,085}{3} = 0,152 \text{ m}$$

Moment résistant :

$$\bar{M}_{rserb} = \frac{1}{2} b_0 \times \bar{z}_{ser} \times \bar{\sigma}_{bc} \times \bar{y}_{ser} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,152 \times 15 \times 0,085 = 96,9 \text{ kN.m/ml}$$

$M_{ser} < \bar{M}_{rserb} \rightarrow A_{sc} = 0$; il n'y a donc pas de nécessité d'utiliser des aciers comprimés car le béton « seul » suffit pour reprendre la sollicitation.

$$\text{Section d'acier : } A_{st} = \frac{M_{ser}}{\bar{z}_{ser} \times \sigma_s} = \frac{28,277 \times 10^{-3}}{0,152 \times 250} \times 10^4 = 7,462 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{stmin} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{500} = 1,74 \text{ cm}^2$$

$A_{st} > A_{stmin}$; La section d'acier retenue est $A_{st} = 7,462 \text{ cm}^2$

$$A_{st} = 7,462 \text{ cm}^2$$

Choix : 7HA12 \longrightarrow 7,92 cm² Avec un espacement de 15 cm.

4.3.4.2 Section d'armature sur appuis

- A l'Etat Limite de Service (ELS)

Moment à l'état de service : $M_{ser} = 5,488 + 1,20 \times 12,286$

$$M_{ser} = 20,231 \text{ kN.m/ml}$$

$$\text{Paramètre de déformation : } \bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0,47$$

$$\text{Fibre neutre : } \bar{y}_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \times d = 0,47 \times 0,18 = 0,085 \text{ m}$$

$$\text{Bras de levier : } \bar{z}_{ser} = d - \frac{\bar{y}_{ser}}{3} = 0,18 - \frac{0,085}{3} = 0,152 \text{ m}$$

Moment résistant :

$$\overline{M_{rserb}} = \frac{1}{2} b_0 \times \overline{z_{ser}} \times \overline{\sigma_{bc}} \times \overline{y_{ser}} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,152 \times 15 \times 0,085 = 96,9 \text{ kN.m/ml}$$

$M_{ser} < M_{rserb} \rightarrow A_{sc} = 0$; il n'y a donc pas de nécessité d'utiliser des aciers comprimés car le béton « seul » suffit pour reprendre la sollicitation.

$$\text{Section d'acier : } A_{st} = \frac{M_{ser}}{\overline{z_{ser}} \times \sigma_s} = \frac{20,231 \times 10^{-3}}{0,152 \times 250} \times 10^4 = 5,339 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{stmin} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{500} = 1,74 \text{ cm}^2$$

$A_{st} > A_{stmin}$; La section d'acier retenue est $A_{st} = 5,339 \text{ cm}^2$

$$A_{st} = 5,339 \text{ cm}^2$$

Choix : 5HA12 \longrightarrow 5,65 cm² Avec un espacement de 15 cm.

4.3.4.3 Calcul des sections d'armatures des piédroits

Les piédroits seront dimensionnés en flexion composé. Les calculs sont effectués pour un piédroit considéré au mètre linéaire comme un poteau de $1\text{ m} \times 0,20\text{ m}$

- Calcul à l'ELU

$$Mu = 1,35 \times (-2,743) + 1,60 \times -11,507$$

$$Mu = 22,114 \text{ kN.m/ml}$$

$$Nu = 1,35 \times 28,801 + 1,60 \times 130,490$$

$$Nu = 247,665 \text{ kN.m/ml}$$

$$\text{Excentricité additionnelle : } e_a = \max \left\{ \frac{2 \text{ cm}}{H/250} \Rightarrow \max \left\{ \frac{2 \text{ cm}}{250} = 0,48 \text{ cm} \Rightarrow e_a = 2 \text{ cm} \right. \right.$$

$$e_l = \frac{Mu}{Nu} + e_a = \frac{22,114}{247,665} + 0,02 = 0,109\text{ m}$$

Sollicitation ultimes corrigées pour flambement :

$$\text{Elancement géométrique : } l_f = 0,5l_0 = 0,5 \times 1,2 = 0,6 \text{ m}$$

Pièce chargée de façon excentrée

$$\rightarrow \frac{l_f}{h} < \text{Max} \left\{ \frac{15}{20 \times \frac{e_1}{h}} \right\}$$

$$\rightarrow \frac{0,6}{0,2} = 3,00 < 15$$

⇒ Calcul en flexion composée en tenant compte, de façon forfaitaire, de l'excentricité du 2nd ordre

Excentricité du 2nd ordre :

$$\alpha = \frac{2,743}{2,743 + 11,507} = 0,192 \text{ m}$$

$$e_2 = \frac{3 \times l_f^2}{10^4 \times h} (2 + \alpha \times \varphi) = \frac{3 \times 0,6^2}{10^4 \times 0,2} (2 + 0,192 \times 2) = 0,129 \text{ cm} = 0,00129 \text{ m}$$

Avec $\varphi = 2$ (cas courant)

Sollicitations corrigées pour le calcul en flexion composée :

$$\begin{cases} Nu = Ni & Nu = 247,665 \\ M = Nu(e_1 + e_2) & \rightarrow M = 247,665(0,109 + 0,129) = 58,944 \text{ kN.m/ml} \\ e_0 = e_1 + e_2 & e_0 = 0,109 + 0,00129 = 0,110 \text{ m} \end{cases}$$

Sollicitation ramenée au centre de gravité des aciers tendus :

$$\begin{cases} e_A = e_0 + (d - \frac{h}{2}) & \rightarrow e_A = 0,110 + (0,18 - \frac{0,20}{2}) = 0,190 \text{ m} \\ M_{uA} = N_u \times e_A & M_{uA} = 247,665 \times 0,190 = 47,446 \text{ kN.m/ml} \end{cases}$$

Moment réduit de référence à l'ELU :

$$\mu_{BC} = 0,8 \times \frac{h}{d} \times \left(1 - 0,4 \frac{h}{d}\right) = 0,8 \times \frac{0,2}{0,18} \times \left(1 - 0,4 \frac{0,2}{0,18}\right)$$

$$\mu_{BC} = 0,494$$

Moment réduit agissant :

$$\mu_{uA} = \frac{M_{uA}}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{47,446 \cdot 10^{-3}}{1 \times 0,18^2 \times 14,17}$$

$$\mu_{uA} = 0,103$$

$\mu_{uA} < \mu_{BC} \rightarrow$ Section partiellement comprimée

• Calcul à l'ELS

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{ser} = N_g + N_q \\ M_{ser} = M_g + M_q \\ e_{ser} = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} N_{ser} = 185,389 \text{ kN} \\ M_{ser} = 16,552 \text{ kN.m} \\ e_{ser} = 0,089 \text{ m} \end{array} \right.$$

Sollicitations ramenées au centre de gravité des aciers tendus

$$\left\{ \begin{array}{l} e_A = e_{ser} + (d - \frac{h}{2}) \rightarrow e_A = 0,089 + (0,18 - \frac{0,20}{2}) = 0,169 \text{ m} \\ M_{serA} = N_{ser} \times e_A \quad M_{serA} = 185,389 \times 0,169 = 35,329 \text{ kN.m/ml} \end{array} \right.$$

Moment réduit limite

$$\gamma_M = \frac{M_{uA}}{M_{serA}} = \frac{47,446}{35,329} = 1,343$$

Formule approchée pour Fe500 et $f_{c28} \leq 30 \text{ MPa}$

$$10^4 \mu_{lu} = 3220 \times \theta \times \gamma_M + 51 \times \frac{f_{c28}}{\theta} - 3100$$

$$10^4 \mu_{lu} = 3220 \times 1 \times 1,343 + 51 \times \frac{25}{1} - 3100$$

$$\mu_{lu} = 0,250$$

On a : $\mu_{lu} < \mu_{BC} \rightarrow$ section partiellement comprimée

Et $\mu_{uA} < \mu_{lu} \rightarrow$ Pas besoin d'aciers comprimés

Paramètre de déformation

$$\alpha_{uA} = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_{uA}}) = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,103}) = 0,137$$

Bras de levier

$$z_{uA} = d(1 - 0,4\alpha_{uA}) = 0,18(1 - 0,4 \times 0,137) = 0,170 \text{ m}$$

$$A = \frac{M_{uA}}{z_{uA} \times \sigma_s} = \frac{47,446}{0,170 \times 434,78} = 6,419 \text{ cm}^2$$

Section théorique d'acier

$$A_u = A - \frac{N_u}{\sigma_s} = 6,419 - \frac{247,665}{434,78} = 5,34 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité

$$A_{min} = 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{500} = 1,74 \text{ cm}^2$$

$A_u > A_{min} \rightarrow$ la section d'aciers retenue est $A_u = 5,34 \text{ cm}^2$

Choix : 7HA10 \longrightarrow 5,50 cm² Avec un espacement de 15 cm.

Armatures transversales : $\frac{1}{3}\phi_l \leq \phi_t \leq \phi_l \rightarrow 3,33 \leq \phi_t \leq 10$

On prendra : $\phi_t = 8 \text{ mm}$

Récapitulatif des sections d'armatures du dalot 150×100

RECAPITULATIF DES FERRAILLAGES		
Tablier	Inférieur	HA14 esp =15 cm
	Supérieur	HA8 esp =15 cm
	Appui	HA12 esp =15 cm
	Transversal	HA8 esp =20 cm
Radier	Inférieur	HA8 esp =15 cm
	Supérieur	HA12 esp =15 cm
	Appui	HA12 esp =15 cm
	Transversal	HA8 esp =20 cm
Piédroits	Intérieur	HA10 esp =15 cm
	Extérieur	HA8 esp =15 cm
	Transversal	HA8 esp =20 cm

 **Plans de coffrage**

ANNEXE X : PROCESSUS DE MISE EN ŒUVRE

6.1 Travaux de terrassement

⇒ Equipes

- Chef de chantier/ chef d'équipe
- Conducteurs d'engins ;
- Chauffeurs de camions bennes ;
- Manœuvres ;
- Topographes ;
- Laborantins ;
- Equipe signaleurs.

⇒ Matériels

- Niveleuses ;
- Compacteurs (à pneu, vibrant type V5) ;
- Camions citernes ;
- Camions bennes ;
- Bull ;
- Chargeuses.

6.1.1 Dégagement des emprises

La libération des emprises débutera après les travaux d'implantation et comprend les étapes suivantes :

- Arrachage d'arbres ;
- Débroussaillage, nettoyage et décapage de la terre végétale sur une épaisseur de 20 cm ;
- Démolition des maisons dur ou en banco situés dans l'emprise.

Ces différentes étapes sont réalisées conformément au CCTP [4].

6.1.2 Préparation de l'assiette des élargissements

La préparation de l'assiette des élargissements en zone de remblai consiste à apprêter le sol

support des remblais dans lesdites zones lorsque les travaux de nettoyage et de décapages sont exécutés.

Avant l'exécution des remblais, le sol d'assise est arrosé et compacté à 90 % de la densité sèche du Proctor Modifié. Cela permet d'avoir un support répondant aux exigences du CCTP [4].

Lorsque ces performances ne sont pas atteintes, on procède à l'exécution des purges avec l'accord de l'ingénieur.

6.1.3 Couche de remblai, de fondations

La procédure regroupe les opérations suivantes :

- Implantation de la couche et matérialisation des différents profils avec des piquets nivelés ;
- Humidification légère à l'aide d'une citerne de la couche devant recevoir les matériaux ;
- Approvisionnement des matériaux latéritiques par des camions bennes tout en tenant compte du tassement ultérieur. Dans les zones d'élargissement, le remblai est fait en redans successifs et ancré dans le talus existant pour une bonne cohésion de la chaussée existante avec l'élargissement ;
- Réglage par la niveleuse des matériaux en se servant des piquets de nivellement ;
- Arrosage à la teneur en eau optimal ou le cas échéant aération pour l'obtenir ;
- Malaxage pour obtenir une teneur en eau homogène ;
- Compactage à 92% de l'OPM pour les couches de remblais et 95 % pour les couches de fondations en se basant sur les résultats de la planche d'essai (nombre de passe 7 passes pour notre cas) conformément au CCTP [4] ;
- Implantation des piquets de finition ;
- Finition de la couche en cherchant le meilleur uni possible et profil en travers préétabli.

NB : L'approvisionnement d'une nouvelle couche est précédé de la scarification.

6.1.4 Amélioration au ciment de la couche de fondation

Matériels spécifiques : Epandeuse, recycleuse, niveleuse, compacteur, matériels Labo

La procédure regroupe les opérations suivantes :

- Etude pour la détermination du pourcentage de ciment à mettre en œuvre conformément aux prescriptions ;
- Approvisionnement graveleux latéritique, mise en forme et contrôle topographique ;
- Tracer au sol des bandes d'espacement 2,10m de la zone à recycler ;
- Epanchage du ciment (dosé à 2,5%) à l'aide d'une épandeuse de ciment par bande sur le tronçon considéré ;
- Opération de contrôle du laboratoire (dosage) et de réception conformément aux prescriptions ;
- Recyclage du ciment et des matériaux in situ sur 18 cm à l'aide d'une recycleuse connectée à un camion-citerne ;
- Passage de la niveleuse pour malaxage du sol ciment ;
- Compactage : Une (01) passe de rouleau et deux (02) passes avec le compacteur à pneu ;
- Réglage et finition à la niveleuse ;
- Fin du compactage ;
- Réception topographique et de laboratoire.

6.2 Exécution des enrobés

⇒ Equipes

- Un chef d'équipe ;
- Un régleur ;
- Des râteleurs ;
- Des manœuvres ;
- Des chauffeurs de camions
- Une équipe topographie ;
- Une équipe Labo.

⇒ Matériels

- Une flotte de camion benne ;
- Une répandeuse de liant avec lance pour couche d'accrochage ;
- Un finisseur ;

- Un compacteur à pneu ;
- Un compacteur tandem vibrant double bille équipé d'un système d'arrosage des cylindres d'acier ;
- Un camion-citerne ;
- Une balayeuse tractée ;
- Matériels labo (piges pour mesures des épaisseurs des enrobés avant compactage, thermomètres numériques...).

6.2.1 Imprégnation

Les différentes étapes sont les suivantes :

- Enlèvement des matières étrangères à la couche (nettoyage, balayage et soufflage éventuel) ;
- Implantation des piquets de délimitation de la surface à imprégner, matérialisation de l'axe et des rives à la peinture ;
- Humidification légère de la couche de fondation traitée ;
- Chauffage du bitume et épandage suivant le dosage préconisé après vérification par une planche d'essai ;
- Opération de contrôle du laboratoire (dosage) et de réception conformément aux prescriptions ;
- Sablage éventuel des zones de traversée.

6.2.2 Enrobés (Grave bitume et béton bitumineux)

Avant toute opération sur le chantier, nous avons la phase de fabrication des enrobés au niveau de la centrale d'enrobé à SADABA. Elle consiste à l'étude de formulation des enrobés conformément aux spécifications prescrites.

De manière succincte, la chronologie de la mise en œuvre des deux différentes couches est la suivante :

- Préparation du support (nettoyage et soufflage éventuel du support en grave bitume) ;
- Implantation de la zone de mise en œuvre (matérialisation de l'axe et des rives à la peinture) ;

- Approvisionnement en enrobés par les camions bennes ;
- Répandage de l'enrobé au finisseur ;
- Compactage d'abord au compacteur à pneu, ensuite au compacteur à rouleau ;
- Contrôle laboratoire ;
- Analyse des résultats.

6.2.3 Couche d'accrochage

Une couche d'accrochage dosée à 200 gr résiduelle en bitume pure sera répandue sur la couche de grave bitume pour l'accrochage du BBME. Une balayeuse mécanique aura lieu avant l'épandage de l'accrochage.

6.3 Ouvrages d'assainissement

⇒ Equipes

- Fouilleurs et démolisseurs ;
- Ferrailleur atelier ;
- Coffreurs ;
- Poseurs ;
- Maçons.

⇒ Matériels

- HIAB ;
- Grue mobile (PPM) ;
- Compresseur ;
- Groupe électrique ;
- Meule ;
- Vibreur autonome.

6.3.1 Production des préfabriqués

Les éléments préfabriqués ont été produit sur la base des quantitatifs indiqués sur les plans de coffrage et ferrailages.

6.3.2 Pose et coulage

Les étapes de la pose et du coulage sont les suivantes :

- Démolition des ouvrages existants et réalisation des fouilles ;
- Réglage fond de fouille à l'aide de l'intervention de l'équipe Topographique ;
- Implantation du niveau du béton de propreté avec des piquets nivelés ;
- Approvisionnement des éléments préfabriqués aux abords de l'ouvrage à exécuter ;
- Matérialisation de l'axe et pose des éléments préfabriqués à l'aide de la grue mobile selon le plan des différents éléments ;
- Fouille de la bêche ;
- Dressage et attache des attentes ;
- Clavetage, montage du ferrailage du radier de tête
- Pose de file polyandre et emboitement de la bêche avec le radier de tête ;
- Coffrage de l'ensemble et coulage du radier + bêche après réception ;
- Coulage des joints entre les voiles ;
- Ferrailage, coffrage et coulage du mur en aile ;
- Pose des prédalles ;
- Ferrailage de la dalle de compression + guides roues ;
- Coulage du tablier ;
- Cure pendant au moins 72 heures avec des toiles de jute ;
- Coulage des guides roues ;
- Imprégnation du 0/1 des parois externes des voiles.

6.3.3 Réalisation des gabions

Les travaux de pose de gabions se feront selon les étapes suivantes :

- Terrassement si nécessaire avant la pose des gabions pour avoir une assise horizontale ;
- Approvisionnement des blocs de pierre au pied des ouvrages ;
- Mise en place des cages de gabions vides : le gabion reçu à pied d'œuvre sera au moment de son utilisation, déplié de façon que toutes ses faces reposent à plat le sol ;
- Avant remplissage, les cages de gabions sont soigneusement contreventées ;

- Remplissage des cages de gabions : le remplissage se fait manuellement avec les blocs de pierre de dimensions conformes au CCTP [4] ;
- Après l'achèvement du remplissage, le couvercle est rabattu et ligaturé.

6.3.4 Réalisation des perrés

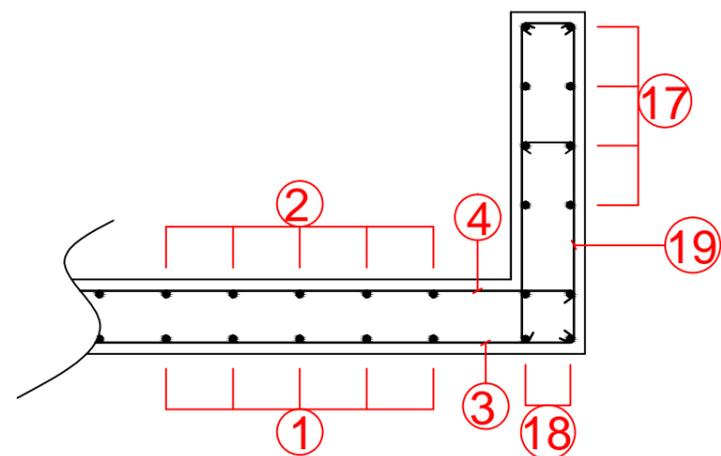
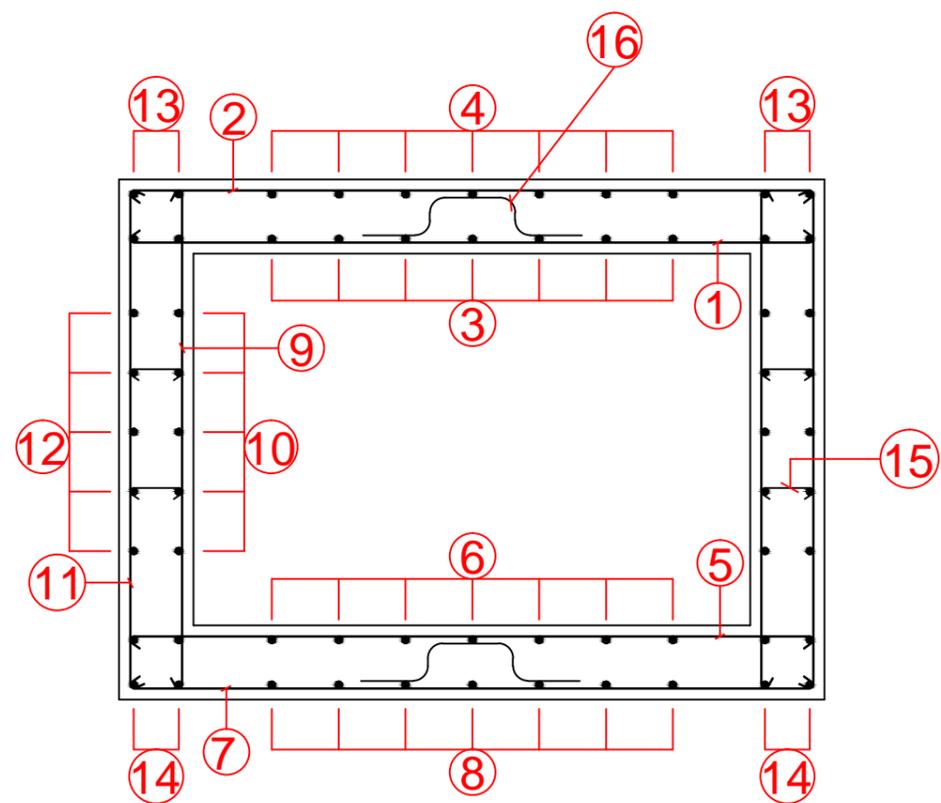
La méthode de pose des perrés se décline comme suit :

- Mise en place des piquets sur lesquels seront fixés les ficelles pour l'alignement après taillage des talus ;
- Fouille de la bêche de pied de talus. La profondeur est généralement variable suivant le terrain. La profondeur maximale obtenue est de 40 cm ;
- Mise en place du lit de pose en béton dur une épaisseur de 10 cm ;
- Pose des moellons sur le lit de pose de béton frais ;
- Le jointement des moellons se fait avec du mortier ;
- Exécution de la bêche avec du béton C250. Un béton de couronnement est réalisé pour encadrer les perrés aux extrémités.

6.4 Plan de phasage

Etant donné qu'il s'agit d'une réhabilitation, il faudrait élaborer un plan de phasage des travaux pour maintenir le trafic existant sur le tronçon.

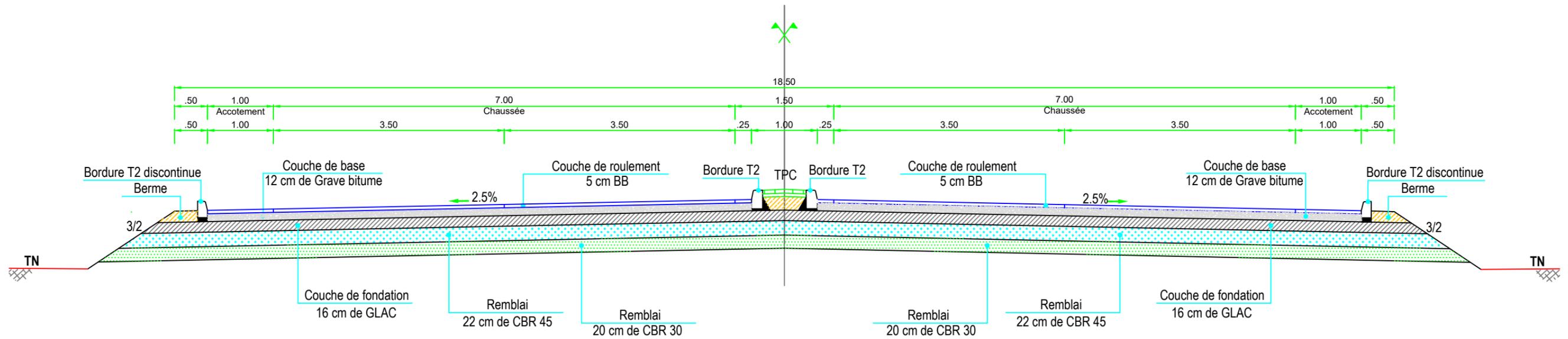
Plan de phasage



Numéro	Diamètre	Forme	Espacement cm	Longueur développée cm
1	HA14		15	216
2	HA8		15	208
3	HA8		20	1874
4	HA8		20	1874
5	HA12		15	216
6	HA8		20	1874
7	HA8		15	208
8	HA8		20	1874
9	HA10		15	166
10	HA8		20	1874
11	HA8		15	166
12	HA8		20	1874
13	HA8		/	1874
14	HA8		/	1874
15	HA8		2/m ²	38
16	HA8		1/m ²	93
17	HA8		15	208
18	HA14		/	216
19	HA8		20	214

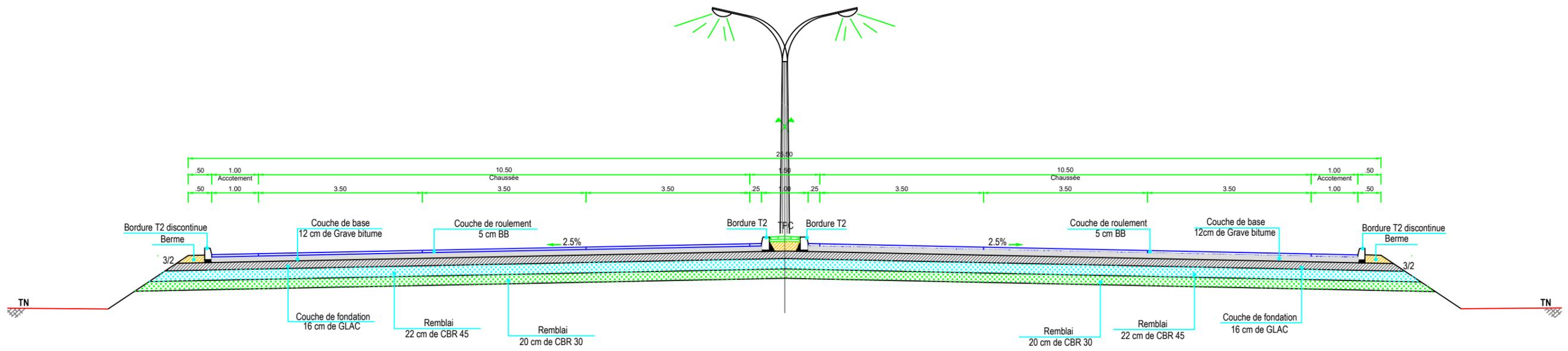
Projet de fin d'étude	SCHEMAS D'EXECUTION DU DALOT OH1		Plan de Ferrailage
M2 GCH / ROA			
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	29 / 05 / 2019

PROFIL EN TRAVERS TYPE PT1 :
RN1 - BINGO (Section courante)



Projet de fin d'étude	Profil en travers type PT1 (section courante)		Plan N°1
M2 GCH / ROA			
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	29 / 05 / 2019

PROFIL EN TRAVERS TYPE PT2 :
RN1 - BINGO (Section à 3 voies)



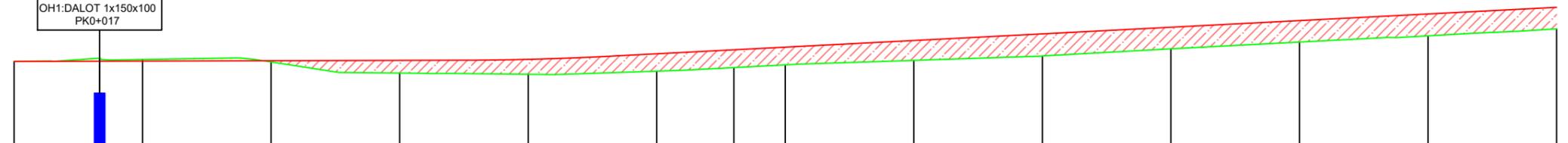
Projet de fin d'étude	Profil en travers type PT2 (section à 3 voies)		Plan N°2
M2 GCH / ROA			
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	29 / 05 / 2019

Echelle en X : 1/1000

Echelle en Y : 1/100

OH1: DALOT 1x150x100
PK0+017

PC : 338.00 m



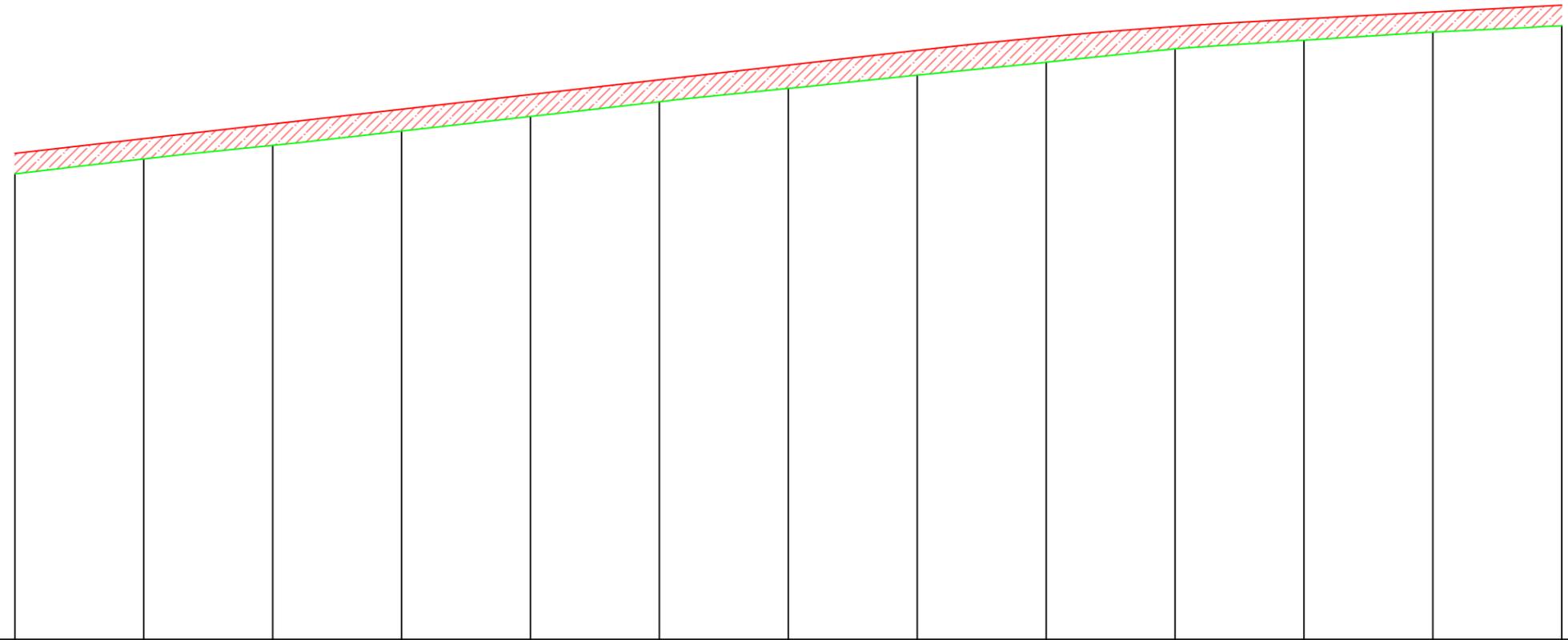
Numéro de profils en travers	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Altitudes TN	339.65	339.71	339.69	339.64	339.42	339.40	339.46	339.53	339.58	339.67	339.76	339.89	340.03	340.15	340.28
Altitudes Projet	339.65	339.65	339.66	339.66	339.67	339.69	339.80	339.88	339.93	340.06	340.18	340.31	340.44	340.57	340.70
Ecart TN - Projet	0.00	0.06	0.03	-0.02	-0.25	-0.29	-0.34	-0.34	-0.34	-0.38	-0.43	-0.42	-0.42	-0.42	-0.42
Distances partielles		16.65	8.35	25.00	25.00	25.00	25.00	15.00	10.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Distances cumulées	0.00	16.65	25.00	50.00	75.00	100.00	125.00	140.00	150.00	175.00	200.00	225.00	250.00	275.00	300.00
Pentes et rampes															
Alignements droits et courbes	DROITE L = 300.00 m														
Dévers Gauche	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	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	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50

Projet de fin d'étude	Profil en long			Plan N°1
M2 GCH / ROA				
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	29 / 05 / 2019	

Echelle en X : 1/1000

Echelle en Y : 1/100

PC : 338.00 m

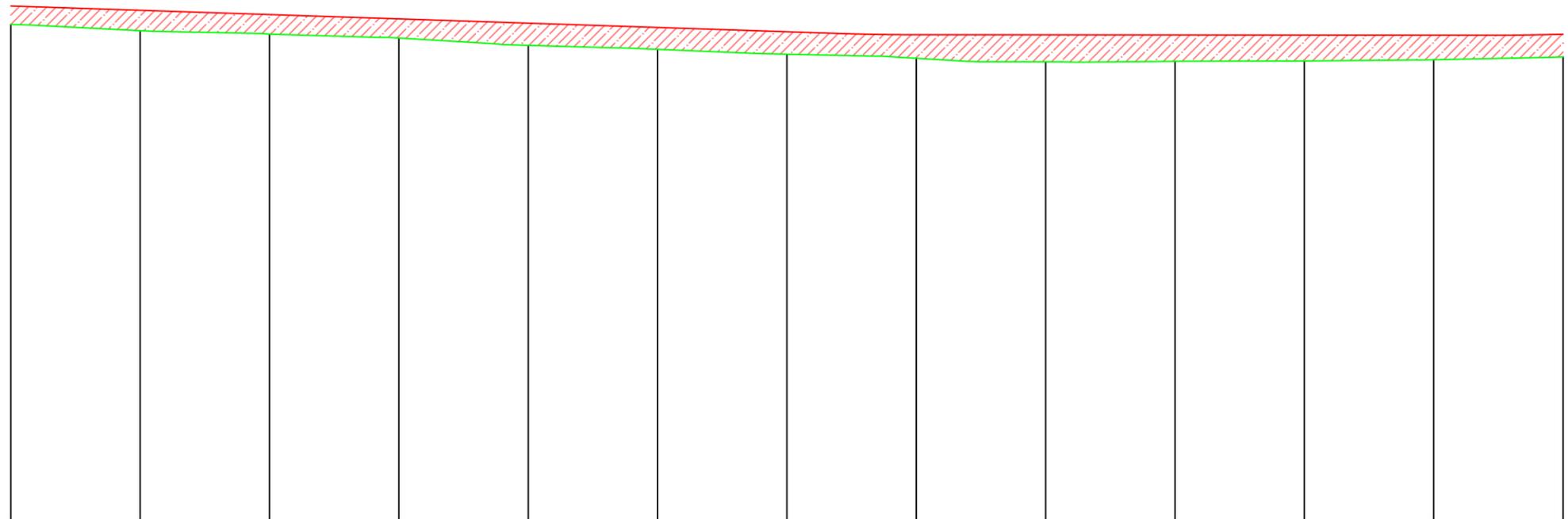


Numéro de profils en travers	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
Altitudes TN	347.02	347.31	347.58	347.85	348.14	348.42	348.68	348.94	349.19	349.45	349.61	349.77	349.90
Altitudes Projet	347.42	347.71	347.99	348.28	348.56	348.85	349.13	349.42	349.68	349.88	350.03	350.16	350.30
Ecart TN - Projet	-0.40	-0.39	-0.42	-0.42	-0.42	-0.43	-0.45	-0.48	-0.49	-0.43	-0.41	-0.39	-0.40
Distances partielles		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	
Distances cumulées	1200.00	1225.00	1250.00	1275.00	1300.00	1325.00	1350.00	1375.00	1400.00	1425.00	1450.00	1475.00	1500.00
Pentes et rampes													
Alignements droits et courbes	DROITE L = 300.00 m												
Dévers Gauche	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	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	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50

Projet de fin d'étude	Profil en long		Plan N°5
M2 GCH / ROA			
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	29 / 05 / 2019

Echelle en X : 1/1000

Echelle en Y : 1/100



PC : 348.00 m

Numéro de profils en travers	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163
Altitudes TN	357.60	357.48	357.41	357.33	357.19	357.12	357.02	356.94	356.88	356.89	356.89	356.92	356.97
Altitudes Projet	357.95	357.87	357.79	357.71	357.62	357.54	357.46	357.40	357.40	357.40	357.39	357.39	357.41
Ecart TN - Projet	-0.36	-0.40	-0.38	-0.37	-0.43	-0.42	-0.43	-0.46	-0.52	-0.51	-0.50	-0.47	-0.44
Distances partielles		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Distances cumulées	3300.00	3325.00	3350.00	3375.00	3400.00	3425.00	3450.00	3475.00	3500.00	3525.00	3550.00	3575.00	3600.00
Pentes et rampes	PENTE L = 159.59 m P = -0.33 %							RC = 4557.57 L = 14.71	PENTE L = 111.75 m P = -0.01 %				RC = 4365.11 L = 9.91
Alignements droits et courbes	DROITE L = 300.00 m												
Dévers Gauche	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	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	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50

Projet de fin d'étude	Profil en long			Plan N°12
M2 GCH / ROA				
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	29 / 05 / 2019	

OH3:DALOT 1x150x100
PK4+176

Echelle en X : 1/1000

Echelle en Y : 1/100

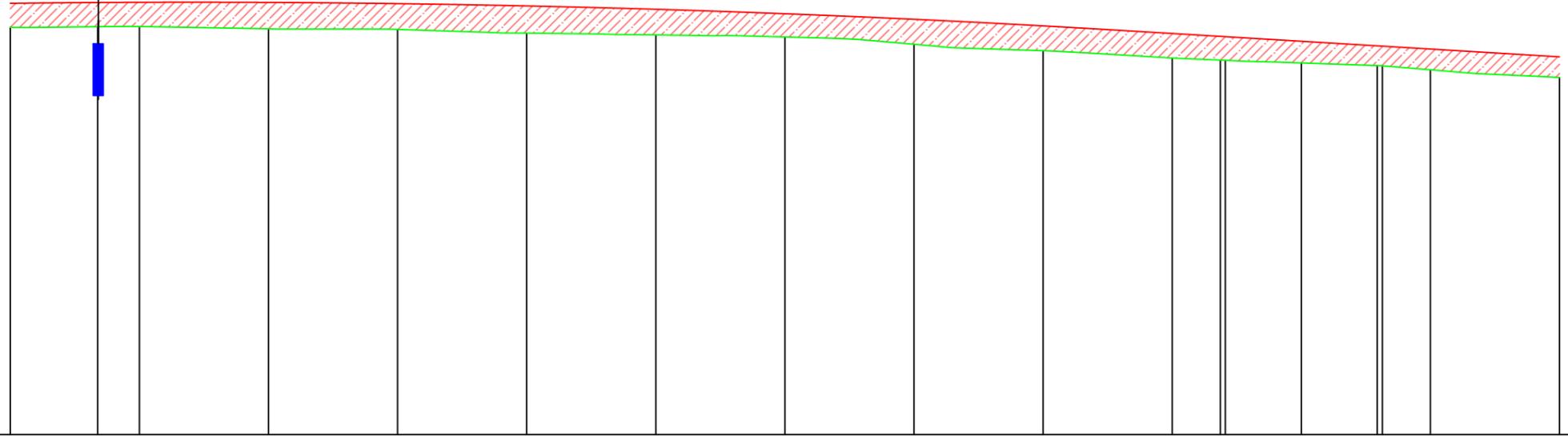
PC : 348.00 m

Numéro de profils en travers	180	181	182	184	185	187	188	189	190	191	192	193	194	195	197
Altitudes TN	357.69	357.73	357.77	357.79	357.83	357.85	357.88	357.92	358.05	358.08	358.12	358.14	358.18	358.29	358.34
Altitudes Projet	358.06	358.12	358.14	358.17	358.20	358.23	358.28	358.34	358.39	358.45	358.50	358.55	358.61	358.66	358.72
Ecart TN - Projet	-0.37	-0.38	-0.37	-0.38	-0.37	-0.38	-0.40	-0.42	-0.34	-0.36	-0.38	-0.42	-0.43	-0.38	-0.38
Distances partielles		25.00	9.23	15.77	14.70	10.30	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Distances cumulées	3900.00	3925.00	3934.23	3950.00	3964.70	3975.00	4000.00	4025.00	4050.00	4075.00	4100.00	4125.00	4150.00	4175.00	4200.00
Pentes et rampes	RAMPE L = 300.00 m P = 0.22 %														
Alignements droits et courbes	ARC R = 480.00 m L = 199.49 m CLOTHOIDE A = -252.66 L = 100.51 m														
Dévers Gauche	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	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	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50

Projet de fin d'étude	Profil en long			Plan N°14
M2 GCH / ROA				
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	29 / 05 / 2019	

OH5: DALOT 1x150x100
PK5+417

Echelle en X : 1/1000
Echelle en Y : 1/100



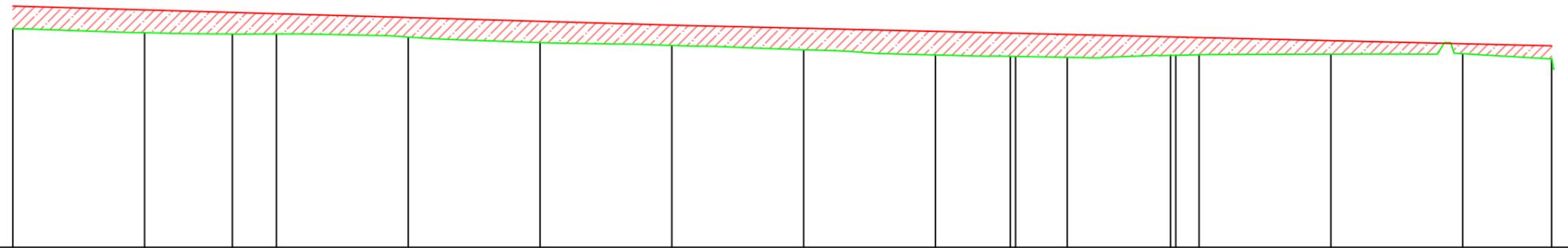
PC : 348.00 m

Numéro de profils en travers	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	267	268	270	271
Altitudes TN	355.88	355.89	355.90	355.85	355.84	355.77	355.74	355.70	355.55	355.43	355.29	355.25	355.19	355.14	355.06	354.91
Altitudes Projet	356.35	356.36	356.37	356.36	356.34	356.30	356.23	356.15	356.04	355.91	355.76	355.71	355.61	355.52	355.46	355.31
Ecart TN - Projet	-0.47	-0.47	-0.47	-0.51	-0.50	-0.53	-0.50	-0.45	-0.48	-0.48	-0.47	-0.46	-0.42	-0.38	-0.40	-0.40
Distances partielles		16.91	8.09	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	9.31	15.69	14.70	10.30	25.00
Distances cumulées	5400.00	5416.91	5425.00	5450.00	5475.00	5500.00	5525.00	5550.00	5575.00	5600.00	5625.00	5634.31	5650.00	5664.70	5675.00	5700.00
Pentes et rampes	RC = -29755.68 L = 213.80											PENTE L = 86.20 m P = -0.60 %				
Alignements droits et courbes	ARC R = 1000.00 m L = 300.00 m															
Dévers Gauche	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	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	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50

Projet de fin d'étude	Profil en long			Plan N°19
M2 GCH / ROA				
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	29 / 05 / 2019	

Echelle en X : 1/1000

Echelle en Y : 1/100



PC : 348.00 m

Numéro de profils en travers	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	306	307	309	310	311	312	313
Altitudes TN	352.14	352.07	352.04	352.04	351.99	351.88	351.83	351.74	351.65	351.62	351.60	351.64	351.65	351.66	351.67	351.57	
Altitudes Projet	352.57	352.50	352.45	352.43	352.36	352.28	352.21	352.15	352.09	352.06	352.03	351.99	351.98	351.92	351.86	351.82	
Ecart TN - Projet	-0.43	-0.43	-0.41	-0.38	-0.37	-0.40	-0.38	-0.41	-0.45	-0.44	-0.43	-0.35	-0.33	-0.26	-0.19	-0.25	
Distances partielles		25.00	16.65	8.35	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	14.19	10.81	19.59	5.41	25.00	25.00	16.88	
Distances cumulées	6275.00	6300.00	6316.65	6325.00	6350.00	6375.00	6400.00	6425.00	6450.00	6464.19	6475.00	6494.59	6500.00	6525.00	6550.00	6566.88	
Pentes et rampes																	
Alignements droits et courbes	DROITE L = 15.95 m CLOTHOIDE A = -163.71 L = 67.00 m ARC R = 400.00 m L = 13.73 m CLOTHOIDE A = 163.71 L = 67.00 m DROITE L = 131.57 m																
Dévers Gauche	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	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	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50

Projet de fin d'étude	Profil en long			Plan N°22
M2 GCH / ROA				
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	29 / 05 / 2019	

SONABHY

- REMLAI : 4.08 m²
- DEBLAI : 13.67 m²
- GB3 : 1.98 m²
- LIT DE SABLE : 0.02 m²
- PAVÉS : 0.04 m²
- BBME1 : 0.82 m²
- REMLAI CBR30 : 4.09 m²
- BERME : 0.17 m²
- REMLAI CBR45 : 4.35 m²
- BETON DE BLOCAGE BORDURE : 0.06 m²
- BORDURE T2 CONTINUE : 0.07 m²
- BORDURE T2 DISCONTINUE : 0.07 m²
- DALOT : 7.87 m²
- FONDATION GLAC : 3.12 m²

Profil n°: 02

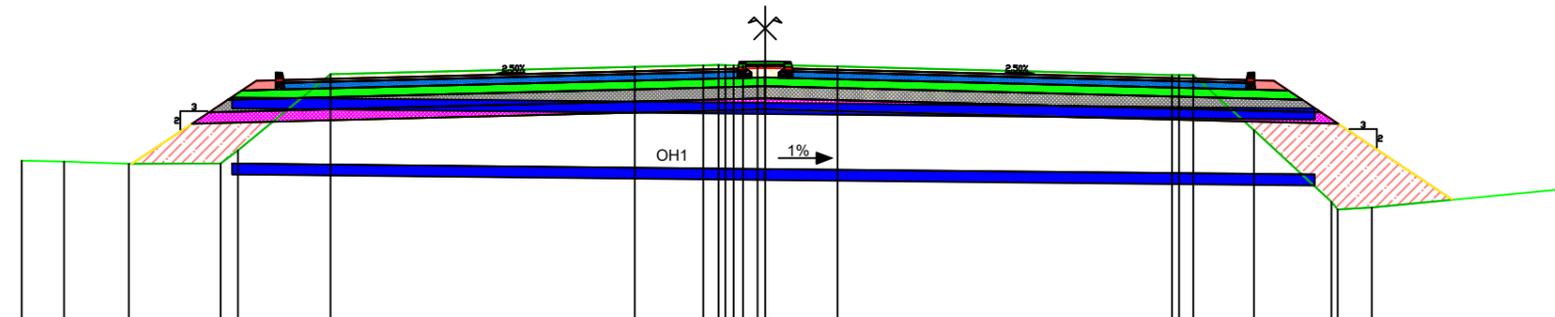
Abscisse : 16.65 m

Echelle des longueurs : 1/100

Echelle des altitudes : 1/100

X= 637877.99
Y= 1356485.37
Gisement : 44.53 gr

PC : 335.00 m



Altitudes TN	337.97	337.95	337.91	337.92	338.16	339.54	339.67	339.70	339.71	339.68	339.53	339.52	338.52	337.22	337.12	337.45			
Distances à l'axe TN	-13.51	-12.74	-11.57	-9.90	-9.59	-7.90	-2.37	-1.13	-0.72	0.00	1.32	7.40	7.78	8.89	10.29	11.03	14.49		
Altitudes Projet			337.91	338.64	338.65	339.08	339.24	339.42	339.64	339.65	339.64		339.44	339.42	339.24	339.08	338.85	338.64	337.26
Distances à l'axe Projet			-11.51	-10.42	-10.11	-9.77	-9.52	-9.28	-8.75	-0.50	-0.00	0.50	8.75	9.25	9.52	9.77	10.11	10.42	12.49
Distances partielles Projet				1.10	0.31	0.34	0.25	0.27	0.50	8.25	0.50	0.50	8.25	0.50	0.27	0.25	0.34	0.31	2.07
Altitude Grave Bitume														339.39					
Altitude Fondation					339.24									339.27					
Altitude Remblai CBR45					339.08									339.24					
Altitude Remblai CBR30					338.64	338.65								339.08					
Altitude Assise				338.64	338.65									338.85	338.64				
Fil d'eau Dalot				337.92										337.72					

Projet de fin d'étude	Profil en travers			Profil N°02
M2 GCH / ROA				
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	29 / 05 / 2019	

SONABHY

- REMLAI : 12.80 m²
- DEBLAI : 2.59 m²
- GB3 : 1.98 m²
- LIT DE SABLE : 0.02 m²
- PAVES : 0.04 m²
- BBME1 : 0.82 m²
- REMLAI CBR30 : 4.09 m²
- BERME : 0.17 m²
- REMLAI CBR45 : 4.35 m²
- BETON DE BLOCAGE BORDURE : 0.06 m²
- BORDURE T2 CONTINUE : 0.07 m²
- BORDURE T2 DISCONTINUE : 0.07 m²
- DALOT : 8.81 m²
- FONDATION GLAC : 3.12 m²

Profil n°: 279

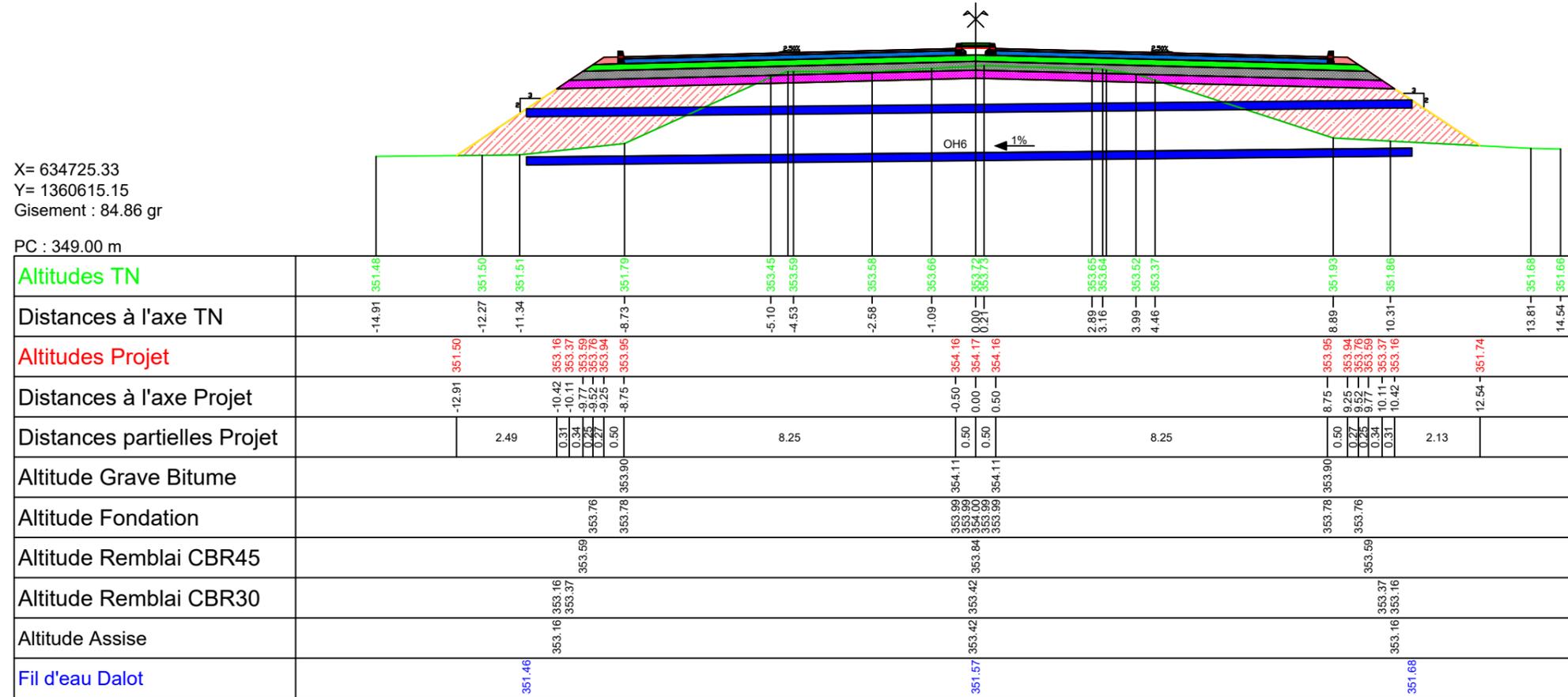
Abscisse : 5890.10 m

Echelle des longueurs : 1/100

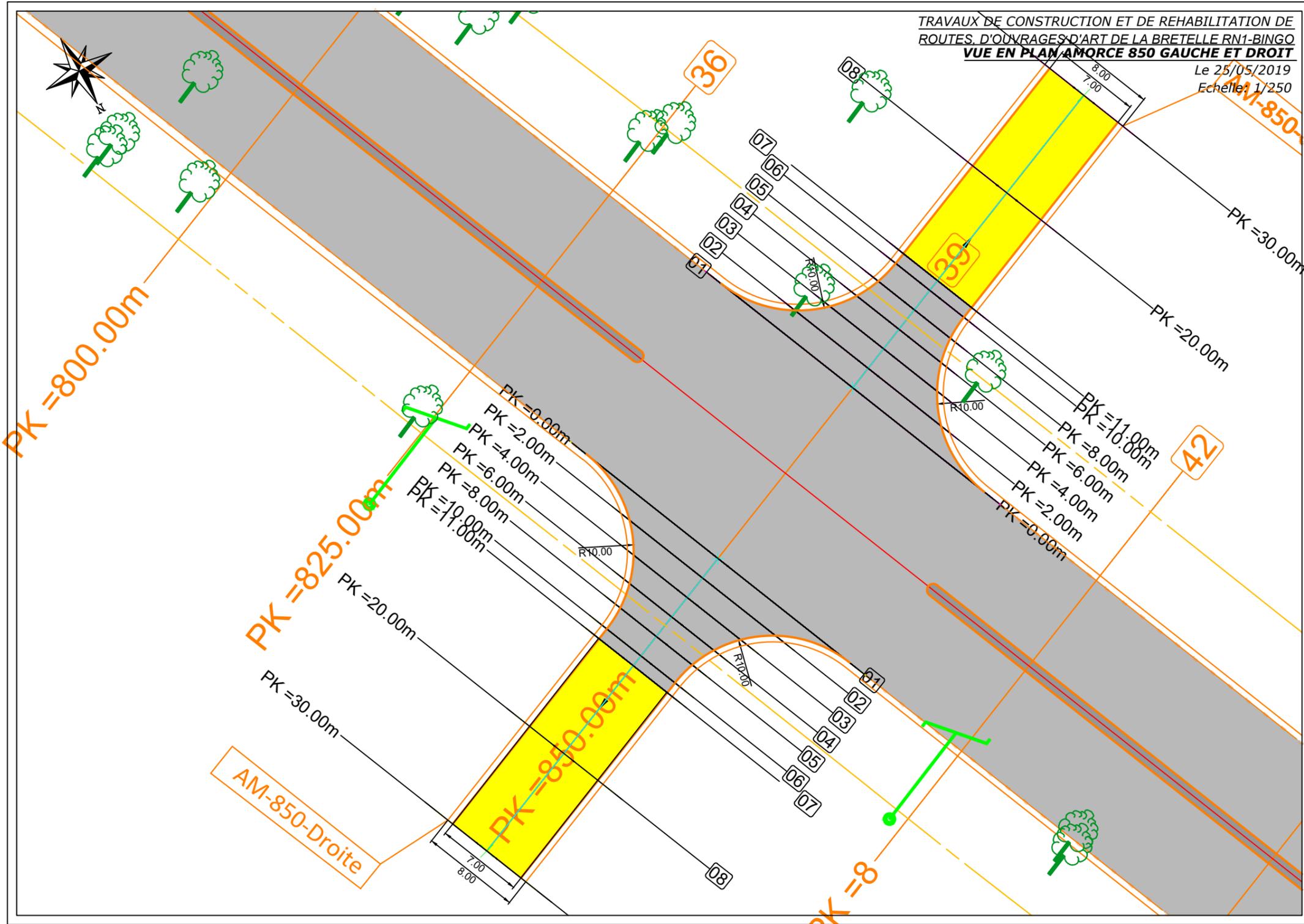
Echelle des altitudes : 1/100

X= 634725.33
Y= 1360615.15
Gisement : 84.86 gr

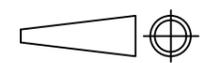
PC : 349.00 m

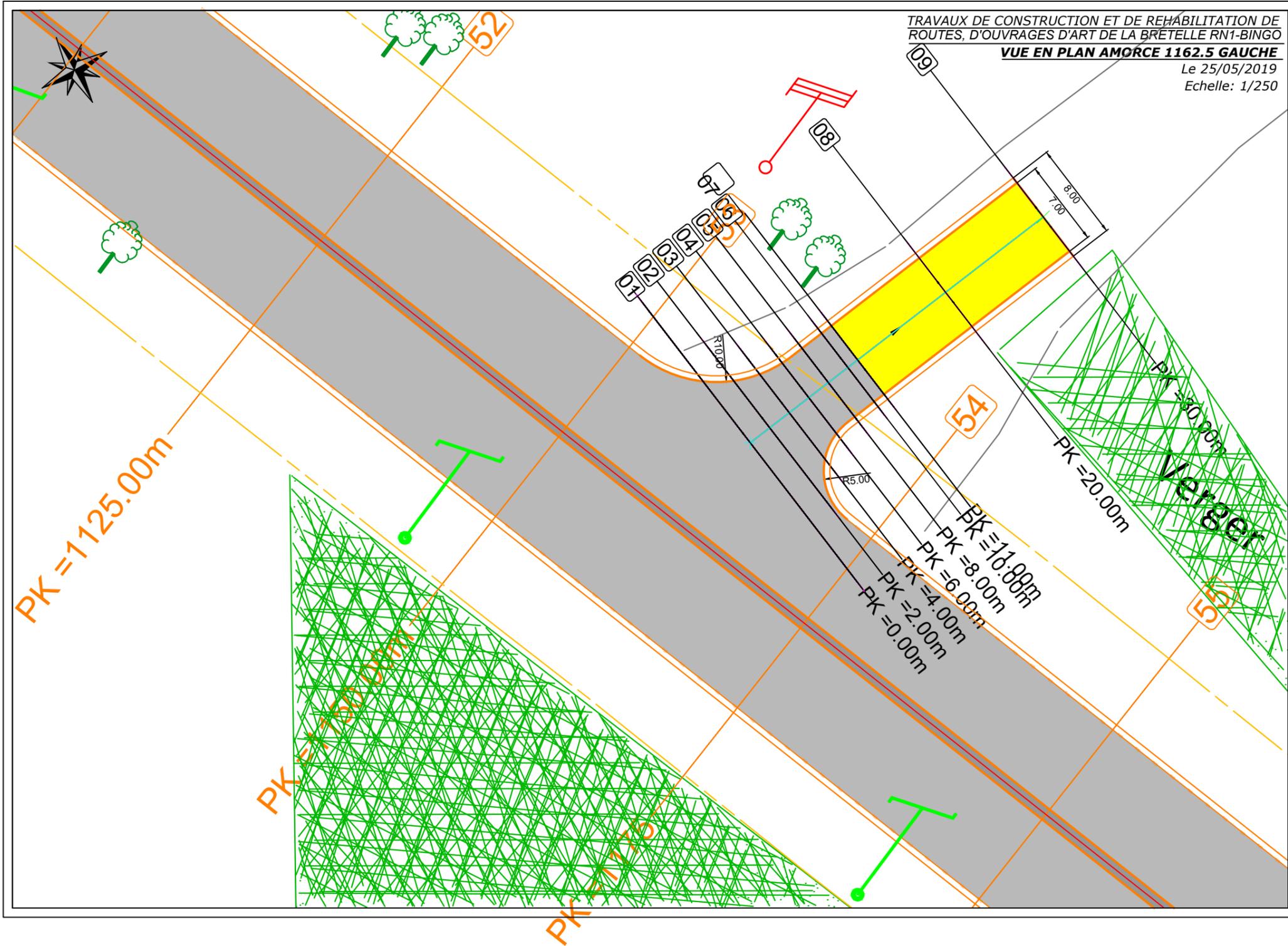


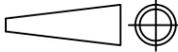
Projet de fin d'étude	Profil en travers		Profil N°279
M2 GCH / ROA			
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	29 / 05 / 2019



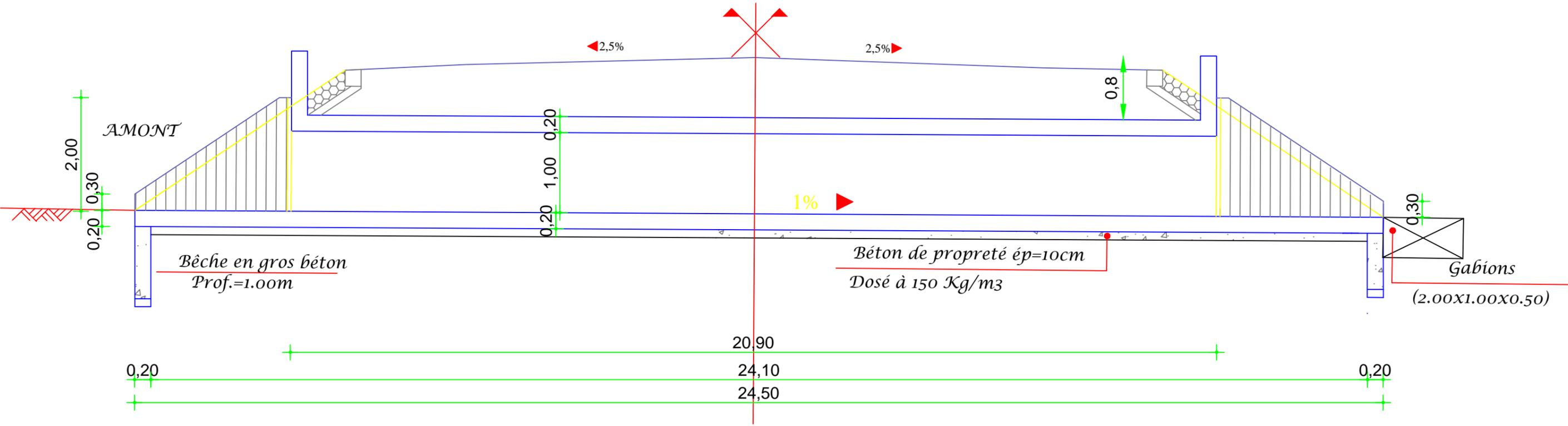
TRAVAUX DE CONSTRUCTION ET DE REHABILITATION DE
 ROUTES, D'OUVRAGES D'ART DE LA BRETELLE RN1-BINGO
VUE EN PLAN AMORCE 850 GAUCHE ET DROIT
 Le 25/05/2019
 Echelle: 1/250

Projet de fin d'étude	Plan d'aménagement amorce gauche et droite		Plan N°1
M2 GCH / ROA			
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	25 / 05 / 2019

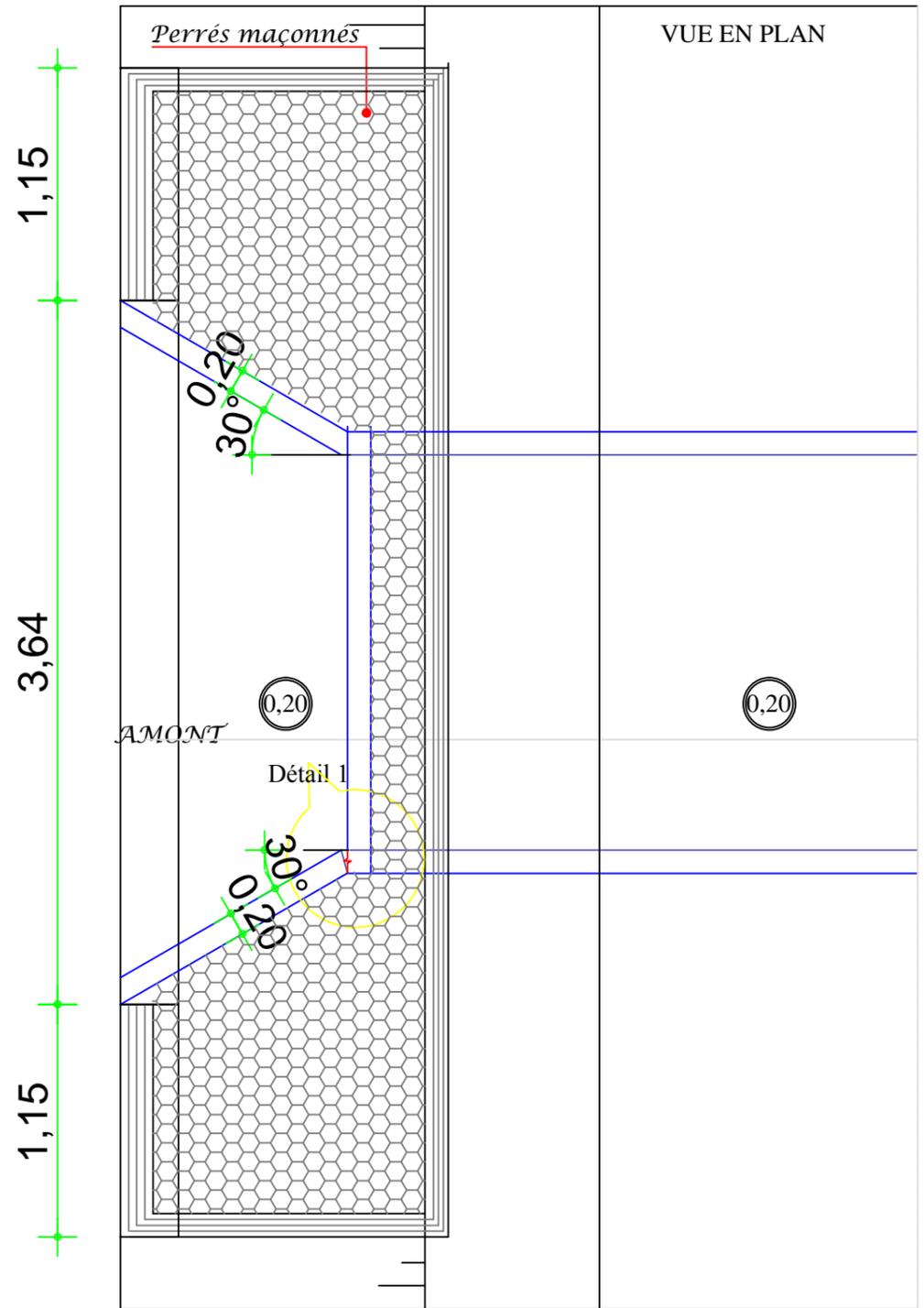


Projet de fin d'étude	Plan d'aménagement amorce gauche		Plan N°2
M2 GCH / ROA			
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	25 / 05 / 2019

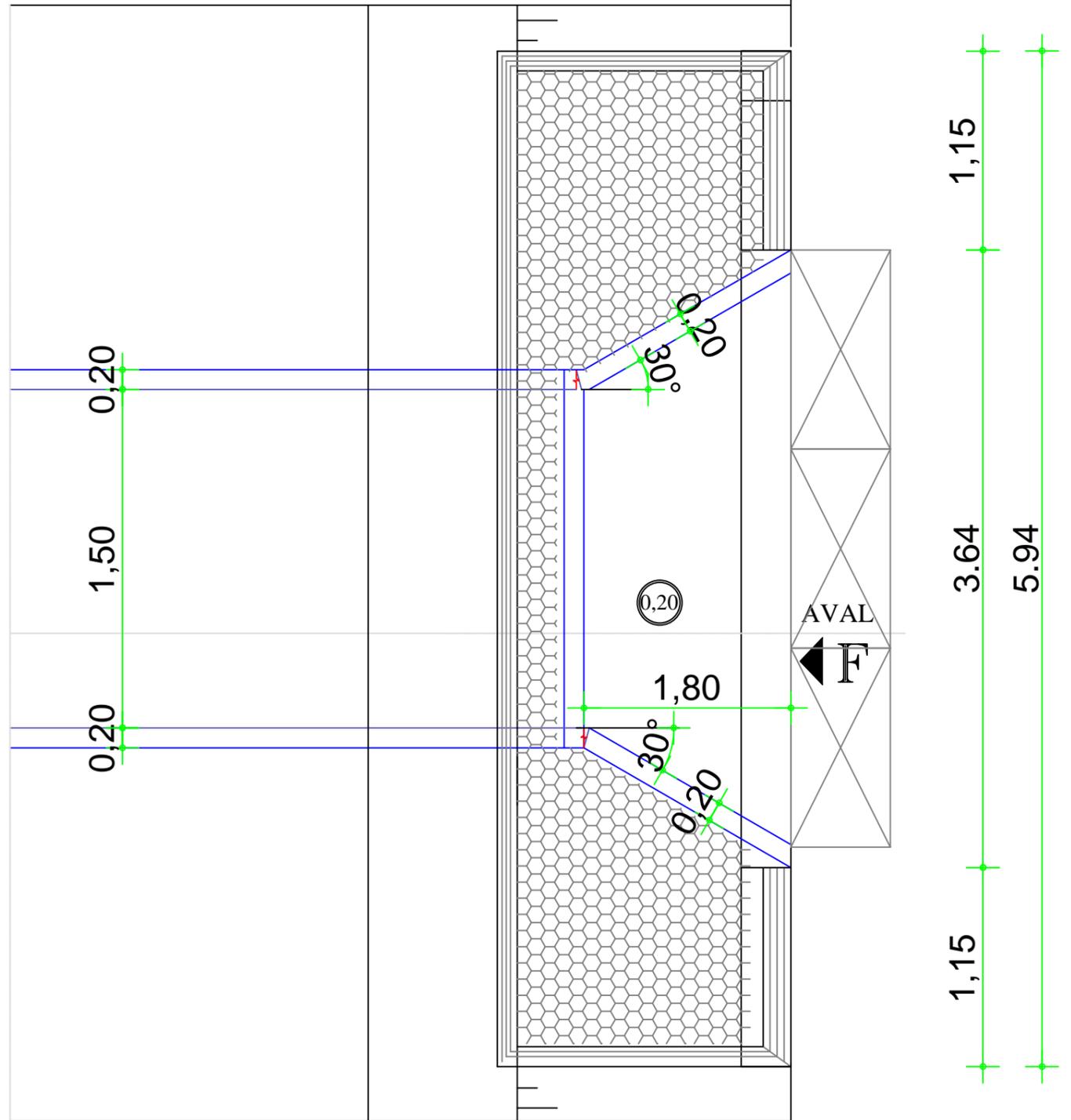
COUPE LONGITUDINALE



Projet de fin d'étude	SCHEMAS D'EXECUTION DU DALOT OH1		Coupe Longitudinale
M2 GCH / ROA			
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	29 / 05 / 2019

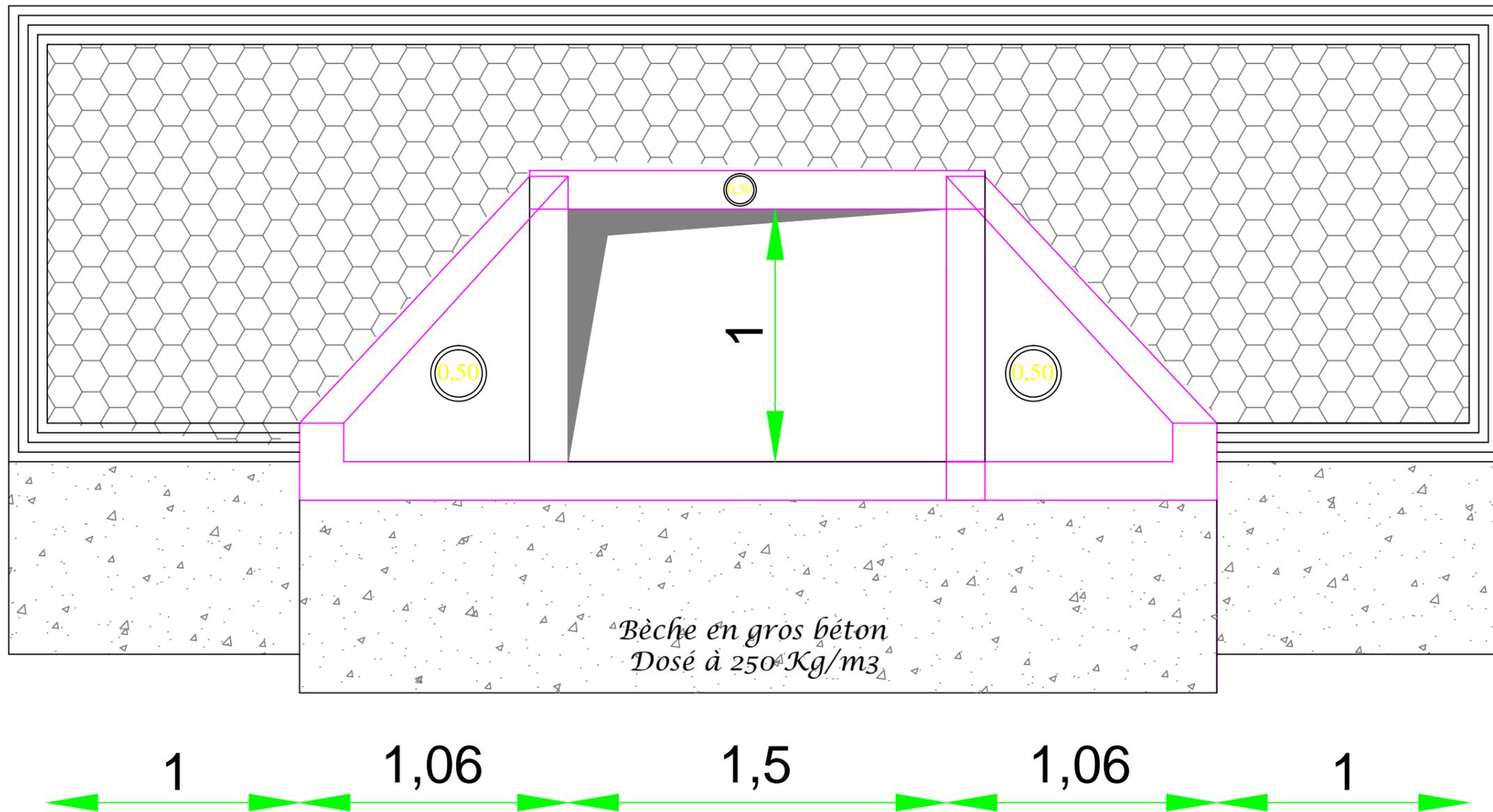


VUE EN PLAN



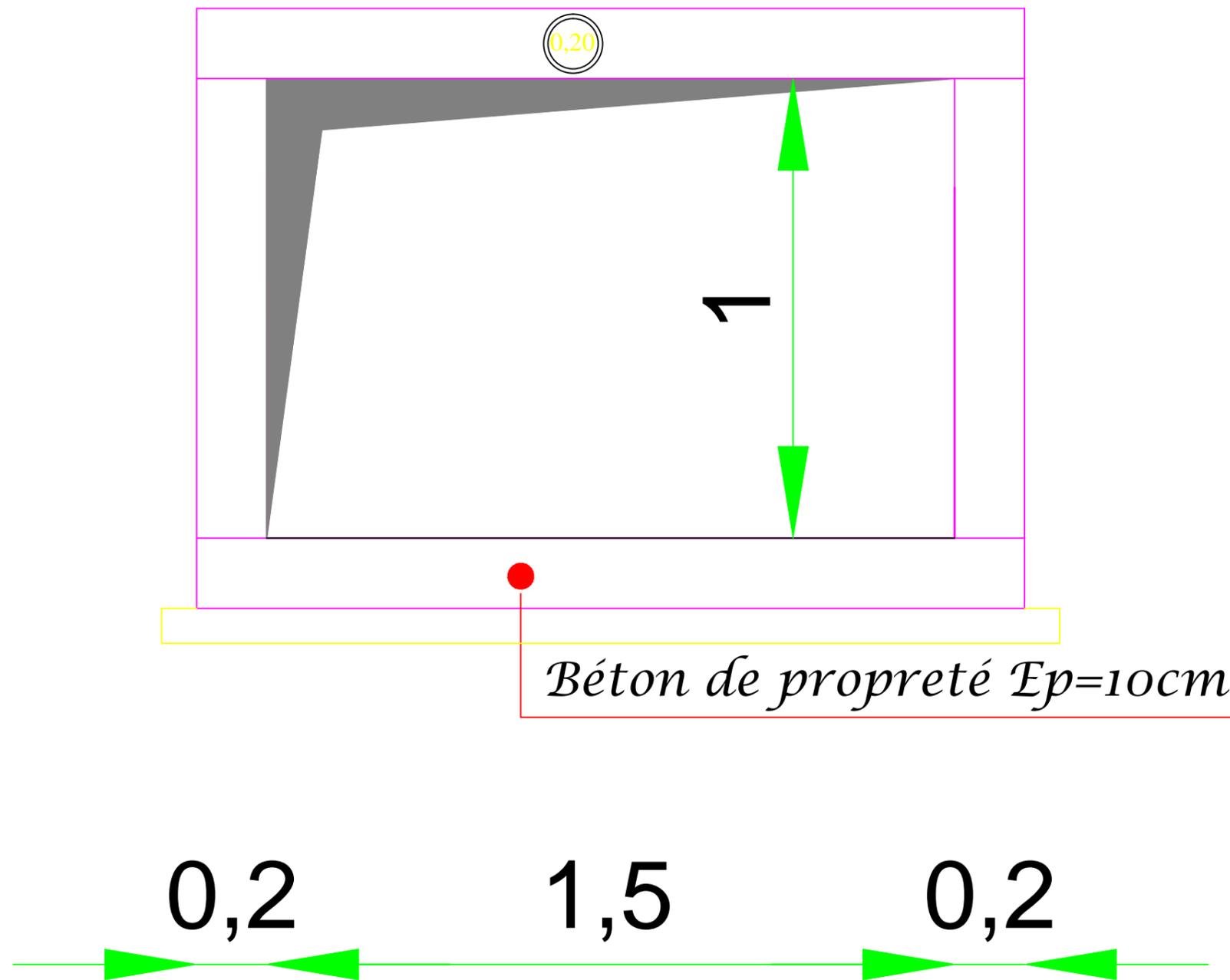
20,50

Projet de fin d'étude	SCHEMAS D'EXECUTION DU DALOT OH1		Vue en Plan
M2 GCH / ROA			
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	29 / 05 / 2019



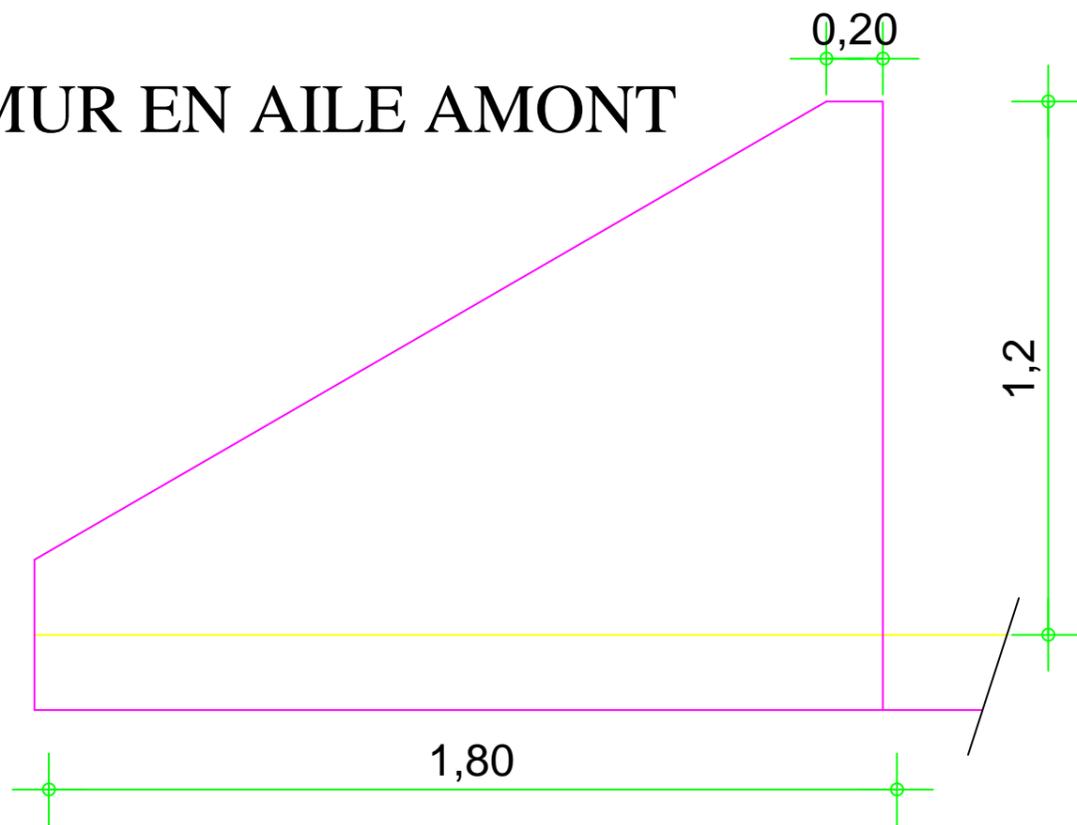
Projet de fin d'étude	SCHEMAS D'EXECUTION DU DALOT OH1		Vue de FACE
M2 GCH / ROA			
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	29 / 05 / 2019

COUPE TRANSVERSALE

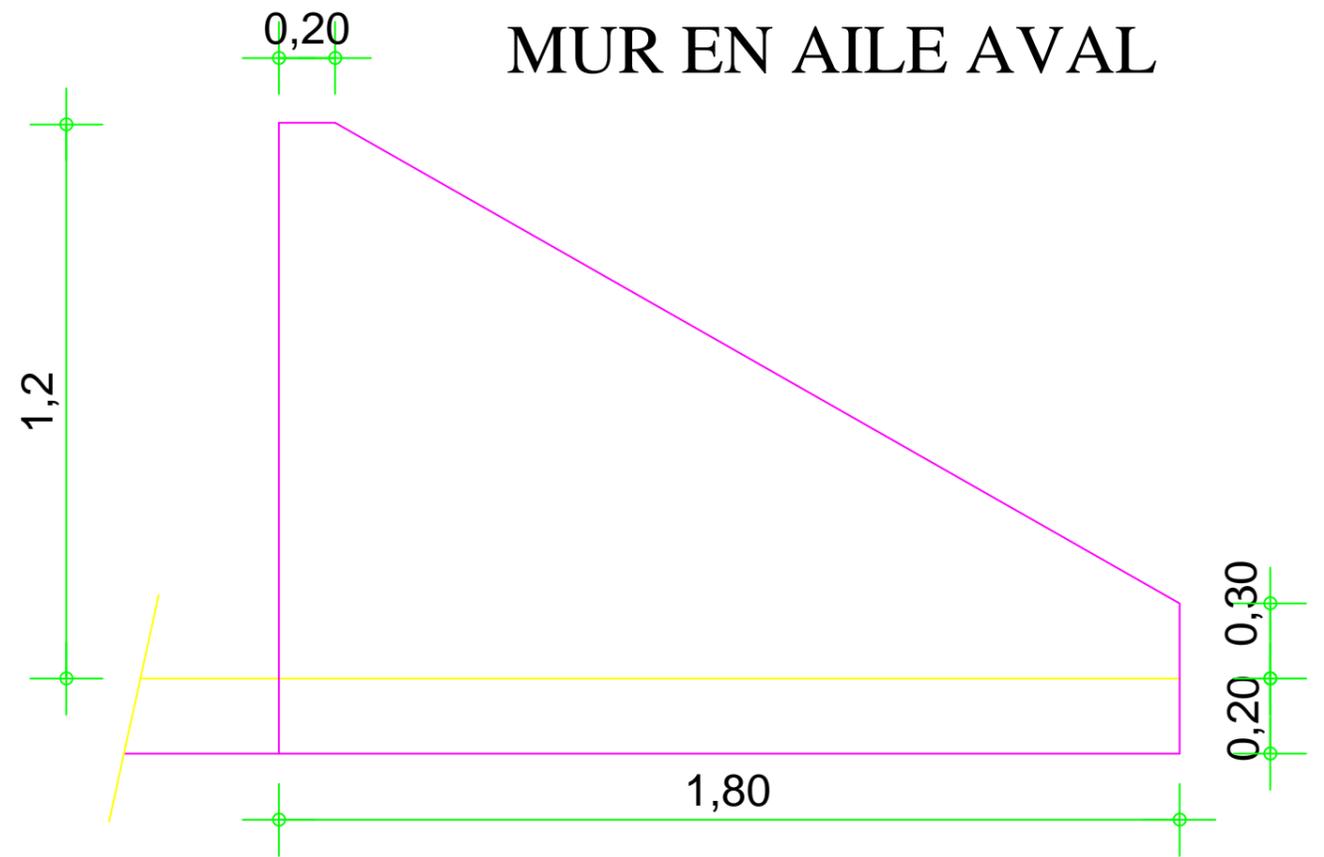


Projet de fin d'étude	SCHMAS D'EXECUTION DU DALOT OH1		Coupe Transversale
M2 GCH / ROA			
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	29 / 05 / 2019

MUR EN AILE AMONT



MUR EN AILE AVAL



Projet de fin d'étude	SCHEMAS D'EXECUTION DU DALOT OH1		Murs en ailes
M2 GCH / ROA			
échelle :		KABORE Sibiri Faridah Nabihah	29 / 05 / 2019