

**ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION D'UNE
ROUTE DE TRANSPORT DE MINERAI RELIANT BISSA GOLD A NIOU
AU BURKINA FASO : CAS DU TRONCON BOORE-MASSEONO
(PK9+00 AU PK19+00) DANS LA PROVINCE DU PASSORE**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER
SPECIALITE : GENIE CIVIL-BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS**

Présenté et soutenu publiquement le 20 Janvier 2026 par :

YAMEOGO Johnny Carl Régis Marie (n°20230305)

Directeur de mémoire :

M. Issa MADOUGOU

Enseignant au département des sciences et techniques de l'ingénieur de l'institut 2iE

Contact : +226 68 76 88 79

Structure d'accueil

SOGETRAS SARL

Contact : +226 70021995

Mail : sogetrasbf@gmail.com

Maître de stage

M. TAMBOURA

**Ingénieur Géomètre-Topographe
au sein de SOGETRAS SARL**

Contact : +226 76112885

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr Mamadou DIOP

Membres et correcteurs :

Dr Joseph WETHE

Mme Bazam Amonet NEBIE

Promotion [2025/2026]



DEDICACES

Je dédie ce mémoire à mes parents, pour les sacrifices consentis tout au long de mes études.
L'aboutissement de mon parcours académique est le fruit de nombreuses années de travail et de sacrifice de leur part. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude et reconnaissance.

REMERCIEMENTS

A travers ce document, mes remerciements vont à l'endroit de :

- L'institut de 2iE, pour la qualité de sa formation ;
- Monsieur Issa MADOUGOU, mon directeur de mémoire, pour sa disponibilité, ses orientations et ses précieux conseils tout au long de la réalisation de ce travail ;
- Monsieur TAMBOURA, mon maitre de stage, pour sa simplicité, son humilité et son investissement sans faille dans l'accomplissement de ce travail ;
- Mes camarades NAMA Miguel et ABRAHAM Kanika pour l'esprit d'écoute et de partage qu'ils ont su développer durant cette période ;
- Ma famille, pour leur accompagnement durant cette étape importante de ma vie ;
- Tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à l'aboutissement de ce travail.

RESUME

Bissa Gold SA est une société aurifère industrielle présente au Burkina-Faso depuis une quinzaine d'années. Depuis quelques années elle a entrepris de vastes campagnes d'exploration dans le but de prolonger la durée de vie de sa mine. C'est dans cette lancée que fut découvert le gisement de Niou dans la province du Passoré a un peu plus de 60km des installations actuelles. Dans le but de pouvoir traiter le minerai de Niou dans l'usine de Bissa, il a été décidé la construction d'une route afin de pouvoir permettre le transport du minerai par camions bennes de Niou a Bissa. Ce document a pour objectif de proposer une solution au besoin de Bissa Gold SA en présentant une étude technique détaillée des travaux de construction de cette route. Il se concentre sur un tronçon d'environ 10 km entre Booré et Masséono. Afin de mener à bien ce travail, une analyse de la situation actuelle du tronçon a été faite, accompagnée de la collecte des informations déjà disponibles auprès de la société minière, comme les relevés de terrain et l'estimation du trafic attendu. La conception de la route a abouti à une voie d'un peu plus de 10 km (10040,765 m), classée en catégorie 3, avec une vitesse de référence de 60 km/h, et une structure de chaussée composée d'une couche de 20 cm en graveleux latéritique naturel. Pour l'évacuation des eaux, des dalots de tailles variables (de sections 1×1m×1m à 2×2m×1,5 m) ont été prévus. L'étude environnementale et sociale a permis d'identifier les effets positifs et négatifs du projet, tout en proposant des mesures pour réduire les impacts négatifs. Enfin, une signalisation a été prévue permettant de respecter les normes en vigueur. Le coût total des travaux est estimé à environ 608 502 972 FCFA, toutes taxes comprises soit 60 850 297 FCFA/km.

Mots clés :

1. Assainissement
2. Structure de chaussée
3. Transport du minerai
4. Impact environnemental
5. Signalisation routière

ABSTRACT

Bissa Gold SA is an industrial gold mining company present in Burkina Faso for about fifteen years. For several years, it has undertaken extensive exploration campaigns to extend the life of its mine. It was in this context that the Niou deposit was discovered in the Passoré province, a little over 60km from the current facilities. In order to process the Niou ore at the Bissa plant, it was decided to build a road to allow the transportation of ore by dump trucks from Niou to Bissa. This document aims to propose a solution to Bissa Gold SA's needs by presenting a detailed technical study of the construction work for this road. It focuses on a section of approximately 10 km between Booré and Masséono. To carry out this work, an analysis of the current situation of the section was made, accompanied by the collection of information already available from the mining company, such as field surveys and estimated traffic. The road design resulted in a route of just over 10 km (10040.765 m), classified as category 3, with a reference speed of 60 km/h, and a pavement structure composed of a 20 cm layer of natural laterite gravel. For water evacuation, culverts of variable sizes (sections 1×1m×1m to 2×2m×1.5 m) were planned. The environmental and social study identified the positive and negative effects of the project, while proposing measures to reduce negative impacts. Finally, signage was planned to comply with current standards. The total cost of the work is estimated at approximately 608,502,972 FCFA, including taxes, or 60,850,297 FCFA/km.

Keywords :

1. Drainage
2. Pavement structure
3. Ore transportation
4. Environmental impact
5. Road signage

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ARP : Aménagement des Routes Principales ;

BA : Béton Armé ;

BAEL : Béton Armé aux Etats Limites ;

BCEOM : Bureau d'Etudes pour les Equipements d'Outre-Mer ;

ERE : Etude des Risques Environnementaux ;

DAO : Dossier d'Appel d'offre

OH : Ouvrage Hydraulique ;

DQE : Devis Quantitatif et Estimatif ;

EIES : Etude d'Impact Environnementale et Sociale ;

ELS : Etats Limites de Service ;

ELU : Etats Limites Ultime ;

EPI : Equipement de Protection Individuel ;

HA : Haute Adhérence ;

OPM : Optimum Proctor Modifié ;

ORSTORM : Office de Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer ;

PK : Point Kilométrique ;

t_1 : Trafic a l'année de mise en service;

TTC : Toute Taxe Comprise ;

UTM : Transverse universelle de Mercator ;

NE : Nombre d'Essieux ;

A : Aire du bassin versant ;

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel

Table des matières

DEDICACES.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
RESUME	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	3
LISTE DES FIGURES.....	4
INTRODUCTION	5
A. CHAPITRE I : CADRE GENERAL DU PROJET	6
I- Présentation générale de l'entreprise d'accueil.....	6
II- Présentation de la zone du projet	9
1- Situation géographique	9
2- Cadre physique du milieu	10
III- Présentation du projet de la route de transport de minerai Bissa Gold SA-Niou	11
1- Contexte du projet et problématique	11
2- Objectifs généraux et spécifiques	11
B. CHAPITRE II : Etudes techniques du projet.....	12
I- Etude géotechnique	12
1- Introduction.....	12
2- Résultats	13
3- Conclusions et solutions proposées	17
II- Etude du trafic et dimensionnement structurel de la chaussée	18
1- Etude du trafic.....	18
2- Dimensionnement structurel de chaussée.....	21
3- Solution alternative	24
4- Analyse comparative des deux variantes de chaussée et choix de structure	25
III- Etude géométrique.....	26
1- Méthodologie	26
2- Caractéristiques géométriques du projet.....	26
3- Spécificités techniques à prendre en compte pour le trafic minier	28
4- Tracé en plan	28
5- Profil en long.....	28
6- Profil en travers	28
IV- Assainissement de la voirie	29

1-	Etude hydrologique	29
2-	Etude hydraulique	33
V-	Signalisation routière.....	38
C.	CHAPITRE III- ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL	38
I-	Introduction.....	38
1-	Description du projet.....	39
2-	Cadre législatif et réglementaire	39
3-	Description de l'état initial de l'environnement	40
II-	Identification, évaluation et analyse des impacts	44
1-	Identification des impacts	44
2-	Evaluation des impacts.....	44
3-	Analyse des impacts	46
III-	Plan de gestion environnemental et social	52
1-	Mesures de bonification.....	52
2-	Mesures d'atténuation.....	52
3-	Suivi et surveillance environnementale	53
4-	Plan de fermeture /réhabilitation	55
D.	CHAPITRE IV : EVALUATION FINANCIERE DU PROJET.....	56
	CONCLUSION	60
	Bibliographie.....	61
	ANNEXES.....	62
	Annexe I : Assainissement de la voirie	63
	Etude hydrologique	64
	Etude hydraulique	65
	Annexe II : Signalisation routière.....	95
	Annexe III : Etude d'impact environnementale et sociale	97
	Annexe IV : Etude géométrique	100
	Profil en travers type	102
	Tracé combiné	106

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Situation géographique des échantillons/sondages.....	13
Tableau 2 : Récapitulatif des essais sur matériaux des sondages du sol support.....	14
Tableau 3 : Récapitulatif des essais des sites d'emprunt.....	15
Tableau 4 : Récapitulatif des essais sur les sols des ouvrages d'art.....	16
Tableau 5 : Classes de plateforme.....	17
Tableau 6 : Nouvelles classes de plateforme.....	17
Tableau 7 : Valeur du coefficient du coefficient d'agressivité moyen.....	20
Tableau 8 : Classes de trafic en nombre d'essieux équivalents.....	21
Tableau 9 : Estimation de l'usure annuelle.....	22
Tableau 10 : Structure de chaussée retenue.....	23
Tableau 11 : Structure de chaussée retenue.....	24
Tableau 12 : Analyse comparative des variantes retenues.....	25
Tableau 13 : Relation vitesse de référence-catégorie de la route.....	26
Tableau 14 : Norme ARP.....	27
Tableau 15 : Paramètres physiques des bassins versants.....	31
Tableau 16 : Récapitulatif des résultats de l'étude hydrologique.....	33
Tableau 17 : Récapitulatif des sections hydrauliques retenues.....	36
Tableau 18 : Répartition de la population par localité et par sexe.....	42
Tableau 19 : Répartition de la population par communauté religieuse.....	42
Tableau 20 : Méthode d'évaluation des risques.....	49
Tableau 21 : Evaluation des risques.....	50
Tableau 22 : Cout de mise en œuvre du PGES.....	54
Tableau 23 : Devis quantitatif estimatif variante route en terre du projet Booré-Masséono.....	56
Tableau 24 : Devis quantitatif estimatif variante route revêtue du projet Booré-Masséono.....	58
Tableau 25 : Coefficients de ruissellement dans la méthode rationnelle.....	64
Tableau 26 : Classification de l'ouvrage.....	71
Tableau 27 : Valeur de V_0	71
Tableau 28 : Valeur de a_1	71

Tableau 29 : Coefficient b_t	73
Tableau 30 : Coefficient b_c	75
Tableau 31 : Récapitulatif et choix des surcharges retenues.....	83
Tableau 32 : Récapitulatif des panneaux utilisés.....	96
Tableau 33 : Identification des impacts.....	98
Tableau 34 : Evaluation des impacts sous forme de matrice synthétique.....	99
Tableau 35 : Récapitulatif des résultats du tracé en plan.....	101

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme de la structure d'accueil.....	8
Figure 2 : Localisation de la zone d'étude.....	9
Figure 3 : Localisation géographique de la route.....	9
Figure 4 : Vérification sur Alizee-lcpc.....	25
Figure 5 : Profil en travers courant.....	29
Figure 6 : Délimitation des bassins versants sur Global Mapper.....	31
Figure 7 : Image illustrative de l'état actuel de la zone.....	34
Figure 8 : Diagramme climatique de Kongoussi.....	41
Figure 9 : Abaque de détermination de la hauteur d'eau réduite.....	66
Figure 10 : Abaque de détermination de l'indice de pente critique réduite.....	67
Figure 11 : Abaque de détermination de la vitesse réduite.....	68
Figure 12 : Convoi système B_t	72
Figure 13 : Convoi système B_c	75
Figure 14 : Convoi système B_{cNiger}	77
Figure 15 : Convoi système Mc_{80}	79
Figure 16 : Convoi système Mc_{120}	81

INTRODUCTION

Le développement des infrastructures de transport constitue un levier essentiel pour la croissance économique et le désenclavement des zones d'exploitation minière. Au Burkina Faso, pays enclavé à fort potentiel minier, les routes jouent un rôle stratégique dans la logistique des matières premières, notamment dans les zones reculées et à forte activité minière comme la province du Passoré. Au vu de cet enjeu, les acteurs du secteur ont décidé de bâtir des infrastructures modernes et robustes dans le but d'accélérer la croissance de ces zones. Le projet de construction d'une route de transport de minerai de 60 km entre le site d'exploitation de Bissa Gold SA et la commune de Niou, dans la province du Passoré s'inscrit pleinement dans cette stratégie. La section comprise entre le PK9+00 et le PK19+00, traitée par ce présent mémoire, est une partie importante du tronçon dans le sens où celle-ci doit assurer un flux sécurisé du minerai. Le défi technique de ce projet réside dans le fait de pouvoir concevoir une route durable et sécurisée tout en tenant compte des contraintes environnementales liées au contexte sahélien. Il sera alors question dans cette étude de répondre à la problématique suivante : Comment concevoir une route minière durable et sécurisée, capable de supporter un trafic lourd en contexte sahélien, tout en maîtrisant les contraintes géotechniques, hydrologiques et environnementales ?

Pour atteindre cet objectif, une démarche méthodologique rigoureuse est adoptée, articulée autour de plusieurs volets techniques complémentaires. Elle débute par une étude géotechnique visant à caractériser les sols et à déterminer leur portance ; s'en suit une étude du trafic ; un dimensionnement structurel de deux variantes de chaussées suivi d'un choix ; une étude géométrique pour optimiser le tracé en fonction des reliefs et des contraintes de site ; un volet assainissement de la voirie assurant la durabilité de l'ouvrage face aux aléas climatiques ; ainsi que des considérations de signalisation routière et d'impact environnemental et social. L'étude se conclut par l'établissement d'un devis quantitatif et estimatif des travaux des différentes variantes, outil de planification financière et de suivi.

A. CHAPITRE I : CADRE GENERAL DU PROJET

I- Présentation générale de l'entreprise d'accueil

La Société Générale d'Études et de Travaux Assimilés est une Société À Responsabilité Limitée (SOGETRAS-SARL), créée en Novembre 2020. Inscrite sur le tableau de l'ordre des Géomètres Experts Agrée sous le numéro 41 (GEA041), cette société a pour objectif principal d'apporter à l'Etat, et aux différentes entreprises du Génie Civil nationales ou internationales, une expertise de qualité dans le domaine de la topographie, du BTP, les travaux fonciers et biens d'autres domaines, afin de relever les défis et de contribuer au développement socioéconomique du Burkina-Faso. Elle est sous la direction de M Armand S OUEDRAOGO, Géomètre Expert Agrée.

Domaines d'interventions

SOGETRAS est une entreprise d'ingénierie, avec une expertise dans la conception et la réalisation d'infrastructures de drainage, et une expérience dans les zones urbaines et rurales dans de nombreuses villes du Burkina-Faso. SOGETRAS dispose d'une équipe d'experts dans différents domaines couvrant les besoins de ce projet. Les compétences de SOGETRAS couvrent les domaines suivants :

➤ **Aménagement**

- ✓ Etudes et travaux d'aménagement urbain et rural ;
- ✓ Suivi-Contrôle des travaux Public ;

➤ **Topographie et bathymétrie**

- ✓ Topographie-Géodésie-Nivellement ;
- ✓ Levées topographiques et bathymétriques.
- ✓ Implantations d'ouvrages et contrôles des travaux topographiques ;

➤ **Géomatique**

- ✓ Travaux en SIG, Télédétection et Cartographie ;
- ✓ Conception de bases de données à référence spatiale ;
- ✓ Élaboration de cartes thématiques et de suivi du territoire ;
- ✓ Production et fourniture de données numériques (spatiales, a-spatiales) ;
- ✓ Formations.

➤ **Hydraulique et Assainissement**

- ✓ Etude- conception et dimensionnement des systèmes AEP ;
- ✓ Mise à jour des plans d'assainissements ;
- ✓ Suivi- Contrôle des travaux d'exécutions ;
- ✓ Formation et conseils ;

- ✓ Terrassements ;
- ✓ Routes, piste rurale ;
- ✓ Bâtiments divers ;
- ✓ Electricité.

Ressources humaines

L'entreprise **SOGETRAS** dispose d'un réseau d'experts, de consultants et de partenaires dans différents domaines d'activités telles que :

- ✓ La géologie ;
- ✓ Le Génie civil ;
- ✓ Et bien d'autres structures.

Pour mener à bien sa mission, la société dispose également d'un personnel technique compétent et varié tel que :

- ✓ Un géomètre expert agréé ;
- ✓ Des ingénieurs Géomètres ;
- ✓ Des techniciens supérieurs géomètres.

Organigramme de l'entreprise

Pour permettre son bon fonctionnement, l'entreprise est organisée de la façon suivante :

- ✓ Un **Directeur Général**, chargé de la coordination générale de l'entreprise ;
- ✓ Un **Secrétariat de Direction**, chargé de la gestion des courriers, l'archivage des données et l'assistance de direction ;
- ✓ Un **Service Administratif et Financier**, chargé de la gestion des finances, des ressources humaines et des pièces administratives ;
- ✓ Un **Service Achat et Logistique**, chargé de la gestion des logistiques, et l'achat des matériels et fournitures de bureaux ;
- ✓ Un **Directeur Technique**, chargé de la planification et la gestion des projets, l'affectation des tâches et la coordination du volet technique des projets.

Ces différents services sont subdivisés par des sections qui sont lié à des départements ci-dessus. La figure ci-dessous illustre l'organigramme de la structure d'accueil de l'entreprise.

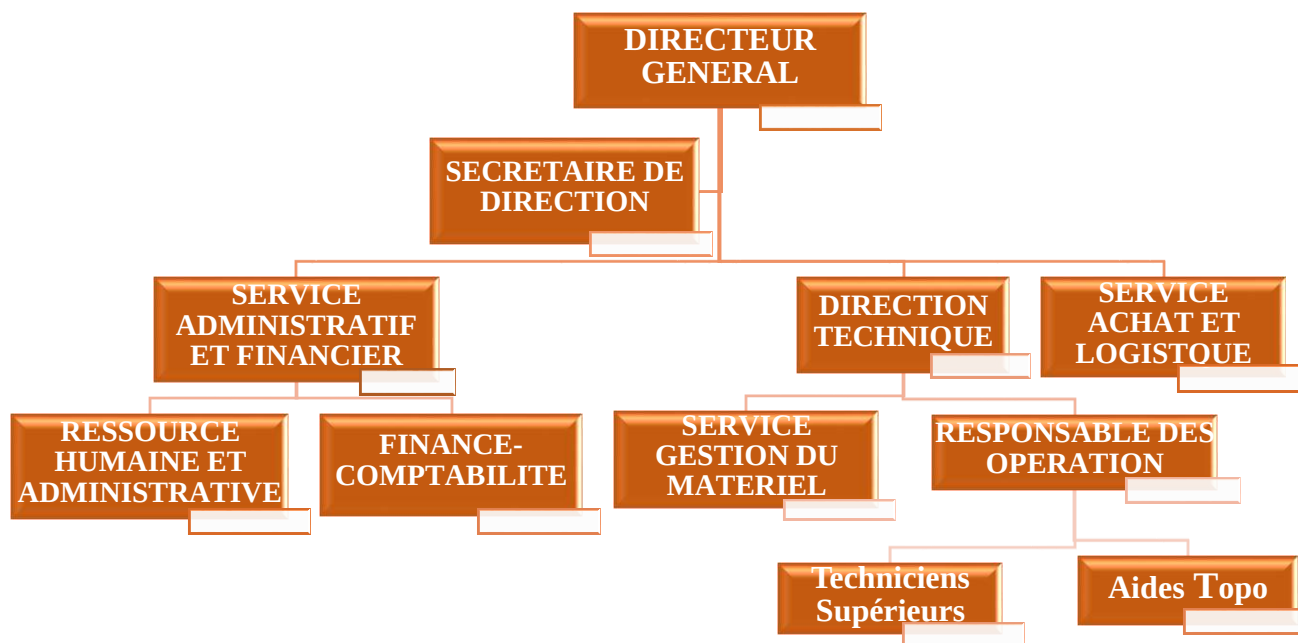


Figure 1 : Organigramme de la structure d'accueil

Le présent stage s'est déroulé dans le service de la direction technique.

II- Présentation de la zone du projet

1- Situation géographique

Le projet de route de transport de minerai reliant le site minier de Bissa Gold SA a Niou est situé à cheval entre la région du centre nord et la région du nord.

Le tronçon sur lequel se porte l'étude est situé dans la commune rurale de Bokin en reliant les villages de Booré et Masséono en passant par celui de Gawa dans la province du Passoré, région du Nord.

Bokin est un département comptant 40 villages peuplé par 54544 habitants (RGPH 2006).

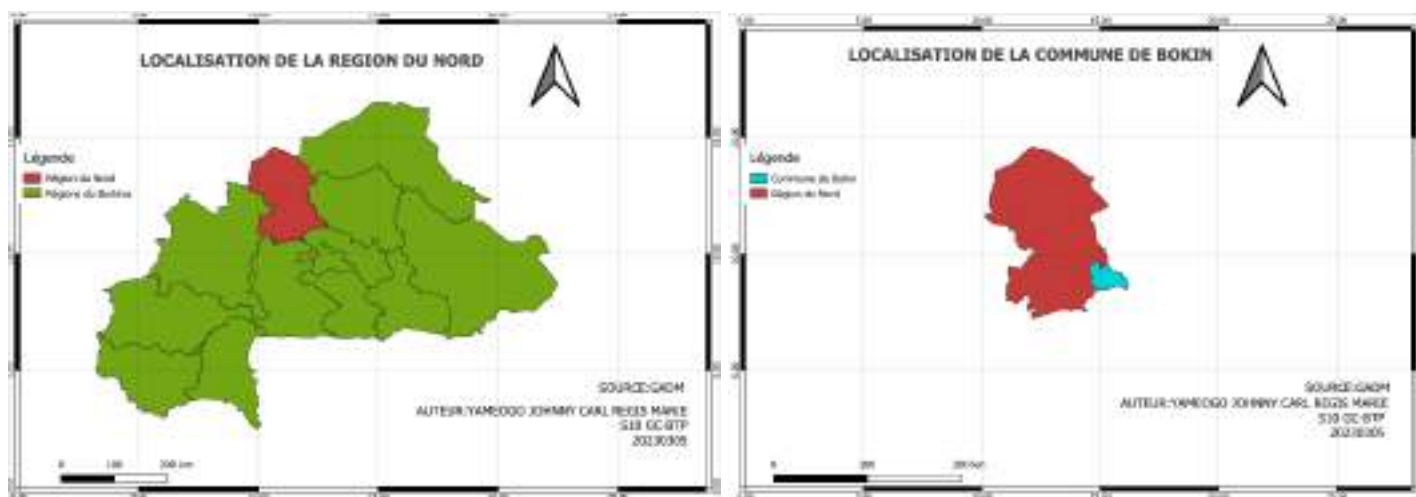


Figure 2 : Localisation de la zone d'étude

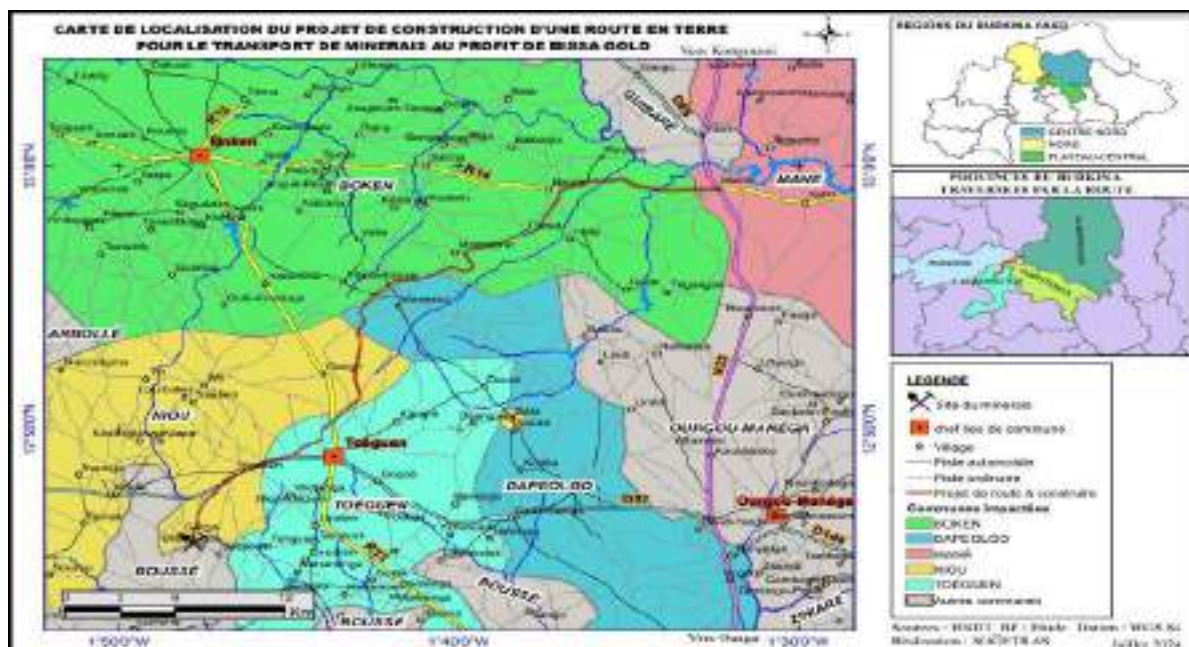


Figure 3 : Localisation géographique de la route

2- Cadre physique du milieu

a- Climat

La région du nord connaît un climat de type soudano-sahélien marqué par deux grandes saisons : une courte saison pluvieuse allant généralement de Juin à Septembre (4mois) et une longue saison sèche allant d'Octobre à Mai (8mois). Les précipitations dans cette zone sont limitées variant de 600 à 900 mm par an. Les températures moyennes annuelles sont comprises entre 17°C et 36°C soit une amplitude thermique de 19°. *Source : INSD.*

b- Reliefs et sols

La connaissance du relief et des sols est un facteur essentiel afin de mener à bien les différentes études. Cette région dispose d'un relief constitué d'une succession de plaines et de plateaux dont les altitudes varient entre 200 et 400m. Par endroit, il est observé une modification du relief avec quelques formations collinaires dont l'altitude oscille entre 300 et 400m et pouvant même atteindre des pic à 600m. Concernant les sols, les formations les plus répandues dans cette région sont les lithosols sur cuirasses ; les sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris et les sols peu évolués d'érosion gravillonnaire. *Source : INSD.*

c- Végétation, faune et flore

Etant dépendante du climat, la végétation de cette région est principalement constituée de trois types à savoir : la savane arborée dans la zone méridionale ; une végétation typiquement sahélienne avec des arbres et des arbustes épineux au centre et une savane steppique dominée par des herbacées et de la brousse tigrée en îlots dispersés au Nord. Dans cette région, il est observé un nombre faible d'espèces fauniques représentée surtout par des oiseaux sédentaires (pintades, perdrix, cailles) ou migrateurs ; des lièvres, phacochères, hyènes et crocodiles. Les ressources halieutiques de la région sont peu abondantes et se retrouvent essentiellement dans le Nakambé et ses affluents et dans certains barrages et retenues d'eau comme le Kanazoe et le Taonsgo. On retrouve généralement des espèces comme le tilapia, le synodontus, et le claria... *Source : INSD.*

d- Hydrographie

Le réseau hydrographique de cette région se subdivise en trois principaux bassins qui sont le Mouhoun inférieur au sud, le Nakambé au centre et à l'Est et le Sourou au Nord. Ce réseau hydrographique naturel a été renforcé par de nombreuses retenues d'eau (essentiellement des barrages) servant principalement à l'agriculture. L'importance des ressources en eau varie d'une zone à l'autre en fonction des éléments géomorphologiques en présence. *Source : INSD.*

III- Présentation du projet de la route de transport de minerai Bissa Gold SA-Niou

1- Contexte du projet et problématique

Bissa Gold SA filiale du groupe international russe Nordgold est une société d'exploitation minière présente au Burkina-Faso depuis 2012 grâce notamment au permis lui permettant d'exploiter le site de Bissa puis celui de Bouly en 2016 pour une durée de vie respective de 12 et 10ans. Arrivé bientôt à échéance, la fin de vie du site de Bouly entrainera la suppression de nombreux emplois directs et indirects. Soucieux de prolonger la durée de vie de la mine industrielle et du même coup préserver les emplois, les dirigeants de cette société ont entrepris de vastes campagnes d'exploration dans les localités alentours leur permettant la découverte du gisement de Niou situé a un peu plus de 60kilomètres du site de l'usine de Bissa-Bouly. Le traitement du minerai provenant de ce site se fera avec les installations déjà présentes du site de Bissa-Bouly. Pour ce faire, le minerais sera extrait a Niou puis acheminé à l'usine via des camions bennes afin d'en extraire l'or. Le nouveau site étant situé dans une zone reculée, l'accès dans les conditions actuelles sera difficile. Il est alors décidé de la construction d'une route durable et sécurisée facilitant le transport du minerai entre les deux sites, permettant de résoudre la problématique de la conception de routes adaptées au trafic lourd intensif dans le contexte sahélien.

2- Objectifs généraux et spécifiques

a- Objectif global

L'objectif principal de cette étude est de contribuer à l'amélioration des conditions de transport des minerais entre les sites de Bissa Gold SA et Niou et réaliser les études techniques pour la construction de ladite voirie.

b- Objectifs spécifiques

Afin de mener à bien l'étude et d'atteindre l'objectif général, il a été établi des objectifs spécifiques, qui sont les suivants :

- Dimensionner la structure de chaussée du tronçon ;
- Faire une conception géométrique de la route ;
- Dimensionner les ouvrages hydrauliques pour l'assainissement de la route ;
- Réaliser une étude de la signalisation routière ;
- Proposer une notice d'impact environnemental et social du projet ;
- Estimer le projet.

B. CHAPITRE II : Etudes techniques du projet

I- Etude géotechnique

1- Introduction

L'étude géotechnique dans un projet routier joue un rôle fondamental. Celle-ci a pour but de déterminer les caractéristiques du sol support tout au long du tracé de la route ainsi que la recherche de matériaux qualitatifs pouvant servir de remblais. Les conclusions de cette étude sont un guide permettant d'opter pour des solutions adaptées aux réalités du terrain et pour une structure de chaussée.

La présente étude menée par le Laboratoire des Sols et Bétons-Ingénieurs Conseils dans le cadre du projet de la route de transport de minerai de Bissa Gold vers Niou a pour objectif de fournir à l'entreprise SOGETRAS :

- ✓ Des coupes géotechniques des sondages réalisés ;
- ✓ Des sites pouvant servir d'emprunts ainsi que leur localisation géographique ;
- ✓ Les résultats des différents essais réalisés au laboratoire ainsi que les conclusions attenantes.

Méthodologie

Afin d'atteindre les objectifs assignés à cette étude, l'entreprise a :

-  Pour l'identification du sol de plateforme sur le long du tracé
 - ✓ Réalisée des puits de sondage de 1m de profondeur ;
 - ✓ Effectuée des prises d'échantillons remaniés pour des essais de laboratoire ;
 - ✓ Réalisée des coupes géotechniques de chaque sondage.

-  Pour l'identification des sols sous ouvrage
 - ✓ Réalisée des puits de sondage de 2m de profondeur ;
 - ✓ Effectuée des prises d'échantillons remaniés pour des essais de laboratoire ;
 - ✓ Réalisée des coupes géotechniques de chaque sondage.

-  Pour la recherche des zones d'emprunts
 - ✓ Réalisée des puits à ciel ouvert de 1m de profondeur dans les zones répertoriées et délimitées ;
 - ✓ Effectuée des prises d'échantillons remaniés pour des essais de laboratoire ;
 - ✓ Réalisée des coupes géotechniques de chaque puits de sondage.

Les différents essais réalisés en laboratoire sont les suivants :

- L'analyse granulométrique par tamisage (NFP 18-560 et 540)

- La teneur en eau naturelle (NFP 94-050)
- Le poids spécifique des grains solides (NFP 94-053/NFP 94-059)
- Les limites d'Atterberg (NFP 94-011 et 94-051)
- Les essais de compactage Proctor Normal ou Modifié (NFP 94-093)
- L'essai CBR (NFP 94-078)
- L'essai par cisaillement direct (si possible) (NFP 071-1)

2- Résultats

Sol support

Afin de déterminer les caractéristiques du sol support du projet, 35 sondages de 1m de profondeur sont effectués tout le long du tracé. Les matériaux issus de ces sondages ont été regroupés suivant la similitude des couches traversées. Ainsi, il est retenu 7 échantillons représentatifs du sol de plateforme. Pour la présente étude, les échantillons 1,2 et 3 sont les seuls localisés dans le tronçon du projet Booré-Masséono.

Le tableau 1 présente les coordonnées géographiques des sondages sur le sol de plateforme :

Tableau 1 : Situation géographique des échantillons/sondages

Echantillon/Sondage à ciel ouvert	Coordonnées	
	E(m)	N(m)
E1(S4)	0649122	1433739
E2(S6)	0648000	1432764
E3(S11)	0645254	1430829
E4(S17)	0624863	1429696
E5(S25)	0639338	1425560
E6(S27)	0637281	1423946
E7(S34)	0637452	1418963

Les résultats de cette étude sont consignés dans les tableaux 2,3 et 4 :

Tableau 2 : Récapitulatif des essais sur matériaux des sondages du sol support

Echantillon	Analyse granulométrique(% de passants)			Limites d'Atterberg		Classification USCS/AASHTO	Interprétation	OPM		CBR		Classe de portance
	< 20mm	< 5mm	< 80µm	$L_i(\%)$	I_p			$W(\%)$	$\gamma_h(t/m^3)$	95 %	98 %	
1	100	95	70	Non plastique		Limon sablonneux	Limon sablonneux non plastique	10	1,87	22	25	S4
2	100	99	76	41,5	16,4	ML/A-7-6	Argile limono-sablonneuse de moyenne plasticité	13	1,71	6	12	S2
3	98	96	65	24,5	7,4	CL/A-4	Limon sablonneux de faible plasticité	8,5	1,92	25	29	S4
4	76	35	17	68	36,3	GC/A-2-7	Grave latéritique de haute plasticité	13	1,71	16	23	S4
5	100	99	84	52,8	26	CH/A-7-6	Argile de haute plasticité	16,5	1,68	7	10	S2
6	100	100	78	43,2	20,1	CL/A-7-6	Argile sablonneuse de moyenne plasticité	12	1,76	18	21	S4
7	88	51	14	32	12	SM/A-7-2	Grave argileuse latéritique de haute plasticité	12	1,93	36	46	S5

Les résultats des sondages montrent des sols avec un pourcentage de passants à $80\mu m > 50\%$. Ils sont classifiés A-4 et A-7 selon la classification USCS/AASHTO. Cette classification est caractéristique des sols fins. Ces sols varient de la plasticité nulle à la plasticité moyenne. Il a été réalisé un sondage (E2/S6) sur un sol de faible portance visuelle ayant une étendue d'à peu près 500m. Les résultats après essais au laboratoire montrent un sol de faible classe de portance (S2) et CBR (6). Concernant le reste du tracé, les essais ont abouti à des sols de bonne portance et de classe S4 avec un CBR variant de 22 à 25.

Sites d'emprunts

S'agissant des matériaux d'emprunts, la recherche aboutie à l'identification de sept sites de graveleux latéritiques. Il s'en suit alors une série d'essais au laboratoire qui donne les résultats suivants :

Tableau 3 : Récapitulatif des essais des sites d'emprunt

Em- prunt	Analyse granulométrique(% de passants)			Limites d'Atterberg		Classificatio n USCS/AAS HTO	OPM		CBR		Epaiss eur moyen ne de décapa ge(cm)	Epais seur moye nne explo itable	Volume moyen exploita ble(m3)
	< 20m	< 5mm	< 80μm	L_l (%)	I_p		W (%)	γ_h (t/m ³)	95 %	98 %			
1	97	60	31	32,9	15	GC/A-2-6	8,9	2,05	45	71	5	0,6	13000
2	100	52	20	46,7	16,1	GM/A-2-7	9,2	2,14	36	50	5	0,6	4900
3	99	41	12	32,4	12	GP-GC/A- 2-6	8	2,32	73	10 1	5	0,4	8800
4	89	38	18	27,6	5,9	GM/A-2-7	12,5	2,01	39	57	10	0,35	3700
5	95	52	29	40	14,1	GM/A-2-6	9,8	2,09	51	75	10	0,6	21000
6	98	51	22	41,8	18,3	GC/A-2-7	10,2	2,15	61	84	5	0,7	16800
7	98	55	23	37,2	14,4	GC/A-2-6	11,4	2,02	66	90	5	0,55	6000

Les résultats consignés dans ce tableau présentent des matériaux de la catégorie A-2 selon la classification USCS/AASHTO. Cette classification est caractéristique des sols grenus. Par ailleurs ces matériaux pour la plupart une plasticité moyenne ($5 \leq I_p < 15$) et des CBR élevés. Ceux-ci varient de 36 à 73 à 95% de l'OPM.

Ouvrages d'art

Des sondages manuels de 2m maximum de profondeur sont réalisés aux emplacements des ouvrages d'art. Ils permettent d'effectuer des prélèvements d'échantillons pour analyse au laboratoire. Les résultats de ces analyses sont les suivants :

Tableau 4 : Récapitulatif des essais sur les sols des ouvrages d'art

Echantillon	Profondeur (m-m)	$\gamma_{d\text{moyen}}(kN/m^3)$	Cohésion C_u (KPa)	Angle de frottement φ (°)	Contrainte admissible $\sigma_{adm}(KPa)$
1	0-2	18,71	21,99	16,71	171
2	0,7-1,3	15,12	37,03	7,97	136
3	0,1-0,75	17,84	24,3	16,71	172
4	0,2-1,2	19,26	31,24	16,71	224
5	0,2-1,3	16,97	18,51	17,75	160
6	0,25-0,75	17,35	19,67	15,65	161
7	0,45-2	17,57	19,67	15,65	162

Pour les fondations des ouvrages, les contraintes obtenues sont variables d'un ouvrage à un autre avec des contraintes admissibles de 130KPa à 220KPa pour des profondeurs de 70cm à 120cm. Aucun ancrage de bêche ne devra être dans la couche sablonneuse.

Classe de portance du sol de plateforme

La détermination de la classe de plateforme se fait après calcul du module statique. Le calcul du module statique se fait sur la base du CBR. Les échantillons 1,2 et 3 sont ceux qui correspondent au tronçon Booré-Masséono. Ces échantillons ont respectivement 22, 6 et 25 comme valeur de CBR. Pour le calcul, il est retenu le CBR le plus faible (6) car constituant le cas du sol de plus mauvaise portance et donc le cas défavorable.

Pour les sols grenus : $E=50 \times \text{CBR}$; Pour les sols fins : $E=30 \times \text{CBR}$.

Suivant les résultants présentés dans le tableau 2, il ressort que les sols rencontrés sont classifiés A-4 et A-7 suivant la classification USCS/AASHTOO. Ces classifications sont caractéristiques des sols fins.

La formule adéquate est alors : $E=30 \times \text{CBR}$

Application

$$E = 3 \times 6(MPa)$$

$$E = 18MPa$$

Par ce module il est déduit la classe de plateforme du sol support grâce au tableau ci-après :

Tableau 5 : Classes de plateforme

Module (MPa)	20		50	80	120	200	
Classe de plateforme		PF1	PF2	PF2 ^{qs}	PF3	PF4	

Le tableau 5 permet d'identifier la classe de plateforme en fonction du module statique. Le résultat obtenu induit une classe de plateforme PF1. Cette classe de plateforme n'est pas conforme aux prescriptions pour les chaussées en terre.

3- Conclusions et solutions proposées

L'ensemble des sites d'emprunts sont utilisables pour les travaux routiers. Au vu des spécifications du CEBTP, l'on procédera comme suit :

- ✓ Pour la couche de base le site d'emprunt 3 sera retenu ($I_p \leq 15$; $\% \leq 80\mu m \in (4 - 20\%)$; et CBR proche de 80 à 95% de l'OPM) ;
- ✓ Pour la couche de base et de fondation il est recommandé un compactage a 98% de l'OPM ;
- ✓ Pour la couche de fondation on utilisera le site d'emprunt 6 ;
- ✓ Pour la couche de forme tous les différents sites d'emprunts.

Les résultats des essais sur le sol de plateforme montrent la présence de sols fins variant de la plasticité nulle a des sols moyennement pastique. Leurs classes de portances varient de S2 à S4 avec des CBR compris entre 6 et 25. Le CBR le plus faible (6) est celui obtenu sur le sol de faible portance visuelle (E2/S6) ayant une étendue d'à peu près 500m.

Afin de d'améliorer les qualités de portance de ce sol, il est proposé d'y effectuer une purge sur une certaine profondeur et de le remplacer par un matériau provenant des sites d'emprunt. Il est visé après traitement un sol de bonne classe de portance (S4). Le tableau 6 permet de déterminer l'épaisseur de matériaux à mettre en place suivant sa qualité afin d'obtenir un sol de classe de portance améliorée.

Tableau 6 : Nouvelles classes de plateforme

Nouvelle classe de plateforme	Qualité du matériau	Epaisseur minimale en cm
S2	S2	45
S2	S3	35
S2	S4	30

S3	S3	45
S3	S4	35
S4	S4	50

De ce tableau, on déduit qu'il faut remplacer le sol de mauvaise qualité sur 50cm par un matériau de classe S4 pour obtenir une nouvelle classe de portance S4. Les sites d'emprunts retenus ont une classe de portance minimale S5(CBR= 36), il sera donc utilisé un matériaux de classe de portance S5 avec pour but d'obtenir un CBR minimum de 23 sur cette portion du tracé. Ce CBR correspond à la moyenne pour un sol de classe de portance S4.

La nouvelle plateforme a donc les caractéristiques suivantes :

Module statique

Ce module est calculé après traitement avec le CBR le plus faible observé sur le tronçon (22).

$$E = 3 \times 22(MPa)$$

$$E = 66MPa$$

D'après le tableau 5 (Classes de plateforme), ce module correspond à une classe de plateforme PF2 conforme aux prescriptions pour les chaussées en terre du CEBTP.

Pour ce qui concerne les sols sous les ouvrages d'art, en considérant les prescriptions courantes des chaussées en terre ($L_t < 70$ et $I_p < 40$), les valeurs présentées dans le tableau 4 répondent à l'utilisation de ces sols pour la plateforme après décapage de la terre végétale. Après application de ces solutions, la contrainte admissible considérée est de 170KPa.

II- Etude du trafic et dimensionnement structurel de la chaussée

1- Etude du trafic

a- Méthodologie

Il est nécessaire de quantifier les déplacements existants et à venir afin de procéder au dimensionnement de la structure de chaussée. L'étude débutera par le dénombrement des déplacements existants. Cependant au vu de l'état actuel de la piste, la circulation sur l'axe du projet et de l'étude (Booré-Masséono) est très limitée (constitué du passage de quelques motocyclettes et vélos) donc négligeable pour celle-ci. La seconde étape consiste en la quantification des déplacements à venir.

Pour cette étape la société minière a effectuée des projections sur la base de la quantité de minerai qu'elle voudra traiter par jour à son usine située à Bissa. En effet, il est prévu de traiter par jour 2.500t

de minerai exclusivement transporté par des camions bennes pouvant transporter en moyenne 40t par voyage (données issues du pesage des camions bennes).

Par ce calcul il ressort un trafic moyen journalier de 62,5 PL/jour.

Deux autres paramètres sont essentiels pour le dimensionnement structurel. Ces paramètres sont le taux d'accroissement du trafic ainsi que la durée de vie prévue pour la chaussée.

De façon classique, les routes en terre sont dimensionnées pour une durée de vie de 15ans. Dans le cadre de ce projet, il est retenu une durée de vie de 3 ans. Cette durée de vie si courte se justifie par des raisons économiques. En effet, les réserves d'or économiquement rentables se chiffrent à 2,3 millions de tonnes de minerais. Ce minerai peut être traité par l'usine sur une durée de 2,6 ans suivant la logique de traitement de 2500t de minerai/jour énoncé plus haut. Etant un investissement considérable, la durée de vie de la route doit s'aligner sur la durée d'exploitation afin que la société soit rentable. Concernant le taux d'accroissement du trafic, dans le contexte sahélien il est généralement considéré un taux d'accroissement variant entre 3 et 5%. Ces taux sont couramment utilisés dans les zones avec des forts potentiels de développement économique. Un taux d'accroissement exponentiel du trafic de 4% est alors retenu. La mise en service de la route est prévue pour 2025.

Ainsi le TMJA 2025 sera :

$$TMJA_{2025} = 62,5 \times 1,04$$

$$TMJA_{2025} = 65 \text{ PL/jour}$$

b- Détermination du trafic cumulé

$$N = \frac{365 \times t_1 \times ((1 + i)^n - 1)}{i}$$

Avec :

- i Le taux d'accroissement annuel ;
- n La durée de vie de la chaussée ;
- t_1 Le trafic à l'année de mise en service ;

A.N :

$$N = \frac{365 \times 65 \times ((1 + 0,04)^3 - 1)}{0,04}$$

$$N=7,4.10^4 \text{ PL}$$

➤ Trafic en nombre d'essieux équivalents

Les structures proposées par le CEBTP sont conçues pour supporter des essieux simples avec une surcharge maximale de 13t. Afin de considérer les éventuelles surcharges, il est affecté un coefficient qui est le coefficient d'agressivité moyen (CAM). Ce coefficient est donné par le tableau 7 :

Tableau 7 : Valeur du coefficient du coefficient d'agressivité moyen

Types de structures	CAM
Chaussées souples	0,8
Chaussées neuves semi-rigides	1,3
Renforcement bitumineux de chaussée souple	0,8
Chaussée neuves bitumineuse épaisses	1
Chaussées en béton	1,3
Chaussées granulaires (sol, GNT)	1

Ce tableau permet d'effectuer le choix coefficient d'agressivité moyen en fonction en fonction du type de structure retenu. Dans ce cas, le choix se porte sur une chaussée granulaire donc CAM=1.

$$NE = CAM \times N$$

$$NE = 1 \times 7,4.10^4$$

$$NE = 7,4.10^4 \text{ PL}$$

➤ Classe de trafic

Selon la précision des données disponibles, le guide CEBTP permet de classer les trafics et cela de diverses manières : en fonction du trafic journalier toute catégorie de véhicules confondues ; en fonction du trafic cumulé de poids lourds (charge supérieure à 3t) et en fonction du trafic cumulé en nombre d'essieux équivalents. Le tableau 8 permet de classer le trafic selon le nombre d'essieux équivalents :

Tableau 8 : Classes de trafic en nombre d'essieux équivalents

Nombre d'essieux équivalents de 13t		
	T1	$< 5.10^5$
$5.10^5 <$	T2	$< 1,5.10^6$
$1,5.10^6 <$	T3	$< 4.10^6$
$4.10^6 <$	T4	$< 10^7$
$10^7 <$	T5	$< 2.10^7$

Le trafic correspondant à ce projet est de $7,4. 10^4$ PL correspondant à une classe de trafic T1.

2- Dimensionnement structurel de chaussée

Le dimensionnement structurel d'une chaussée est le processus de détermination de la structure optimale (composition et épaisseur des couches) pour qu'elle puisse supporter le trafic et les conditions climatiques tout au long de sa durée de vie. Son rôle est de garantir la robustesse et la durabilité de la chaussée, en assurant qu'elle résiste aux contraintes et aux déformations causées par le trafic, les variations de température et les précipitations.

a- Méthodologie

Afin de dimensionner la structure de chaussée adaptée, on a recours principalement à deux types de méthodes. Les méthodes dites « empiriques » et les méthodes dites rationnelles. Les méthodes empiriques sont élaborées à base des expérimentations passées sur le terrain tandis que les méthodes rationnelles suivent un processus permettant d'obtenir la structure de chaussée. Ce processus est généralement décomposé comme suit :

- ✓ Choix des matériaux ;
- ✓ Evaluation des sollicitations ;
- ✓ Calcul des épaisseurs.

La méthode empirique employée est la méthode CBR qui est basée sur la résistance au poinçonnement du sol, résistance appréciée par l'essai CBR et d'autres part la formule de Boussinesq donnant la répartition en profondeurs des pressions verticales. De ces méthodes, il y a eu plusieurs abaques permettant le dimensionnement. Ces abaques ont été mises sous forme d'équation par Peltier qui proposa une formule de calcul de l'épaisseur des couches.

➤ Données de l'étude

Sur la base des études effectuées, le dimensionnement se fera sur la base des hypothèses suivantes :

- ✓ L'année de référence est 2024 ;

- ✓ Le comptage se fait par jour par sens de trafic ;
- ✓ L'année de mise en service est prévue pour 2025 ;
- ✓ Le trafic moyen journalier des poids lourds dans les deux sens de la chaussée est de 65PL ;
- ✓ La classe de portance moyenne du sol est S4 (CBR=23,33 à 95% de l'OPM=moyenne sur le tracé) ;
- ✓ La durée de vie de la chaussée est prévue pour trois (3) ans ;
- ✓ Le taux de croissance du trafic est estimé à 4%.

b- Proposition de structure de chaussée

La formule de Peltier donne :

$$e = \frac{100 + (75 + 50 \log \left(\frac{N}{10} \right)) \times \sqrt{P}}{CBR + 5}$$

Avec :

- ✓ e = Epaisseur de la couche de roulement en cm
- ✓ N = Nombre de véhicules de plus de 3 tonnes par jour
- ✓ P = Poids de la roue maximale en tonnes (6,5 tonnes)
- ✓ CBR = Indice CBR du sol de portance

Application

$$e = \frac{100 + (75 + 50 \log \left(\frac{N}{10} \right)) \times \sqrt{P}}{CBR + 5}$$

$$e = \frac{100 + (75 + 50 \log \left(\frac{65}{10} \right)) \times \sqrt{6,5}}{23,33 + 5}$$

$$e = 13,93 \text{ cm}$$

A cette épaisseur, l'ajout d'une épaisseur de matériaux doit être faite pour tenir compte de l'usure annuelle. Cette usure est fonction du trafic. Elle est présentée dans le tableau 9 :

Tableau 9 : Estimation de l'usure annuelle

Trafic(véhicules/jour)	Usure annuelle(cm)
10-30	1
30-100	2
100-300	3

Le trafic considéré est de 65PL/jour alors l'usure annuelle est de 2cm.

La durée de vie prévue de la route est 3 ans.

En définitive, l'épaisseur totale de la chaussée à considérer est donnée par la formule suivante :

$$e_t = e + \text{usure annuelle} \times \text{Nombre d'années}$$

$$e_t = 13,93\text{cm} + 2\text{cm} \times 3 = 19,93\text{cm}$$

Il sera retenu par la suite $e_t = 20\text{cm}$

Calcul de l'épaisseur de la couche de base :

Il est utilisé la même formule de Peltier mais en considérant le CBR minimum de 51 qui correspond au CBR pour les matériaux des zones d'emprunt retenues.

$$e_{\text{base}} = \frac{100 + (75 + 50 \log(\frac{N}{10})) \times \sqrt{P}}{\text{CBR} + 5}$$

$$e_{\text{base}} = \frac{100 + (75 + 50 \log(\frac{65}{10})) \times \sqrt{6,5}}{51 + 5}$$

$$e_{\text{base}} = 7,05\text{cm}$$

L'épaisseur retenue est $e_{\text{base}} = 10\text{cm}$

Par la suite, il peut être déduit l'épaisseur de la couche de fondation :

$$e_{\text{fondation}} = e_{\text{totale}} - e_{\text{base}}$$

$$e_{\text{fondation}} = 20\text{cm} - 10\text{cm}$$

$$e_{\text{fondation}} = 10\text{cm}$$

c- Résultats

La structure de chaussée retenue est la suivante :

Tableau 10 : Structure de chaussée retenue

Couche	Matériau	Epaisseur(cm)
Base	Graveleux latéritique naturel	10
Fondation	Graveleux latéritique naturel	10

3- Solution alternative

La solution technique évoquée jusque-là pour ce projet est une chaussée granulaire constituée de graveleux latéritique naturel. Par ailleurs, une analyse de solution alternative est réalisée en vue d'avoir une base technique permettant d'effectuer un choix. L'idée de solution alternative se porte sur une chaussée revêtue. Dans cette partie, il est question de proposer une structure de chaussée revêtue afin de pouvoir effectuer un choix entre les deux solutions.

Détermination de la structure de chaussée

Le guide du CEBTP met à la disposition des ingénieurs projeteurs un ensemble de structures de chaussée pré calculées et testées par l'expérience. Ce guide propose sous forme de tableau des structures de chaussée adaptées au contexte sahélien.

Après application des solutions préconisées a l'issue de l'étude géotechnique, la classe de portance du sol support sera S4. Le trafic considéré sur ce projet donne une classe de trafic T1.

De ces données, la structure de chaussée suivante est retenue :

Tableau 11 : Structure de chaussée retenue

Couches	Matériaux	Epaisseur
Revêtement	Enrobé dense	3cm
Base	Graveleux latéritique Naturel	15cm
Fondation	Graveleux latéritique Naturel	15cm

Vérification de la structure de chaussée sur ALIZEE-LCPC

Cette étape consiste en la modélisation sur le logiciel de la structure de chaussée ; du calcul des sollicitations admissibles par la structure retenue et enfin à vérifier que les déformations subies par les différentes couches sont inférieures aux valeurs admissibles.

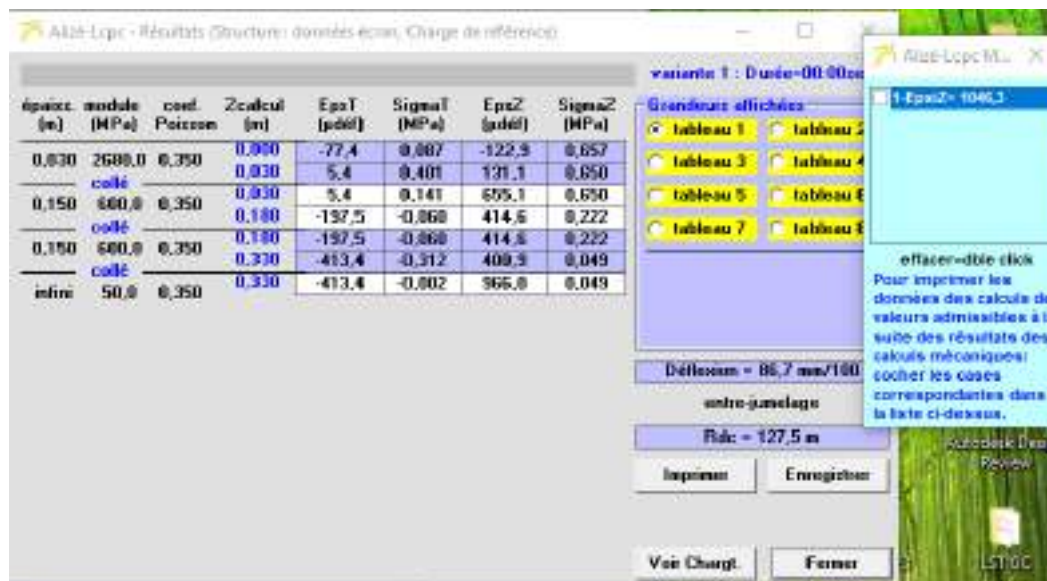


Figure 4 : Vérification sur Alizee-Lcpc

Après vérification la contrainte reçue par les différentes couches est inférieure à la contrainte admissible. La structure de chaussée est alors retenue.

4- Analyse comparative des deux variantes de chaussée et choix de structure

Tableau 12 : Analyse comparative des variantes retenues

Critères/Types de chaussée	Chaussée granulaire	Route revêtue
Exécution	Simple et demande peu de compétences	Plus complexe
Délais de réalisation de l'ouvrage	Court	Moyen à long
Support de charges lourdes	Possible si bien compactée	Supporte les charges lourdes
Entretien	Simple (reprofilage, ajout de matériaux)	Complexe (réparation avec du bitume)
Durabilité	Court mais convenant au projet	Relativement longue
Cout initial	Faible à modéré	Relativement élevé

Sur le plan mécanique, la route revêtue affiche de meilleures performances que la chaussée granulaire. Cependant, sur d'autres critères tels que la difficulté d'exécution, d'entretien ; le temps de réalisation ; la route en terre prend l'avantage sur la route revêtue. Un autre argument de poids est le montant total de réalisation des deux variantes du projet. Sur ce plan, la route en terre a l'avantage sur la chaussée revêtue car plus abordable.

Au vu des différents critères énoncés plus haut, le choix final se porte sur la structure de chaussée granulaire.

III- Etude géométrique

L'étude géométrique constitue une étape clé dans la conception de l'infrastructure du projet routier. Elle est réalisée suivant un certain nombre de standards et règles propre à chaque projet afin de concevoir des infrastructures durables et adaptées.

1- Méthodologie

A partir du levé topographique effectué sur le terrain, il est d'abord question de définir un axe en plan (tracé en plan et profil en long). Cette définition de l'axe en plan se fait suivant certaines caractéristiques qui doivent être préalablement définies. Ce sont entre autres la catégorie de la route, la vitesse de référence et le type de norme utilisé. A partir de l'axe en plan, l'étape suivante consiste en la définition du profil en travers qui sera appliqué au tronçon du projet. Pour se faire, le logiciel COVADIS en combinaison avec le logiciel AUTOCAD a été utilisé.

2- Caractéristiques géométriques du projet

Données de base

Les données de base de ce projet reviennent à définir la catégorie de la route, la norme à utiliser ainsi que certains paramètres essentiels comme la vitesse de référence.

➤ Vitesse de référence

C'est la vitesse théorique la plus élevée à laquelle la section de la route peut être parcourue avec sécurité et confort. Elle dépend de divers facteurs, tels que : Le type de route ; L'importance du trafic ; La localisation géographique de la route ; Les différents paramètres topographiques de la route (raccordement, déclivité, etc.) ; Les conditions économiques et d'exploitation. Compte tenu de tous les paramètres étudiés au préalable, il sera fixé la vitesse de référence à 60 km/h.

➤ Catégorie de la route

La catégorie de la route est une donnée permettant d'avoir les caractéristiques techniques minimales à adopter lors de la conception de la route. Elle est fonction de la vitesse de référence adoptée pour la conception. Le tableau 13 permet de définir la catégorie de cette route :

Tableau 13 : Relation vitesse de référence-catégorie de la route

Catégorie	Exceptionnelle	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}
Vitesse de référence	120	100	80	60	40

D'après le tableau ci-dessus la route est de catégorie 3.

➤ Norme de référence

Dans le cadre de ce projet, la norme ARP (Aménagement des routes principales) sera utilisée. Cette norme constitue un guide technique relatif à la conception générale et aux caractéristiques géométriques des routes principales. De plus, une route de troisième catégorie a été choisie, avec des caractéristiques techniques en termes de conception définies dans le tableau 14 :

Tableau 14 : Norme ARP

Désignation du paramètre				Symbole et unité	Catégorie de la route				
					4 ^{ème}	3 ^{ème}	2 ^{ème}	1 ^{ère}	Exceptionnelle
Vitesse de référence				V _r (km/h)	40	60	80	100	120
Tracé en plan	Devers maximal			M(%)	7	7	7	7	7
	Rayon en plan RH(m)	Minimal absolu(dévers M)		RHm	40	120	240	425	665
		Minimal normal(dévers)		RHN(%)	120	240	425	665	1000
					(5%)	(5%)	(5%)	(4%)	(4%)
		Au devers minimal(*)		RH''(2.5%)	250	450	650	900	1500
				RH''(2%)	300	500	700	1000	1600
Non déversé			RH'	400	600	900	1300	1800	
Profil en long	Déclivité maximale en rampe			m(%)	8	7	6	5	4
	Rayon avec angle saillant R _v (m)	Chaussée unidirectionnelle(Route à 4 voies ou a 2 chaussées)	Minimal absolu	RVm1	500	1500	3000	6000	12000
			Minimal normal	RVN1	1500	3000	6000	12000	12000
		Chaussée bidirectionnelle(Route a 2 ou à 3 voies)	Minimal absolu	RVm2	500	1600	4500	10000	
			Minimal normal	RVN2	1600	4500	10000	17000	
	Rayon en angle		Minimal absolu	RVm'	700	1500	2200	3000	4200
	rentrant RV'(m)		Minimal normal	RVN'	1500	2200	3000	4200	6000
	Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement minimale sur route a 2 ou 3 voies			RVD(m)	2500	6500	11000	17000	28000

3- Spécificités techniques à prendre en compte pour le trafic minier

Dans le domaine minier, la conception de chaussée est régie par un certain nombre de critères notamment celles destinées exclusivement au transport de minerais. C'est un ensemble de paramètres prenant en compte la visibilité, la largeur des voies et bien d'autres facteurs afin d'assurer une sécurité optimale des usagers.

Les principales spécifications techniques prises en compte pour l'étude sont les suivantes :

- ✓ Largeur minimale de la chaussée : 7 à 10m (pour faciliter la circulation des véhicules lourds)
- ✓ Pente maximale de la chaussée : 7% (pour éviter les problèmes de traction)
- ✓ Rayon de courbure minimum : 50m (pour faciliter les virages)
- ✓ Emprise minimum : 20m

4- Tracé en plan

Le tracé en plan est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route. Il est constitué en général par une succession d'alignements droits et d'arcs de cercle reliées entre eux par des courbes de raccordement progressif. Il permet de déterminer les longueurs des sections rectilignes ainsi que les rayons de courbure des virages. Après le tracé de l'axe, il ressort les données suivantes :

- ✓ Longueur totale de l'axe : 10040,765m
- ✓ Longueur des alignements droits : 8080,52m
- ✓ Longueur des courbes et raccordements : 1960,23m

5- Profil en long

C'est une succession d'alignements droits (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires ou paraboliques. Il existe deux types de profil en long : le profil en long terrain naturel et le profil en long projet. Après sa définition, le résultat suivant est obtenu :

- ✓ Volume déblais : 9939,5m³
- ✓ Volume remblais : 21827,1m³

6- Profil en travers

Le profil en travers est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route passant par un plan vertical montrant l'ensemble des points représentatifs de la surface. Il est caractérisé par les éléments suivants :

- ✓ Le nombre de voies (2).
- ✓ La largeur de chaque voie (3,5 m).
- ✓ Les dévers (2,5 %)
- ✓ La largeur des accotements (1,5m).
- ✓ Dévers accotements (1%)

Ces différentes caractéristiques techniques sont conformes à la norme ARP pour une route de catégorie 3. Elles respectent également les contraintes spécifiques au domaine minier.

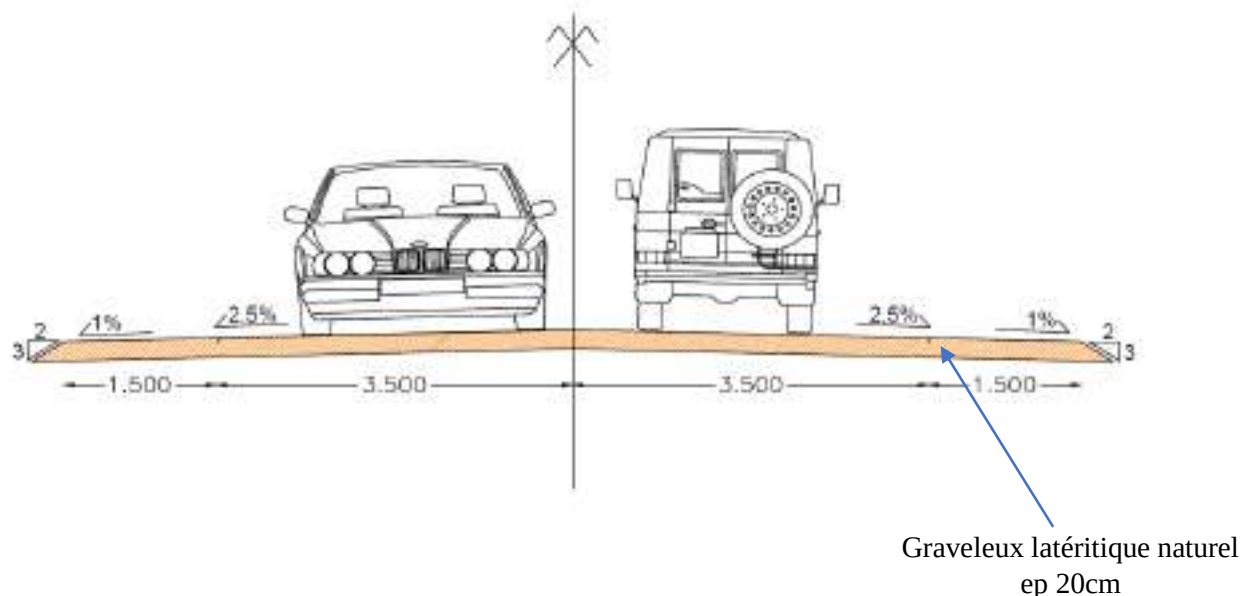


Figure 5 : Profil en travers courant

IV- Assainissement de la voirie

1- Etude hydrologique

Dans un projet routier, l'étude hydrologique joue un rôle crucial. En effet, celle-ci permet de comprendre les phénomènes d'écoulement des eaux le long des zones traversées par la route. A travers l'évaluation des débits de crue, cette étude est un préalable à l'étude hydraulique qui permet, elle de proposer des solutions d'ouvrage en adéquation avec les réalités perçues sur le terrain.

a- Méthodologie

Afin de comprendre le phénomène d'écoulement des eaux, le logiciel « Global Mapper » sera utilisé. Il permet dans un premier temps la délimitation des bassins versants le long du projet, puis dans un second temps le calcul des paramètres physiques reliés aux différents bassins versants (surface, périmètre, pente du bassin versant ...).

Ensuite, grâce à ces paramètres il s'en suivra la détermination des débits de crues décennales par deux principales méthodes (ORSTOM ou rationnelle), principal paramètre permettant la réalisation de l'étude hydraulique.

b- Application

1. Délimitation des bassins versants sur Global Mapper

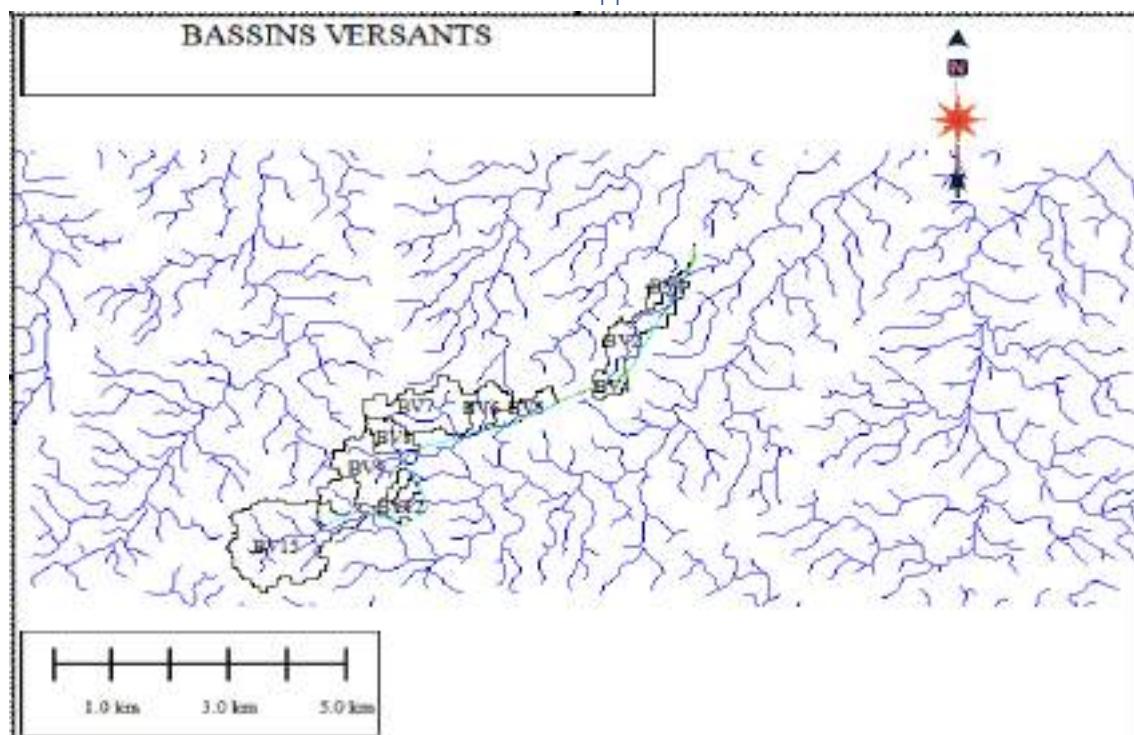


Figure 6 : Délimitation des bassins versants sur Global Mapper

2. Paramètres physiques des bassins versants

A la suite de la délimitation des bassins versants grâce à Global Mapper, il s'en est suivi l'extraction des paramètres physiques sous forme de fichier excel. Le tableau 15 consigne un résumé des données qui sont essentielles à la détermination des débits de crues décennales.

Tableau 15 : Paramètres physiques des bassins versants

Bassins versants	Superficie(km ²)	Périmètre(km)	Pente(%)	Elevation maximale Z _{max} (m)	Elevation minimale Z _{min} (m)	Longueur d'écoulement(km)
BV1	0,211	3,54	3,28	306	296	2,149508
BV2	0,779	6,822	3,21	319	299	2,8905711
BV3	0,1269	2,676	2,61	310	298	2,7875932
BV4	0,1375	1,942	3,56	320	311	1,5584548
BV5	0,3669	3,972	3,08	323	316	1,6402352
BV6	0,4305	4,029	2,91	323	314	2,0739592
BV7	1,3230	7,473	3,06	332	312	3,756677
BV8	0,4432	3,530	2,82	327	315	2,7301896
BV9	1,0280	6,116	3,35	332	315	3,0097353
BV10	0,1303	2,395	3,56	325	313	2,9994905
BV11	0,1284	2,095	3,51	325	312	2,4559461
BV12	0,2806	3,234	3,61	337	314	2,9314307
BV13	0,0399	1,097	3,71	327	321	1,4261363
BV14	0,3665	3,210	3,64	336	322	2,8257375
BV15	2,498	9,951	3,26	354	322	5,2230451

3. Détermination des débits de crues décennales

Afin de déterminer les débits de crues décennales des divers bassins versants, la prise en compte de certains facteurs est primordiale. Il s'agit entre autres des facteurs climatologiques, topographiques, pédologiques, etc.

Le calcul des débits de crues décennales se fait suivants diverses méthodes comme celle d'ORSTOM, la méthode CIEH et la méthode rationnelle.

La méthode rationnelle est celle adaptée aux bassins versants de ce projet car étant faite pour des bassins versants de superficie inférieure à 4km².

➤ Principe de la méthode

Elle est applicable pour des bassins versants d'ordre inférieur à 4km². On démontre alors que pour des précipitations homogènes, d'intensité I, le débit maximum Q est atteint si la durée de l'averse et du temps de concentration T_c du bassin sont identiques (BCEOM,1981).

La formule s'écrit : $Q = 0,278 CIA$.

C étant le coefficient de ruissellement qu'on suppose uniforme sur le petit bassin considéré et pendant la durée de l'averse ;

I étant l'intensité de l'averse exprimé en mm/h ; $I = a \times T_c^{-b}$ avec a et b les coefficients de Montana ;

Les coefficients de Montana sont fonction de la période de retour et de la zone. S'agissant d'une zone avec des précipitations irrégulières et de faible niveau annuel (inférieur à 900mm), la chance d'obtenir de façon rapprochée une montée importante des eaux est très faible. Il est alors retenu un temps de retour de 10ans. Enfin la zone la plus proche du projet est celle de Ouagadougou avec les caractéristiques suivantes : a=9,4 et b=0,5.

T_c le temps de concentration ; T_c se calcule grâce à deux principales formules (KIRPICH et RICHARDS)

$$T_c = \frac{1}{52} \frac{L^{1,15}}{H^{0,38}}$$

A est l'aire du bassin versant en km²

➤ Application

Le détail des calculs est présenté en annexe.

➤ Résultats

Le tableau 16 consigne les débits obtenus après calculs.

Tableau 16 : Récapitulatif des résultats de l'étude hydrologique

Bassins versants	Indice de compacité	Temps de concentration T_c (min)	Coefficient de Montana		Intensité I (mm/h)	Coefficient de ruissellement C	Débit Q(m ³ /s)
			a	b			
BV1	2,173	25,934	9,4	0,5	110,751	0,13	0,845
BV2	2,180	41,289	9,4	0,5	87,773	0,13	2,471
BV3	2,118	34,554	9,4	0,5	95,947	0,13	0,440
BV4	1,477	19,625	9,4	0,5	127,312	0,13	0,633
BV5	1,849	21,569	9,4	0,5	121,441	0,13	1,610
BV6	1,732	26,403	9,4	0,5	109,762	0,13	1,708
BV7	1,832	40,928	9,4	0,5	88,159	0,13	4,215
BV8	1,495	33,019	9,4	0,5	98,151	0,13	1,572
BV9	1,701	33,339	9,4	0,5	97,680	0,13	3,629
BV10	1,871	32,492	9,4	0,5	98,945	0,13	0,466
BV11	1,649	28,006	9,4	0,5	106,575	0,13	0,495
BV12	1,722	31,754	9,4	0,5	100,088	0,13	1,015
BV13	1,549	18,044	9,4	0,5	132,773	0,13	0,191
BV14	1,495	30,772	9,4	0,5	101,673	0,13	1,347
BV15	1,775	51,496	9,4	0,5	78,594	0,13	7,095

2- Etude hydraulique

L'étude hydraulique a pour objectif de concevoir les ouvrages permettant l'écoulement contrôlé des eaux. C'est une étape importante car ces écoulements quand ils ne sont pas contrôlés sont souvent sources d'érosion et d'autres pathologies pour les routes en terre. Cette étude permet le dimensionnement de structures hydrauliques garantissant une durée de vie prolongée pour la chaussée.

Avant d'entamer cette étape, il convient de faire un état actuel des lieux. Sur tout le long du tracé du projet il n'est observé aucun ouvrage hydraulique présent. En effet, les villages rencontrés le long du tracé sont isolés et la plupart constitués de quelques concessions avec une activité économique cons-

tituée de la revente des produits agricoles et de l'orpaillage artisanal ne nécessitant pas la création de voies de communication et d'ouvrages de franchissement importants.



Figure 7 : Image illustrative de l'état actuel de la zone

Il est retenu pour la suite de l'étude 15 ouvrages hydrauliques qui sont des dalots.

a- Dimensionnement hydraulique

Le dimensionnement hydraulique des petits ouvrages est régi par un certain nombre de modes de fonctionnement. Un fonctionnement en sortie libre sera adopté tout au long de ce dimensionnement. On appelle fonctionnement en sortie libre le fait que le niveau de l'eau à l'exutoire immédiat de l'ouvrage soit en dessous du bord supérieur de cet ouvrage.

➤ Méthodologie

Le BCEOM propose une structure de dimensionnement hydraulique. En premier lieu, en se basant sur les débits obtenus, les dimensions de l'ouvrage (hauteur et largeur) et le nombre de cellules le constituant peut être retenu sans calcul, mais sur la base de certaines normes relatives à l'ouvrage choisi. Grâce à ces éléments, il est possible le calcul de la section fictive de l'ouvrage, du débit unitaire et de la vitesse fictive.

Ensuite, par le calcul de variables telles que le débit réduit et la hauteur réduite, la hauteur d'eau en amont et la pente critique pourront être déterminés.

Enfin, il s'agira d'effectuer le calcul de la vitesse réelle d'écoulement dans l'ouvrage grâce aux paramètres du débit réduit et de la hauteur d'eau réduite.

Ce dimensionnement hydraulique sera validé lorsque la vitesse d'écoulement réelle sera inférieure à 3m/s (condition fixée par le BCEOM).

➤ **Hypothèses de calcul**

- ✓ La vitesse d'écoulement maximale dans le dalot est donnée par le BCEOM6. Elle est de 3 m³/s ;
- ✓ Le fonctionnement des dalots est à sortie libre parce qu'il ne s'agit pas de zones inondables ;
- ✓ L'écoulement est considéré à surface libre ;
- ✓ Les dalots seront munis de murs en aile faisant un angle de 30° avec l'axe de l'ouvrage.

➤ **Application**

Le détail des calculs est présenté en annexe.

➤ **Résultats**

Le résultat des sections hydrauliques retenues sera consigné sous forme de tableau.

Tableau 17 : Récapitulatif des sections hydrauliques retenues

Bassin versant/Ouvrage hydraulique	Débit à évacuer (m ³ /s)	Nombre de cellules(n)	Largeur de la cellule(B) (m)	Hauteur de la cellule(H)(m)	Revanche (m)	Vitesse de sortie (m/s)	Section retenue(n*B*H)
BV1/OH1	0,845	1	1,5	1	0,5	1,765	1*1,5m*1m
BV2/OH2	2.471	1	1,5	1,5	0,5	2,479	1*1,5m *1,5m
BV3/OH3	0,440	1	1	1	0,5	1,595	1*1m*1m
BV4/OH4	0,633	1	1	1	0,5	1,851	1*1m*1m
BV5/OH5	1,610	1	1,5	1,5	0,5	2,134	1*1,5m*1,5m
BV6/OH6	1,708	1	1,5	1,5	0,5	2,221	1*1,5m *1,5m
BV7/OH7	4,215	2	1,5	1,5	0,5	2,156	2*1,5m *1,5m
BV8/OH8	1,572	1	1,5	1,5	0,5	2,128	1*1,5m *1,5m
BV9/OH9	3,629	2	1,5	1,5	0,5	2,119	2*1,5m *1,5m
BV10/OH10	0,466	1	1	1	0,5	1,6	1*1m*1m
BV11/OH11	0,495	1	1	1	0,5	1,69	1*1m*1m
BV12/OH12	1,015	1	1,5	1	0,5	1,828	1*1,5m*1m
BV13/OH13	0,191	1	1	1	0,5	1,212	1*1m*1m
BV14/OH14	1,347	1	1,5	1,5	0,5	2,111	1*1,5m *1,5m
BV15/OH15	7.095	2	2	1,5	0.5	2,640	2*2m *1,5m

b- Etude structurelle des dalots

L'étude structurelle d'un ouvrage permet de vérifier la stabilité, la résistance et la durabilité de la structure en fonction des charges que celle-ci sera amenée à supporter (poids propre, trafic, vent, eau, etc.). Elle assure la sécurité de l'ouvrage en évitant les risques d'effondrement, de fissures ou de déformations excessives.

➤ Méthodologie

L'étude structurelle de tous les ouvrages en particulier celui des dalots est régie par certain nombre de règles. Ces dalots sont dimensionnés suivant les références des documents suivantes :

- ✓ BAEL 91 modifié 99,
- ✓ Fascicule 61 (titre II),
- ✓ Fascicule 62 (titre V),
- ✓ Guide de conception des Ponts – cadres et Portiques (SETRA)
- **Hypothèses de calcul**
 - Béton
 - ✓ Résistance du béton à la compression a 28 jours : 25Mpa ;
 - ✓ Résistance du béton à la compression a 28 jours : 2,1Mpa ;
 - ✓ Contrainte admissible du béton $\sigma_{adm} = 0,6 \times f_{c28} = 15\text{Mpa}$;
 - ✓ Module d'élasticité instantanée : $E_i = 11000 \times f_{c28}^{1/3}$;
 - ✓ Module d'élasticité différée : $E_v = \frac{E_i}{3}$;
 - ✓ Classe d'exposition XC 4 : alternativement humide ou sec
 - Acier
 - ✓ Acier haute adhérence(HA) ;
 - ✓ Nuance FeE 400 ;
 - ✓ Fissuration préjudiciable ;
 - ✓ Contrainte limite des aciers à l'ELS : $\sigma_{st} = \min\{\frac{2}{3}F_e ; \max(\frac{1}{2}F_e ; 110\sqrt{\eta Ft_j})\} = 201,63\text{Mpa}$;
 - ✓ Coefficient de sécurité $\gamma_s = 1,15$;
 - ✓ Coefficient d'adhérence $\eta = 1,6$;
 - Sols supports
 - ✓ Poids volumique du remblai = 21 kN/m^3 ;
 - ✓ Contrainte admissible du sol = 170KPa ;
 - ✓ Coefficient de poussée $K_a = 0,33$.

➤ Application et résultats

Le détail de l'application sera présenté en annexe. Il se fera à l'aide du logiciel CYPE.

V- Signalisation routière

Dans un projet routier, la signalisation routière est un ensemble des dispositifs de signalisation mis en place pour garantir la sécurité lors de la conduite. Son rôle principal est déterminer le type de signaux à implanter pour la sécurité routière.

La signalisation routière se décompose en deux grandes branches qui sont la signalisation provisoire et la signalisation permanente.

✓ Signalisation provisoire ou temporaire

Ce type de signalisation n'est employé que pendant l'exécution des travaux pour assurer d'une part la sécurité des populations riveraines, et d'autre part celle des ouvriers sur le chantier.

✓ Signalisation permanente ou définitive

La signalisation permanente est celle qui restera de façon définitive sur la route et assurera la sécurité routière aux usagers tout au long de son exploitation. Elle est composée essentiellement des : signalisations horizontales et des signalisations verticales.

- Signalisations horizontales

C'est un ensemble de signaux présents sur la chaussée. Elle joue un rôle important dans le sens qu'elle contribue énormément à l'amélioration de la circulation. Pour ce projet, il est choisi de ne pas mettre en place des signalisations horizontales car en situation de route en terre.

- Signalisations verticales

La signalisation verticale est essentiellement constituée de panneaux. En fonction de leurs couleurs, leurs formes, leurs emplacements, et leurs contenus..., ces panneaux transmettent diverses informations aux usagers notamment en ce qui concerne la singularité géométrique de la voie, les limitations de vitesse éventuelles, la localisation et les différents ralentisseurs présents sur la chaussée. Un extrait de la signalisation proposée pour ce projet est donné en annexe.

C. CHAPITRE III- ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

I- Introduction

L'Etude d'impact environnementale et sociale (EIES) est un document qui permet d'anticiper les effets à venir d'un projet sur l'environnement et les populations locales. Son rôle est de proposer des solutions aux problèmes sociaux, environnementaux rencontrés.

1- Description du projet

a- Présentation du promoteur

Bissa Gold est une société d'exploitation et d'exploration minière faisant partie du groupe Nordgold. Elle a débuté les opérations d'exploration depuis 2011 et est rentrée en production le 13 janvier 2013. La société dispose de plusieurs sites d'extraction dont le gisement du projet Niou qui est localisé dans les communes de Niou, Boussé, Toéghin.

b- Description des activités du projet de construction

Le projet porte sur la construction d'une route de transport du minerai d'une longueur d'environ 10 km. Le projet d'aménagement est une route en terre moderne. La chaussée sera de sept mètres (07 m) de largeur avec des accotements de 1,5m et une couche latérite compactée d'au moins 20 cm d'épaisseur. Pour des questions de sécurité une emprise correspondante à une largeur de 25 m sera considérée le long du linéaire. Le projet permettra de transporter le minerai du site d'extraction de Niou à l'usine de traitement située dans la localité de Bissa. La consistance des travaux peut être résumée comme suit :

- ✓ Les négociations avec les propriétaires terriens ;
- ✓ L'installation du chantier ;
- ✓ L'ouverture et le nettoyage des emprises de la route & des emprunts ;
- ✓ L'exploitation des emprunts et terrassement ;
- ✓ La construction des ouvrages hydrauliques - signalisation - et mise en service.

2- Cadre législatif et réglementaire

a- Cadre politique du Burkina Faso

Le Plan National de Développement Economique et social (PNDES) Le PNDS II est le référentiel de développement qui couvre la période 2021-2025. Il accorde une importance à la gestion durable des ressources forestières et fauniques, à la protection des écosystèmes ainsi qu'à l'amélioration du cadre de vie, impose le choix d'une démarche favorisant la prise en compte des préoccupations environnementales et sociales.

La Politique Nationale en matière d'Environnement (PNE) Elle a été votée à l'assemblée nationale en janvier 2007 et vise à servir de base pour la prise en compte des préoccupations environnementales au Burkina Faso. Elle donne les principales orientations suivantes : - la gestion rationnelle des ressources naturelles ; - la garantie d'un cadre de vie décent dans un environnement de meilleure qualité. La présente étude se fondera sur les principes directeurs de la PNE.

b- Cadre juridique du Burkina Faso

Le Code de l'environnement

Il traite de toutes les lois et normes prises par le gouvernement pour préserver la nature.

Le Code minier

C'est un ensemble de lois adoptées par le gouvernement dont certaines s'appliquent à la prospection, à la recherche et à l'exploitation de gîtes de substances minérales ainsi qu'au traitement, au transport et à la transformation des substances minérales à l'exclusion de l'eau et des hydrocarbures liquides et gazeux (article 2). Les personnes physiques ou morales peuvent entreprendre ou conduire une activité régie par le présent code sur les terres de l'Etat, du domaine des collectivités territoriales et le patrimoine foncier des particuliers. Toutefois, les personnes physiques ou morales désirant exercer une telle activité au Burkina Faso sont tenues d'obtenir au préalable, soit un titre minier, soit une autorisation délivrée dans les conditions prévues par le présent code (article 8).

3- Description de l'état initial de l'environnement

a- Environnement naturel

Relief

La région du nord présente un relief constitué d'une succession de plaines et de plateaux dont les altitudes varient de 200 à 400 mètres et qu'on rencontre dans toutes les quatre provinces. Il est observé certaines variations du relief notamment des élévations collinaires dont l'altitude moyenne est comprise entre 300 et 400 mètres. Cependant, quelques-unes peuvent atteindre 600 mètres (Pic de Komkoulibo dans le Passoré avec près de 630 mètres).

Sols

La région du Nord dispose de plusieurs types de sols dont les plus représentatifs sont :

- ✓ Les lithosols sur cuirasse : ce sont des sols superficiels, très peu épais avec un recouvrement gravillonnaire, présents dans toute la région où ils occupent 33,3 % de la superficie ;
- ✓ Les sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris : ils sont profonds et se caractérisent par une texture sableuse en surface et argilo-sableuse dès les 40 à 50 cm. C'est le type de sol le plus dominant dans la région. Il occupe 39,4 % de la superficie totale ;
- ✓ Les sols peu évolués d'érosion gravillonnaire : ils ont une épaisseur restreinte avec une texture graveleuse à sableuse. Ces sols occupent 19,2 % de la superficie de la région. Ils sont localisés dans toutes les provinces. Sur la superficie totale occupée par ce type de sol dans la région le Passoré occupe 3,9 %.

Climat

La région du Nord a un climat de type soudano sahélien marqué par une longue saison sèche (octobre à mai) et une courte saison des pluies (juin à septembre). La pluviométrie annuelle est de l'ordre de 500 à 1 000 mm. La figure suivante montre les valeurs de précipitations mensuelles et de températures minimales et maximales pour la ville de Kongoussi

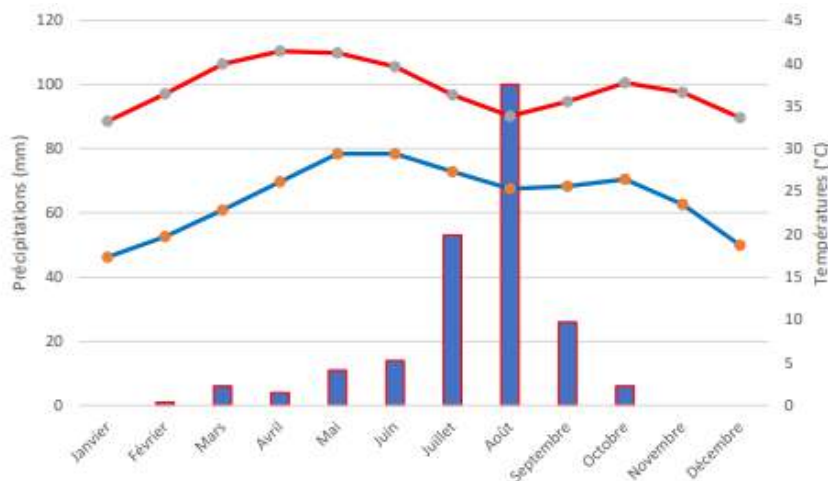


Figure 8 : Diagramme climatique de Kongoussi (source : www.weather-atlas.com)

Faune et flore

Dans la région du Nord, on distingue principalement trois types de végétation :

- ✓ Une savane arborée dans la zone méridionale ;
- ✓ Une végétation typiquement sahélienne avec des arbres et arbustes épineux au centre ;
- ✓ Une savane steppique dominée par des herbacées et une savane arbustive et de la brousse tigrée en ilots dispersés au nord.

La végétation est fortement dégradée dans la région du fait de l'action anthropique et des effets des changements climatiques. En dépit de ces facteurs de dégradation, la région du Nord présente quelques potentialités forestières non négligeables notamment les 2 forêts classées dans la province du Passoré (Niouma et Toécé) et la zone internationale de conservation des oiseaux migrateurs (ZICO) de Banh.

La région ne dispose pas d'un grand nombre d'espèces fauniques. La faune est surtout constituée par des oiseaux sédentaires (Pintades, Perdrix, Cailles, Canards armés, Pigeons sauvages) ou migrateurs. Par endroits on peut rencontrer des lièvres, phacochères, hyènes, chacals, céphalophes et crocodiles. L'exploitation faunique est de plus en plus rare dans la région due au manque de gibier. Tout comme

la faune, les ressources halieutiques demeurent faibles dans la région. Ces ressources sont essentiellement localisées sur le Nakambé et ses affluents et sur certains barrages et retenues d'eau tels que le barrage de Kanazoé, le barrage de Taonsgo, etc. Le caractère temporaire des cours d'eau limite le développement des ressources halieutiques qui sont composées essentiellement de tilapia, claria, schilbé, synodontus, d'auchenoglanis, etc.

Hydrographie

Dans la région du Nord, le réseau hydrographique se répartit sur trois bassins principaux que sont : le Mouhoun inférieur au Sud, le Nakanbé au Centre et à l'Est et le Sourou au Nord. Ce sont les affluents du fleuve Nakanbé qui la draine essentiellement. Ce réseau hydrographique naturel a été renforcé par de nombreuses retenues d'eau dont 13 importants barrages essentiellement à but agricole. On dénombre au total 161 retenues d'eau en 2016 dont seulement 12 sont permanents.

b- Environnement humain

Données démographiques

Selon les résultats du 5e Recensement Général de la Population et de l'Habitat (INSD, 2019), les localités traversées par le projet ont une population totale de 4226 habitants réparties comme suit.

Tableau 18 : Répartition de la population par localité et par sexe

Région	Province	Commune	Localité	Hommes	Femmes	Total	%des moins de 36 ans
Nord	Passoré	Bokin	Booré	969	1104	2073	76,12
			Masséono	1017	1136	2153	74,73

La population est jeune à l'image de celle du pays. En moyenne dans les zones traversées, 75,42% ont moins de 36 ans (INSD, 2019). Les femmes représentent en moyenne 53% de la population totale des zones traversées. En ce qui concerne la religion, plus de la majorité de la population est musulmane comme illustré dans le tableau 19.

Tableau 19 : Répartition de la population par communauté religieuse

Région	Province	Musulman	Catholique	Protestant	Animiste	Sans religion	Autre
Nord	Passoré	49,9%	22,5%	7,7%	20,1%	0,2%	0,1%

Activités économiques

✓ Agriculture

L'agriculture constitue la principale activité économique dans la zone. Cette activité est caractérisée par une diversification de la production. La production céréalière porte sur le maïs, le sorgho, le mil et le riz. L'arachide, le sésame, et le niébé sont légumineuses les plus cultivées (INSD, 2022).

✓ Elevage

La production pastorale occupe le second rang en matière d'activités économiques. Elle est pratiquée par l'ensemble des producteurs de la commune. On rencontre l'élevage de gros ruminants avec des effectifs importants mené surtout par des pasteurs. L'élevage des petits ruminants et de la volaille est pratiqué presque dans chaque concession. Au plan de la conduite de l'activité, trois systèmes d'élevage cohabitent :

- Le système extensif : il est le plus répandu dans la commune car s'accommode ou correspond au système traditionnel d'élevage où les animaux sont conduits d'un point à un autre pour leur alimentation et l'abreuvement. Pour ce faire, les gros et les petits ruminants parcourent des distances parfois importantes pour accéder aux pâturages, cela est plus fréquent pour les gros troupeaux qui parcourent des dizaines de kilomètres pour accéder aux pâturages. Ce système concerne les bovins, les caprins, les ovins et les asins de la commune rurale.
- Le système semi-extensif : il est peu pratiqué dans la commune et consiste à garder les animaux en semi-liberté avec un apport alimentaire. Cet apport alimentaire est parfois amélioré par des rations alimentaires bien étudiées en termes de valeur nutritive. Il correspond à l'embouche des ovins, des caprins, des bovins et des porcins pratiquée dans la commune par certains producteurs.
- La transhumance est pratiquée surtout par les Peulhs. Ils quittent la commune surtout en sèche et ce en direction des zones où le pâturage est en abondance, comme les régions de la boucle du Mouhoun et des Hauts Bassins. A cet effet, les troupeaux parcourent des centaines de kilomètres pour rejoindre ces zones de pâturages. (INSD, 2022)

✓ Commerce

L'activité commerciale n'est pas très développée. Toutefois elle occupe le troisième rang des activités exercées. L'activité porte sur une gamme variée de marchandises d'origine locale ou de provenance extérieure. Les principales activités commerciales sont : la vente de bière locale (dolo), la vente de beignets, la vente de condiments, la commercialisation des produits de l'élevage, la restauration, la

vente de produits de l'agriculture, la vente des produits forestiers ligneux et non ligneux, la vente de divers (produits manufacturés, vêtements, hydrocarbures, etc. (INSD, 2022)

✓ Orpillage

La zone d'étude dispose de quelques sites d'exploitations minières artisanales. Deux sites d'orpillage traditionnel jouxtent le tronçon de la route. L'activité occupe un nombre important de jeunes, qui abandonnent les autres activités au profit de celle-ci. Par ailleurs, elle influence négativement sur la scolarisation des élèves, en ce sens qu'elle engendre une augmentation du taux d'abandon des élèves de l'enseignement de base et nécessite qu'une attention particulière soit portée à ce secteur. (INSD, 2022)

II- Identification, évaluation et analyse des impacts

1- Identification des impacts

Elle se fait en opposant les composantes du milieu récepteur aux activités de chaque étape des travaux. La méthode utilisée sera la matrice de Luna Léopold. Chaque relation de dépendance identifiée représente une répercussion probable d'une activité du projet de construction et d'exploitation de la route de transport du minerai Niou-Bissa (section Booré-Masséono) sur une composante de l'environnement. Ainsi, il s'agira de :

- ✓ Faire ressortir les différentes étapes du projet proposé et les moyens de sa réalisation,
- ✓ Etudier l'état initial de l'environnement d'insertion du projet par la revue bibliographique et la prospection de terrain.

La matrice d'impact sera représentée sous forme de tableau.

2- Evaluation des impacts

Elle vise à déterminer quels seront les conséquences des activités sur l'environnement. La méthode employée consiste à déterminer, par association de certains critères que sont l'intensité, la portée et la durée, l'importance de l'impact vis-à-vis des populations et de l'environnement. L'évaluation de la signification des impacts comporte plusieurs étapes, à savoir :

Étape 1 : Faire un recensement des activités qui auront des conséquences et déterminer les composantes environnementales susceptibles d'être touchées par celles-ci.

Étape 2 : Estimer l'importance de l'impact sur chaque composante et déterminer la durée et l'étendue des effets générés par chaque activité.

- ✓ La durée de l'impact : Elle peut être longue, moyenne ou courte.
- ✓ L'intensité de l'impact : Elle peut être forte moyenne ou faible.

- ✓ L'étendue de l'impact : Elle peut être régionale, locale ou ponctuelle.

Étape 3 : Utiliser la matrice de Fecteau

Étape 4 : Consigner les résultats de l'analyse dans la grille-synthèse d'évaluation des impacts et déterminer les composantes affectées ou non par le projet de construction et d'exploitation de la route de transport, de même que l'ampleur des impacts cumulatifs ainsi que ceux où une incertitude persiste quant à leur nature et à leur signification.

Identification des sources et récepteurs d'impacts

Sources d'impacts

(i) Phase de construction

- ✓ Acquisition foncière
- ✓ Recrutement de la main d'œuvre
- ✓ Installation de chantiers
- ✓ Nettoyage de l'emprise du projet et des emprunts,
- ✓ Terrassement,
- ✓ Transport et circulation de la main d'œuvre, de la machinerie et des matériaux ;
- ✓ Exploitation des emprunts,
- ✓ Réalisation d'ouvrages hydrauliques
- ✓ Pose équipements de sécurité (signalisation).

(ii) Phase d'exploitation

- ✓ Exploitation du tronçon
- ✓ Entretien courant et périodique du tronçon.

Récepteurs d'impact

(i) Milieu biophysique

- ✓ L'air
- ✓ L'ambiance sonore
- ✓ Les ressources en eau (eaux de surface et eaux souterraines)
- ✓ Les sols
- ✓ La végétation
- ✓ La faune et habitat.

(ii) Milieu socioéconomique

- ✓ La santé publique et la sécurité
- ✓ L'emploi
- ✓ Les activités économiques
- ✓ Foncier
- ✓ L'espace agro-sylvo-pastoral
- ✓ Le revenu et les conditions de vie
- ✓ La cohésion sociale
- ✓ Le patrimoine culturel
- ✓ Personnes vulnérables.

Zone d'influence du projet

Sur le plan géographique la zone d'influence du projet de construction et d'exploitation de la route de transport du minerai Niou – Bissa (tronçon Booré-Masséono) est de 3 niveaux :

- ✓ L'emprise du tronçon lui-même qui est la zone d'influence directe ;
- ✓ Une influence locale se rapportant aux localités traversées ;
- ✓ Une influence régionale à l'échelle communale, provinciale et régionale.

Identification des impacts

L'identification des impacts environnementaux et sociaux potentiels du projet de construction de la route de transport du minerai Booré – Masséono est consignée dans un tableau. (cf annexe).

3- Analyse des impacts

Impacts environnementaux

➤ Impact sur la faune

Les impacts potentiels du projet sur le sol, l'eau et la flore déjà décrits vont impacter l'habitat des animaux. Par exemple, la destruction et la pollution du sol impacteront l'habitat de la microfaune au niveau du site. La pollution de l'eau impacterait l'équilibre des habitats de la faune aquatique. L'occupation du tronçon pour le projet va entraîner la perte de ressources fourragère pour les animaux (zone de pâture en saison pluvieuse).

➤ Ambiance sonore

L'ambiance sonore de la zone d'impact direct et indirect du projet sera influencée par les nuisances générées par les engins/machineries (camions, niveleuses, bétonnières, etc.) en activité et en mouvement. Elle sera également impactée lors de l'émission de bruits pendant les opérations de nettoyage du site, de terrassement, de formulation et de coulage du béton pour la construction des

ouvrages hydrauliques, puis de décharge lors de l'approvisionnement en matériels et matériaux. Les nuisances sonores susmentionnées affecteront localement (interférences, gênes, déficits auditifs, perturbation du repos, etc.) le personnel de chantier et les habitants des localités de la zone du projet. Certaines infrastructures ne sont pas dans l'emprise du projet mais la jouxte ce qui peut induire des gênes pour ceux qui les fréquentent.

➤ **Qualité de l'air**

La qualité de l'air sera impactée par les émissions de poussières et les gaz d'échappement potentiellement chargés de métaux lourds (COx, NOx, SOx, HC, HAP, COV, etc.) générés par la circulation des véhicules, des engins/machineries pour les besoins du chantier (circulation de la main d'œuvre, opération de terrassement et autres travaux de génie civil, construction des ouvrages hydrauliques, approvisionnement en matériels et matériaux du chantier). Les émissions de poussière proviendront également des opérations de nettoyage du site (débroussaillage, abattage des arbres, nivellement du site) et d'exploitation des emprunts. La pollution de l'air quelle que soit la source est à l'origine de nombreux désagréments notamment les maladies respiratoires (toux, crises d'asthme, irritations de bronches, sensations d'étouffement), oculaires (irritations oculaires) et de nuisances olfactives surtout chez les ouvriers et les populations riveraines du chantier, en l'occurrence dans la zone d'influence du tronçon de la route de transport du minerai (traversée de zones d'habitat à Booré, Masséono...). En outre, les poussières émises se déposeront sur les toits, à l'intérieur des maisons et sur les aliments vendus sur des étales en plein air. Tout ceci entraînera localement la dégradation de la qualité de l'air ambiante avec pour corolaire une gêne pour les populations riveraines. L'impact aura lieu sur la durée du chantier de construction et pendant la mise en service du tronçon.

Impacts sociaux

➤ **Emploi, revenu et conditions de vie**

La mise en œuvre du projet de construction de la route du transport du minerai va entraîner l'expropriation d'exploitants des terres à des fins agricoles. La perte des zones de cultures impactera les moyens de subsistance de ces personnes. Les opérations d'expropriations vont impacter les revenus des personnes qui utilisent leurs terres comme moyens de subsistance (agriculture). L'abattage des arbres va également entraîner, principalement pour les femmes, une perte d'accès aux Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) pour la cueillette à usage alimentaire et médical, le ramassage de bois de chauffe, et donc une perte de source de revenus qui peut fragiliser les moyens d'existence. Cette restriction d'accès à des terres cultivables constituera également une perte de terres de pâtures et de potentiels résidus de récoltes pour les éleveurs de la zone.

➤ **Conflits**

Les conflits peuvent naître des opérations d'acquisition foncière surtout en absence ou insuffisance de compensation et des débordements pendant les travaux (non-respect des emprises du projet). Il y a également des risques de fragilisation de la cohésion sociale par les nuisances engendrées par le projet, le non-respect des us et coutumes locaux par le personnel du chantier (surtout ceux venue d'ailleurs) et les comportements sexuels déviants.

➤ **Impact sur la santé et la sécurité des populations et du personnel**

Sur le plan sanitaire et sécuritaire on peut noter les impacts potentiels suivants : - Risques de développement des maladies respiratoires liées à la pollution de l'air (potentielles émissions dans l'atmosphère de poussière et fumées), - Risque de contaminations par les IST et le VIH/SIDA et Hépatites par les comportements sexuels à risques entre personnel de chantier et la population de la zone du projet ou venue d'ailleurs. - Risques de grossesses non désirées : du fait de la présence du personnel de chantier et les comportements sexuels à risques avec la population féminine des localités de la zone du projet pourraient entraîner des cas de grossesses non désirées ; - Risques sanitaires liés à l'exposition des pollutions par les déchets solides et liquides, non suffisamment traités, provenant du chantier ; - Les risques d'accidents liés à la circulation des véhicules et fonctionnement des engins de chantiers ; - Risque d'abandon scolaires par les jeunes garçons et filles.

➤ **Evaluation des impacts**

L'évaluation des impacts se fera sous forme de tableau (cf annexe).

➤ **Evaluation des risques**

Méthode d'évaluation

Les activités du projet de construction de la route comportent un certain nombre de risques qui sont évalués suivant leur probabilité d'occurrence et leur potentielle gravité comme indiqué dans le tableau 20 :

Tableau 20 : Méthode d'évaluation des risques

	G5	G4	G3	G2	G1		
P5						<u>Probabilité</u>	<u>Gravité</u>
P4						P1 : Improbable	G1 : Négligeable
P3						P2 : Rare	G2 : Mineure
P2						P3 : Occasionnel	G3 : Importante
P1						P4 : Fréquent	G4 : Critique
						P5 : constant	G5 : Catastrophique

Interprétation des codes couleur pour déterminer le niveau de risque (NR)

Risque élevé inacceptable qui va nécessiter une étude détaillée de scénario d'accidents majeurs. Le projet doit prendre des mesures de réduction immédiates en mettant en place des moyens de prévention et protection.

Risque moyen. Doit proposer un plan d'atténuation à mettre en œuvre à court, moyen et long terme.

Risque bas, acceptable. Aucune action n'est requise.

Pour le projet de construction de la route, on distingue des risques de pollution, de conflits (cohésion et foncier), des risques sanitaires et sécuritaires. Le tableau 21 résume l'analyse des risques liés au présent projet.

Tableau 21 : Evaluation des risques

Phase du projet	Source du danger	Risque	Evaluation			Mesures de prévention ou d'atténuation
			P	G	NR	
Construction	Acquisition foncière	Risque de conflits fonciers	P4	G3	Elevé	Informar et sensibiliser la population Dédommager tous les actifs impactés
	Recrutement et présence de la main d'œuvre	Risque de propagation des maladies sexuellement transmissibles et de grossesses indésirées	P4	G3	Elevé	Mener des campagnes de sensibilisations (population et personnel de chantier) sur les maladies sexuellement transmissibles et les comportements à risque
	Installation de chantier ; Transport et circulation de main d'œuvre, machinerie et matériaux ; Nettoyage de l'emprise du projet ; Terrassement ; Exploitation des emprunts ;	Risque de pollution du sol et de l'eau	P3	G3	Moyen	Installer des poubelles Elaborer et mettre en œuvre un plan de gestion des déchets Sensibiliser le personnel sur la gestion des déchets
		Risque d'accidents et de maladies	P3	G4	Elevé	Doter le personnel d'équipement de protection ; Conduire des quarts-d 'heures sécurité ; Signaler et baliser les travaux ; Positionner des flagmen au niveau des zones sensibles notamment les traversées de concessions, de marché et d'établissement scolaires

	Réalisation d'ouvrages hydrauliques ; Pose d'équipements de sécurité					
Exploitation	Exploitation du tronçon	Risque d'accident et de maladies	P3	G4	Elevé	Mettre la signalisation le long du tronçon ; Maintenance préventive des engins de transport ; Sensibiliser les chauffeurs régulièrement sur la circulation routière ; Imposer une vitesse de circulation et assurer un suivi ; Sensibiliser périodiquement les populations sur la circulation routière ; Positionner des flagmen au niveau des zones sensibles notamment les traversées de concessions, de marché, des établissements scolaires et surtout au niveau de l'intersection avec la RN22
	Entretien courant et périodique du tronçon	Risque de pollution du sol et de l'eau	P3	G3	Moyen	Installer des poubelles ; Maintenance préventive des engins avant le début des travaux
		Risque d'accident et de maladie	P3	G3	Moyen	Doter le personnel d'équipement de protection ; Conduire des quarts-d'heures sécurité ; Signaler et baliser les travaux ; Positionner des flagmen au niveau des zones sensibles notamment les traversées de concessions, de marché et d'établissements scolaires

III- Plan de gestion environnemental et social

Son objectif pour le projet est de proposer des mesures de bonification et d'atténuation ainsi que les dispositions institutionnelles à prendre pendant la mise en œuvre et l'exploitation du projet de construction de la route de transport du minerai pour minimiser les risques et effets environnementaux et sociaux négatifs.

1- Mesures de bonification

Les mesures de bonifications concernent les impacts positifs du projet. L'entreprise en charge des travaux se doit de :

- Prioriser les emplois locaux surtout pour la main d'œuvre non qualifiée
- Favoriser les achats locaux pour contribuer au développement de l'économie locale.

Pour bonifier l'amélioration de la mobilité et le projet auquel le projet contribue, il est recommandé de mener des campagnes de sensibilisation sur la sécurité routière au profit des conducteurs et des populations.

2- Mesures d'atténuation

➤ Milieux biophysiques

- ✓ Qualité de l'air et ambiance sonore

Pour atténuer les effets des poussières et des fumées émanant des activités du projet sur la qualité de l'air, les mesures suivantes ont été proposées : en phase de construction le réglage correct des pots d'échappement des engins et véhicules de chantier, qui favorisera une bonne combustion du carburant et, partant, une réduction des émissions de gaz polluants (COx, NOx, SOx, etc.) ; l'arrosage systématique et suffisant des emprises des travaux et des pistes d'accès aux zones d'emprunt de matériaux aux traversées des zones habitées ; le port de masques anti-poussières par le personnel de chantier. La limitation de vitesse des véhicules sur le chantier, les pistes d'accès aux zones d'emprunt de matériaux et de prélèvements des eaux, surtout aux traversées des agglomérations, Afin de minimiser les nuisances sonores pour les populations riveraines, il faudra éviter les travaux de nuit.

En phase d'exploitation les dispositions suivantes devront être exigées : la mise en place de ralentisseurs aux traversées des localités ; la limitation de la vitesse et éviter le transport du minerai après 18h.

- ✓ Faune

Les principales mesures à prendre en compte sont : en phase de construction la sensibilisation et l'interdiction formelle à la main-d'œuvre de prélever la faune par la chasse, la capture ou tout autre moyen ; la sensibilisation et l'interdiction à la main-d'œuvre de transporter de la viande sauvage dans les

véhicules et les engins de chantier ; la préservation des habitats de la faune par l'entreprise par l'exploitation effective des emprises définies pour les zones d'emprunt et la route.

En phase exécution les mêmes recommandations de la phase de construction seront observées lors des opérations d'entretien.

➤ **Milieus socioéconomique**

✓ Santé publique

En phase de construction l'Entreprise doit établir une collaboration à l'aide d'une convention avec les centres de santé proche des travaux pour la prise en charge rapide en cas de sinistre ; elle doit effectuer la mise en place d'un programme de sensibilisation sur les maladies sexuellement transmissibles et les grossesses non désirées destiné au personnel de chantier et des populations riveraines des localités traversées ; distribuer des préservatifs au personnel de chantier ; doter de la main-d'œuvre d'équipements de protection individuelle (chaussure de sécurité, gants, masques anti-poussières, gilet, etc.) et l'inciter à les utiliser ; arroser les emprises des travaux, des pistes d'accès aux zones d'emprunt et aux sites de prélèvement des eaux pour les travaux en cas de soulèvement de poussières, surtout à la traversée des zones habitées.

En phase d'exploitation l'entreprise doit assurer une maintenance préventive des engins de transport du minerai pour éviter la pollution de l'air ; construire des ralentisseurs de vitesse au niveau des agglomérations traversées ; imposer la limitation de vitesse dans les zones habitées selon la réglementation en vigueur en la matière ; arroser le tronçon pour éviter les émissions de poussière.

✓ Cohésion sociale

Elaboration d'un Plan de Communication afin d'informer les populations riveraines et les usagers du tronçon de la route avant le démarrage des travaux, - Dédommager avant de commencer les travaux - Respecter les emprises des travaux

3- **Suivi et surveillance environnementale**

➤ **Surveillance environnementale**

Elle vise à s'assurer que l'entreprise en charge de la construction de la route respecte ses engagements et obligations en matière de protection de l'environnement, que les mesures d'atténuation des impacts négatifs et de bonification des impacts positifs soient appliqués au cours des travaux. Aussi, la surveillance environnementale a pour objectif de réduire les désagréments sur les milieux naturels et socio-économiques. Elle relèvera de la responsabilité de l'environnementaliste de l'entreprise et de la

cellule environnementale du promoteur. Le promoteur s'assurera de l'effectivité de la mise en œuvre des mesures préconisées par l'étude d'impact environnemental.

➤ Suivi environnemental

Le suivi environnemental sert à vérifier l'efficacité des mesures est du rôle régalien de l'ANEVE. Mais des acteurs comme la mairie et la direction provinciale de l'Environnement, de l'énergie, de l'Eau et de l'Assainissement (DPEEA) peuvent également être associés. Par ailleurs pour la réalisation et le suivi de la mise en œuvre des différentes mesures contenues dans les spécifications environnementales et sociales du contrat de marché en plus des acteurs susmentionnés, la mission de contrôle des travaux (MDC) sera à pied d'œuvre pour s'assurer de l'efficacité des mesures environnementales et sociales. Pour se faire, l'entreprise avant le début des travaux élaborera le PGES chantier qui devra être approuvé et suivi par la MDC. Les activités de surveillance et de suivi se feront particulièrement par des visites de chantier, des réunions périodiques, des établissements d'états de lieux intermédiaires et les rapports. Un débriefing de chaque inspection ou audition sur les mesures à mettre en œuvre sera fait sur le chantier à l'intention de l'entreprise et de la MDC. Au cours des réunions, il sera régulièrement fait le point sur les travaux réalisés, ceux en cours, les non-conformités constatées et ce que l'entreprise entrevoit pour les lever, le point sur les mesures d'atténuation et de bonification et leur mise en œuvre.

Quelques indicateurs de suivi environnementaux

- ✓ Qualité des eaux de surface : pH compris entre 6,5 et 8,5
- ✓ Bruit et vibration : Niveau de bruit diurne inférieur à 55dB dans les zones habitées
- ✓ Biodiversité : suivi du nombre de points d'eau et d'espaces sensibles affectés par le projet
- ✓ Qualité de l'air : CO et NOx inférieurs respectivement à 10 et 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Cout de mise en œuvre du PGES

Tableau 22 : Cout de mise en œuvre du PGES

Composantes	Mesures environnementales	Quantité	Cout unitaire(FCFA)	Cout total(FCFA)
Toutes	Elaboration et mise en œuvre du plan gestion environnemental et social du chantier	1	Forfait	2.000.000FCFA
Sols	Elaboration et application d'un plan de gestion et de	1	Forfait	6.750.000FCFA

	restauration des sites d'emprunts			
Flore	Reboisement compensatoire	1	Forfait	2.000.000FCFA
Santé publique	Sensibilisation sur les MST et VIH	1	5.000.000FCFA	5.000.000FCFA
Cohésion sociale	Indemnisation des populations et élaboration d'un plan de réinstallation	-	Forfait	156.000.000FCFA
TOTAL				171.750.000FCFA

4- Plan de fermeture /réhabilitation

Pour la mise en œuvre opérationnelle de l'exécution des travaux de construction de la route de transport du minerai, et au vu des impacts environnementaux, intégrer dans les DAO de recrutement l'obligation pour l'entreprise d'élaborer et mettre en œuvre un PGES. Il comportera un plan de fermeture et de réhabilitation. Les résultats attendus sont : - les bases du chantier sont réhabilitées et aménagées ; - les excavations sont comblées et/ou transformées en boulis ; - les plantations d'arbres sont réalisées pour renforcer les parties comblées et fixées les berges des boulis ; - Les emprunts sont réhabilités.

➤ Méthodologie de réhabilitation

Pour réhabiliter la base du chantier il faudra procéder au démontement des équipements, au nettoyage des déchets et l'aménagement ou réhabilitation des sites. L'opération de réhabilitation des emprunts se fera en concertation avec les propriétaires terriens, les autorités locales (mairies et Conseil Villageois de Développement) et coutumiers (chefs de terre). Ces rencontres permettront de décider de la nature des travaux à réaliser. En fonction du choix retenu lors des concertations, l'opération consistera en de comblements des excavations avec revégétalisation et/ou en boulis avec plantations d'arbres pour fixer les berges.

➤ Programme de réhabilitation

A la fin des travaux et de l'exploitation des zones d'emprunt, des moyens nécessaires (bulldozer, niveleuse, pelle et tout l'équipement nécessaire selon l'avancement des travaux de terrassement) seront déployés pour la réhabilitation des bases et des zones d'emprunts. Les principaux indicateurs seront le comblement effectif des emprunts ou leur transformation en boulis réalisés avec pente douce, et le nombre d'arbres plantés.

D. CHAPITRE IV : EVALUATION FINANCIERE DU PROJET

L'estimation du projet routier permet de déterminer de manière prévisionnelle le cout global des travaux à réaliser en prenant en compte tous les éléments techniques, humains et matériels nécessaires à la construction de la route. Les devis quantitatifs estimatif des deux variantes de réalisation de cette route se présente comme suivent :

Tableau 23 : Devis quantitatif estimatif variante route en terre du projet Booré-Masséono

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DU PROJET					
N°	Désignation des ouvrages	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
100	Installation et repli du chantier				
101	Installation du chantier	Ens	1,00	10 000 000	20 000 000
102	Amené et repli du matériel	Ens	1,00	10 000 000	20 000 000
103	Laboratoire du chantier	Ens	1,00	5 850 000	5 850 000
	Sous total 100				45 850 000
200	Travaux préparatoires				
204	Ouverture de piste/route	Km	10,076	461 700	4 652 090
205	Démolition des bâtis se trouvant dans l'emprise de la route	Fft	1,00	15 000 000	15 000 000
	Sous total 200				19 652 090
400	Terrassements et chaussée				
401	Décapage de la terre végétale (10cm)	m3	20 000,00	300	6 000 000
402	Purges et remplacement de matériaux impropres	m3	2500	15 500	38 750 00
403	Fourniture et mise en œuvre de graveleux latéritique naturel pour couche de fondation et base (ep,20)	m3	14057,10	8 500	119 485 350
	Sous total 400				164 235 350
500	Ouvrage d'assainissement				
501	Béton de propreté (150 Kg/m3)	m3	32,25	77 500	2 499 375
514	5xDalot de 1x100x100				
514.1	Béton dosé à 400kg/m3 pour joint	m3	74,70	235 000	17 554 500
514.2	Acier HA en FeE400	kg	4 500,00	1 400	6 300 000

	Sous total 514				23 854 500
515	2xDalot de 1x150x100				
515.1	Béton dosé à 400kg/m3	m3	33,85	235 000	7 954 750
515.2	Acier HA en FeE400	kg	1 600,00	1 400	2 240 000
	Sous total 515				10 194 750
516	5xDalot de 1x150x150				
516.1	Béton dosé à 400kg/m3	m3	98,28	235 000	23 095 800
516.2	Acier HA en FeE400	kg	9 096,00	1 400	12 734 400
	Sous total 516				35 830 600
518	2xDalots de 2x200x150				
518.1	Béton dosé à 400kg/m3	m3	78,06	235 000	18 344 100
518.2	Acier HA en FeE400	kg	6 292,00	1 400	8 808 800
	Sous total 518				27 152 900
519	1xDalots de 2x150x150				
519.1	Béton dosé à 400kg/m3	m3	33,57	235 000	7 888 950
519.2	Acier HA en FeE400	Kg	4 838,40	1 400	6 773 760
	Sous total 519				14 662 710
	Sous total 500				114 193 485
	Mesures environnementales et sociales				
700	Mesures compensatrices environnementales et sociales	Fft	1,00	4 000 000	4 000 000
701	Compensation financières	u	1 300 000,00	120	156 000 000
702	Remise en état des lieux des carrières et aires de stockage	Fft	1,00	6 750 000	6 750 000
703	Sensibilisation sur les MST et VIH	Fft/cam	1,00	5 000 000	5 000 000
	Sous total 700				171 750 000
I	Total général HT				515 680 485
II	TVA 18%				92 822 488
III	Total général TTC				608 502 972
IV	Cout-kilométrique				60 850 298

Tableau 24 : Devis quantitatif estimatif variante route revêtue du projet Booré-Masséono

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DU PROJET					
N°	Désignation des ouvrages	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
100	Installation et repli du chantier				
101	Installation du chantier	Ens	1,00	10 000 000	20 000 000
102	Amené et repli du matériel	Ens	1,00	10 000 000	20 000 000
103	Installation de centrale d'enrobage	Fft	1,00	350 000 000	350 000 000
104	Laboratoire du chantier	Ens	1,00	5 850 000	5 850 000
	Sous total 100				395 850 000
200	Travaux préparatoires				
204	Ouverture de piste/route	Km	10,076	461 700	4 652 090
205	Démolition des bâtis se trouvant dans l'emprise de la route	Fft	1,00	15 000 000	15 000 000
	Sous total 200				19 652 090
400	Terrassements, chaussée et revêtement				
401	Décapage de la terre végétale (10cm)	m3	20 000,00	300	6 000 000
402	Purges et remplacement de matériaux impropres	m3	2500	15 500	38 750 00
403	Fourniture et mise en œuvre de graveleux latéritique naturel pour couche de fondation et base (ep,20)	m3	14057,10	8 500	119 485 350
404	Fourniture et mise en œuvre de béton bitumineux (ep,3)	m3	118000	22500	2 655 000 000
	Sous total 400				2 819 235 350
500	Ouvrage d'assainissement				
501	Béton de propreté (150 Kg/m3)	m3	32,25	77 500	2 499 375
514	5xDalot de 1x100x100				
514.1	Béton dosé à 400kg/m3 pour joint	m3	74,70	235 000	17 554 500
514.2	Acier HA en FeE400	kg	4 500,00	1 400	6 300 000
	Sous total 514				23 854 500
515	2xDalot de 1x150x100				

515.1	Béton dosé à 400kg/m3	m3	33,85	235 000	7 954 750
515.2	Acier HA en FeE400	kg	1 600,00	1 400	2 240 000
	Sous total 515				10 194 750
516	5xDalot de 1x150x150				
516.1	Béton dosé à 400kg/m3	m3	98,28	235 000	23 095 800
516.2	Acier HA en FeE400	kg	9 096,00	1 400	12 734 400
	Sous total 516				35 830 600
518	2xDalots de 2x200x150				
518.1	Béton dosé à 400kg/m3	m3	78,06	235 000	18 344 100
518.2	Acier HA en FeE400	kg	6 292,00	1 400	8 808 800
	Sous total 518				27 152 900
519	1xDalots de 2x150x150				
519.1	Béton dosé à 400kg/m3	m3	33,57	235 000	7 888 950
519.2	Acier HA en FeE400	Kg	4 838,40	1 400	6 773 760
	Sous total 519				14 662 710
	Sous total 500				114 193 485
	Mesures environnementales et sociales				
700	Mesures compensatrices environnementales et sociales	Fft	1,00	4 000 000	4 000 000
701	Compensation financières	u	1 300 000,00	120	156 000 000
702	Remise en état des lieux des carrières et aires de stockage	Fft	1,00	6 750 000	6 750 000
703	Sensibilisation sur les MST et VIH	Fft/cam	1,00	5 000 000	5 000 000
	Sous total 700				171 750 000
I	Total général HT				3 515 680 485
II	TVA 18%				632 822 488
III	Total général TTC				4 148 502 972
IV	Cout-kilométrique				414 850 298

De cette étude financière, il ressort que la variante revêtue coute excessivement plus cher que la variante granulaire. Les couts au kilomètre de la variante revêtue sont 6,81 fois supérieurs à ceux de la variante granulaire.

CONCLUSION

Au terme de cette étude, il ressort que le développement des infrastructures routières joue un rôle clé dans la réussite de projets industriels notamment les projets miniers. L'étude du projet de route de transport de minerai a permis à partir des données géotechniques de mettre en exergue les caractéristiques du sol support en place. Ces sols sont limono-sablonneux avec des plasticités variant de faible à moyenne. Des sols présentant de faibles caractéristiques de portances ($E2/S6$) ont été identifiées avec comme solution retenue la purge de ceux-ci. Les sites d'emprunts retenus répondent aux prescriptions pour les chaussées en terre. Par la suite, une analyse comparative a été réalisée entre une variante de chaussée granulaire et revêtue sur des critères techniques et économiques. Cette analyse a retenu la variante granulaire pour la suite du projet. La conception géométrique de la route a permis de retenir une chaussée à deux voies de 3,5m chacune avec des accotements de 1,5m de part et d'autres pour une route de catégorie 3 avec une vitesse de référence de 60km/h. Afin d'assainir la voirie, l'on a procédé à une étude hydrologique et hydraulique qui a permis de délimiter les bassins versants le long du tracé et de proposer des dalots permettant d'évacuer les eaux ainsi que leur dimensionnement hydraulique et structurel. Il a été retenu 15 ouvrages de ce type avec des sections variant de $1 \times 1m \times 1m$ à $2 \times 2m \times 1,5m$. Enfin, il a été proposé une Notice d'Impact Environnementale et Sociale qui a fait ressortir les impacts potentiels du projet et a proposé des mesures d'atténuation et de bonification desdits impacts. L'étude financière a fait ressortir un coût global de 608 502 972FCFA TTC soit un coût kilométrique de 60 850 298FCFA TTC.

Bibliographie

2022. s.l. : www.weather-atlas.com, 2022.

Adamah, MESSAN. 2020. *Cours Hydraulique Routière, Conception et Dimensionnement des petits ouvrages.* 2020.

Giraude, ADEOSSI Facia. 2024. *Cours Etude d'Impact Environnementale et Sociale.* 2024.

2017. *Guide Technique de Conception et de Dimensionnement des Chaussées Métropolitaines.* 2017.

INSD. 2022. *5ème Recensement Général de la Population et de l'Habitat.* 2022.

INSD. 2019. *5ème Recensement Général de la Population et de l'Habitat.* 2019.

Jean, PERCHAT Jean et ROUX. *Guide de Conception des ponts-cadres et portiques.*

Jean-Noel, COURBON Jean et T. *Pratique du BAEL 91, Cours avec exercices corrigés, Résistance des matériaux.*

KINI. 2024. *Cours Etudes Techniques des Ponts.* 2024.

1975. *Manuel d'exécution des petits ouvrages routiers en Afrique.* 1975.

Ministère de l'Equipement, du Logement et des Transports. 2012. *Fascicule 61-Titre II, Conception, Calcul et Epreuves des Ouvrages d'art-Programme des charges et épreuves des ponts-route.* 2012.

Ministère de l'Equipement, du Logement et des Transports. 2012. *Fascicule 62-Titre 5, Règles Techniques de Conception et de Calcul des Fondations et des Ouvrages de Génie Civil-Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux.* 2012.

NGUYEN Van Tuu, LEMOINE Bernard, POUPLARD Jacques. 1981. *Hydraulique Routière.* 1981.

Ousseini, MONE. 2023. *Cours Routes 2.* 2023.

P, DTU. 2000. *BAEL(Révisées 99-règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites.* 2000.



ANNEXES



Annexe I : Assainissement de la voirie

Etude hydrologique

Application de la méthode rationnelle pour le calcul des débits de crue décennale

Pour calculer le débit maximum, la formule suivante est utilisée : $Q = 0,278 \text{ CIA}$.

➤ Coefficient de ruissellement

Afin de déterminer le coefficient de ruissellement une lecture se fait sur l'abaque ci-dessous. Les bassins versants retenus ont tous des pentes inférieures à 5% et se situent dans une zone de forêt ordinaire en futaie et sous-bois touffus d'où $C=0,13$.

Tableau 25 : Coefficients de ruissellement dans la méthode rationnelle

Tableau 25. Coefficients de ruissellement dans la méthode rationnelle.

Niveau de la surverse retenue	Valeur de C							
	Pentes faibles de 0 à 10 ha présentant une pente de				Bassins moyens de 10 à 100 ha présentant une pente de			
	moins de 1 %	de 1 à 10 %	de 10 à 20 %	plus de 20 %	moins de 5 %	de 5 à 10 %	de 10 à 20 %	plus de 20 %
Forêts denses et clairières de forêt : 0,05	0,95	"	"	"	"	"	"	"
Terrains défrichés, us à végétation non survenue	0,80	0,65	0,50	0,35	0,70	0,55	0,40	0,25
Terrains défrichés par l'incendie	0,70	0,55	0,40	0,25	0,60	0,45	0,30	0,15
Cultures courantes, ordinaires	0,60	0,45	0,30	0,15	0,50	0,35	0,20	0,10
Terrains de parcours, champs secs	0,50	0,35	0,20	0,10	0,40	0,25	0,15	0,05
Pâturages denses	0,40	0,25	0,15	0,05	0,30	0,15	0,10	0,05
Forêts ordinaires en futaie sous-bois touffus	0,30	0,15	0,10	0,05	0,20	0,10	0,05	0,05
Forêts primaires	0,20	0,10	0,05	0,05	0,15	0,05	0,05	0,05

Hydrologie

C=0,13

➤ Calcul de l'intensité de la pluie I

Pour le calcul, on utilise la formule suivante : $I = a \times T_c^{-b}$ et $T_c = \frac{1}{52} \frac{L^{1,15}}{H^{0,38}} = \frac{1}{52} \frac{L^{0,77}}{p^{0,38}}$ avec $L = 5,223045 \text{ km}$ et $p = 3,26\%$.

$$\text{A.N: } T_c = \frac{1}{52} \frac{5,223045^{0,77}}{0,0326^{0,38}}$$

$$T_c = 51,496 \text{ minutes}$$

$$\text{A.N: } I = 60 \times 9,4 \times 51,496^{-0,5}$$

$$I = 78,594 \text{ mm/h}$$

Calcul du débit décennal

$$Q = 0,278 \text{ CIA}$$

$$\text{A.N : } Q = 0,278 \times 0,13 \times 78,206 \times 2,498$$

$$Q = 7,095 \text{ m}^3/\text{s}$$

Etude hydraulique

Les calculs se portent sur le OH15 du bassin versant 15.

Dimensions du OH15

Vitesse découlement maximale : 3m/s ; Débit projet : 7,095 m³/s ;

$$\text{Section fictive } A = \frac{7,095}{3} = 2,365 \text{ m}^2$$

Soit H la hauteur du dalot, n le nombre de cellules et B sa largeur. On fixe $H = 1,5\text{m}$; $n = 2$ et $B = 2\text{m}$.

Ainsi on retient un dalot $2 \times 2\text{m} \times 1,5\text{m}$. Par la suite, les calculs seront effectués afin de savoir si cette section permet d'évacuer le débit du projet.

Dimensionnement du dalot

- Profondeur d'eau en amont

Soit K_s coefficient de rigidité du béton et g la pesanteur. K_s=67 et g=9,81m/s².

Calcul du débit réduit Q₁^{*}

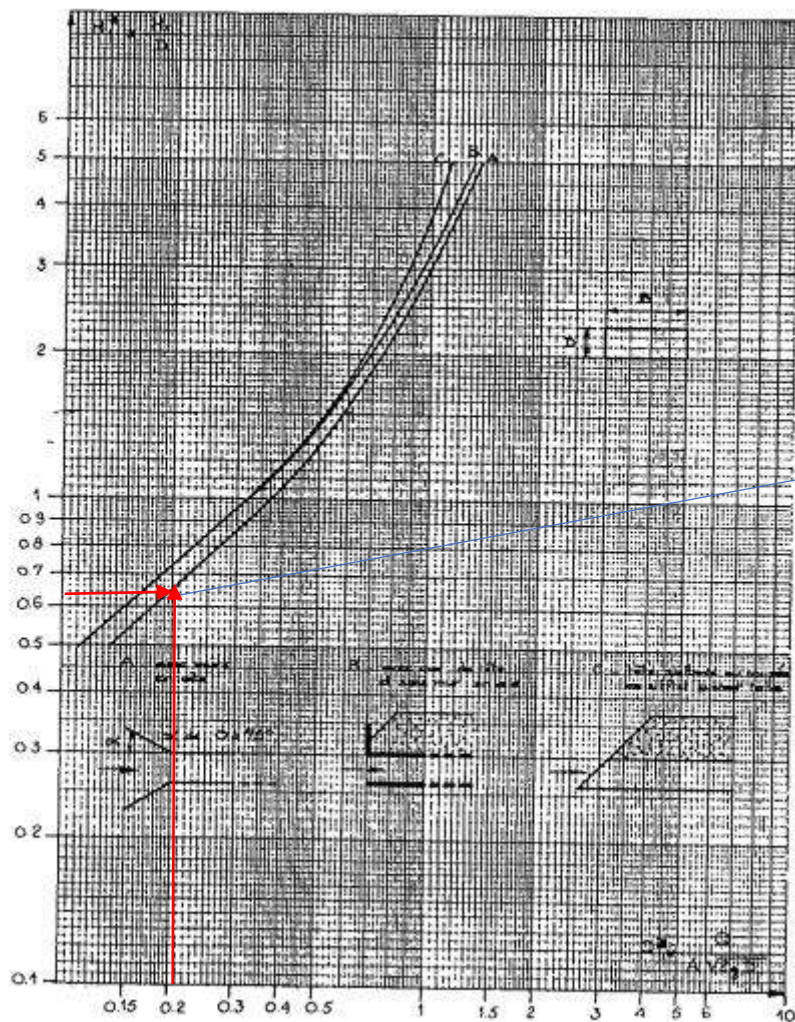
$$Q_1^* = \frac{q/n}{B \times H \times \sqrt{2 \times g \times h}}$$

$$\text{AN : } Q_1^* = \frac{7,095/2}{1,5 \times 2 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 1,5}}$$

$$Q_1^* = 0,218 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Détermination de la hauteur réduite H^*

Cette détermination se fera grâce à l'abaque de la figure 77 du BCEOM ci-après :



$H^*=0,63$

Fig. 77. Sortie libre. Dalots rectangulaires.

Figure 9 : Abaque de détermination de la hauteur d'eau réduite

$H^*=0,63$.

Hauteur d'eau en amont H_1

$H^* = \frac{H_1}{D}$; D est la hauteur du dalot. Alors $H_1 = H^* \times D$

AN : $H_1 = 0,63 \times 1,5m$

$H_1 = 0,945m$

$\frac{H^*}{D} = \frac{0,63}{1,5} = 0,42 < 1,25$. Condition est vérifiée.

Calcul de la revanche

$$R = D - H_1$$

$$\underline{AN}: R = 1,5m - 0,945m = 0,555m > 0,5m$$

$R = 0,555m$. Il sera retenu :

$$R = 0,5m$$

- Calcul de la pente d'écoulement

Débit réduit Q_2^*

$$Q_2^* = \frac{q/n}{\sqrt{g \times B^5}}$$

$$\underline{AN}: Q_2^* = \frac{7,095/2}{\sqrt{9,81 \times 2^5}}$$

$$Q_2^* = 0,2m^3/s$$

- Détermination de l'indice de pente réduite I_c^*

Cette détermination se fera grâce à l'abaque de la figure 82 du BCEOM ci-après :

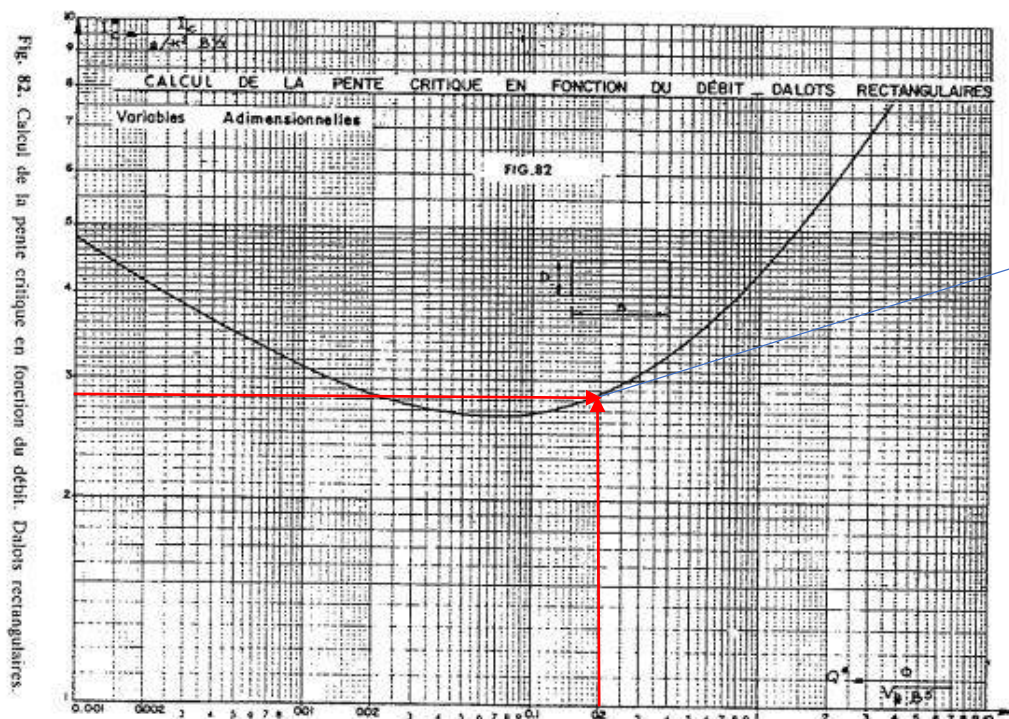


Figure 10 : Abaque de détermination de l'indice de pente critique réduite

$$I_c^* = 2,8\%.$$

- Calcul de l'indice de pente critique I_c

$$I_c = I_c^* \times \frac{g}{K_s^2 B^{1/3}}$$

$$\text{AN : } I_c = 2,8 \times \frac{9,81}{67^2 \times 2^{1/3}}$$

$$I_c = 0,005$$

- La vitesse réelle d'écoulement

Calcul du débit réduit Q_3^*

$$Q_3^* = \frac{q/n}{K_s \times B^{8/3} \times \sqrt{I}}$$

$$\text{AN : } Q_3^* = \frac{7,095/2}{67 \times 2^{8/3} \times \sqrt{0,005}}$$

$$Q_3^* = 0,122 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Détermination de la vitesse critique V_c^*

Cette détermination se fera grâce à l'abaque de la figure 84 du BCEOM ci-après :

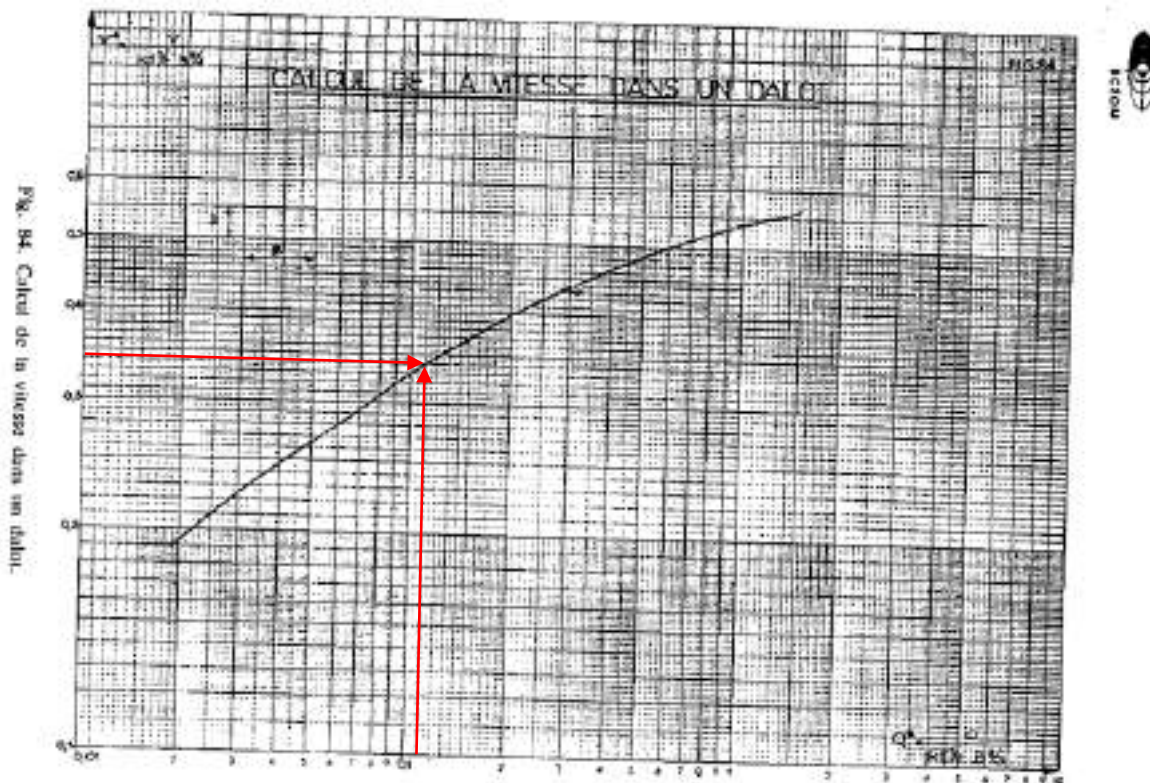


Figure 11 : Abaque de détermination de la vitesse réduite

$$V^* = 0,34 \text{ m/s}$$

Calcul de la vitesse réelle de sortie V

$$V = V_C^* \times K_s \times \sqrt{I} \times B^{2/3}$$

$$\text{AN : } V = 0,34 \times 67 \times \sqrt{0,005} \times 2^{2/3}$$

$$V = 2,475 \text{ m/s}$$

■ Vérification

Après calculs la vitesse de sortie est de 2,475m/s qui est inférieure aux 3m/s limites. La condition est respectée.

+ Dimensionnement des dalots

Pour cette partie, il est question de dimensionner le OH15. Une évaluation des charges sera réalisée, puis la détermination des sections d'acier sera grâce à CYPE.

Application

Pré dimensionnement

Soit

e_t l'épaisseur du tablier, e_r l'épaisseur du radier et e_p l'épaisseur des pieds droits du dalot.

L'épaisseur du dalot est donné par la formule suivante $e = \max(\frac{l}{32} + 0,125; 0,3\text{m})$ (l représente la plus grande ouverture du dalot en m).

$$\text{Soit } e_p = e_r = e_t = \frac{l}{32} + 0,125 \text{ Alors } e = \frac{2\text{m}}{32} + 0,125\text{m} = 0,1875\text{m} .$$

On optera pour une épaisseur $e = 0,3\text{m}$

Hauteur des pieds droits : 1,5m

Portée de la travée : 2m

Guide roues en Béton Armé : 0,3m×0,3m

1- Evaluation des charges et surcharges sur le dalot

✓ Charges permanentes

■ Charges permanente du tablier G_{tb}

$$G_{tb} = PP_{tb} + P_{remblai} + P_{guides-roues}$$

PP_{tb} étant le poids propre du tablier ; $P_{guides-roues}$ le poids propre des guides-roues et $P_{remblai}$ étant le poids du remblai au-dessus du tablier

$$PP_{tb} = \gamma_b \times e_t \times B$$

$$PP_{tb} = 25 \text{ kN/m}^3 \times 0,3\text{m}$$

$$PP_{tb} = 7,5 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{remblai} = \gamma_{remblai} \times e_{remblai}$$

$$P_{remblai} = 21 \text{ kN/m}^3 \times 0,2 \text{ m}$$

$$P_{remblai} = 4,2 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{guides-roues} = (\gamma_b \times e \times 2 \times h) \times \text{largeur totale} / 2 \times \text{surface d'appui}$$

$$P_{guides-roues} = 25 \text{ kN/m}^3 \times 0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 2 \times 4,3 \text{ m} / 2 \times 0,3 \text{ m} \times 4,3 \text{ m}$$

$$P_{guides-roues} = 7,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Alors } G_{tb} = PP_{tb} + P_{remblai} + P_{guides-roues} = 7,5 \text{ kN/m}^2 + 7,5 \text{ kN/m}^2 + 4,2 \text{ kN/m}^2$$

$$G_{tb} = 19,2 \text{ kN/m}^2$$

- Charges liées à l'action de la terre sur les pénédroits G_{tr}

$$G_{tr} = K_a \gamma h$$

$$G_{tr} = 0,33 \times 21 \text{ kN/m}^3 \times 1,8 \text{ m}$$

$$G_{tr} = 12,48 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Surcharge sur le remblai } q = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$G_q = k_a \times q$$

$$G_q = 10 \text{ kN/m}^2 \times 0,33$$

$$G_q = 3,3 \text{ kN/m}^2$$

- Charges permanentes sur le radier G_{rad}

$$G_{rad} = G_{tb} + PP_{pd} + P_{rad}$$

PP_{pd} étant le poids propre des pieds droits et P_{rad} le poids propre du radier

$$PP_{pd} = 0,3 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 \times 3 \times 1,5 \text{ m} / 6,9 \text{ m}$$

$$PP_{pd} = 4,89 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{rad} = \gamma_{béton} \times e_r$$

$$P_{rad} = 25 \text{ kN/m}^3 \times 0,3 \text{ m}$$

$$P_{rad} = 7,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Alors } G_{rad} = 19,2 \text{ kN/m}^2 + 4,89 \text{ kN/m}^2 + 7,5 \text{ kN/m}^2$$

$$G_{rad} = 31,6 \text{ kN/m}^2$$

- ✓ Evaluation des charges d'exploitation

- Système de charge A

$$A(l) = \gamma_q \times a_2 \times q(l)$$

$$q(l) = \max\{a_1 \times A(l); 4 - 0,02L\}$$

$$A(l) = 2,3 + \frac{360}{l+12}; a_2 = \frac{V_0}{V}$$

Avec

- γ_q Coefficient de pondération à l'ELS est de 1,2 et de 1,61 à L'ELU ;
- a_1 Coefficient de dégression transversal
- a_2 Coefficient calculé
- V Largeur d'une voie en mètres
- $q(l)$ Densité de charge effective en kN/m^2
- l Largeur chargée

Classification de l'ouvrage

Tableau 26 : Classification de l'ouvrage

Classe de pont	Largeur roulable (l_r)
I	$\geq 7m$
II	$5,5m < l_r < 7m$
III	$\leq 5,5m$

La largeur roulable du dalot étant de $\geq 7m$ alors l'ouvrage est de classe I.

Tableau 27 : Valeur de V_0

Classe de pont	Largeur roulable (l_r)	V_0
I	$\geq 7m$	3,5m
II	$5,5m < l_r < 7m$	3m
III	$\leq 5,5m$	2,75m

L'ouvrage étant de classe I alors $V_0=3,5m$

Valeur de a_1

Tableau 28 : Valeur de a_1

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	»	»	»

La valeur de a_1 est donnée par le tableau précédent. L'ouvrage est de première classe avec deux voies chargées cela implique une valeur de 1 pour le coefficient a_1 .

$$A(l) = 2,3 + \frac{360}{l_c + 12} = 2,3 + \frac{360}{9 + 12}$$

$$A(l) = 19,44 \text{ kN/m}^2$$

$$q(l) = \max(a_1 \times A(l); 4 - 0,02 \times L)$$

$$q(l) = \max(1 \times 19,44; 4 - 0,02 \times 9,4)$$

$$q(l) = 19,44 \text{ kN/m}^2$$

Valeur de a_2

$$a_2 = \frac{V_0}{V} \text{ Avec } V=3,5\text{m}$$

$$a_2 = \frac{3,5}{3,5} = 1$$

$$\text{A l'ELS } A(l) = 1,2 \times 1 \times 19,44 \text{ kN/m}^2$$

$$A(l) = 23,23 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{A l'ELU } A(l) = 1,61 \times 1 \times 19,12 \text{ kN/m}^2$$

$$A(l) = 31,29 \text{ kN/m}^2$$

✓ Système de charges B

La charge appliquée au tablier sera la plus grande des trois sous-systèmes.

$$Q = \max(QB_c; QB_t; QB_c \text{ Niger})$$

Le coefficient de majoration dynamique est donné par :

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

✓ Système B_t

Le système B_t est représenté par la figure 12 :

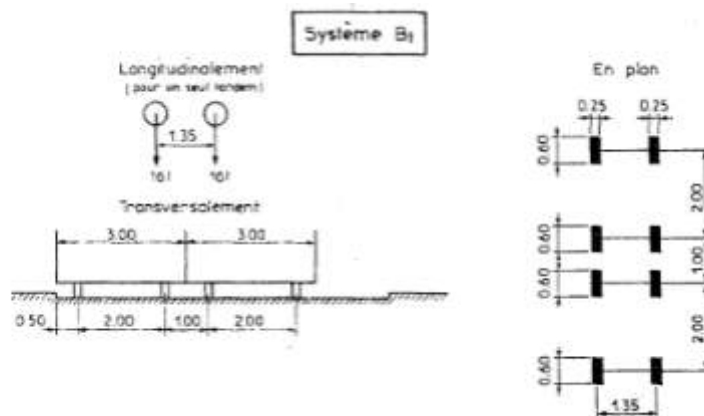


Figure 12 : Convoi système B_t

Les sollicitations sous chargement de ce convoi sont pondérées par un coefficient b_t qui est fonction de la classe du pont. Ce coefficient est donné par le tableau 29 :

Tableau 29 : Coefficient b_t

Classe du pont	Première.	Deuxième.
Coefficient	1,0	0,9

L'ouvrage sur lequel se porte le dimensionnement est de classe I. Alors $b_t=1$

Détermination de la charge totale et de la surface d'encombrement :

-Charge totale

$$P = \sum P_i = P_1 + P_2$$

$$P_1 = 16t + 16t = 32t = P_2$$

$$P = \sum P_i = 32t + 32t$$

$$P = 64t$$

-Surface d'encombrement

$$S = L_x \times L_y$$

Avec L_x la largeur d'influence de l'engin suivant le sens longitudinal et L_y , celle suivant le sens transversal.

$$S = (1,35 + 2 \times \frac{0,25}{2}) \times (2 \times 2 + 1 + 2 \times \frac{0,6}{2})$$

$$S = (1,6 \times 5,6)$$

$$S = 8,96m^2$$

Ainsi, on obtient une charge surfacique P

$$P = \frac{640kN}{8,96m^2}$$

$$P = 71,43 kN/m^2$$

On en déduit alors $S_{Bt} = b_t \times P$

$$S_{Bt} = 1 \times 71,43kN/m^2$$

$$S_{Bt} = 71,43kN/m^2$$

Ensuite, il sera question de déterminer la charge totale sur le tablier ainsi que sur le radier afin de procéder au calcul de δ_{Bt} préalable au calcul de QB_t

- Sur le tablier

La charge totale sur le tablier est donnée par la formule suivante :

$$G = G_{tb} \times L \times l$$

$$G = 19,2kN/m^2 \times 10m \times 4.3m$$

$$G = 825,6kN$$

$$\text{Alors } \delta_{Bt} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 10} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{825,6}{640}}$$

$$\delta_{Bt} = 1,23$$

Enfin

$$A \text{ L'ELS: } QB_t = 1,2 \times 1,23 \times 71,43kN/m^2$$

$$QB_t = 105,43kN/m^2$$

$$A \text{ L'ELU: } QB_t = 1,61 \times 1,23 \times 71,43kN/m^2$$

$$QB_t = 141,45kN/m^2$$

- Sur le radier

La charge totale sur le tablier est donnée par la formule suivante :

$$G = G_{rad} \times L \times l$$

$$G = \frac{31,6kN}{m^2} \times 10 \times 4,3$$

$$G = 1358,8kN$$

$$\text{Alors } \delta_{Bt} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 10} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{1358,8}{640}}$$

$$\delta_{Bt} = 1,2$$

Enfin

$$A \text{ L'ELS: } QB_t = 1,2 \times 1,2 \times 71,43kN/m^2$$

$$QB_t = 102,85kN/m^2$$

$$A \text{ L'ELU: } QB_t = 1,61 \times 1,2 \times 71,43kN/m^2$$

$$QB_t = 138,002kN/m^2$$

✓ Système B_c

Le système B_c est représenté par la figure 13 :

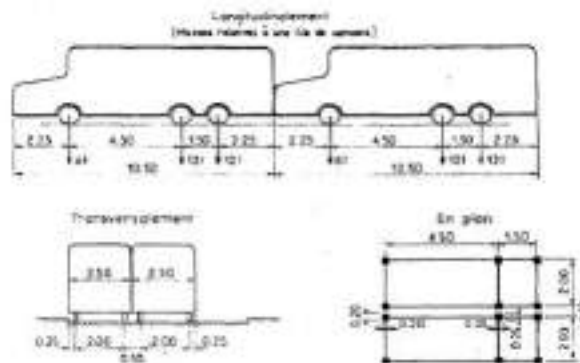


Figure 13 : Convoi système B_c

Pour ce convoi, les sollicitations reçues par le tablier sont pondérées par un coefficient b_c. Celui-ci est défini par un tableau qui donne la relation classe du pont - nombre de voies de circulations considérées. Le tableau 30 donne les valeurs de b_c

Tableau 30 : Coefficient b_c

Nombre de files considérées, ...		1	2	3	4	> 5
Classe du pont .	Première*** . . .	1.20	1.10	0.95	0.8	0.7
	Deuxième	1.00	1.00	—	—	—
	Troisième	1.00	0.8	—	—	—

Après lecture sur le tableau (nombre de files considérées=2 et classe I) il ressort un coefficient de pondération b_c=1,1

Détermination de la charge totale et de la surface d'encombrement :

-Charge totale

$$P = \sum P_i = P_1 + P_2$$

$$P_1 = 12t + 12t = 24t = P_2$$

$$P = \sum P_i = 24t + 24t$$

$$P = 48t$$

-Surface d'encombrement

$$S = L_x \times L_y$$

Avec L_x la largeur d'influence de l'engin suivant le sens longitudinal et L_y, celle suivant le sens transversal.

$$S = (1,5 + 2 \times \frac{0,25}{2}) \times (2 \times 2 + 0,5 + 2 \times \frac{0,25}{2})$$

$$S = (1,75 \times 4,75)$$

$$S = 8,31m^2$$

Ainsi, on obtient une charge surfacique P

$$P = \frac{480kN}{8,31m^2}$$

$$P = 57,76 kN/m^2$$

On en déduit alors $S_{Bc} = b_c \times P$

$$S_{Bt} = 1,1 \times 57,76kN/m^2$$

$$S_{Bt} = 63,53kN/m^2$$

Ensuite, il sera question de déterminer la charge totale sur le tablier ainsi que sur le radier afin de procéder au calcul de δ_{Bt} préalable au calcul de QB_t

- Sur le tablier

La charge totale sur le tablier est donnée par la formule suivante :

$$G = G_{tb} \times L \times l$$

$$G = 19,2kN/m^2 \times 10m \times 4,3m$$

$$G = 825,6kN$$

$$\text{Alors } \delta_{Bc} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 10} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{825,6}{480}}$$

$$\delta_{Bc} = 1,2$$

Enfin

$$\text{A l'ELS: } QB_c = 1,2 \times 1,2 \times 63,53kN/m^2$$

$$QB_c = 91,48kN/m^2$$

$$\text{A l'ELU: } QB_c = 1,61 \times 1,2 \times 63,53kN/m^2$$

$$QB_c = 122,7kN/m^2$$

- Sur le radier

La charge totale sur le tablier est donnée par la formule suivante :

$$G = G_{rad} \times L \times l$$

$$G = 31,6kN/m^2 \times 10m \times 4,3m$$

$$G = 1358,8kN$$

$$\text{Alors } \delta_{Bc} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 10} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{1358,8}{480}}$$

$$\delta_{Bc} = 1,18$$

Enfin

$$\text{A l'ELS: } QB_c = 1,2 \times 1,18 \times 63,53 \text{ kN/m}^2$$

$$QB_c = 89,95 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{A l'ELU: } QB_c = 1,61 \times 1,18 \times 63,53 \text{ kN/m}^2$$

$$QB_c = 120,69 \text{ kN/m}^2$$

✓ Système B_c Niger

Le système B_c Niger est représenté par la figure 14 :

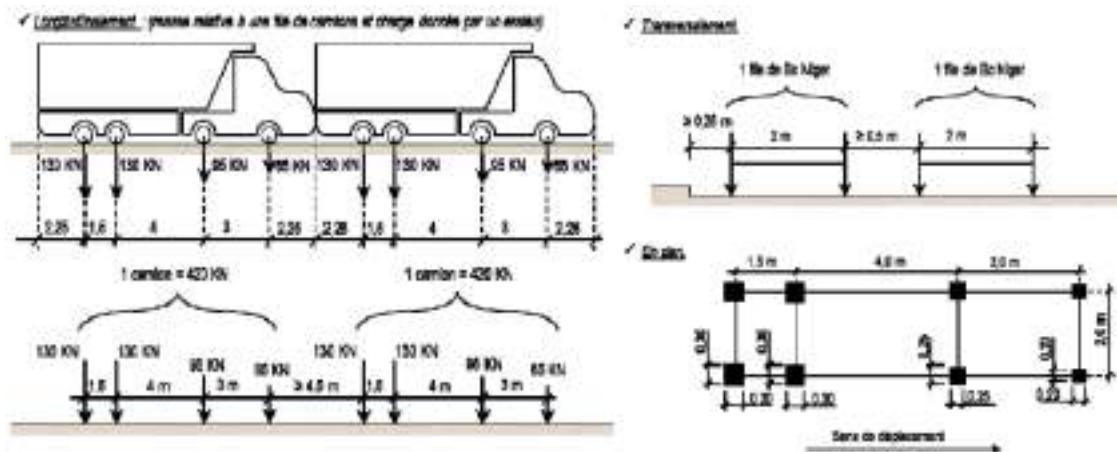


Figure 14 : Convoi système B_cNiger

Détermination de la charge totale et de la surface d'encombrement :

-Charge totale

$$P = \sum P_i = P_1 + P_2$$

$$P_1 = 13t + 13t = 26t = P_2$$

$$P = \sum P_i = 26t + 26t$$

$$P = 52t$$

-Surface d'encombrement

$$S = L_x \times L_y$$

Avec L_x la largeur d'influence de l'engin suivant le sens longitudinal et L_y , celle suivant le sens transversal.

$$S = (1,5 + 2 \times \frac{0,3}{2}) \times (2 \times 2 + 0,5 + 2 \times \frac{0,3}{2})$$

$$S = (1,8 \times 4,8)$$

$$S = 8,64m^2$$

Ainsi, on obtient une charge surfacique P

$$P = \frac{520kN}{8,64m^2}$$

$$P = 60,18 kN/m^2$$

On en déduit alors $S_{Bc} = b_c \times P$

$$S_{Bc} = 1,1 \times 60,18kN/m^2$$

$$S_{BcN} = 66,2kN/m^2$$

Ensuite, il sera question de déterminer la charge totale sur le tablier ainsi que sur le radier afin de procéder au calcul de δ_{Bt} préalable au calcul de QB_t

- Sur le tablier

La charge totale sur le tablier est donnée par la formule suivante :

$$G = G_{tb} \times L \times l$$

$$G = 19,2kN/m^2 \times 10m \times 4,3m$$

$$G = 825,6kN$$

$$\text{Alors } \delta_{BcNiger} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 10} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{825,6}{520}}$$

$$\delta_{BcNiger} = 1,21$$

Enfin

$$\text{A l'ELS: } QB_{cNiger} = 1,2 \times 1,21 \times 66,2kN/m^2$$

$$QB_{cNiger} = 96,12kN/m^2$$

$$\text{A l'ELU: } QB_{cNiger} = 1,61 \times 1,21 \times 66,2kN/m^2$$

$$QB_{cNiger} = 128,96kN/m^2$$

- Sur le radier

La charge totale sur le tablier est donnée par la formule suivante :

$$G = G_{rad} \times L \times l$$

$$G = 31,6kN/m^2 \times 10m \times 4,3m$$

$$G = 1358,8kN$$

$$\text{Alors } \delta_{BcNiger} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 10} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{1358,8}{520}}$$

$$\delta_{BcNiger} = 1,18$$

Enfin

$$\text{A l'ELS: } QB_{cNiger} = 1,2 \times 1,18 \times 66,2 \text{ kN/m}^2$$

$$QB_{cNiger} = 93,73 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{A l'ELU: } QB_{cNiger} = 1,61 \times 1,18 \times 66,2 \text{ kN/m}^2$$

$$QB_{cNiger} = 125,76 \text{ kN/m}^2$$

✓ Système de charge Mc80

Le système Mc80 est représenté par la figure 15 :

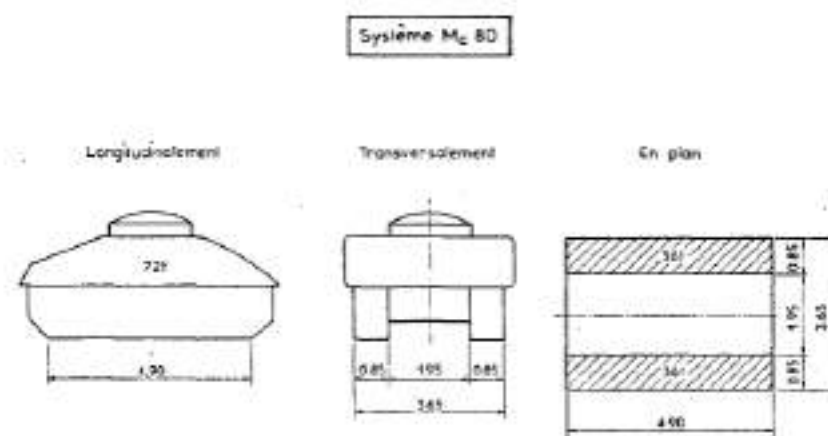


Figure 15 : Convoi système Mc80

Détermination de la charge totale et de la surface d'encombrement :

-Charge totale

$$P = \sum P_i = 72 \text{ t}$$

$$P = 72 \text{ t}$$

-Surface d'encombrement

$$S = L_x \times L_y$$

Avec L_x la largeur d'influence de l'engin suivant le sens longitudinal et L_y , celle suivant le sens transversal.

$$S = 4,9 \times (1,95 + 0,85)$$

$$S = 13,72 \text{ m}^2$$

Ainsi, on obtient une charge surfacique P

$$P = \frac{720kN}{13,72m^2}$$

$$P = 52,47kN/m^2$$

Ensuite, il sera question de déterminer la charge totale sur le tablier ainsi que sur le radier afin de procéder au calcul de $\delta_{Mc_{80}}$ préalable au calcul de QMc_{80}

- Sur le tablier

La charge totale sur le tablier est donnée par la formule suivante :

$$G = G_{tb} \times L \times l$$

$$G = 19,2kN/m^2 \times 10m \times 4,3m$$

$$G = 825,6kN$$

$$\text{Alors } \delta_{Mc_{80}} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 10} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{825,6}{720}}$$

$$\delta_{Mc_{80}} = 1,23$$

Enfin

$$\text{A l'ELS: } QMc_{80} = 1,2 \times 1,23 \times 52,47kN/m^2$$

$$QMc_{80} = 77,44 kN/m^2$$

$$\text{A l'ELU: } QMc_{80} = 1,61 \times 1,23 \times 52,47kN/m^2$$

$$QMc_{80} = 105,97 kN/m^2$$

- Sur le radier

La charge totale sur le tablier est donnée par la formule suivante :

$$G = G_{rad} \times L \times l$$

$$G = 31,6kN/m^2 \times 10m \times 4,3m$$

$$G = 1358,8kN$$

$$\text{Alors } \delta_{Mc_{80}} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 10} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{1358,8}{720}}$$

$$\delta_{Mc_{80}} = 1,2$$

Enfin

$$\text{A l'ELS: } QMc_{80} = 1,2 \times 1,2 \times 52,47kN/m^2$$

$$QMc_{80} = 75,55kN/m^2$$

$$\text{A l'ELU: } QMc_{80} = 1,61 \times 1,2 \times 52,47kN/m^2$$

$$QMc_{80} = 101,37kN/m^2$$

✓ Système de charge Mc 120

Le système de charge Mc 120 est représenté par la figure 16 :

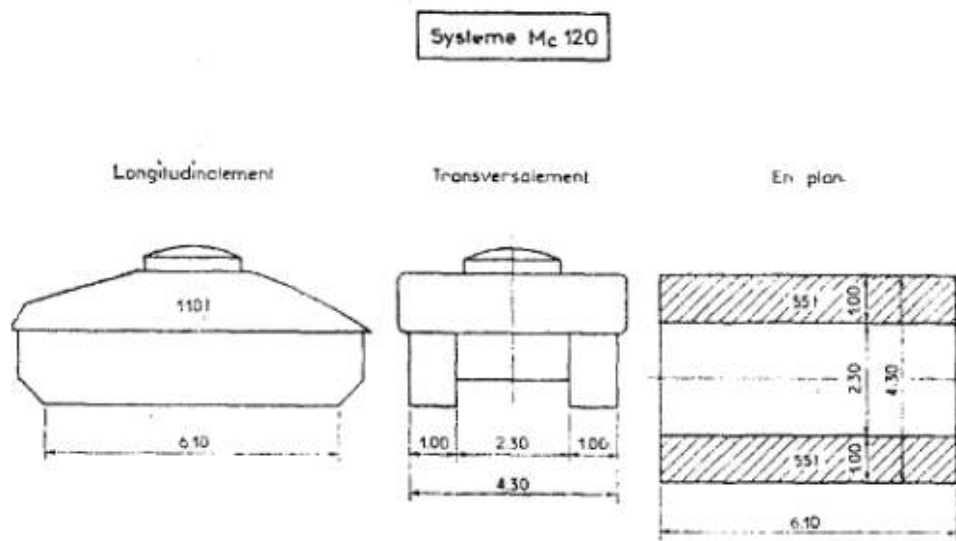


Figure 16 : Convoi système Mc120

Détermination de la charge totale et de la surface d'encombrement :

-Charge totale

$$P = \sum P_i = 110t$$

$$P = 110t$$

-Surface d'encombrement

$$S = L_x \times L_y$$

Avec L_x la largeur d'influence de l'engin suivant le sens longitudinal et L_y , celle suivant le sens transversal.

$$S = 6,1 \times (2,3 + 1)$$

$$S = 20,13m^2$$

Ainsi, on obtient une charge surfacique P

$$P = \frac{1100kN}{20,13m^2}$$

$$P = 54,64kN/m^2$$

Ensuite, il sera question de déterminer la charge totale sur le tablier ainsi que sur le radier afin de procéder au calcul de δ_{MC120} préalable au calcul de Q_{MC120}

▪ Sur le tablier

La charge totale sur le tablier est donnée par la formule suivante :

$$G = G_{tb} \times L \times l$$

$$G = 19,2kN/m^2 \times 10m \times 4,3m$$

$$G = 825,6 kN$$

$$\text{Alors } \delta_{Mc_{120}} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 10} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{825,6}{1100}}$$

$$\delta_{Mc_{120}} = 1,28$$

Enfin

$$A L'ELS: QMc_{120} = 1,2 \times 1,28 \times 54,64 kN/m^2$$

$$QMc_{120} = 83,92 kN/m^2$$

$$A L'ELU: QMc_{120} = 1,61 \times 1,28 \times 54,64 kN/m^2$$

$$QMc_{120} = 112,6kN/m^2$$

- Sur le radier

La charge totale sur le tablier est donnée par la formule suivante :

$$G = G_{rad} \times L \times l$$

$$G = 31,6kN/m^2 \times 10m \times 4,3m$$

$$G = 1358,8kN$$

$$\text{Alors } \delta_{Mc_{120}} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 10} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{1358,8}{1100}}$$

$$\delta_{Mc_{120}} = 1,23$$

Enfin

$$A L'ELS: QMc_{120} = 1,2 \times 1,23 \times 54,64 kN/m^2$$

$$QMc_{120} = 80,64 kN/m^2$$

$$A L'ELU: QMc_{120} = 1,61 \times 1,23 \times 54,64 kN/m^2$$

$$QMc_{120} = 108,2kN/m^2$$

Résultats

Tableau 31 : Récapitulatif et choix des surcharges retenues

Système de surcharge	Tablier		Radier	
	ELS (kN/m ²)	ELU (kN/m ²)	ELS (kN/m ²)	ELU (kN/m ²)
Système A(L)	23,28	31,29	23,28	31,29
Système B _C	91,48	122,7	89,95	120,69
Système B _C Niger	96,12	128,96	93,73	125,76
Système B _t	105,43	141,45	102,85	138,002
Système M _C 80	77,44	105,97	75,55	101,37
Système M _C 120	83,92	112,6	80,64	108,2
Surcharge retenue	105,43	141,45	102,85	138,002

Le système de charges le plus contraignant est le système de charges B_t.

Combinaisons de charges : le dimensionnement se fera à l'ELS.

$$P = G + Q$$

- Tablier

$$P = 19,2kN/m^2 + 105,43kN/m^2$$

$$P = 124,63kN/m^2$$

- Radier

$$P = 31,6kN/m^2 + 102,85kN/m^2$$

$$P = 134,45kN/m^2$$

- Pied-droit

$$P = 12,48kN/m^2 + 3,3kN/m^2$$

$$P = 15,78kN/m^2$$

- Vérification

On a une contrainte admissible de $170KPa > 134,45KPa$ du radier alors la contrainte est vérifiée.

2- Calcul des sollicitations et des sections d'acier

Le dimensionnement structurel et la proposition des plans de ferrailage a été réalisée grâce au logiciel CYPE.

1.- NORME ET MATERIAUX

Norme : BAEL-91 (R-99) (France)

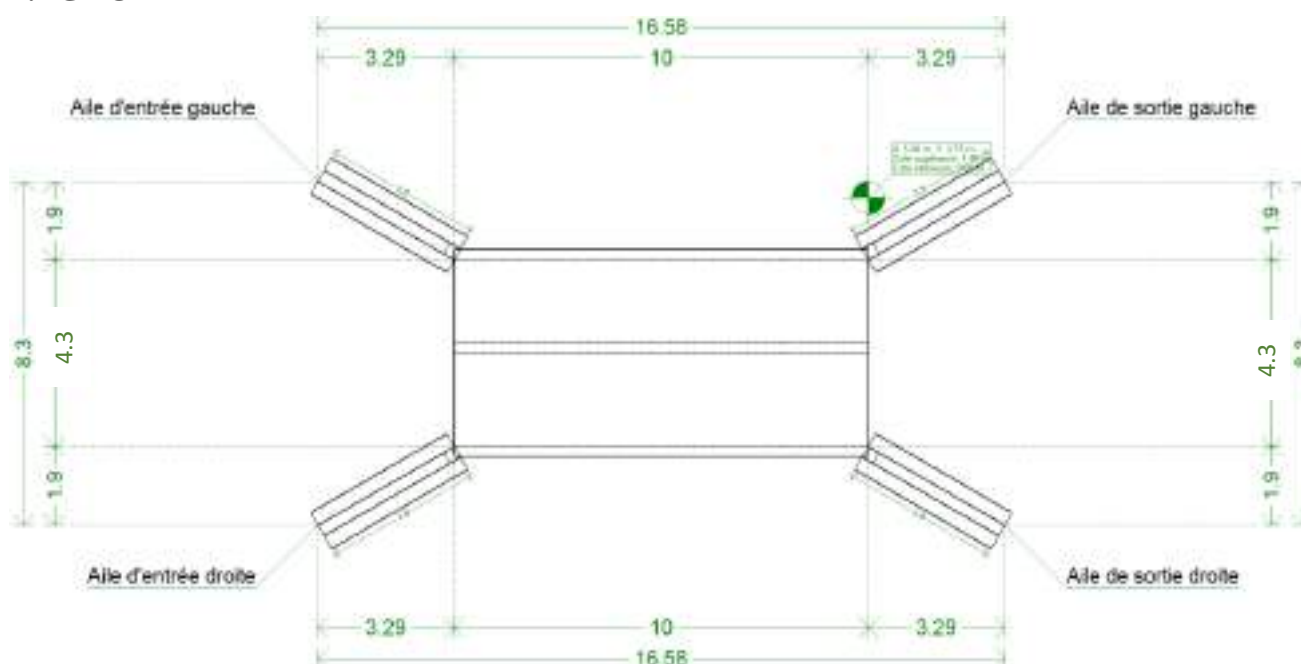
Béton : B25

Acier des barres : Fe E400

Enrobage extérieur des armatures : 3.0 cm

Enrobage intérieur des armatures : 3.0 cm

2.- GEOMETRIE



Plan supérieur module : Par gabarit (1.50 m)

MODULE

Épaisseurs	Piédroits : 30 cm Tablier/radier : 30 cm
Cellule 1	Mesure de la portée : Perpendiculairement à la paroi gauche Portée à l'entrée : 200 cm Portée en sortie : 200 cm
Mur intermédiaire	Épaisseur : 30 cm

MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE

Longueur totale : 3.80 m
Longueur supérieure : 0.30 m
Épaisseur en extrémité : 0.20 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 10.00 kN/m²
Épaisseur du mur : 0.30 m
Épaisseur de la semelle : 0.50 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.35 m
- Avant : 0.35 m

MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE

Longueur totale : 3.80 m
Longueur supérieure : 0.30 m
Épaisseur en extrémité : 0.20 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 10.00 kN/m²
Épaisseur du mur : 0.30 m
Épaisseur de la semelle : 0.50 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.35 m
- Avant: 0.35 m

MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE

Longueur totale : 3.80 m
Longueur supérieure : 0.30 m
Épaisseur en extrémité : 0.20 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 10.00 kN/m²
Épaisseur du mur : 0.30 m
Épaisseur de la semelle : 0.50 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.35 m
- Avant : 0.35 m

MUR EN AILE DE SORTIE DROITE

Longueur totale : 3.80 m
Longueur supérieure : 0.30 m
Épaisseur en extrémité : 0.20 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 10.00 kN/m ²
Épaisseur du mur : 0.30 m
Épaisseur de la semelle : 0.50 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.35 m
- Avant: 0.35 m

3.- TERRAINS

Module de réaction : 90000.0 kN/m³

Contrainte admissible sol d'assise : 170.00 kN/m²

Poids volumique : 21.0 kN/m³

Angle de frottement interne : 37 degrés

Cohésion : 0.00 kN/m²

Pourcentage de frottement terrain-mur : 0 %

Angle de transmission des charges : 45 degrés

4.- MÉTHODE DE CALCUL

La méthode de calcul employé repose sur des éléments finis triangulaires du type lamelle épaisse tridimensionnelle, prenant en compte la déformation due à l'effort tranchant. Chaque élément est composé de six nœuds, situés aux sommets et aux milieux des côtés, avec six degrés de liberté chacun. Le maillage du pont-cadre est adapté à ses dimensions notamment l'épaisseur et la portée. A chaque nœud, une analyse élastique et linéaire permet retenir huit efforts, utilisés pour vérifier et dimensionner la section de béton et de l'armature. Les déplacements sont ensuite analysé pour vérifier la flèche, les pressions sur le terrain, le soulèvement du radier, etc.

5.- DESCRIPTION DE L'ARMATURE

MODULE

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
Tablier	Supérieur	Longitudinal	HA10 st=20, Lg crosse=35cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA10 st=20, Lg crosse=18cm	Renforts 1 : HA10 - Murs 1 à 1 - Longueur ini. = 0.96m - Longueur fin.= 0.95m
	Inférieur	Longitudinal	HA10 st=20, Lg crosse=35cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA10 st =15, Lg crosse=11cm	Renforts 1 : HA10 - Cellules 1 à 1 - Longueur ini. = 0.55m - Longueur fin = 0.79m Renforts 2 : HA10 - Cellules 2 à 2 - Longueur ini = 0.77m - Longueur fin.= 0.55m
Radier	Inférieur	Longitudinal	HA12 st =20, Lg crosse=42cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA12 st =20, Lg crosse=25cm	Renforts 1 : HA12 - Murs 1 à 1 - Longueur ini. = 1.04m - Longueur fin.= 1.02m
	Supérieur	Longitudinal	HA12 st =20, Lg crosse=42cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA12 st=20, Lg crosse=13cm	
Piédroit gauche	Arrière	Vertical	HA10 st =20, Lg crosse=18cm - Longueur crosse en pied=18cm	Renfort inférieur : HA10 - Longueur crosse en pied=18cm
		Horizontal	HA10 st =20, Lg crosse=35cm	
	Avant	Vertical	HA10 st =20, Lg crosse=11cm - Longueur crosse en pied=11cm	
		Horizontal	HA10 st =20, Lg crosse=35cm	
Piédroit droit	Arrière	Vertical	HA10 st =20, Lg crosse=18cm - Longueur crosse en pied=18cm	
		Horizontal	HA10 st =20, Lg crosse=35cm	

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
Mur intermédiaire	Avant	Vertical	HA10 st =20, Lg crosse=11cm - Longueur crosse en pied=11cm	
		Horizontal	HA10 st =20, Lg crosse=35cm	
	Gauche	Vertical	HA10 st =20, Lg crosse=11cm - Longueur crosse en pied=11cm	
		Horizontal	HA10 st =20, Lg crosse=35cm	
	Droite	Vertical	HA10 st =20, Lg crosse=11cm - Longueur crosse en pied=11cm	
		Horizontal	HA10 st =20, Lg crosse=35cm	

MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE

Armature horizontale : HA10 st =15 Armature longitudinale inférieure : HA10 st =15, Lg crosse=11cm Armature longitudinale supérieure: HA10 st =20, Lg crosse=11cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière : HA10 st =20 - Recouvrement =40cm - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =19cm Armature verticale avant : HA10 st =15 - Recouvrement =25cm - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =19cm	Transversal inférieur : HA10 st =15 -Longueur crosse arrière=11cm -Longueur crosse avant=11cm Transversal supérieur : HA10 st =15 -Longueur de la crosse arrière=11cm -Longueur de la crosse avant=11cm

MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE

Armature horizontale : HA10 st =15 Armature longitudinale inférieure : HA10 st =15, Lg crosse=11cm Armature longitudinale supérieure: HA10 st =20, Lg crosse=11cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière : HA10 st =20 - Recouvrement =40cm - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =19cm Armature verticale avant : HA10 st =15 - Recouvrement =25cm - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =19cm	Transversal inférieur : HA10 st =15 -Longueur de la crosse arrière=11cm -Longueur de la crosse avant=11cm Transversal supérieur : HA10 st =15 -Longueur de la crosse arrière=11cm -Longueur de la crosse avant=11cm

MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE

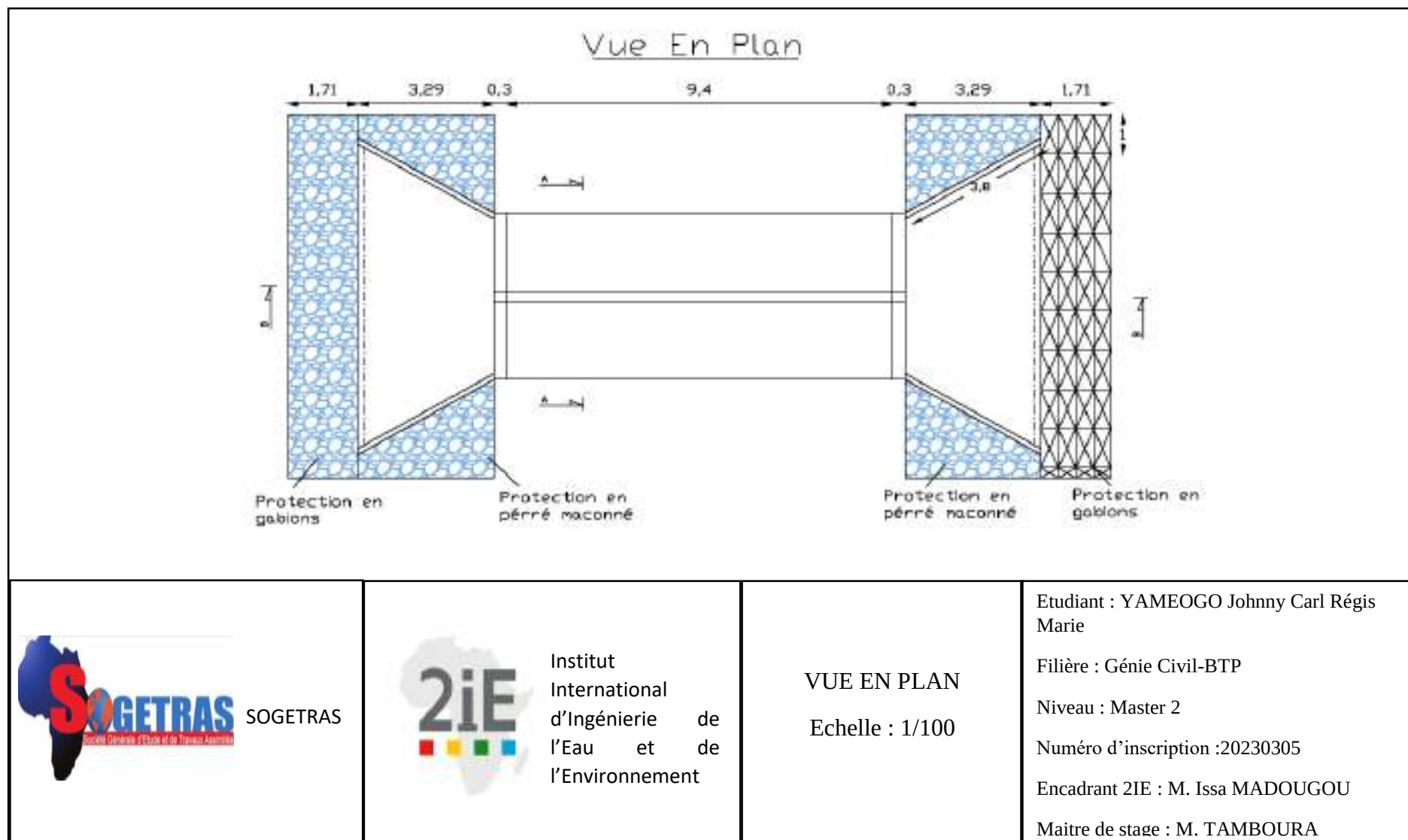
Armature horizontale : HA10 st =15 Armature longitudinale inférieure : HA10e=15, crosse=11cm Armature longitudinale supérieure : HA10 st =20, crosse=11cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière : HA10 st =20 - Recouvrement =40cm - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =19cm Armature verticale avant : HA10 st =15 - Recouvrement =25cm - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =19cm	Transversal inférieur : HA10 st =15 -Longueur de la crosse arrière=11cm -Longueur de la crosse avant=11cm Transversal supérieur : HA10 st =15 -Longueur de la crosse arrière=11cm -Longueur de la crosse avant=11cm

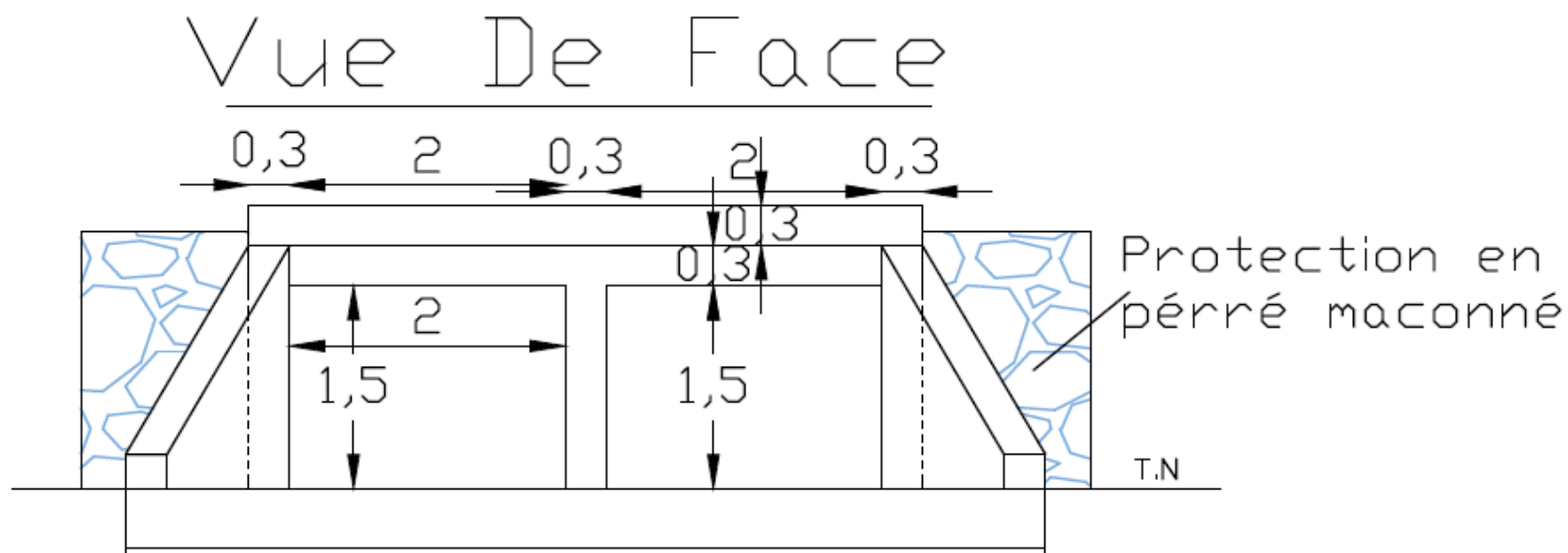
MUR EN AILE DE SORTIE DROITE

Armature horizontale : HA10 st =15	
Armature longitudinale inférieure : HA10 st =15, Lg crosse=11cm	
Armature longitudinale supérieure : HA10 st =20, Lg crosse=11cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière : HA10 st =20	Transversal inférieur : HA10 st =15
- Recouvrement =40cm	-Longueur de la crosse arrière=11cm
- Crosse =20cm	-Longueur de la crosse avant=11cm
- Ancrage face supérieure =0.19m	Transversal supérieur : HA10 st =15
Armature verticale avant : HA10 st =15	-Longueur de la crosse arrière=11cm
- Recouvrement =25cm	-Longueur de la crosse avant=11cm
- Crosse =20cm	
- Ancrage face supérieure =19cm	

6 - Vérifications

Toutes les conditions sont vérifiées.





SOGETRAS



Institut
International
d'Ingénierie de
l'Eau et de
l'Environnement

VUE DE FACE

Echelle : 1/100

Etudiant : YAMEOGO Johnny Carl Régis Marie

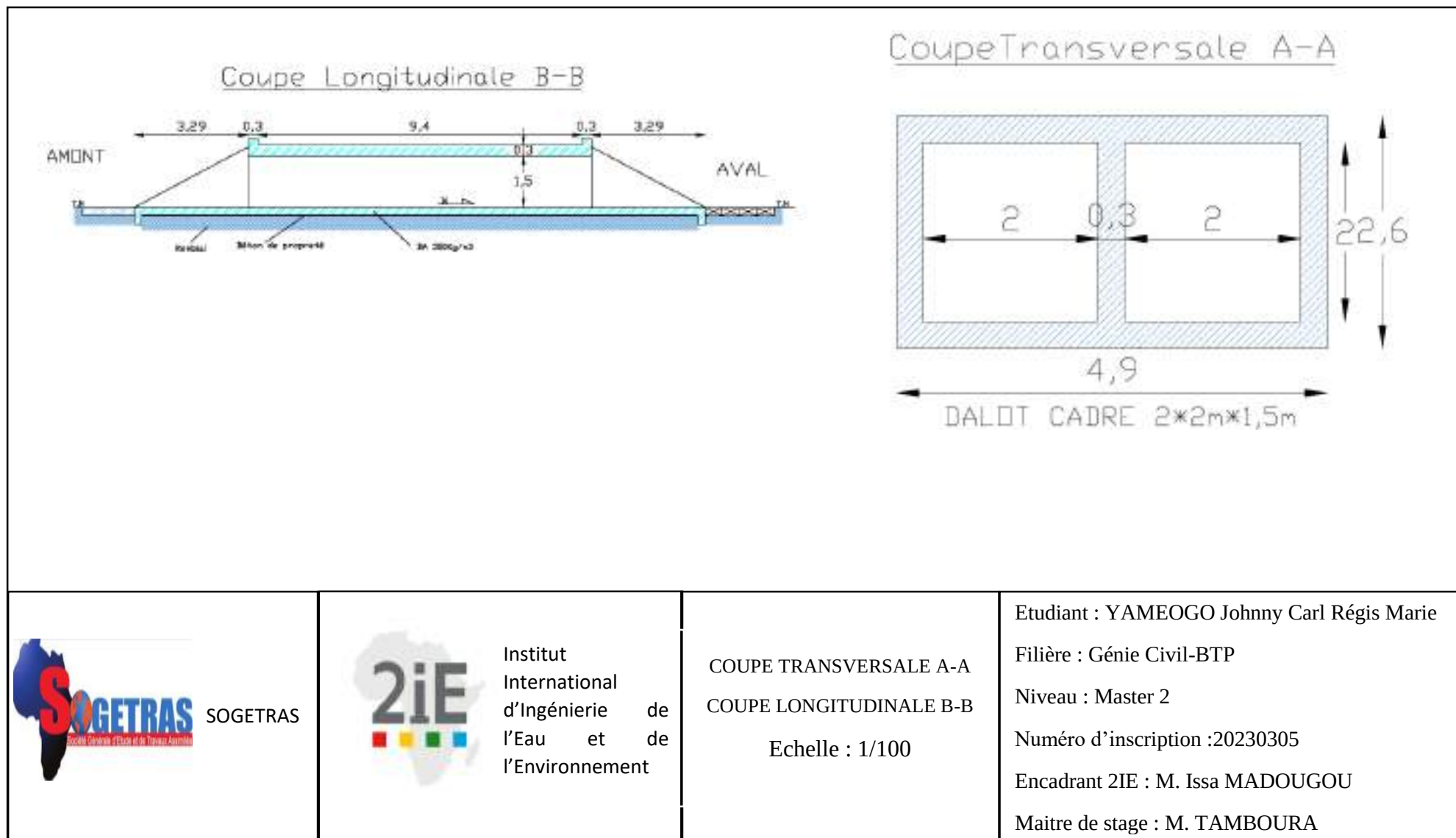
Filière : Génie Civil-BTP

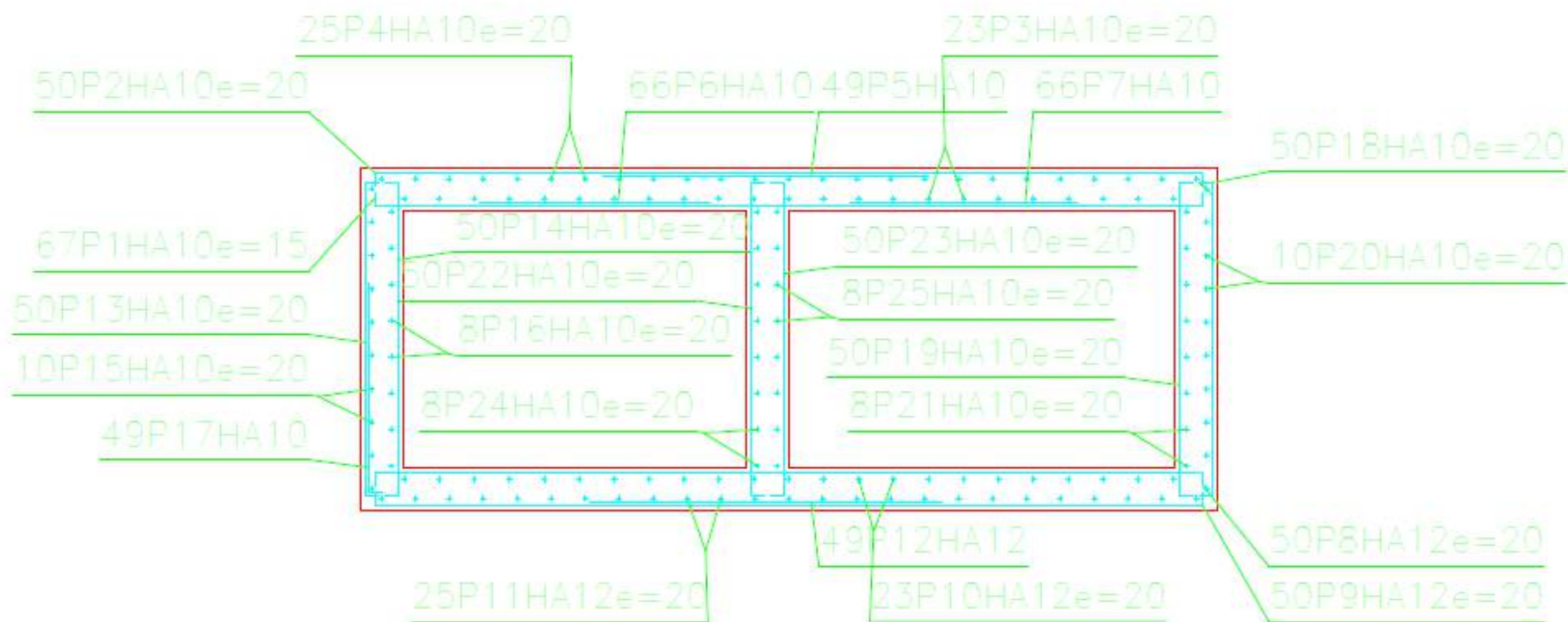
Niveau : Master 2

Numéro d'inscription : 20230305

Encadrant 2iE : M. Issa MADOUYOU

Maitre de stage : M. TAMBOURA

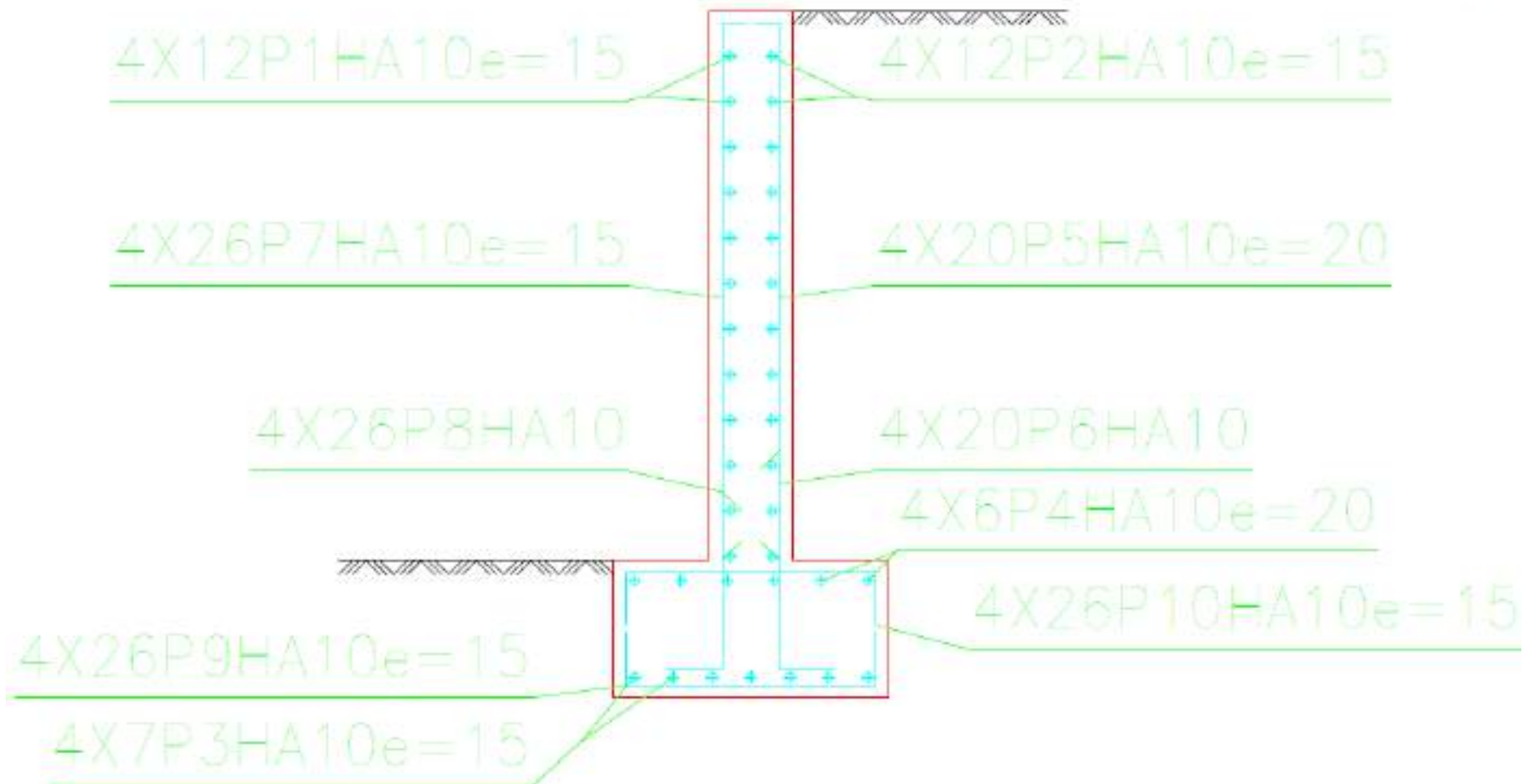


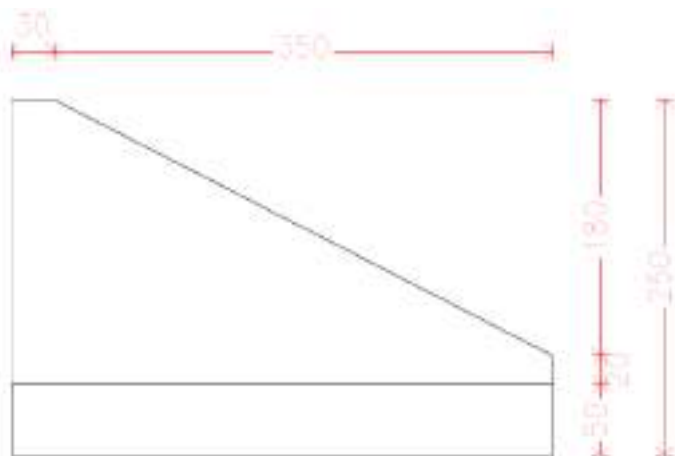


Module									
POSITION	# mm	NBRE PIÈCES	LONGUEUR m	FAÇONNAGE L=cm		LONGUEUR TOTAL m	POIDS kg/m	POIDS kg	
1	10	57	5.11	11	489	11	342.37	0.62	211.08
2	10	50	5.25	18	489	18	262.76	0.62	162.00
3	10	23	10.64	14	21 993	14	244.62	0.62	150.82
4	10	25	10.64	15	20 993	15	265.89	0.62	163.93
5	10	49	1.91		191		93.65	0.62	57.74
6	10	66	1.34		134		88.65	0.62	54.66
7	10	66	1.32		132		87.09	0.62	53.69
8	12	50	5.15	13	489	13	257.60	0.89	228.71
9	12	50	5.39	20	489	20	269.72	0.89	239.46
10	12	23	10.77	13	29 993	13	247.81	0.89	220.02
11	12	25	10.77	14	28 993	14	269.36	0.89	239.15
12	12	49	2.05		205		100.56	0.89	89.28
13	10	50	2.25	18	189	18	112.56	0.62	69.40
14	10	50	2.11	11	20 189	11	105.30	0.62	64.92
15	10	10	10.64	15	21 993	15	106.35	0.62	65.57
16	10	8	10.64	14	21 993	14	85.08	0.62	52.46
17	10	49	1.45	18	127		71.10	0.62	43.84
18	10	50	2.25	18	189	18	112.56	0.62	69.40
19	10	50	2.11	11	20 189	11	105.30	0.62	64.92
20	10	10	10.64	15	21 993	15	106.35	0.62	65.57
21	10	8	10.64	14	21 993	14	85.08	0.62	52.46
22	10	50	2.11	11	20 189	11	105.30	0.62	64.92
23	10	50	2.11	11	20 189	11	105.30	0.62	64.92
24	10	8	10.64	15	20 993	15	85.08	0.62	52.46
25	10	8	10.64	15	20 993	15	85.08	0.62	52.46
HA10						2655.47	0.62	1637.22	
HA12						1145.05	0.89	1016.62	
Fw E400						Poids total		2653.84	
						Poids total avec chutes (10.00%)		2919.22	

AVANT

ARRIÈRE





Mur en aile d'entrée gauche, Mur en aile d'entrée droite, Mur en aile de sortie gauche et Mur en aile de sortie droite									
POSITION	Ø mm	NBRE, PIÈCES	LONGUEUR m	FAÇONNAGE L=cm		LONGUEUR TOTAL m	POIDS kg/m	POIDS kgf	
1	10	48 (4x12)	0.84 - 4.16	22	41 - 373	22	122.94	0.62	75.80
2	10	48 (4x12)	0.87 - 4.16	22	44 - 373	22	123.94	0.62	76.41
3	10	28 (4x7)	3.95	11	373	11	110.60	0.62	68.19
4	10	24 (4x6)	3.95	11	373	11	94.80	0.62	58.45
5	10	80 (4x20)	0.37 - 1.91	19	19 - 172		95.06	0.62	58.61
6	10	80 (4x20)	0.83 - 1.05	20	63 - 85		82.03	0.62	50.57
7	10	104 (4x26)	0.37 - 1.91	19	19 - 172		123.67	0.62	76.25
8	10	104 (4x26)	0.83 - 0.90	20	63 - 70		92.80	0.62	57.22
9	10	104 (4x26)	1.15	11	93	11	119.60	0.62	73.74
10	10	104 (4x26)	1.15	11	93	11	119.60	0.62	73.74
HA10						1085.04	0.62	668.98	
Fe E400						Poids total		668.98	
						Poids total avec chutes (10.00%)		735.88	

 SOGETRAS	 Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement	Plan de ferrailage du dalot et du mur en aile Echelle : 1/50	Etudiant : YAMEOGO Johnny Carl Régis Marie Filière : Génie Civil-BTP Niveau : Master 2 Numéro d'inscription :20230305 Encadrant 2IE : M. Issa MADOUGOU Maitre de stage : M. TAMBOURA
--	---	--	--

Annexe II : Signalisation routière

Tableau 32 : Récapitulatif des panneaux utilisés

Panneau	Signification
	Annonce de virage à droite
	Annonce de virage à gauche
	Limitation de vitesse a 60km/h
	Limitation de vitesse a 50km/h
	Limitation de vitesse a 30km/h

Annexe III : Etude d'impact environnementale et sociale

Tableau 33 : Identification des impacts

Phases	Désignation	Milieu biophysique			Milieu socio-économique		
	Récepteur d'impact	Faune	Ambiance sonore	Qualité de l'air	Emploi	Conflit	Santé publique et sécurité
	Source d'impact						
Travaux de construction	Acquisition foncière	O	O	O	N	N	O
	Recrutement et présence de main d'œuvre	N	O	O	P	N	O
	Installation chantier	N	N	O	P	N	N
	Transport et circulation de la main d'œuvre, machinerie et matériaux	N	N	N	O	O	N
	Nettoyage de l'emprise du projet et des emprunts	N	N	N	P	N	N
	Terrassement	O	N	N	P	O	N
	Exploitation des emprunts	N	N	N	P	N	N
	Réalisation d'ouvrages hydrauliques	N	N	N	P	N	N
	Pose d'équipement de sécurité(signalisation)	O	N	O	P	O	N
Exploitation	Exploitation du tronçon	N	N	N	P	N	N
	Entretien courant et périodique	O	N	N	P	O	N

Tableau 34 : Evaluation des impacts sous forme de matrice synthétique

Phase du projet	Impact	Nature	Intensité	Etendue	Durée	Importance absolue	Valeur de la composante touchée	Importance relative ou gravité de l'impact
Construction	Création d'emploi	Positif	Moyenne	Régionale	Moyenne	Moyenne	Forte	Moyenne
	Emission de poussières et de gaz d'échappement	Négatif	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne	Forte	Forte
	Perturbation des habitats fauniques	Négatif	Faible	Locale	Longue	Moyenne	Faible	Mineure
	Fragilisation de la cohésion sociale	Négatif	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne	Forte	Forte
	Nuisances sonores	Négatif	Moyenne	Régionale	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
	Maladies respiratoires et professionnelles	Négatif	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Exploitation	Création d'emplois	Positif	Faible	Régionale	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
	Emission de poussières et de gaz d'échappement	Négatif	Forte	Locale	Longue	Majeure	Forte	Forte
	Nuisances sonores	Négatif	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne

Annexe IV : Etude géométrique

Tableau 35 : Récapitulatif des résultats du tracé en plan

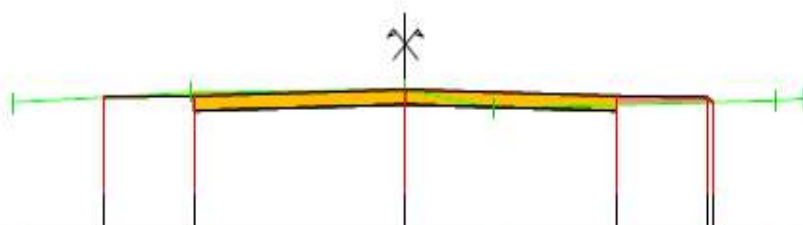
Eléments caractéristiques			
Nom	Paramètres		Longueur
Droite 1	Gisement	198,8145	145,462
Arc 1	Rayon	-600,0000	297,307
	Centre X	649328,282	
	Centre Y	1435471,637	
Droite 2	Gisement	230,3598	2015,203
Arc 2	Rayon	-600,0000	492,700
	Centre X	648293,101	
	Centre Y	1433468,055	
Droite 3	Gisement	282,6369	490,311
Arc 3	Rayon	600,0000	162,469
	Centre X	648144,157	
	Centre Y	1432180,336	
Droite 4	Gisement	265,3984	832,458
Arc 4	Rayon	-600,0000	139,846
	Centre X	646811,079	
	Centre Y	1432776,901	
Droite 5	Gisement	280,2365	1718,781
Arc 5	Rayon	600,0000	129,452
	Centre X	645541,037	
	Centre Y	1431109,207	
Droite 6	Gisement	266,5012	209,529
Clothoïde 1	Paramètre	69,9041	40,721
Arc 6	Rayon	120,0000	139,703
	Centre X	645101,473	
	Centre Y	1431408,325	
Clothoïde 2	Paramètre	-69,9041	40,721
Droite 7	Gisement	170,7833	809,096
Clothoïde 3	Paramètre	-69,9041	40,721
Arc 7	Rayon	-120,0000	117,455
	Centre X	645261,723	
	Centre Y	1430539,650	
Clothoïde 4	Paramètre	69,9041	40,721
Droite 8	Gisement	254,6983	368,270
Clothoïde 5	Paramètre	-69,9041	40,721
Arc 8	Rayon	-120,0000	90,497
	Centre X	644952,015	
	Centre Y	1430272,586	
Clothoïde 6	Paramètre	69,9041	40,721
Droite 9	Gisement	324,3118	663,988
Clothoïde 7	Paramètre	69,9041	40,721
Arc 9	Rayon	120,0000	65,036
	Centre X	644208,237	
	Centre Y	1430311,420	
Clothoïde 8	Paramètre	-69,9041	40,721
Droite 10	Gisement	268,2055	587,431
Longueur totale de l'axe 10040.765 mètres			

Profil en travers type

Axe : Axe01
Profil n°: P01
Profil dessiné par YAMEOGO Johnny Carl Régis Marie
Abscisse : 0.00 m
Echelle des longueurs : 1/100
Echelle des altitudes : 1/100

Remblai
Déblai
GRAVELEUX LATÉRIQUE NATUREL

X= 649925.47
Y= 1435628.25
Gisement : 298.81 gr
PC : 293.00 m



Altitudes TN	294.72	294.88	294.90	294.88	294.75
Distances à l'axe TN	-6.50	-3.50	0.00	3.50	6.50
Altitudes Projet	294.88	294.81	294.90	294.81	294.88
Distances à l'axe Projet	-5.00	-3.50	0.00	3.50	5.00
Distances partielles Projet	1.50	3.50	3.50	1.50	
Distances à l'axe Arase	-5.00	-3.50	0.00	3.50	5.00
Altitude Arase	294.88	294.81	294.90	294.81	294.88

Axe : Axe01
Profil n°: P174

Profil dessiné par YAMEOGO Johnny Carl Régis Marie

Abscisse : 4250.00 m

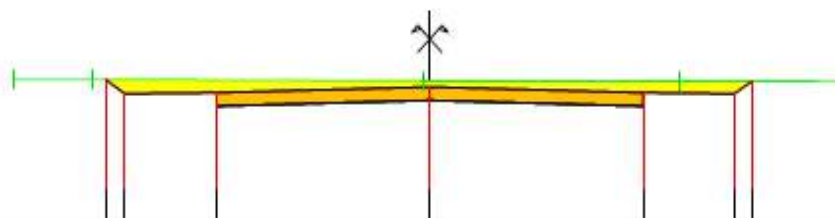
Echelle des longueurs : 1/100

Echelle des altitudes : 1/100

 Déblai
 GRAVELEUX LATÉRIQUE NATUREL

X= 647485.90
 Y= 1432483.62
 Gisement : 365.40 gr

PC : 317.00 m



Altitudes TN	319.15	319.15	319.12	319.12	319.11
Distances à l'axe TN	-6.82	-5.55	-0.11	4.11	6.78
Altitudes Projet	319.14	318.93	318.95	318.95	318.93
Distances à l'axe Projet	-5.32	-5.00	-3.50	0.00	5.00
Distances partielles Projet	0.32	1.50	3.50	3.50	1.50
Distances à l'axe Arase	-5.32	-5.00	-3.50	0.00	5.00
Altitude Arase	318.93	318.95	318.84	318.95	318.93

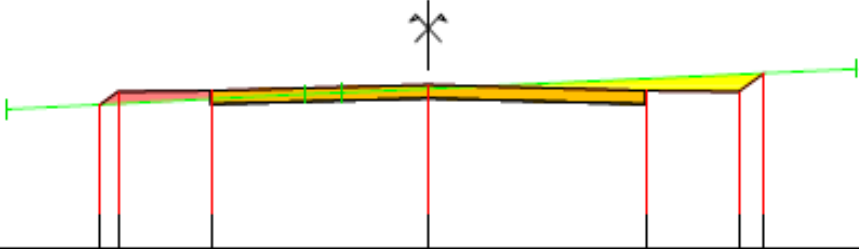
Axe : Axe01
Profil n° : P233
Abscisse : 5700.00 m
Echelle des longueurs : 1/100
Echelle des altitudes : 1/100

Profil dessiné par YAMEOGO Johnny Carl Régis Marie

Remblai
Déblai
GRAVELEUX LATÉRIQUE NATUREL

X= 646152.39
Y= 1431935.46
Gisement : 380.24 gr

PC : 311.00 m



Altitudes TN	313.06	313.29	313.30	313.06
Distances à l'axe TN	-6.79	-2.00	-1.39	6.91
Altitudes Projet	313.13	313.32	313.34	313.32
Distances à l'axe Projet	-6.29	-5.00	-3.50	5.00
Distances partielles Projet	1.50	3.50	3.50	1.50
Distances à l'axe Arase	-6.29	-5.00	-3.50	5.00
Altitude Arase	313.13	313.32	313.34	313.32

Axe : Axe01
Profil n°: P181
Abcisse : 4425.00 m
Echelle des longueurs : 1/100
Echelle des altitudes : 1/100

Profil dessiné par YAMEOGO Johnny Carl Régis Marie

Remblai
GRAVELEUX LATÉRITIQUE NATUREL

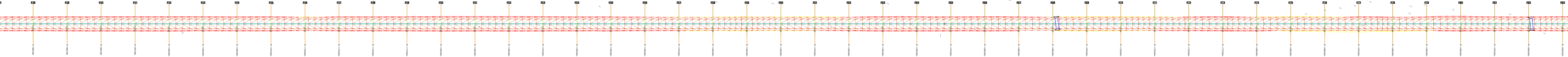
X= 647336.12
Y= 1432393.12
Gisement : 365.40 gr

PC : 317.00 m

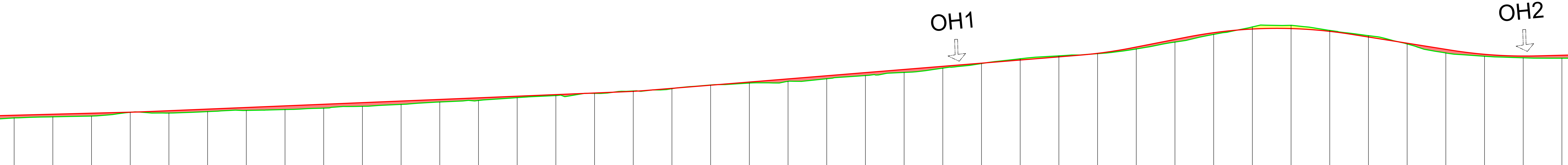


Altitudes TN	-6.81	-4.87	0.02	2.33	6.95
Distances à l'axe TN	319.15	319.13	319.10	319.07	319.02
Altitudes Projet	319.13	319.34	319.44	319.35	319.34
Distances à l'axe Projet	-5.31	-5.00	0.00	3.50	5.00
Distances partielles Projet	0.31	1.50	3.50	1.50	0.45
Distances à l'axe Arase	-5.31	-5.00	0.00	3.50	5.00
Altitude Arase	319.13	319.34	319.44	319.35	319.34

Tracé combiné

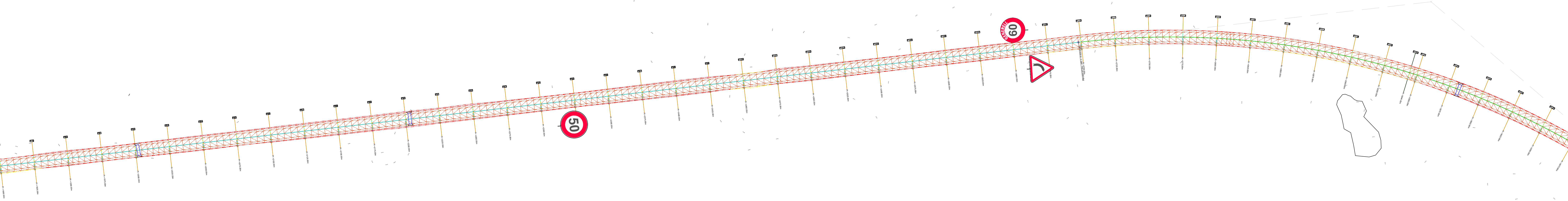


Axe : Axe en plan 01 ,
YAMEOGO Johnny Carl
Echelle en X : 1/1000
Echelle en Y : 1/200



PC : 292.00 m

Numéro de profils en travers	P43	P44	P45	P46	P47	P48	P49	P50	P51	P52	P53	P54	P55	P56	P57	P58	P59	P60	P61	P62	P63	P64	P65	P66	P67	P68	P69	P70	P71	P72	P73	P74	P75	P76	P77	P78	P79	P80	P81	P82	P83							
Altitudes TN	298.20	298.34	298.44	298.92	298.83	299.02	299.17	299.28	299.47	299.70	299.95	300.26	300.46	300.82	301.09	301.37	301.68	301.98	302.45	302.71	302.93	303.26	303.68	304.08	304.63	305.23	305.84	306.22	306.30	306.54	307.11	308.00	308.99	309.95	310.17	309.50	308.83	307.76	306.59	306.17	305.97	305.92						
Altitudes Projet	298.54	298.68	298.81	298.98	299.13	299.34	299.55	299.75	299.96	300.17	300.38	300.59	300.79	301.00	301.21	301.42	301.63	301.74	302.02	302.43	302.83	303.24	303.65	304.05	304.46	305.27	306.05	306.99	307.35	308.34	308.82	309.21	309.69	310.17	309.39	308.65	307.86	306.42	305.19	303.60	302.21							
Ecart Project - TN	0.35	0.34	0.37	0.06	0.30	0.32	0.38	0.47	0.50	0.47	0.43	0.33	0.34	0.18	0.12	0.04	-0.05	0.03	-0.02	0.13	0.31	0.38	0.38	0.38	0.23	0.05	-0.16	-0.13	0.04	0.29	0.33	0.40	0.22	-0.27	-0.42	-0.12	-0.18	0.09	0.46	0.25	0.23	0.38						
Abcisses	1025.00	1050.00	1075.00	1100.00	1107.31	1125.00	1150.00	1175.00	1200.00	1225.00	1250.00	1275.00	1300.00	1325.00	1350.00	1375.00	1400.00	1425.00	1433.03	1450.00	1475.00	1500.00	1525.00	1550.00	1575.00	1600.00	1625.00	1650.00	1675.00	1700.00	1712.89	1725.00	1747.06	1775.00	1782.28	1800.00	1825.00	1850.00	1875.00	1888.75	1900.00	1925.00	1950.00	1975.00	2000.00	2008.70	2025.00	
Pentes et rampes	RAMPE L = 313.78 m P = 0.83 % RAMPE L = 279.87 m P = 1.63 % RP = 1500.00 L = 34.27 RAMPE L = 35.11 m P = 3.91 % RP = -1500.00 L = 106.47 PENTE L = 64.52 m P = -3.19 % RP = 1500.00 L = 55.43																																															
Alignement droit et courbes	DROITE L = 2255.20 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	-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	-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	-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	-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



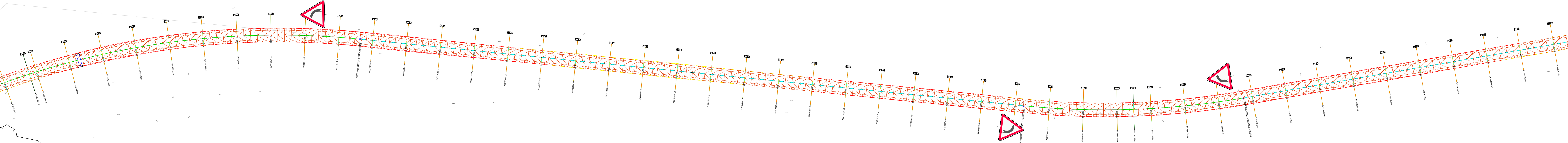
Axe : Axe en plan 01 ,
YAMEOGO Johnny Carl
Echelle en X : 1/1000
Echelle en Y : 1/200

OH3
↓

OH4
↓

PC : 292.00 m

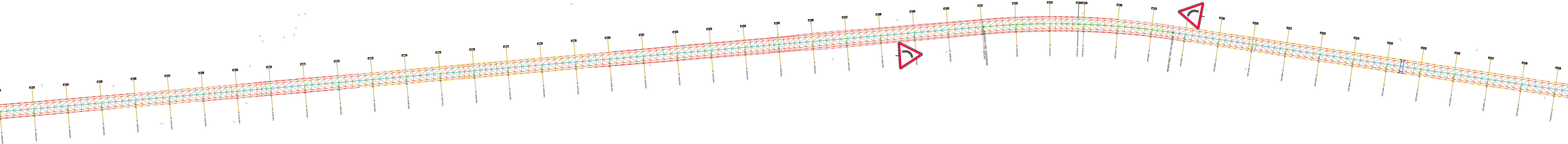
Numéro de profils en travers	P84	P85	P86	P87	P88	P89	P90	P91	P92	P93	P94	P95	P96	P97	P98	P99	P100	P101	P102	P103	P104	P105	P106	P107	P108	P109	P110	P111	P112	P113	P114	P115	P116	P117	P118	P119	P120	P121	P122	P123	P124	P125			
Altitudes TN	305.98	306.17	306.21	306.27	306.37	306.49	306.57	306.79	306.95	307.17	307.40	307.47	307.75	308.11	308.31	308.77	309.96	309.71	310.16	310.27	310.72	310.17	310.45	310.70	310.75	311.03	311.33	311.65	311.84	311.96	312.12	312.40	312.66	312.84	313.00	313.16	313.23	313.43	313.47	313.46	313.52	313.86			
Altitudes Projet	306.42	306.55	306.68	306.81	306.93	307.06	307.19	307.32	307.44	307.57	307.70	307.83	307.96	308.15	308.89	309.27	309.64	310.05	310.48	310.69	310.91	311.12	311.33	311.54	311.76	311.97	312.18	312.39	312.61	312.82	313.04	313.26	313.48	313.69	313.91	314.13	314.35	314.57	314.79	315.01	315.23				
Ecart s Projet - TN	0.44	0.38	0.47	0.54	0.57	0.57	0.61	0.52	0.50	0.40	0.30	0.36	0.28	0.40	0.41	0.59	-0.32	0.30	0.31	0.24	0.21	0.37	0.31	0.21	0.11	0.13	0.22	0.27	0.20	0.15	0.17	0.10	0.08	0.13	0.06	0.13	0.22	0.40	0.39	0.26					
Abcisses	2050.00	2075.00	2100.00	2125.00	2150.00	2175.00	2200.00	2225.00	2250.00	2275.00	2300.00	2325.00	2337.38	2350.00	2375.00	2400.00	2425.00	2450.00	2475.00	2487.00	2500.00	2525.00	2550.00	2575.00	2600.00	2625.00	2650.00	2675.00	2700.00	2725.00	2750.00	2775.00	2800.00	2812.38	2825.00	2850.00	2875.00	2900.00	2925.00	2944.32	2950.00	2975.00	3000.00	3025.00	3050.00
Pentes et rampes	RAMPE L = 313.99 m P = 0.51 %												RAMPE L = 140.01 m P = 1.49 %				RAMPE L = 320.27 m P = 0.85 %												RAMPE L = 400.04 m P = 0.85 %																
Alignement droit et courbes	Alignement droit																												ARC R = 600.00 m L = 492.70 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	-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	-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	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	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50		



Axe : Axe en plan 01 ,
YAMEOGO Johnny Carl
Echelle en X : 1/1000
Echelle en Y : 1/200

PC : 292.00 m

Numéro de profils en travers	P126	P127	P128	P129	P130	P131	P132	P133	P134	P135	P136	P137	P138	P139	P140	P141	P142	P143	P144	P145	P146	P147	P148	P149	P150	P151	P152	P153	P154	P155	P156	P157	P158	P159	P160	P161	P162	P163	P164	P165	P166	P167	
Altitudes TN																																											
Altitudes Projet																																											
Ecart s Projet - TN																																											
Abcisses																																											
Pentes et rampes	-0.51 % PENTE L = 182.87 m P = -0.51 % RAMPE L = 341.70 m P = 0.61 % RAMPE L = 342.28 m P = 0.99 %																																										
Alignement droit et courbes	DROITE L = 490.31 m ARC R = 600.00 m L = 162.47 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	-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	-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	-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	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50

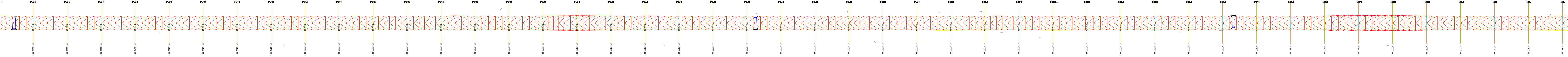


Axe : Axe en plan 01,
YAMEOGO Johnny Carl
Echelle en X : 1/1000
Echelle en Y : 1/200

OH5

PC : 292.00 m

Numéro de profils en travers	P168	P169	P170	P171	P172	P173	P174	P175	P176	P177	P178	P179	P180	P181	P182	P183	P184	P185	P186	P187	P188	P189	P190	P191	P192	P193	P194	P195	P196	P197	P198	P199	P200	P201	P202	P203	P204	P205	P206	P207	P208	P209					
Altitudes TN	319.21	319.49	319.33	319.17	319.13	319.10	319.12	319.18	319.18	319.18	319.27	319.18	319.08	319.10	319.11	319.21	319.24	319.34	318.79	318.54	318.53	318.27	318.10	317.98	317.74	317.54	317.44	317.44	317.26	317.10	316.92	316.72	316.57	316.41	316.24	316.12	315.95	315.74	315.54	315.38	315.15	314.96					
Altitudes Projet	319.38	319.54	319.60	319.42	319.29	319.16	319.04	318.91	318.84	318.82	319.06	319.19	319.32	319.44	319.57	319.69	319.82	319.92	319.85	319.50	319.25	318.27	318.10	317.98	317.74	317.54	317.44	317.26	317.10	316.92	316.72	316.57	316.41	316.24	316.12	315.95	315.74	315.54	315.38	315.15	314.96						
Ecart s Projet - TN	0.17	0.15	0.18	0.25	0.16	0.07	-0.09	-0.27	-0.35	-0.36	-0.21	0.01	0.23	0.34	0.45	0.48	0.58	0.58	0.74	0.96	0.72	0.74	0.65	0.52	0.51	0.46	0.36	0.25	0.16	0.09	0.04	-0.06	-0.05	-0.09	-0.09	-0.04	0.00	0.06	0.06	0.09							
Abcisses	4100.00	4117.05	4125.00	4139.56	4150.00	4175.00	4200.00	4225.00	4250.00	4275.00	4289.09	4304.98	4325.00	4350.00	4375.00	4400.00	4425.00	4450.00	4475.00	4500.00	4517.73	4525.00	4540.20	4550.00	4575.00	4600.00	4625.00	4650.00	4675.00	4700.00	4725.00	4745.80	4775.00	4800.00	4825.00	4850.00	4875.00	4900.00	4925.00	4950.00	4975.00	5000.00	5025.00	5050.00	5075.00	5100.00	
Pentes et rampes	PENTE L = 149.53 m P = -0.51 %		RAMPE L = 213.47 m P = 0.50 %		PENTE L = 332.04 m P = -1.00 %		PENTE L = 384.66 m P = -1.00 %																																								
Alignement droit et courbes	DROITE L = 832.46 m																																														ARC R = 600.00 m L = 139.85 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	-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	-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	-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	-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



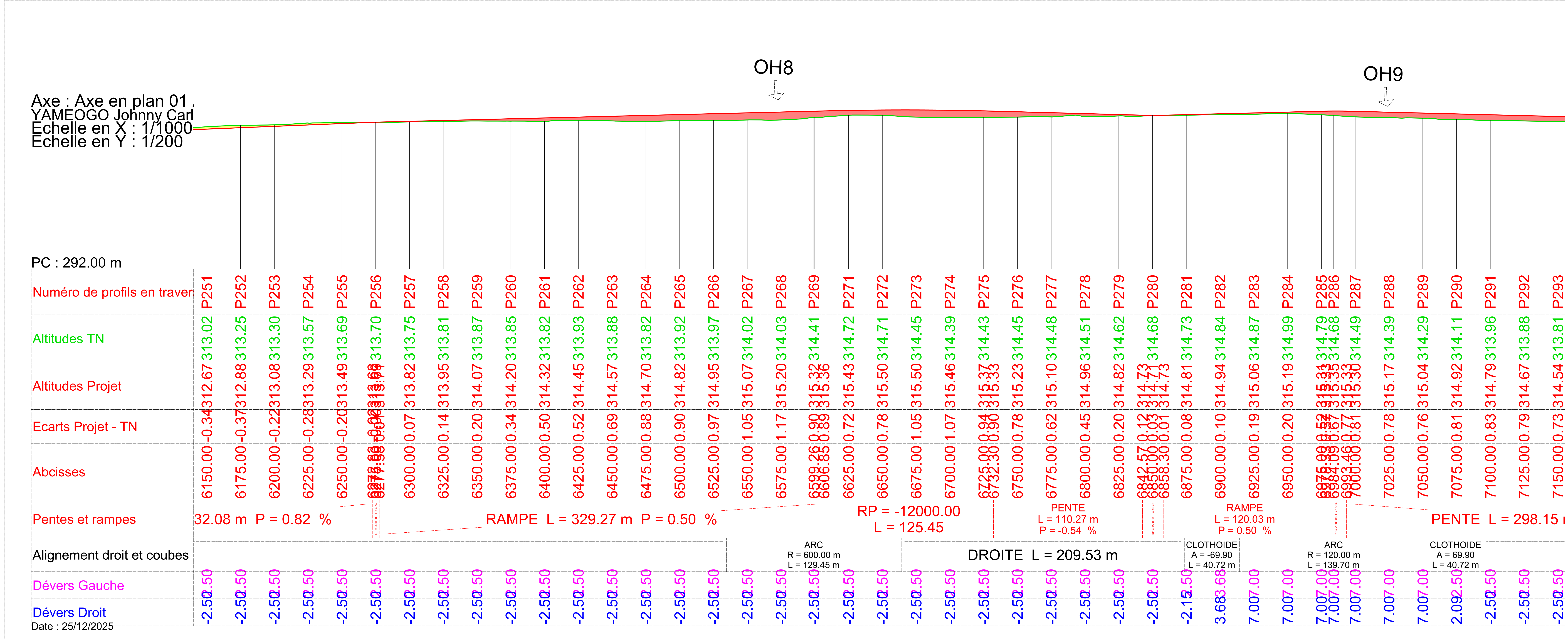
Axe : Axe en plan 01 ,
YAMEOGO Johnny Carl
Echelle en X : 1/1000
Echelle en Y : 1/200

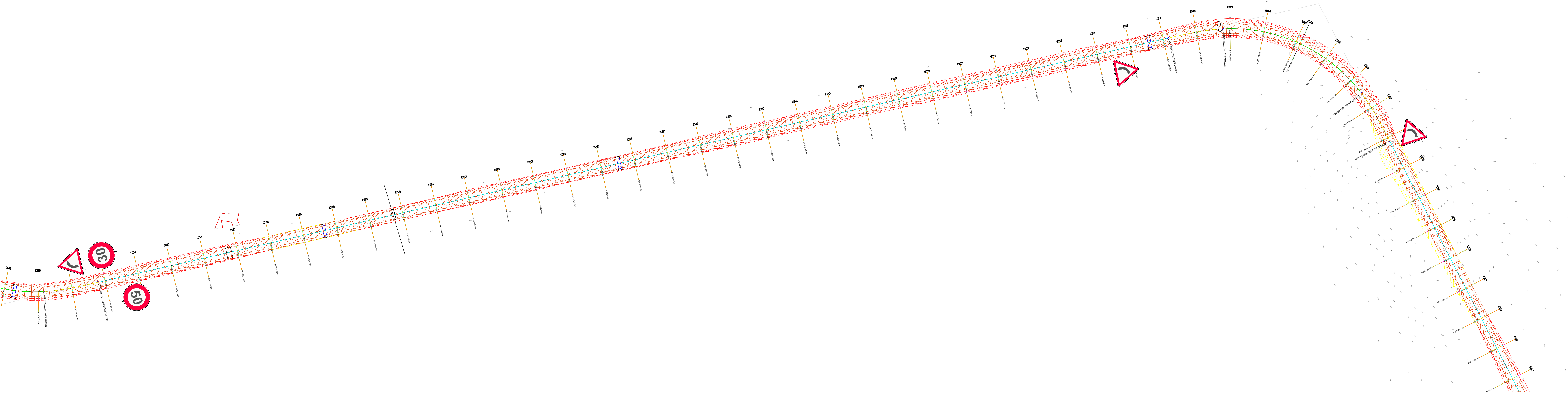
OH6

OH7

PC : 292.00 m

Numéro de profils en travers	P210	P211	P212	P213	P214	P215	P216	P217	P218	P219	P220	P221	P222	P223	P224	P225	P226	P227	P228	P229	P230	P231	P232	P233	P234	P235	P236	P237	P238	P239	P240	P241	P242	P243	P244	P245	P246	P247	P248	P249	P250						
Altitudes TN	314.75	314.69	314.61	314.43	314.33	314.14	313.94	313.98	313.99	314.16	314.16	314.20	314.15	313.97	313.83	313.74	313.71	313.53	313.34	313.08	312.84	313.08	313.30	313.36	313.22	313.29	313.05	312.72	312.46	312.40	312.46	312.41	312.20	311.77	311.47	311.37	311.32	311.68	312.09	312.38	312.68						
Altitudes Projet	314.89	314.73	314.56	314.40	314.24	314.08	313.99	314.09	314.23	314.36	314.49	314.58	314.44	314.26	314.08	313.90	313.72	313.54	313.35	313.17	313.06	313.02	313.28	313.43	313.40	313.17	313.00	312.87	312.72	312.46	312.61	312.49	312.36	312.41	312.23	312.10	311.98	311.85	311.75	311.78	312.06	312.26	312.47	312.68			
Ecart s Projet - TN	0.14	0.03	-0.05	-0.03	-0.09	-0.06	-0.03	0.12	0.24	0.21	0.33	0.40	0.29	0.29	0.25	0.15	0.00	0.01	0.01	0.09	0.17	0.18	-0.02	0.06	0.12	-0.12	-0.06	0.28	0.21	0.03	-0.06	0.03	0.34	0.51	0.49	0.44	0.21	-0.03	-0.11	-0.21	-0.21						
Abcisses	5125.00	5150.00	5175.00	5200.00	5225.00	5250.00	5262.13	5300.00	5325.00	5350.00	5375.00	5390.40	5400.00	5409.30	5425.00	5450.00	5475.00	5500.00	5525.00	5550.00	5575.00	5600.00	5615.14	5625.00	5634.78	5650.00	5675.00	5690.70	5717.08	5725.00	5750.00	5774.02	5800.00	5825.00	5850.00	5875.00	5900.00	5925.00	5950.00	5975.00	6000.00	6025.88	6040.75	6050.00	6075.00	6100.00	6125.00
Pentes et rampes	-0.65 %				RAMPE L = 110.54 m P = 0.53 %				PENTE L = 205.84 m P = -0.73 %				RAMPE L = 63.00 m P = 0.58 %		PENTE L = 56.94 m P = -0.71 %				PENTE L = 246.96 m P = -0.51 %																		RAMPE L =										
Alignement droit et courbes	DROITE L = 1718.78 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	-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	-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	-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	-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





Axe : Axe en plan 01 ,
YAMEOGO Johnny Carl
Echelle en X : 1/1000
Echelle en Y : 1/200

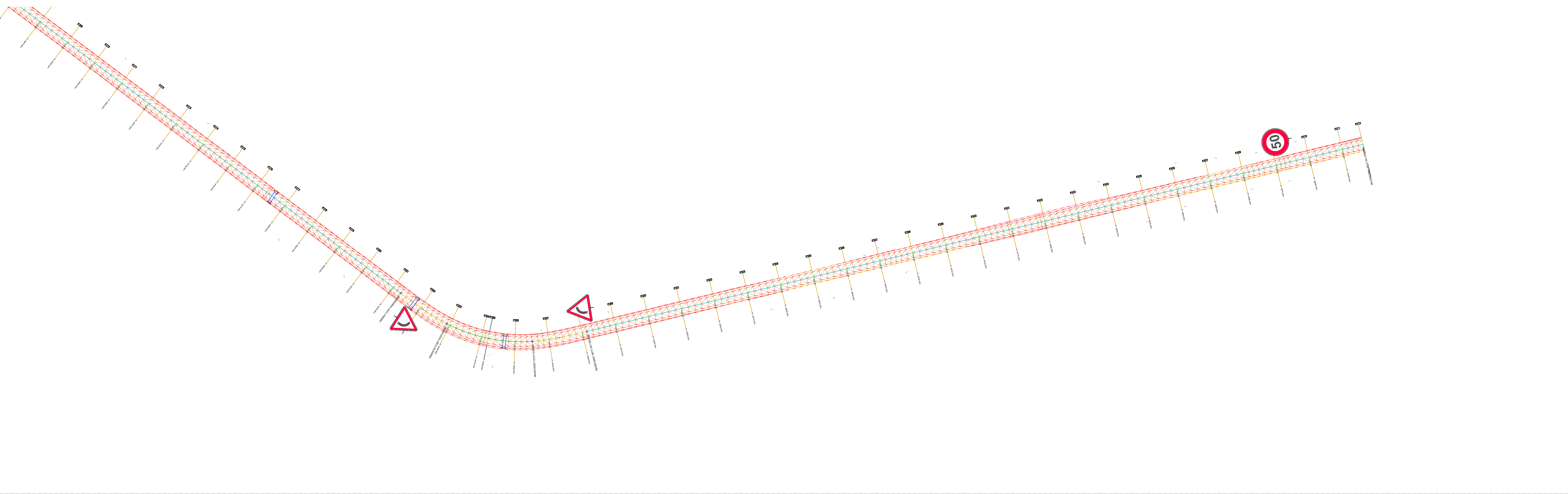
OH10

OH11

OH12

PC : 292.00 m

Numéro de profils en travers	P294	P295	P296	P297	P298	P299	P300	P301	P302	P303	P304	P305	P306	P307	P308	P309	P310	P311	P312	P313	P314	P315	P316	P317	P318	P319	P320	P321	P322	P323	P324	P325	P326	P327	P328	P329	P330	P331	P332	P333	P334	P335						
Altitudes TN	313.73	313.69	314.08	314.10	313.93	313.69	313.73	313.82	313.76	313.77	313.85	314.18	314.30	314.30	314.46	314.27	314.21	314.40	314.55	314.61	314.69	314.72	314.76	314.85	314.89	314.87	314.91	314.89	315.19	315.69	314.88	315.69	314.69	314.56	314.73	315.06	315.36	315.76	317.42	318.58	321.18	323.79	324.15	324.22				
Altitudes Projet	314.41	314.29	314.16	314.03	313.91	313.82	313.92	314.04	314.17	314.29	314.42	314.54	314.67	314.70	314.92	315.05	315.18	315.30	315.43	315.56	315.68	315.81	315.94	316.06	316.20	316.33	316.46	316.59	316.72	316.85	316.98	317.11	317.24	317.37	317.50	317.63	317.76	317.89	318.02	318.15	318.28	318.41	318.54					
Ecart s Projet - TN	0.68	0.60	0.08	-0.07	-0.02	0.12	0.19	0.22	0.40	0.52	0.57	0.36	0.36	0.49	0.46	0.78	0.96	0.90	0.88	0.94	0.99	1.09	1.18	1.21	1.30	1.33	1.12	1.02	0.59	0.73	0.89	1.34	1.29	1.16	1.19	1.59	1.16	0.02	-0.93	-2.15	-1.48	-0.93						
Abcisses	7175.00	7200.00	7225.00	7250.00	7275.00	7291.61	7300.00	7306.78	7325.00	7350.00	7375.00	7400.00	7425.00	7450.00	7475.00	7500.00	7525.00	7550.00	7575.00	7600.00	7625.00	7650.00	7675.00	7700.00	7725.00	7750.00	7775.00	7792.45	7800.00	7825.00	7850.00	7875.00	7892.77	7900.00	7908.03	7925.00	7950.00	7975.00	8000.00	8025.00	8050.00	8075.00	8091.17	8100.00	8125.00	8150.00	8175.00	
Pentes et rampes	P = -0.51 %				PP = 1500.00 L = 100.33				RAMPE L = 470.44 m P = 0.51 %																PP = 1500.00 L = 100.33				PENTE L = 100.33 m P = -0.51 %				PP = 1500.00 L = 100.33				RAMPE L = 88.68 m P = 0.51 %				RP = 1500.00 L = 94.46				RP = -1500.00 L			
Alignement droit et courbes	DROITE L = 809.10 m																												CLOTHOIDE A = 69.90 L = 40.72 m								ARC R = 120.00 m L = 117.45 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	-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	-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	-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	-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	



OH14

OH15

Axe : Axe en plan 01,
YAMEOGO Johnny Carl
Echelle en X : 1/1000
Echelle en Y : 1/200

PC : 292.00 m

Numéro de profils en travers	P374	P375	P376	P377	P378	P379	P380	P381	P382	P383	P384	P385	P386	P387	P388	P389	P390	P391	P392	P393	P394	P395	P396	P397	P398	P399	P400	P401	P402	P403	P404	P405	P406	P407	P408	P409	P410	P411	P412							
Altitudes TN	321.42	321.64	321.81	322.13	322.41	322.58	322.84	322.96	323.14	323.31	323.56	323.59	323.75	324.06	324.31	324.54	324.76	324.93	325.23	325.56	326.04	326.28	326.33	326.51	326.97	327.14	327.32	327.00	327.00	326.91	327.04	327.12	327.12	327.10	326.93	326.87	326.80	326.83	327.07	327.15						
Altitudes Projet	321.91	322.10	322.29	322.50	322.73	322.95	323.18	323.40	323.62	323.85	324.07	324.12	324.30	324.52	324.74	324.97	325.19	325.42	325.64	325.87	326.09	326.31	326.54	326.76	326.91	327.08	327.22	327.03	327.03	327.57	327.44	327.32	327.19	327.07	326.94	326.87	326.85	327.01	327.21	327.34						
Ecart s Projet - TN	0.49	0.46	0.48	0.37	0.32	0.38	0.33	0.44	0.49	0.54	0.53	0.53	0.55	0.46	0.44	0.43	0.43	0.49	0.41	0.30	0.05	0.03	0.21	0.25	-0.00	0.02	0.08	0.47	0.03	0.66	0.40	0.20	0.07	-0.03	0.01	0.00	0.05	0.10	0.14	0.76						
Abcisses	9125.00	9150.00	9175.00	9200.00	9225.00	9250.00	9275.00	9300.00	9325.00	9350.00	9375.00	9400.00	9425.00	9450.00	9475.00	9500.00	9525.00	9550.00	9575.00	9600.00	9625.00	9650.00	9675.00	9691.07	9700.00	9725.00	9750.00	9775.00	9794.45	9825.00	9850.00	9875.00	9900.00	9925.00	9950.00	9965.50	9975.00	9985.01	10000.00	10025.00	10040.76					
Pentes et rampes	RAMPE L = 587.55 m P = 0.90 %																																								PENTE L = 171.05 m P = -0.50 %				RAMPE L = 55.75 m P = 0.80 %	
Alignement droit et courbes											CLOTHOIDE A = -69.90 L = 40.72 m	ARC R = 120.00 m L = 65.04 m	CLOTHOIDE A = 69.90 L = 40.72 m	DROITE L = 587.43 m																																
Dévers Gauche	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	1.732	7.007	7.007	4.114	-1.72	-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	-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	-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	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50	-2.50				