

**ETUDE D'AVANT-PROJET DETAILLE POUR LA
CONSTRUCTION DU TRONÇON DE ROUTE
EKONG-BENGBIS D'UNE LONGUEUR DE 05 KM
DANS LA REGION DU SUD DU CAMEROUN**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 21E AVEC GRADE DE
MASTER**

SPECIALITE : GENIE CIVIL ET BTP

OPTION : Routes et Ouvrages d'Art

Présenté et soutenu publiquement le 28 Juillet par :

Kevin Chanel NOUBANGUE DEUNTCHA (20170019)

Directeur de mémoire : Arnaud OUEDRAOGO, Enseignant, en GC-BTP à 21E

Co Directeur de mémoire : Issa MADOUGOU Enseignant en GC-BTP à 21E

Maitre de Stage : Hans KUETCHE, Ingénieur Etude et Contrôle en Génie Civil

Structure d'accueil du Stage : ECTA BTP (CAMEROUN)

Jury d'évaluation du Stage :

Président : Dr Malicki ZOROM

Membres et Correcteurs : Mme Thérèse GOMIS

M. Djidoula TAKO

Promotion [2020/ 2021]

CITATIONS

« Tu ne sauras jamais à quel point tu es courageux, jusqu'au jour où tu seras obligé de l'être »

Robert Nesta MARLEY (Bob MARLEY)

DEDICACE

A

Mon père. NOUBANGUE Ruben François qui, sans réserve à cru en moi et a mis à ma disposition les moyens nécessaires pour que je poursuive mes études. Ses conseils précieux sans relâche m'ont toujours motivé dans cette quête de connaissance jusqu'à ce jour.

Ma mère NOUBANGUE Née TCHAKOUYEP KOUOGBANG Elalie qui en tout temps est restée à mes côtés, est la source de ce que je suis, à toi toute ma gratitude.

Mon petit frère. NOUBANGUE TIETCHEU Nick Bruel qui m'a toujours accompagné et soutenu

Ma petite Sœur NOUBANGUE NGATCHOUA Rubenne Vianny qui m'a toujours soutenu et encouragé.

REMERCIEMENT

Je ne pourrai finir ce travail sans dire merci une fois de plus, toujours et en tout temps à l'Eternel DIEU Tout Puissant de m'avoir donné la foi, la force et le courage et sans qui rien n'aurait été possible.

Aussi, depuis de belles lures, la science est une œuvre collective. Sur ce, c'est avec un immense plaisir que je m'acquiesce des premières pages de ce rapport pour signaler toute ma gratitude à aux personnes physiques ou morales qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Je tiens particulièrement à remercier :

- ✓ Le Professeur El Hadji Bamba DIAW, Directeur Général de l'Institut 2iE, qui œuvre pour que l'école reste et demeure un pôle de l'excellence dans la formation des ingénieurs et dirigeants de qualité pour l'Afrique de demain ;
- ✓ Monsieur Arnaud OUEDRAOGO, mon directeur de mémoire, et encadrant interne, pour avoir accepté m'accompagner pour l'achèvement de cette formation ;
- ✓ Monsieur Issa MADOUYOU, mon Co directeur de mémoire, et encadrant interne, pour entière disponibilité, conseils et éclaircissements.
- ✓ Tous les enseignants qui sont intervenus dans ma formation à l'Institut 2iE ;
- ✓ Monsieur MELI Pierre, Directeur Général de ECTA BTP qui m'a donné la possibilité de passer ce stage dans son entreprise ;
- ✓ Monsieur MENDJI Ernest, Directeur Technique de ECTA BTP qui m'a donné la possibilité de passer ce semestre sous leur responsabilité ;
- ✓ Monsieur Hans KUETCHE, ingénieur de Génie Civil, Mon Maitre de Stage qui, malgré ses multiples occupations a eu la volonté et à trouver la disponibilité pour répondre à mes multiples préoccupations ;
- ✓ Tous mes amis et promotionnaires qui m'ont accompagné et soutenu dans cette quête de la connaissance et de l'apprentissage de la vie sociale.
- ✓ A ma bien aimée NGONGANG YONTA Emmanuela pour sa présence et son soutien
- ✓ A tous mes Frères qui m'ont accompagné et soutenu moralement en particulier DEUTCHA Patrick, NDENKA Delore, NGENPI Vanessa, BONDA Dorian, TSAPDO
- ✓ A mes Grands-parents, mes oncles et tantes qui m'ont accompagné et soutenu dans cette quête du savoir particulièrement DJOMAKO Alice, ATCHAGANG KOUOGBANG Tati Flora, TATA Baudraz, MOUAHA Nathalie.

RESUME

Notre projet est : **Une étude d'avant-projet détaillé (APD) pour la construction du tronçon de route EKONG-BENGBIS d'une longueur de 5 km.** Ce projet initié par le gouvernement du Cameroun s'inscrit dans le cadre de la croissance accélérée et de développement du pays Cette infrastructure une fois réalisé va désenclaver les villages du Sud. Cette infrastructure est d'une très grande importance pour le développement économique notamment des secteurs agricoles, et minier de la région du sud et elle permettra aussi de desservir cette zone du Cameroun. Notre mission était donc d'élaborer l'étude technique du tronçon pour bitumage, de concevoir une route qui soit viable dans le temps tout en respectant les normes. Grâce aux données collectée du projet, le dimensionnement de la structure de chaussée a donné une couche de fondation de 15 cm en grave latéritique naturelle, une couche de base de 15 cm en Grave ciment et un revêtement en Béton bitumineux de 5 cm. En ce qui concerne les cubatures, on a obtenu un volume de 8 195 m³ de grave latéritique naturelle pour la couche de forme, 10 466 m³ de volume de concassé 0/31.5 améliorée au ciment pour la couche de base et 2502 m³ pour volume de Béton bitumineux. Les terrassements sont évalués à 67 505 m³ de remblai, 23 092 m³ de déblai. Au sujet de l'assainissement, 05 ouvrages transversaux et des fossés longitudinaux ont été dimensionnés. Les descentes d'eaux ont été prévus sur les talus des zones en remblais. Les types d'ouvrage retenus pour assainir notre projet sont des dalots, les fossés triangulaires, les descentes d'eaux et un pont de 24 ml. L'ouvrage ayant particulièrement fait l'objet de notre étude est le dalot 3×4×3 au Pk 1+525. Pour assurer le volet environnemental et social, un plan de gestion a été établis pour prendre en compte les impacts négatifs de notre projet. Le coût global de notre projet s'élève à quatre milliard trois cent sept million six cent vingt-huit mille six cent quatre-vingt-six (4 307 628 687 FCFA TTC) soit huit cent soixante un million cinq cent vingt-cinq mille sept cent trente-sept (861 525 737 FCFA TTC) au Kilomètre. Ce tronçon de route étudié revêt les caractéristiques nécessaires pour assurer un bon service pendant sa durée de vie de 20 ans.

Mots clé :

Dimensionnement, Chaussée, Assainissement, Dalot, Béton bitumineux, Cameroun

ABSTRACT

This document is a thesis for the end of the Master's degree in Civil Engineering on the theme: Detailed design study for the construction of the 5 km long EKONG-BENGBIS road section. This project initiated by the Government of Cameroon is part of the accelerated growth and development of the country. Once completed, this infrastructure will open up the villages of the South. This infrastructure is of great importance for the economic development of the agricultural and mining sectors of the southern region and will also serve this area of Cameroon. The technical study consisted in designing a road that would be viable over time while respecting the standards. Based on the project data, the design of the road structure resulted in a 15 cm natural lateritic gravel sub-base, a 20 cm cement enhanced natural gravel base and a 5 cm asphalt concrete surface. As for the cubic capacity, a volume of 8,195 m³ of natural lateritic gravel was obtained for the sub-base, 10,466 m³ of cement-improved natural lateritic gravel for the base course and 2502 m³ for the volume of bituminous concrete. The earthworks are estimated at 67,505 m³ of backfill, 23,092 m³ of excavation. Regarding the drainage, 05 transversal structures and longitudinal ditches were designed. Water downpipes were planned on the slopes of the embankment areas. The types of structure selected for the drainage of our project are scuppers, triangular ditches, downspouts and a 24-metre bridge. The structure that was the focus of our study was the 3×4×3 gutter. To ensure the environmental and social aspects, a management plan was established to take into account the negative impacts of our project. The overall cost of our project amounts to four billion three hundred and seven million six hundred and twenty-eight thousand six hundred and eighty-six (4,307,628,687 FCFA including tax), i.e. eight hundred and sixty-one million five hundred and twenty-five thousand seven hundred and thirty-seven (861,525,737 FCFA including tax) per kilometer. This section of road studied has the necessary characteristics to ensure a good service during its 20-year life span.

Key words: Sizing, Pavement, Sanitation, Ditch, Bituminous concrete, Cameroon

LISTE DES ABREVIATIONS :

APD : Avant –Projet Détaillé

ARP : Aménagement des Routes Principale

BAEL : Béton armé aux Etats Limites

BET : Bureau d'Etude Technique

C2E: Les camions deux essieux

C3E: Les Camions trois essieux

CEBTP: Centre Expérimental de Bâtiment et de travaux public

CIEH : Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques

EA: Les ensembles articulés

ECTA-BTP : Etablissement Camerounais des techniciens Associés en Bâtiments et Travaux Public

FCFA : Franc de la communauté financière africaine

GC ROA : Génie Civil option Route et Ouvrage d'Art

GR : Grumiers

INC : Institut National de cartographie du Cameroun

LCPC : Laboratoire Centrale des ponts et chaussées

MB : Les minibus

PGE : Plan de gestion environnemental

PGES : Plan de gestion environnemental et social

PU : pick-up

VP : Les véhicules particuliers

SOMMAIRE

CITATIONS.....	
DEDICACE.....	ii
REMERCIEMENT	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACT	v
LISTE DES ABREVIATIONS :.....	vi
SOMMAIRE	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	x
LISTE DES FIGURES.....	xi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET	2
1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL.....	2
a. <i>Présentation de ECTA-BTP</i>	2
b. <i>Activités principales</i>	2
c. <i>Organigramme fonctionnel</i>	3
2. PRESENTATION DU PROJET.....	4
a. <i>Situation géographique du projet.....</i>	4
b. <i>Etat des lieux</i>	5
CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE DE L'ETUDE.....	7
1. <i>objectif du projet et de l'étude.....</i>	7
2. <i>methodologie</i>	7
3. <i>resultats attendus.....</i>	9
CHAPITRE 3 : ETUDE TOPOGRAPHIQUE ET GEOMETRIE ROUTIERE.....	10
1. ETUDE TOPOGRAPHIQUE	10
a. <i>Polygonale de base.....</i>	10
b. <i>Emprise de la route levée</i>	11
2. ETUDE DE LA GEOMETRIE ROUTIERE.....	11
a. <i>Le tracé en plan.....</i>	11
b. <i>Le profil en long ou ligne rouge.....</i>	12
c. <i>L'étude des profils en travers</i>	14
CHAPITRE 4 : ETUDE GEOTECHNIQUE	20

1. CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE DES SOLS DE LA PLATEFORME (SONDAGE SUR LA PLATEFORME ZONE ETUDIE Pk 48+015 au Pk 53+015)...	20
2. ESSAIS DE LABORATOIRE D'IDENTIFICATION DES SOLS DE PLATEFORME.....	21
3. CLASSE DES SOLS DE LA PLATEFORME	23
4. RECHERCHE DE MATERIAUX DE VIABLES	24
a. Recherche de zone d'emprunts de Graveleux Latéritiques	24
b. Recherche de carrières pour matériaux de revêtement et béton hydraulique	26
5. DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE.....	28
a. Etape du dimensionnement.....	28
b. Calculs.....	28
c. Résultats	32
CHAPITRE 5 : ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE DANS LA ZONE D'ETUDE DU Pk 00+00 au Pk 05+000	33
1. ETUDE HYDROLOGIQUE	33
a. Etapes de l'étude hydrologique	33
b. Découpage des bassins versants	33
c. Détermination de la pluviométrie moyenne annuelle (Pan) et des caractéristiques du bassins versant	34
d. Analyse critique des différentes méthodes de calcul des débits de pointe à l'exutoire des bassins versants ruraux. Choix des méthodes appropriées pour le projet.	35
e. Choix de la méthode pour le calcul du débit de pointe	39
f. Evaluation des débits de crue projet par la méthode CIEH Chabi et Puech.....	39
g. Résultats	41
2. ETUDES HYDRAULIQUES	42
a. Etapes du dimensionnement.....	42
b. Calcul hydraulique du dalot au pk 1+525	43
c. Vérification du fonctionnement de l'ouvrage en sortie libre	45
d. Calcul hydraulique des ouvrages longitudinaux : Fossé triangulaire pour drainage longitudinal de la plateforme	46
e. Ouvrages de décharges : Descentes d'eaux.....	47
f. Résultats	48
CHAPITRE 6 : DIMENSIONNEMENT BETON ARME DES OUVRAGES.....	49
1. DALOT 3×4×3 AU PK 01+525	49
a. Etapes du dimensionnement.....	49
b. Résultat.....	51
2. FOSSE TRIANGULAIRE.....	52

CHAPITRE 7 : ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE	53
1. IDENTIFICATION ET EVALUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	53
a. <i>Les hypothèses.....</i>	<i>53</i>
b. <i>L'identification des impacts sur l'environnement.....</i>	<i>53</i>
2. ANALYSE DES IMPACTS ET MESURES D'ATTENUATIONS.....	54
a. <i>Analyse des impacts potentiels du projet Mesures d'atténuation et de compensation</i>	<i>54</i>
b. <i>Plan de gestion environnementale et sociale du projet.....</i>	<i>55</i>
CHAPITRE 8 : EVALUATION DU COUT DU PROJET	56
CONCLUSION	57
BIBLIOGRAPHIE	58
ANNEXES	59

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Classe de portance des sols issue du CEBTP	23
Tableau 2: Repérage de carrière dans le tronçon étudié issue des résultats de la prospection	26
Tableau 3: Tableau récapitulatif des essais sur échantillon de roche du tronçon étudié issue des résultats en laboratoire	27
Tableau 4: Récapitulatif des données de Pré dimensionnement de la méthode de CEBTP.....	29
Tableau 5: Variantes proposées et choix de la structure de chaussée (CEBTP, 1984).....	29
Tableau 6: Tableau d'analyses des résultats de la modélisation sur piste5	32
Tableau 7: Superficies des bassins versants des ouvrages de franchissement.....	34
Tableau 8: Différentes formules des coefficients de ruissellement	35
Tableau 9: Synthèse de l'analyse critique des différentes méthodes de calcul des débits de pointe	36
Tableau 10: Récapitulatif des études hydrologiques sur notre tronçon d'étude issue du tableur Excel	41
Tableau 11: Tableaux des ouvrages existant et ouvrages projetés après étude hydraulique.....	44
Tableau 12: Récapitulatif des ouvrages à construire	48
Tableau 13: Tableau de dimensionnement des goussets.....	50
Tableau 14: Choix de la structure de chaussée en fonction de tu trafic et la classe de sol de la plateforme.....	E
Tableau 15: Tableau récapitulatif des résultats 1	N
Tableau 16: Tableau récapitulatif des résultats 2 après itération	O
Tableau 17: Description de l'ouvrage.....	Q
Tableau 18: Récapitulatif des charges routières sur la dalle.....	EE
Tableau 19: Récapitulatif des charges routières sur le radier	FF
Tableau 20: Charges à l'ELS et à l'ELU.....	GG
Tableau 21: Récapitulatif des sollicitations.....	UU
Tableau 22: Tableau de dimensionnement des goussets.....	WW
Tableau 23: Récapitulatif des actions appliquées au mur.....	III
Tableau 24: Vérification au non glissement et non poinçonnement.....	LLL
Tableau 25: Bilan des forces et sollicitations sur la semelle.....	PPP

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme issue de l'entreprise ECTA BTP.....	3
Figure 2: Plan de situation de la zone du projet sur le plan national	4
Figure 3: Situation du projet sur la carte routière de la zone régionale du sud cameroun	4
Figure 4: Un aperçu du réseau ajustement de la polygonale de base issue des travaux topographiques.....	10
Figure 5: Profil en travers type 1 mixte non déversé.....	16
Figure 6: Profil en travers type 2 section déversé	17
Figure 7: Profil en travers type 3 section courante en remblais.....	18
Figure 8: Carte des zones d'emprunt de grave latéritique issue des résultats des sondages.....	25
Figure 9: Structure de chaussée pré dimensionnée.....	30
Figure 10: Récapitulatif des résultats de calcul manuel des déformations admissibles.....	30
Figure 11: Résultats de calcul -Alize LCPC	31
Figure 12: Schéma du fossé triangulaire	47
Figure 13: Carte des bassins versants du projet issue de l'étude hydrologique	P
Figure 14: Carte des bassins versants des ouvrages du tronçon étudié	P
Figure 15: Relevé des pluie annuelles des stations météorologique de Akonolinga-Abong Mbang reçu de INC....	Q
Figure 16: Schéma fosse triangulaire normalisé	B
Figure 17: Résultats des sondage de la plateforme montrant les zone de purge et substitution par matériaux d'emprunt.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 18: Classe de trafic et valeurs de MJA.....	G
Figure 19: Coefficient d'agressivité CAM pour trafic moyen et fort.....	H
Figure 20: Choix du risque	I
Figure 21: Tableau du choix de u.....	I
Figure 22: Calcul de la valeur admissible du Béton Bitumineux.....	K
Figure 23: Calcul de la valeur admissible de la couche de Base	L
Figure 24: Calcul de la valeur admissible de la couche de fondation	L
Figure 25: Modélisation de la structure de chaussée.....	M
Figure 26: Résultat du calcul de structure de la chaussée dans " Alisé"	M
Figure 27: Itération et modélisation de la nouvelle structure de chaussée.....	N
Figure 28: Résultat du calcul de la chaussée après itération	O
Figure 29: système de charge Bc.....	T
Figure 30: Schéma du principe de diffusion des charges.....	U
Figure 31: Cas le plus défavorable de la diffusion des charges système Bc	V
Figure 32: Système de charge Bt.....	X
Figure 33: Illustration des positionnements des charges système Bt.....	X
Figure 34: Système de charge Br	AA
Figure 35: schéma du système Mc120	CC
Figure 36: Structure avec charge pondéré à l'ELS	GG
Figure 37: Structure avec charges pondéré à l' ELU.....	NN
Figure 38: Schéma du mur	FFF
Figure 39: Plan de coffrage du Mur en aile	GGG
Figure 40: Bilan des forces appliquées au mur.....	HHH

INTRODUCTION

Dans le cadre de la mise en œuvre du programme d'Aménagement et de développement intégré de la boucle Minière du Dja et de la zone frontalière adjacente, il est prévu, en plus de la construction d'une ligne de chemin de fer Mbalam-Kribi et d'un quai minéralier au port de Kribi, la construction de certaines routes devant assurer non seulement le désenclavement et le développement de la zone, mais également le transport des produits miniers et dérivés. **Les tronçons de route en terre identifiés dans ce cadre ne disposent d'études techniques nécessaires pour la réalisation des travaux de bitumage.** C'est ainsi que le Gouvernement de la république du Cameroun à travers le Ministère des Travaux Publics et le Ministère de l'Economie de la planification et de l'aménagement du territoire se proposent de procéder en 2016, aux études de maturation desdits projets routiers. Ces études devront permettre d'obtenir non seulement les documents techniques (pièces écrites et graphiques) pour l'exécution des travaux de bitumage, mais aussi une évaluation financière du cout desdits travaux ; le cas du tronçon EKONG-BENGBIS.

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET

1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL

a. Présentation de ECTA-BTP

ECTA-BTP (Établissement Camerounais de Technicien Associés en Bâtiment et Travaux publique) est un bureau d'Étude d'ingénierie créée en 1989 avec son siège social à Yaoundé. Les prestations d'ECTA sont de haut niveau et reposent sur une expertise de renommée mondiale. Elles s'étendent même hors des frontières (République du Tchad, Gabon et République Centrafricaine). ECTA-BTP dispose de spécialistes en ingénierie routière et BTP. (Ingénieur routier, Expert Ouvrages d'art, Signalisation routière, Géotechnicien, Topographe, Hydraulicien, Projeteur. Elle est un partenaire fiable du Ministère des Travaux Publics Camerounais.

Le BET ECTA-BTP est engagé dans la démarche qualité qui l'a conduit à la certification en 2010 selon la Norme ISO 9001 version 2015, preuve du niveau de rigueur donc elle fait preuve pour la satisfaction de ses clients.

Depuis sa création, elle ne cesse de se frayer son chemin à travers la réalisation satisfaisante de multiple projet d'étude, d'aménagement urbain et d'infrastructure au bénéfice de l'État du Cameroun et autres clients. ECTA -BTP bénéficie depuis sa création de la confiance des pouvoirs publics Camerounais et des autres partenaires (organisations non gouvernementales, bailleurs de fonds) à travers les différents services rendus. Le BET ECTA BTP compte en son sein une cinquantaine d'employés permanents, et plus d'une centaine de consultants.

b. Activités principales

Le BET ECTA intervient dans divers domaines à savoir :

- ✓ L'ingénierie conseil;
- ✓ Les études pour la réalisation des travaux des voiries, des routes et des Ouvrages d'art;
- ✓ Le contrôle et la surveillance technique des projets.

c. Organigramme fonctionnel

L'entreprise ECTA-BTP est structurée comme suit :

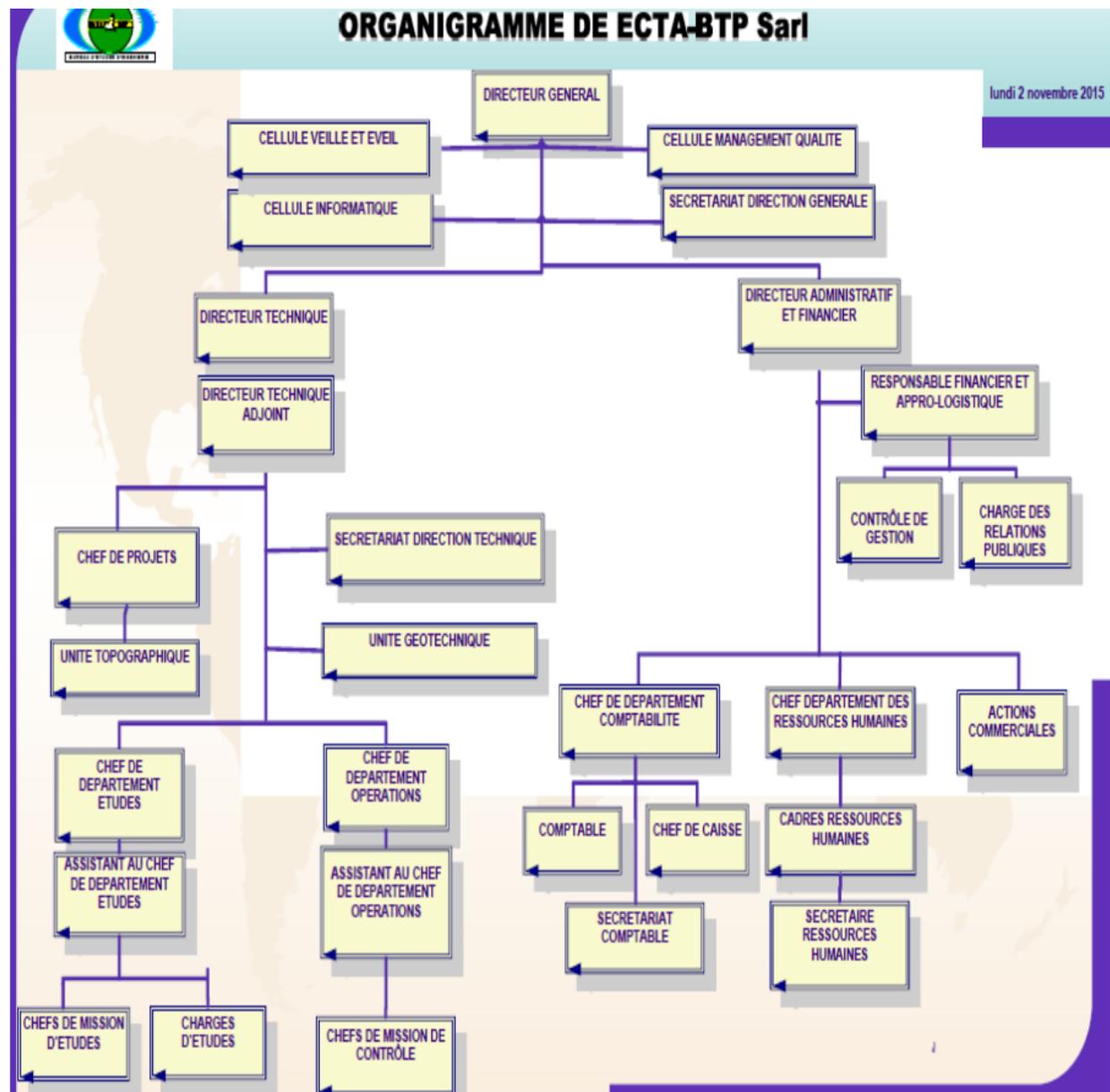


Figure 1: Organigramme issue de l'entreprise ECTA BTP

2. PRESENTATION DU PROJET

a. Situation géographique du projet

Notre projet se trouve au sud du Cameroun et la zone d'étude est celle encadrée en rouge

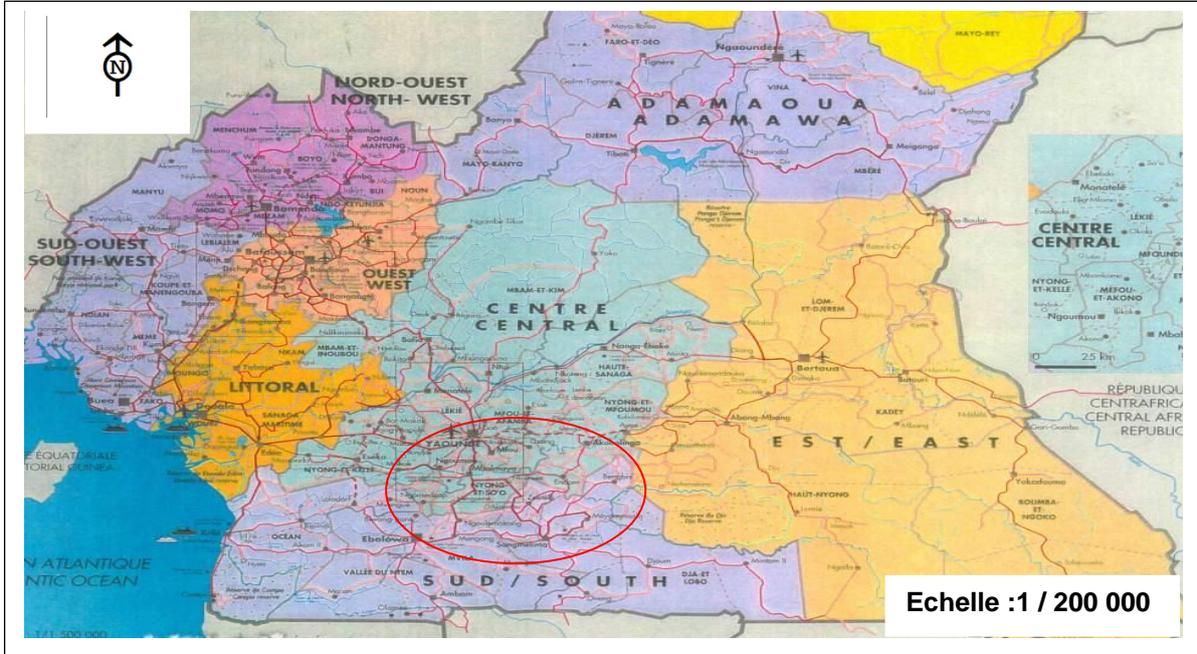


Figure 2: Plan de situation de la zone du projet sur le plan national

Le tronçon étudié est la voie en rose : le tronçon Lot 5 Ekong-Bengbis

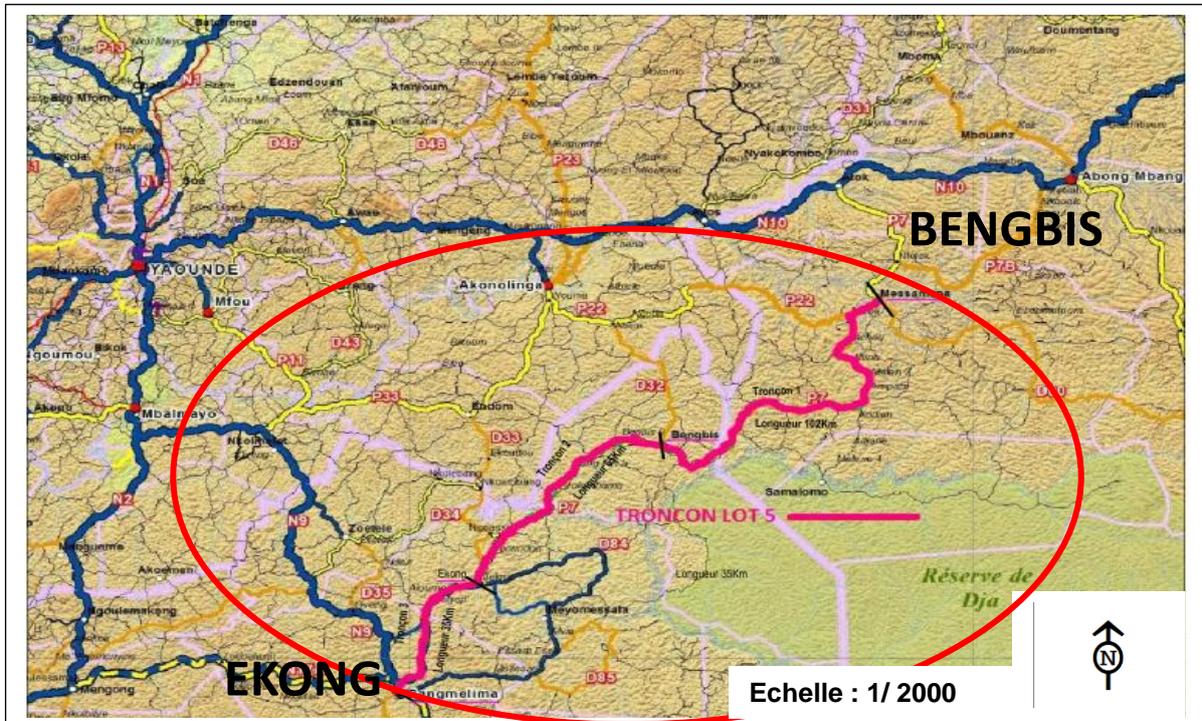


Figure 3: Situation du projet sur la carte routière de la zone régionale du sud cameroun

b. Etat des lieux

✓ Description de la route existante, tronçon d'étude

Le tracé du projet de la présente étude part de la route Sangmelima – Meyomessala au sud du Cameroun, plus précisément au lieu-dit *Carrefour EKONG* (environ 21 kilomètre avant d'arriver à Meyomessala) ; il passe par WO'O ABETE, NKONGMEKAK, MEYOS, NKOL EBO'O, ALEN, TENG, NYAMBZASSA, YEMEDANG et se termine à BENGGBIS. Il se situe entre 3°09' et 3°27' de latitude Nord et entre 12°07' et 12°27' de longitude Est. Ce projet a une longueur totale d'environ 65 km.

C'est une route en terre qui à fait l'objet d'un entretien périodique il y a de cela environ un an ; la route Ekong – Bengbis est praticable, mais avec d'énormes difficultés, surtout en saison de pluies. Ceci est en partie dû à l'érosion des couches de chaussées par les eaux de ruissèlement, et aussi aux inondations provoquées par la montée excessive du niveau des eaux du cours amont de la LOBO et d'autres cours d'eau des environs, du fait du barrage de MEKIN. Face à un Trafic de plus en plus croissant, elle fera l'objet d'une reconstruction en chaussée neuve.

✓ Ouvrages hydrauliques existant sur le tronçon d'étude

Les ouvrages hydrauliques existants sont essentiellement les buses et pont semi-définitifs. Un état des lieux des ouvrages a été dressé lors de la visite de terrain (*Annexe 12: Quelques photos du niveau de dégradation avance de la route*). Sur tout le long du projet soit 65 km, nous avons répertorié 54 Ouvrages. Les ouvrages identifiés dans notre tronçon d'études (du pk 48+015 – pk 53+015) soient 05 km de long ; sont présentés dans le tableau ci-dessous.

PK	TYPE D'OUVRAGES EXISTANTS	NOM DU COURS D'EAU	VILLAGE OU LOCALITE	NOM DE L'OUVRAGE	ETAT DE L'OUVRAGE
0+550	02 buses métalliques Ø1000	Affluent NSO'O	Nyambwassa	OA 1	Dégradation avancée
1+525	Pont forestier	Affluent NSO'O	Nyambwassa	OA 2	Dégradation avancée
2+275	Pont semi définitif Longueur : 9,20m	BOULOU	Nyambwassa	OA 3	Dégradation avancée
3+950	Pont en béton armé mixte : 19m	NSO'O	Yemedang	OA 4	Dégradation avancée
4+725	Pont semi définitif Longueur : 12,00m	NSO'O	Yemedang	OA 5	Dégradation avancée

✓ *Description de l'environnement socio-économique de la zone du projet*

Le contexte biophysique de la zone est marqué par une forêt dense humide guinéo-congolaise toujours verte, du district atlantique biafréen plus précisément, riche en Césalpiniacée (Letouzey 1985). C'est une forêt composée de plusieurs associations végétales. Cette zone n'échappe pas au caractère fondamental des forêts denses humides, caractère qui réside dans leur composition floristique, toujours très complexe. Il est donc aperçu ici qu'aucune espèce n'est dominante. D'où la difficulté de réduire cette forêt à des regroupements floristiques déterminés, ayant la valeur d'unité phytosociologique. La faune est riche et menacée par la forte pression des activités agricoles et l'exploitation forestière illégale ; cependant, on trouve encore dans les aires protégées des espèces protégées telles que les gorilles.

Le réseau hydrographique est assez dense dans la zone. A côté des grands cours d'eau tels la Lobo, le Nyong et le Dja, on rencontre des cours d'eau de moyenne importance qui arrosent toute la zone d'étude et ses villages riverains. Ces derniers tarissent pendant la saison sèche. Les périodes de crues quant à elles posent d'énormes problèmes de franchissement en saison de pluie notamment sur les zones inondables entre Koundessong et Messamena qui sont sur notre toncon d'étude.

La structure géologique est dominée par des roches métamorphiques, datant du Précambrien. Sous un climat chaud et humide, ces roches sont à l'origine des sols acides et pauvres en éléments nutritifs. Trois types de sols s'observent : les sols peu évolués sur les endroits à forte pente ; les sols hydromorphes dans les zones périodiquement inondées et les sols ferrallitiques jaunes ou rouges, développés à partir de la roche mère et fortement acides.

Sur le plan socioculturel, les villages riverains abritent une population totale d'environ 30 000 âmes constituée essentiellement de l'ethnie Elinga, Maka et Boulou. Les autres ethnies telles que les Mvaé, Ewondo, Bassa, Bamoun, etc., sont faiblement représentées.

Les activités agricoles et d'élevage constituent la base de l'économie en milieu paysan. Ainsi, en dehors de l'agriculture qui occupe à plus de 90% les populations riveraines, on peut également citer par ordre d'importance la vente de sable, la chasse, le sciage du bois, l'élevage et le petit commerce.

CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE DE L'ETUDE

1. OBJECTIF DU PROJET ET DE L'ETUDE

Le projet s'étend sur un linéaire de 65 Km, et a pour objectif global la réalisation de l'Etude d'Avant –Projet Détaillé (APD) sur un tronçon de 05 Km allant du Pk 48+015 au Pk 53+015 afin de permettre la réalisation des travaux de bitumage plus tard.

Cette étude sera faite avec rigueur afin d'assurer une bonne fonctionnalité de l'ouvrage dans le temps, la préservation de l'environnement tout en garantissant l'économie en terme de coût. Pour y arriver, nous allons nous fixer les objectifs spécifiques suivants à savoir :

- Réaliser la conception technique de la route,
- Effectuer l'étude technique des ouvrages d'assainissement de la route ;
- Réaliser une synthèse des études d'impact environnementale et sociale,
- Faire une évaluation du cout du projet.

2. METHODOLOGIE

L'étude du projet a pu être menée à bien grâce à une méthodologie rigoureuse adoptée afin que rien de ce qui touche à la qualité de l'étude ne soit omis ou négligé. Pour ce faire, la procédure suivante a été arrêtée :

Première phase

Les travaux qui se sont effectués lors de cette phase sont entre autres :

La recherche documentaire (documents et informations relatifs au projet). Après cette phase, suit la collecte des données pluviométriques qui vont nous renseigner sur les paramètres climatiques à prendre en compte pour la suite de nos travaux. Les études topographiques et hydrologique vont suivent les phases précédentes pour premièrement mieux apprécier la morphologie du terrain et faire le tracé routier en respectant les normes et deuxièmement pour bien identifier tous les cours d'eaux auxquels ont proposera des ouvrages. Les sondages géotechniques sur la plateforme de la chaussée suivie de la recherche des emprunts pour matériaux de structure de chaussée et la Recherche de carrières pour granulats de revêtement et

béton hydraulique seront simultanément menés. Enfin les enquêtes auprès des services publics, parapublics et aussi auprès des populations riveraines vont boucler la première phase.

Deuxième phase

Après la collecte des données et des informations capitales sur terrain nécessaires pour mener à bien le projet, le reste des travaux de l'étude est fait au bureau.

Ainsi, la conception technique de la route a été faite à partir des levés topographiques. Pour le traitement de ces données, on a eu recours à l'outil informatique. La conception du tracé en plan, des profils en travers et du profil en long s'est effectuée avec le logiciel Piste 5.05 à partir du fond topographique issue du traitement des données. Le logiciel Autocad 2018 a été utilisé pour les dessins.

Le calage de la ligne rouge ou ligne projet n'est définitif qu'après la détermination des sections hydrauliques des ouvrages transversaux qui dépendent non seulement des débits à évacuer, mais aussi de la topographie du site.

La structure de chaussée est dimensionnée manuellement et vérifiée avec le logiciel Alizé Lcpc.

L'étude hydrologique et hydraulique a été faite en partie en utilisant le tableur Excel. Des calculs du dimensionnement hydraulique des ouvrages. Quant à la délimitation des bassins versants, elle a été faite à l'aide d'Autocad.

Le dimensionnement béton armé des ouvrages (dalots au pk 1+525 dans le nouveau repère) et fossé triangulaire est réalisé manuellement.

Les plans graphiques relatifs à la conception du tracé en plan, des profils en travers, du profil en long ainsi que les plans des ouvrages seront joints en annexe.

3. RESULTATS ATTENDUS

Les résultats attendus sont :

- La conception technique de la route
- L'étude et le dimensionnement des ouvrages d'assainissement
- L'évaluation du cout des travaux

Le document synthèse faisant l'état des résultats de l'étude du projet sera structuré comme suit :

- Présentation du projet
- Etude topographique et géométrique routière
- Etude géotechnique et dimensionnement de la chaussée
- Etude hydrologique et hydrauliques
- Dimensionnement béton armé des ouvrages d'assainissements
- Synthèse de l'étude d'impact environnemental et social du projet
- Estimation du cout du projet

CHAPITRE 3 : ETUDE TOPOGRAPHIQUE ET GEOMETRIE ROUTIERE

1. ETUDE TOPOGRAPHIQUE

a. Polygone de base

La polygone de base existante a été rattachée au système de coordonnées XYZ du Cameroun (Repère topographique de l'institut géographique du Cameroun). La polygone de base et les points complémentaires déterminés à l'aide de la polygone secondaire, ont été déterminés par levé directs (avec théodolite et distance mètre électronique). Son exécution a été menée sur les bases suivantes :

- Longueur des cotés appropriée au projet environ 100 à 300 m selon l'environnement et la présence des obstacles ou pas;
- Matérialisation par des piquets de fer cimentés et déportés par des bornes implantées hors emprise, avec numéros gravés dans le ciment de la borne ;
- Calculs en planimétrie et altimétrie des sommets et des bornes déport de cette polygone et compensation avec les repères topographiques existants ;
- Croquis de repérage signalétique de chaque station de la polygone avec ses bornes de déport.

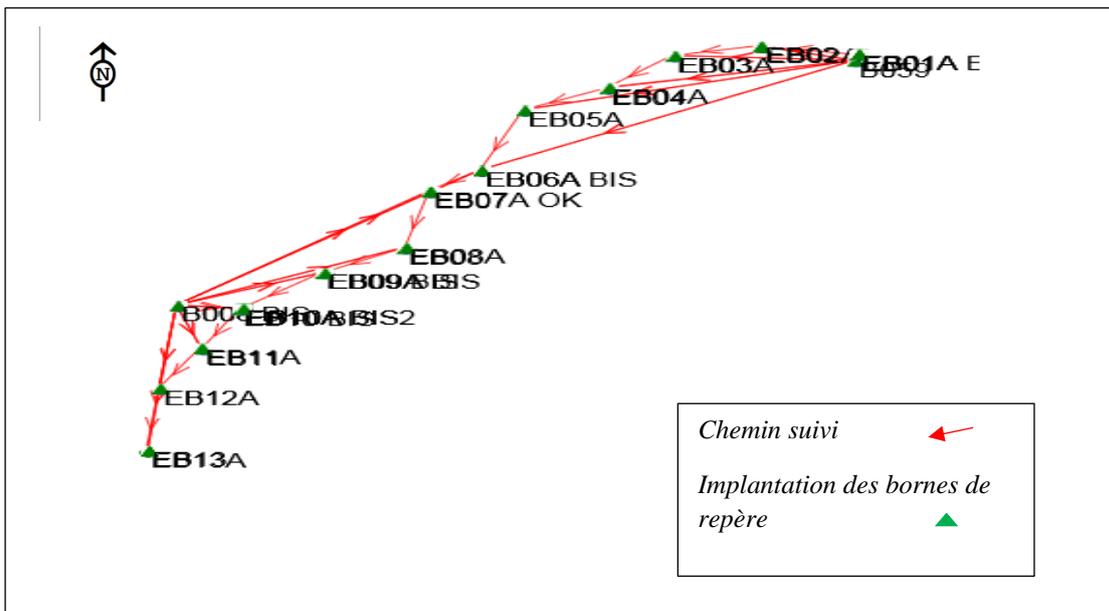


Figure 4: Un aperçu du réseau ajustement de la polygone de base issue des travaux topographiques

b. Emprise de la route levée

La largeur du levé a été adaptée au terrain naturel. La largeur de la bande d'étude a été :

En zone de rase campagne limitée par 2 points situés à 50 m minimum par rapport à l'axe de la bande.

Les travaux topographiques de la bande d'étude ont été menés à partir des stations de la polygonale de base sur les principes suivants :

Profils en travers équidistants de 50 m en moyenne, densité adapté à la topographie des lieux, 5 à 10 points par profil en travers (axe, côté gauche et droit de la plateforme, pieds de talus droit et gauche, fils d'eau et crête du fossé latéral, point déporté gauche et droit d'extérieur de la bande), renseignements utiles (arbres de circonférence supérieure à 1 m, poteaux électriques et téléphoniques...)

2. ETUDE DE LA GEOMETRIE ROUTIERE

a. Le tracé en plan

Le tracé en plan est la projection en plan de l'axe de la route. Elle se définit comme étant une succession d'alignements droits et courbes. Entre alignements droits, on effectue des raccordements pour assurer la sécurité et le confort dans la conduite. Ces raccordements sont soit circulaires (pour les rayons non déversés). Le rayon maximal utilisé dans ce projet est de 11 000 m et le rayon minimal de 3 000 m. La longueur des clothoïdes est obtenue par la formule

$L_{cloth} = \inf(6R^{0.4}, 67)$. Le tracé en plan est conçu en fonction des paramètres fondamentaux

des projets routiers. Pour ce projet, la vitesse de référence est de 80 Km/h. La conception géométrique a été faite en utilisant les normes de ARP contenue dans le tableau N°1 Ci-dessous.

Le résultat du tracé en plan dans le tronçon de 5,000 Km d'étude (pk 48+015 –pk 53+015) donne 3 239 ml d'alignement droit soit 64.72 % et 1 761 ml de courbe dont 35.19% raccordements progressifs. Le plus grand dévers observé est de 7 % (*les éléments d'implantation sont joints en Annexe 1 page A*)

Table 1: Tableau des paramètres pour le tracé en plan issue de ARP

DESIGNATION DU PARAMETRE		Symbole et unité	Catégorie de Route					
			4e	3e	2e	1e	Except.	
Vitesse de référence		Vr (Km/h)	40	60	80	100	120	
Tracé en plan	Dévers 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 (5%)	240 (5%)	425 (5%)	665 (4%)	1000 (4%)
		Au dévers minimal (*)	RH'' (2.5%)	250	450	650	900	1500
			RH'' (2%)	300	500	700	1000	1600
Non déversé	RH'	400	600	900	1300	1800		

b. Le profil en long ou ligne rouge

• Les raccordements

Le profil en long se caractérise par une succession de déclivités liées par des raccordements paraboliques. Ces déclivités sont composées de pentes et de rampes. Pour la vitesse de référence de 80 km/h, la déclivité maximale admise est de 6% car les fortes pentes peuvent engendrer des problèmes de freinage et perte de contrôle des véhicules surtout les poids lourds. On s'imposera toutefois pour permettre l'évacuation des eaux de surface d'assurer les déclivités minimales suivante :

- 0.5% dans les zones où la pente transversale de la chaussée est inférieure à 0.5%
- Dans les longues sections en déblais : au moins 0.2% pour que l'ouvrage longitudinal d'évacuation des eaux ne soit pas trop profondément enterré du côté aval,
- Au moins 0.2% dans les sections en remblai prévues avec des descentes d'eau.

Les raccordements sont faits soit en angle saillant soit en angle rentrant. Pour les deux cas, les rayons correspondant doivent être dimensionnés au regard des contraintes de sécurité, de visibilité et aussi de confort vis-à-vis de l'utilisateur. Pour respecter ces contraintes de sécurité et de visibilité, les normes utilisées sont répertoriées dans le tableau N° 2 ci-dessous

Les paramètres du profil en long sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Table 2: Paramètres pour le tracé du profil en long issue de ARP

DESIGNATION DU PARAMETRE			Symbole et unité	Catégorie de Route					
				4e	3e	2e	1e	Except.	
Vitesse de référence			V _r (Km/h)	40	60	80	100	120	
Tracé en plan	Dévers 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 (5%)	240 (5%)	425 (5%)	665 (4%)	1000 (4%)	
		Au dévers minimal (*)	RH'' (2.5%) RH'' (2%)	250 300	450 500	650 700	900 1000	1500 1600	
		Non déversé	RH'	400	600	900	1300	1800	
Déclivité maximale en rampe			□ m (%)	8	7	6	5	4	
Profil en long	Rayon avec angle saillant Rv(m)	Chaussée unidirectionnelle. (Route à 4 voies ou à 2 chaussées)	Minimal absolu	RVm1	500	1500	3000	6000	12000
			Minimal normal	RVN1	1500	3000	6000	12000	12000
		Chaussée bidirectionnelle. (Route à 2 ou 3voies)	Minimal absolu	RVm2	500	1600	4500	10000	
			minimal normal	RVN2	1600	4500	10000	17000	
	Rayon en angle rentrant RV' (m)	Minimal absolu		RVm'	700	1500	2200	3000	4200
		Minimal normal		RVN'	1500	2200	3000	4200	6000
Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement minimale sur route à 2 ou 3 voies			RVD (m)	2500	6500	11000	17000	28000	

Tableau des paramètres fondamentaux

(*) Le dévers minimal est 2.5% pour chaussée bitumineux, 2% pour chaussée en béton de ciment

Le respect de bonnes conditions de visibilité et la garantie d'une bonne lisibilité de l'itinéraire par l'utilisateur imposent de veiller à une bonne coordination des éléments du tracé en plan et du profil en long.

C'est la combinaison des deux éléments qui conditionne l'image offerte réellement à l'utilisateur et de ce fait et le paramètre déterminent vis-à-vis de son comportement. On veillera donc pour réussir cette combinaison à :

- Faire coïncider les courbes du tracé en plan avec les courbes du profil en long tout en respectant une proportion entre le rayon en plan et le rayon en profil.

➤ **Résultats de la conception du profil en long**

Les résultats de cette phase de l'étude se présente comme suit :

- Les déclivités au nombre de 11 dont la plus forte est de 3.27 % (*Voir tracé combiné à l'Annexe 12 page CCCC*)
 - Les raccordements paraboliques au nombre de 11 (*Voir tracé combiné à l'Annexe 12 page CCCC*) ;
- Les éléments d'implantation et la tabulation (*voir Annexe 1 page A*)

c. **L'étude des profils en travers**

Le profil en travers d'une route est une coupe transversale effectuée perpendiculairement à l'axe du tracé en plan. Cette coupe permet de mettre en évidence la géométrie de la chaussée à savoir :

- Le nombre de voie ;
- La largeur des voies ;
- La largeur des accotements ;
- Les dévers et les talus ;
- La structure du corps de chaussée.

Le choix du profil en travers est fonction du niveau de service, donc du standard d'aménagement projeté. Pour ce projet, les caractéristiques des profils en travers sont décrites comme suit :

Le profil en travers en toit qui a été adopté contient les équipements suivants :

- Deux voies de 3,5 mètres chacune
- Des accotements de 1,5 mètre en rase campagne
- Des glissières GBA normalisées
- Des bordures T2 et CS2
- Des fossés avant le talus de déblai ou de remblai de pentes respectives 1/3 et 2/3
- Des bordures A2 de fin d'accotement et I2 sur les Ilots
- Une sur largeur de plateforme de 1,00 au niveau des grands remblais

➤ Dévers

Les dévers utilisés sont conformes au Guide Technique SETRA « Aménagement des Routes Principales » (1994) tel que le présente le tableau suivant

Table 3 : Valeur des dévers pour le tracé des profils en travers issue de ARP

Valeur du rayon	Sens du dévers	Valeur du dévers (%)
240 m	vers l'intérieur du virage	7%
Compris entre 240 et 650 m	vers l'intérieur du virage	-0,13+ 1712,2/R
650 m	vers l'intérieur du virage	2,50%
Compris entre 650 et 900 m	vers l'intérieur du virage	2.5 %
900 m ou plus	en toit	2.5 %

Les profils en travers types de notre route sont inscrit plus bas sur les *figure 5*, *figure 6* et *figure 7*

- Profils en travers types

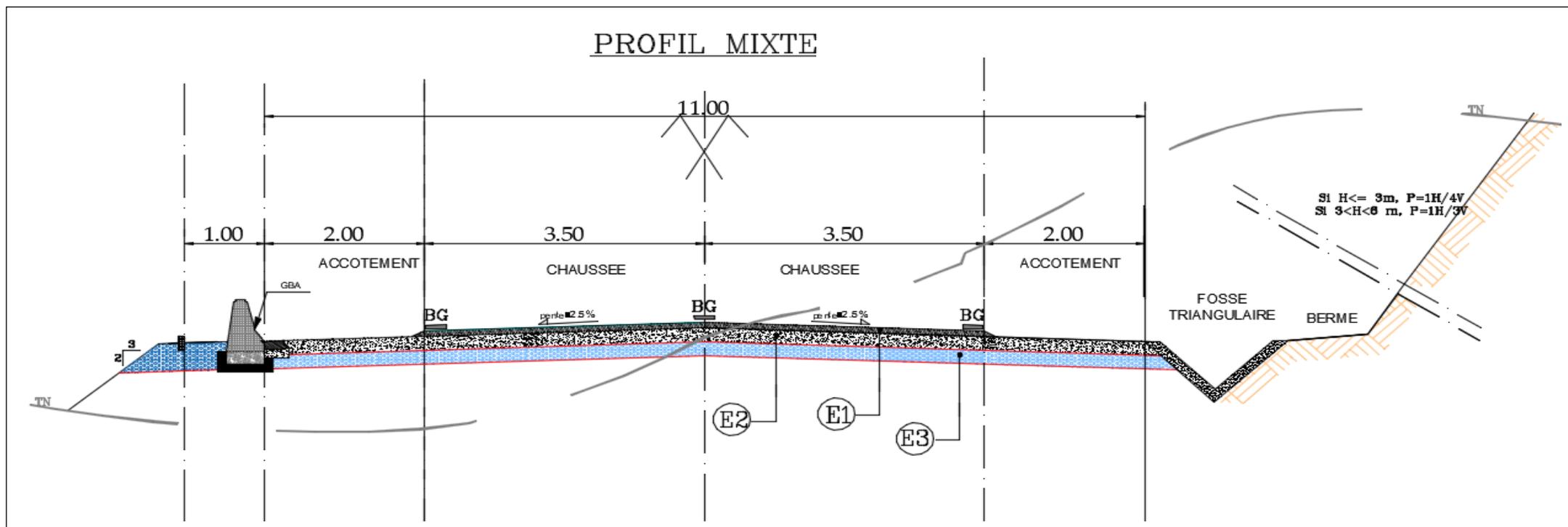
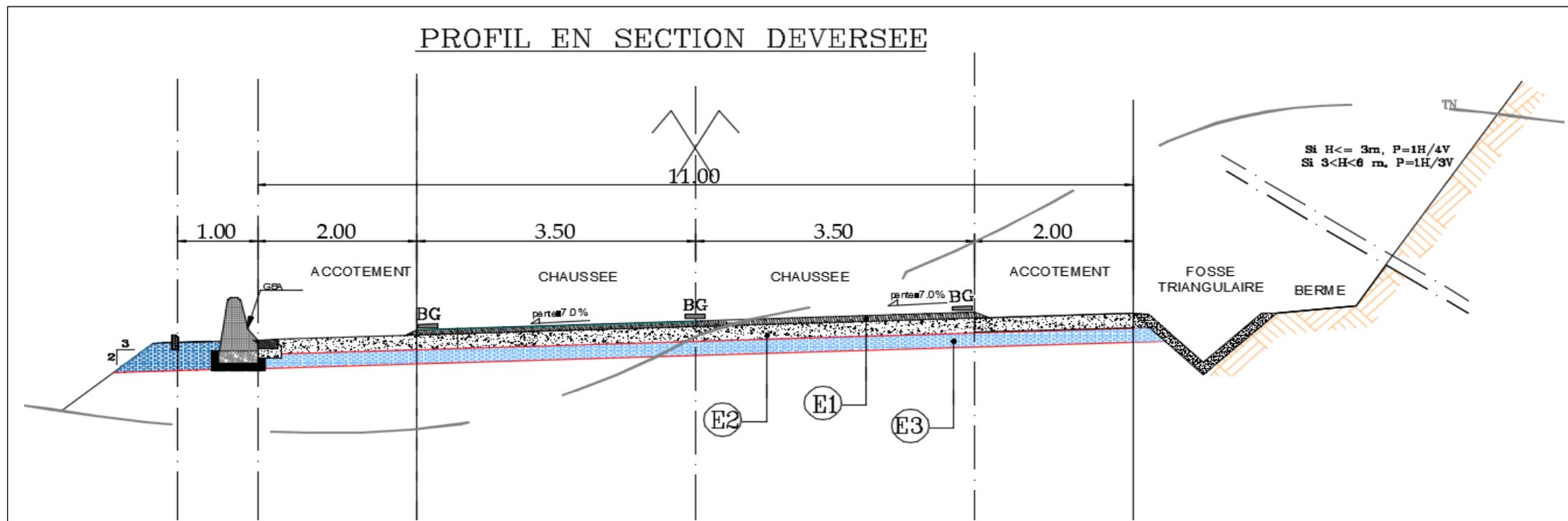


Figure 5: Profil en travers type 1 mixte non déversé

E1 : Couche de roulement
 E2 : Couche de base
 E3 : Couche de fondation



E1 : Couche de roulement

E2 : Couche de base

E3 : Couche de fondation

Figure 6: Profil en travers type 2 section déversé

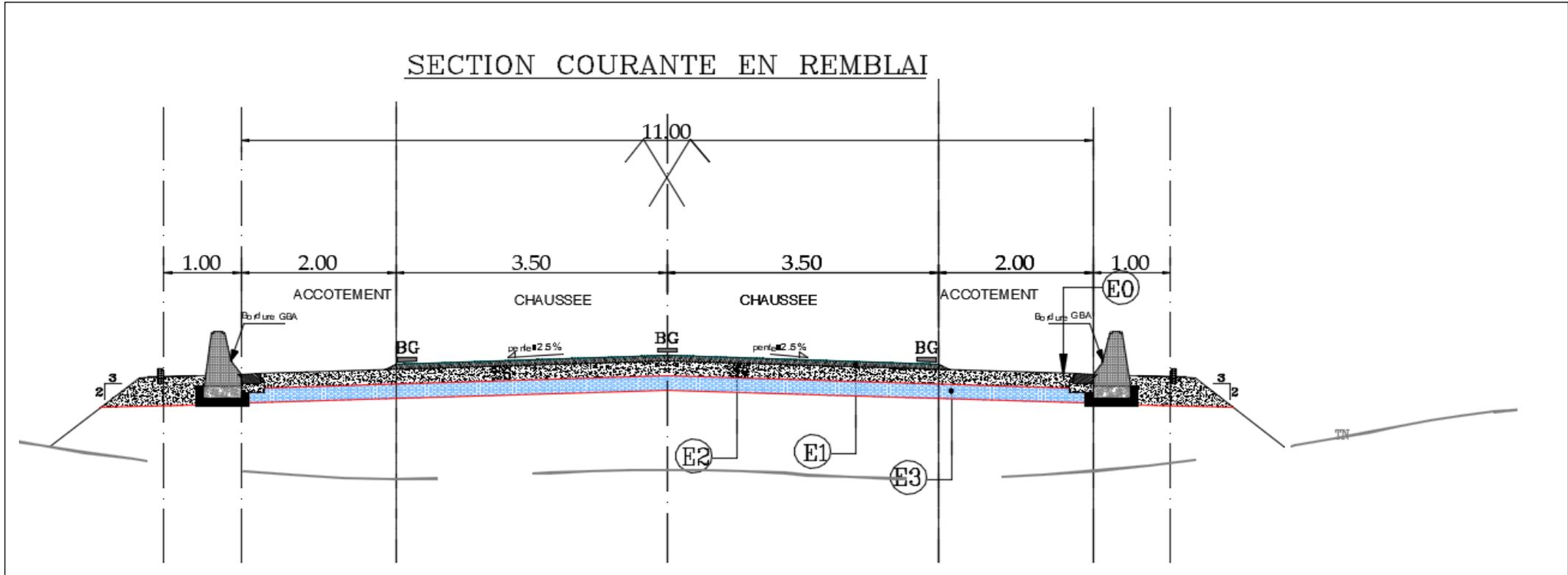


Figure 7: Profil en travers type 3 section courante en remblais

- E1 : Couche de roulement
- E2 : Couche de base
- E3 : Couche de fondation

Conclusion partielle

Il a été question dans cette partie d'établir la conception géométrique de notre route. En respectant les normes de ARP, nous avons pu établir un tracé en plan, un profil en long et des profils en travers types. Le choix définitif du tracé retenu a été guidé en préconisant les critères de coût à savoir ; le minimum d'expropriation possible, de démolition d'infrastructure existant.

CHAPITRE 4 : ETUDE GEOTECHNIQUE

Introduction

Pour l'exécution des travaux de construction de l'infrastructure routière EKONG-BENGBIS, une étude géotechnique est nécessaire. Dans le cadre de ce projet, la consistance de l'étude géotechnique commanditée par ECTA-BTP au Bureau d'étude d'investigation géotechnique SOIL AND WATER portait sur :

- **La reconnaissance des sols de la plate-forme par l'exécution des sondages avec prélèvement d'échantillons remaniés ;**
- **L'établissement de coupes géotechnique de chaque sondage ;**
- **La recherche et la reconnaissance de matériaux de viabilité pour corps de chaussé ;**
- **La prospection et l'étude de gisements de granulats pour bétons hydrauliques ;**
- **La réalisation des essais en laboratoire afin de déterminer la portance et la qualité des sols et matériaux (caractériser)**

Pour mener à bien cette mission, une équipe de sondage et de reconnaissance des sols du tracé, une équipe de prospection de matériaux de viabilité pour corps de chaussée et granulats pour béton et pour revêtement ont été mise en place en phase terrain. Ces équipes sont coordonnées par un ingénieur géotechnicien.

1. CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE DES SOLS DE LA PLATEFORME (SONDAGE SUR LA PLATEFORME ZONE ETUDIE Pk 48+015 au Pk 53+015)

En ce qui concerne la reconnaissance des sols de plateforme sur le tracé du tronçon Ekong-Bengbis, Plusieurs sondages ont été effectués. Réalisés à chaque 250 m environ, ils ont été réalisés manuellement grâce à la tarière.

La profondeur de ces sondages a varié de 0,5 m à 2,5 m de profondeur en fonction des cotes de la ligne Rouge et de la proximité des horizons durs (roche ou cuirasse). L'observation des logs stratigraphiques des puits ouverts le long du projet a permis de constater l'existence d'une alternance irrégulière de haut en bas de :

- La terre végétale ;
- Sols fins argileux
- Sols grenus
- Roches décomposées ou altérées

2. ESSAIS DE LABORATOIRE D'IDENTIFICATION DES SOLS DE PLATEFORME

Les échantillons prélevés lors de l'exécution des sondages ont fait l'objet d'analyse au laboratoire afin de révéler les caractéristiques des sols supports traverses et des différents emprunts pour matériaux de viabilité. Les essais d'identification réalisés sur ces échantillons sont :

- L'analyse granulométrique ;
- Les limites d'Atterberg ;
- Essai Proctor modifié
- Essai CBR

Les résultats de tous ces essais sont présentés dans le tableaux N°0 (*Tableau récapitulatif des essais d'identification des matériaux de la plateforme*) qui suit :

Tableau 1: Récapitulatif des essais d'identification des matériaux de la plateforme

Soil & Water
INVESTIGATION S.A
 BP 5 640 Yaoundé - CAMEROUN
 Tél: 222 2197 16 / 694 84 09 51

PROJET : ETUDES GEOTECHNIQUES EN VUE DE LA CONSTRUCTION DE CERTAINS TRONÇONS DE ROUTES DANS LE CADRE DU PROGRAMME D'AMENAGEMENT ET DE DEVELOPPEMENT DE LA BOUCLE MINIERE DU DJA ET DE LA ZONE FRONTALIERE ADJACENTE DANS LES REGIONS DU CENTRE, DE L'EST ET DU SUD. LOT 5
TRONÇON 2 : EKONG - BENGBIS (APD)

TABLEAU RECAPITULATIF DES ESSAIS D'IDENTIFICATION DES MATERIAUX DE LA PLATE FORME

Localisation (PK)	Coordonnées GPS (UTM)	N° Puits	Profondeur de prélèvement (m)	Nature des matériaux	ANALYSE GRANULOMETRIQUE (ouverture des tamis en mm)												Limites d'Atterberg			Proctor modifié		CBR à 95 (%) OPM 4jr d' imb	Ys t/m ³	w nat. %	Classification H.R.B.	Classe de portance	Gonflement t(%)	
					31,5	25,0	20,0	16,0	12,5	10,0	8,0	5,0	2,0	1,0	0,5	0,08	L.L	LP	I.P	Y _d t/m ³	w %							
46+615		P197 CG	0,10-0,60	Argile sableuse rougeâtre	100	100	100	100		100		100	99		97	52	37,3		12,4	1,9	12	19	2,611	19	A-6(4)	S4	0,00	
46+845	33 N 204712 380170	P 198	0,30 - 1,50	Argile rougeâtre	100	100	100	100	100	100	100	98	94	90	86	57	50,3	25,8	24,5	1,68	19,9	15	2,623	24,1	A-7-6(11)	S3		
47+082	33 N 205091 380278	P 199	0,50 - 1,20	Gravé latéritique argileuse rougeâtre	100	100	96	91	84	78	71	54	41	37	35	27	48,1	20,7	27,4	2,01	10,7	27	2,673	14,5	A-2-7(2)	S4		
47+315		P200 CG	0,20-1,00	Gravé argilo-sableuse rougeâtre	100	100	99	95		82		60	55		50	36	65		32,2	1,952	15,2	36	2,839	18,8	A-7-5(5)	S5	0,00	
47+565	33 N 205609 380388	P 201	0,00 - 0,70	Argile rougeâtre	100	100	100	100	100	100	100	70	68,6	64	59	52,7	57	32,1	24,9	1,734	20,6	16	2,737	30,1	A-7-5(11)	S4		
47+815		P202 CD	0,10-1,40	Argile sableuse rougeâtre	100	100	100	100		100		100	97		91	64	59,5		27,9	1,715	19,7	20	2,686	32,5	A-7-5(16)	S4	0,00	
48+078	33 N 206088 380263	P 203	0,00 - 0,70	Argile rougeâtre	100	100	100	100	100	100	100	100	99	97	94	62	62,8	34,5	28,3	1,77	17,3	13	2,683	28,3	A-7-5(15)	S3		
48+340		P204 CG	0,10-0,60	Argile sableuse rougeâtre	100	100	100	100		100		100	97		88	55	46,1		19,4	1,77	17,8	18	2,646	24,2	A-7-6(8)	S4	0,00	
48+600	33 N 206393 380330	P 205	0,10 - 1,00	Argile rougeâtre	100	100	100	100	100	100	99	98	97	94	90	64	43,6	23,9	19,7	1,836	17,4	10	2,783	28,1	A-7-6(10)	S2		
48+865		P206 CD	0,10-1,10	Gravé sablo-argileuse	100	100	100	100		78		69	60		55	22	58		25,3	1,994	12,8	23	2,742	19	A-2-7(1)	S4	0,00	
49+115	33 N 206864 380790	P 207	0,00 - 0,90	Argile rougeâtre	100	98	97	95	93	89	84	74	65	62	60	40	53,6	28,1	25,5	1,997	15,3	11	2,912	20,5	A-7-6(5)	S3		
49+365		P208 CG	0,10-0,50	Argile sableuse rougeâtre	100	100	100	100		100		98	96		91	68	54,5		23,7	1,707	20,5	18	2,683	26,6	A-7-5(15)	S4	0,00	
49+790	33 N 207240 381140	P 209	0,40 - 0,80	Argile bariolée	100	100	100	100	100	98	96	93	88	83	79	63	57,4	34,7	22,7	1,942	15,6	12	2,859	19,7	A-7-5(13)	S3		
49+990		P210 CG	0,10-0,50	Argile sableuse rougeâtre	100	100	100	100		100		100	99		94	73	57,6		26,5	1,698	22,5	20	2,893	29,4	A-7-5(18)	S4	0,00	
50+380	33 N 207653 381424	P 211	0,10 - 1,50	Argile rougeâtre	100	100	99	98	98	98	98	98	98	98	96	94	77	54,8	33,8	21	1,64	25,3	11	2,85	34,8	A-7-5(15)	S3	
50+500		P212 CD	0,10-0,50	Argile sableuse rougeâtre	100	100	100	100		100		100	99		96	72	56,2		25,3	1,696	19,8	16	2,615	33,3	A-7-5(16)	S4	0,00	
50+750	33 N 208193 381175	P 213	0,00 - 0,40	Gravé latéritique argileuse rougeâtre	100	100	97	96	89	80	71	52	33	27	24	17	35,9	26,1	9,8	2,233	10,2	50	2,969	10,1	A-2-4(0)	S5		
51+000		P214 CD	0,10-0,50	Argile sableuse brunâtre	100	100	100	100		100		100	100		96	59	47,7		20,1	1,786	18,6	15	2,782	25,4	A-7-6(10)	S3	0,00	
51+250	33 N 208457 381093	P 215	0,20 - 1,70	Argile brunâtre	100	100	100	100	100	100	100	100	97	94	90	74	48,3	26,9	21,4	1,747	21	16	2,799	28,2	A-7-6(14)	S4		
51+500		P216 CD	0,15-1,00	Argile sableuse rougeâtre	100	100	100	100		100		100	98		89	62	52,5		22,5	1,785	19,2	12	2,758	22,7	A-7-5(12)	S3	0,00	
51+760	33 N 208950 381208	P 217	0,20 - 1,10	Argile gravéleuse brunâtre	100	100	99	98	98	98	97	96	92	84	78	60	53,8	32,4	21,4	1,923	15,8	9	2,838	14,6	A-7-5(11)	S2		
52+050		P218 CG	0,10-1,00	Argile sablo-grovéleuse rougeâtre	100	100	100	99		94		81	70		66	56	57,4		26,7	1,887	13,3	29	2,679	20,8	A-7-5(13)	S4	0,00	
52+285	33 N 209445 381323	P 219	0,10 - 1,00	Argile rougeâtre	100	100	100	100	100	100	100	99	98	94	90	60	52,6	25,3	27,3	1,796	16,3	18	2,638	22,4	A-7-6(13)	S4		
52+525		P220 CG	0,10-0,70	Gravé latéritique rougeâtre	100	100	91	88		74		59	46		39	16	58,2		29,9	2,006	11,7	58	2,697	12	A-2-7(0)	S5	0,00	
53+015	33 N 210121 381389	P 221	0,10 - 1,10	Argile gravéleuse jaunâtre	98	96	95	92	91	89	87	83	75	71	68	51	40	20,7	19,3	2,045	12,8	23	2,841	12,4	A-6(7)	S4		
53+125		P222 CD	0,10-2,00	Gravé latéritique rougeâtre	100	100	100	99		89		54	31		25	14	69,3		5,8	1,911	10,7	63	2,577	27,8	A-2-7(0)	S6	0,00	
53+565	33 N 210654 381402	P 223	0,30 - 1,10	Argile rougeâtre	100	100	100	100	100	100	100	98	96	92	86	59	40,3	19,7	20,6	1,872	15,5	9	2,742	17,8	A-7-6(9)	S2		

3. CLASSE DES SOLS DE LA PLATEFORME

Les résultats obtenus à partir des échantillons remaniés issus des sondages ont permis de classer les sols en différentes classes. En effet, il existe plusieurs classifications usuelles dont :

- La classification française LCPC (Laboratoire Centrale des Ponts et Chaussées) qui caractérise essentiellement la nature des matériaux en fonction de leur granulométrie et leur plasticité ;
- La classification American HRB (Highway Research Board) ou AASHO (American Association of States Highway Officials). Elle est celle qui est fréquemment la plus utilisée et se base sur analyse granulométrique et les limites d'Atterberg ;
- La classification française RTR (Recommandation pour les terrassements routiers) ; elle s'appuie sur les sols utilisables en remblai et en couche de forme des infrastructures routières.

Pour le présent projet, la classification utilisée est la classification américaine ou A.A.S.H.O. Les classes de plateforme sont déterminées notamment à partir des essais de détermination de portance, principalement l'indice CBR. Ainsi, à partir des résultats de l'indice CBR et du « Guide de dimensionnement de chaussées pour les pays tropicaux » qui utilise habituellement cinq classes de portance, on a comme l'indique le tableau N°1 ci-dessous les classes de sols.

Tableau 2: Classe de portance des sols issue du CEBTP

Classe	Valeur CBR
S1	CBR<5
S2	5 <CBR<10
S3	10<CBR<15
S4	15 <CBR<30
S5	CBR>30

Dans le tableau ci-dessus, est récapitulé les différentes classes des sols de plateforme traversée :

A l'analyse des résultats des essais de sondage de plateforme consigné dans les tableaux ci (*Tableau 1 : Classe de portance des sols*) haut, on remarque une proportion de 60 % de sol de classe S4 selon le CEBTP dans notre tronçon d'étude. Nous allons donc retenir la classe S4 pour la suite notre étude.

4. RECHERCHE DE MATERIAUX DE VIABLES

La recherche et la reconnaissance géologique des gites de matériaux de viabilité a été orientée vers :

- La recherche de gites d'emprunts de graveleux Latéritiques,
- La recherche de gites de roches massives.

a. Recherche de zone d'emprunts de Graveleux Latéritiques

La reconnaissance des zone d'emprunts de matériaux pour corps de chaussée et sol d'assise par endroit, en phase d'APD a été effectué comme suit :

- Observation visuelle (observation des talus, des pistes existantes, de la végétation et des sites d'emprunts antérieurement exploités)
- Enquête auprès des populations locales ;
- Exploitation de la carte géologique locale.

L'exécution des sondages permet de confirmer les informations issues de la première phase ci haut. La recherche c'est poursuivi par l'exécution de 62 puits manuels sur la longueur totale du projet à une profondeur variant de 1,10 à 2,00m. 18 Sites de graveleux latéritiques ont été repères sur tout le projet, dont **01 Sur notre tronçon d'étude au pk52+000**. La prospections s'est faite suivant un maillage variant de 50 m à 300 m autour de l'axe du projet. Chaque emprunt fait l'objet d'un plan de détails levé au GPS.

Afin d'aboutir à des résultats fiables, chaque échantillon de graveleux prélevé est sujet en laboratoire des essais d'identification suivant :

- Teneur en eau naturelle,
- Analyse granulométrique,
- Limites d'Atterberg

- Essais Proctor modifié
- Essais de portance CBR

Tableau récapitulatif des résultats des essais d'identifications de la zone d'emprunt de notre tronçon se situe (en annexe 5 page C). Résultat des zones de purge et substitution de remblais de GL pour sol d'assise sur notre tronçon figure aussi (en Annexe 5 page C). La figure 8 ci-dessous représente les zones d'emprunts de graveleux latéritique identifié tout au long du projet.

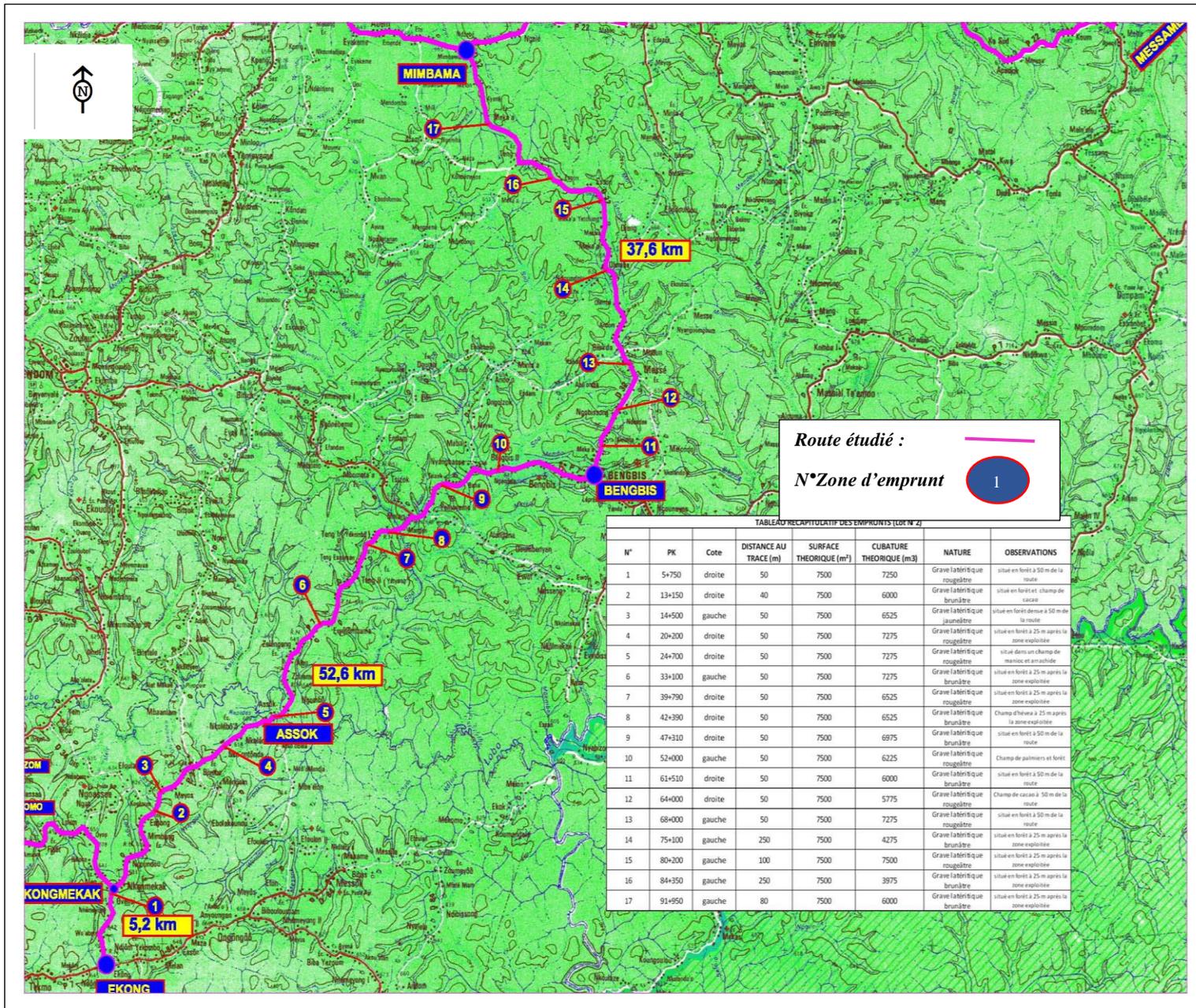


Figure 8: Carte des zones d'emprunt de grave latéritique issue des résultats des sondages

b. Recherche de carrières pour matériaux de revêtement et béton hydraulique

Dans la recherche de granulats, de matériaux rocheux pour revêtement béton bitumineux et béton hydrauliques, nous avons pu repérer 05 Massifs rocheux sur tout le projet, dont 01 sur notre tronçons d'étude notamment au pk 53+015 (23 800 m³). Après sondage carottes sur les dits massifs, les prélèvements ont subi les essais suivants :

- Essais d'identification (Analyse granulométrique...)
- Essais de dureté (Los Angeles et micro Deval humide)
- Essais de concassage de forme et d'adhésivité

Tableau 3: Repérage de carrière dans le tronçon étudié issue des résultats de la prospection

N° CARRIERE	Localisation (PK d'entrée)	Coté	Coordonnées GPS d'entrée	Distance par rapport à l'axe du projet (m)	Profondeur (m)	Superficie (m ²)	Volume (m ³)
N°5 (YEMEDANG)	PK 53+015	Gauche et droit	Gauche 33 N 210143 381434 Droite 33 N 209749 381080	Gauche = 40 Droite = 385	10,50	22 667	238 000

Tableau 4: Tableau récapitulatif des essais sur échantillon de roche du tronçon étudié issue des résultats en laboratoire

N	Localisation (pk)	Nature du matériau	Profondeurs	Poids spécifique	Micro Deval		Los Angeles		Coef d'aplatissement		Adhésivité	
					6/10	10/14	6/10	10/14	6/10	10/14	6/10	10/14
5	Village YEMEDANG Pk 53+015	Schiste	0-5 m	2.623	63	40	51	44	37.11	26.76	96	96
			5-10 m		65	42.2	51	44	33.34	24031	95	94

Tous les résultats sont concluants suivant les valeurs prescrites par le CCTP

5. DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE

a. Etape du dimensionnement

- ✚ Identification de la qualité du sol support ou sols de fondation et classification des sols des zones d'emprunt et matériaux environnant selon le LCPC
- ✚ Evaluation du trafic poids lourd cumulé et détermination de la durée de vie de la chaussée
- ✚ Choix de la structure de chaussée selon la méthode du CEBTP
- ✚ Calcul des déformations verticale admissibles
- ✚ Vérification du dimensionnement par le logiciel Alizé LCPC

b. Calculs

Le dimensionnement de la chaussée a été fait en se basant sur les paramètres suivants :

- ***La qualité du sol support ou sols de fondation :***

Il est nécessaire de disposer d'un sol support de bonne qualité pour que le corps de chaussée soit mis en place dans des conditions satisfaisantes et qu'il puisse conserver dans le temps une indéformabilité suffisante ;

- ***Le trafic et la durée de vie de la chaussée :***

Ici c'est le trafic poids lourd estimé en nombre de passage cumulé d'un essieu standard de 13 tonnes qui est considéré. La route est projetée pour une durée de vie de 20 ans.

- ***La qualité des matériaux entrant dans la structure de chaussée :***

Le dimensionnement de la chaussée tient aussi compte de l'environnement dans lequel la route est réalisée. Les sols de plateforme du tronçon de route de 5 km étudié sont majoritairement constitués de sols argilo-sableux couleur rougeâtre à jaunâtre et de grave latéritiques rougeâtres.

- ***Données et projection du trafic PL***

Une campagne de comptage de véhicule a été initié sur une durée d'une semaine. Le tableau (*en Annexe 6 page D*) présente le trafic moyen journalier en 2018 sur ledit tronçon d'étude. C'est en effet la projection des comptages enregistré par jour et par catégorie de véhicule, dans les deux sens de circulation.

- **Calcul du trafic poids lourd cumulé**

Un trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) correspondant au nombre de véhicule poids Lourds (PL) de 134 (Confère annexe 6);

Le trafic cumulé T_c devant emprunter la route pendant sa durée de vie qui est de 20 ans est calculé comme suite :

- **Cas de croissance exponentielle**

$$t_n = t_1(1 + i)^{n-1}$$

$$365 \sum_1^n t_n = 365 t_1 \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$$t_n = t_1(1 + 0,07)^{20-1}$$

Avec :

t_1 : trafic moyen journalier de la première année ;

$t_1 = 134 \text{ PL/j}$;

t_n : trafic moyen journalier de l'année n ;

n : nombre d'années ($n = 20$) ;

Le calcul du trafic nous donne un trafic T_3 (Annexe 6 page D)

Tableau 5: Récapitulatif des données de Pré dimensionnement de la méthode de CEBTP

Classe de trafic			
Type de trafic	T3	Nombre moyen de poids lourds	2.53×10^6
Classe du sol de plateforme			
CBR	15 - 30	Classe de portance du sol	S4
Donnée de base : Sol support (type de plate-forme support de chaussée)			
Module	120	Classe de portance de la plateforme	Pf3

(Source "Classes" : Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux. p 24 et du Guide du Terrassement Routier. p 69).

- **Choix de la structure de chaussée par la méthode du CEBTP**

Une chaussée est un ensemble de couches disposées à supporter les charges de la circulation.

A partir des résultats précédemment obtenus ainsi que des données du projet, nous avons d'après le "CEBTP, 1984" les propositions de variante de structure de chaussée suivante :

Tableau 6: Variantes proposées et choix de la structure de chaussée (CEBTP, 1984)

N°	Couches	Epaisseurs	Type de Matériau
----	---------	------------	------------------

1	Revêtement	5 cm	Béton bitumineux
	Base	20 cm	Graveleux latéritique
	Fondation	20 cm	Graveleux latéritique
2	Revêtement	5 cm	Béton bitumineux
	Base	20 cm	Grave naturelle améliorée au ciment
	Fondation	15 cm	Grave Latéritique
3	Revêtement	5 cm	Béton bitumineux
	Base	20 cm	Concassé 0/31.5
	Fondation	30 cm	Grave latéritique
4	Revêtement	5 cm	Béton bitumineux
	Base	30 cm	Concassé
	Fondation		

Ainsi, vu l'importance du trafic et de la disponibilité des matériaux ", nous retiendrons la structure de chaussée "N°2".

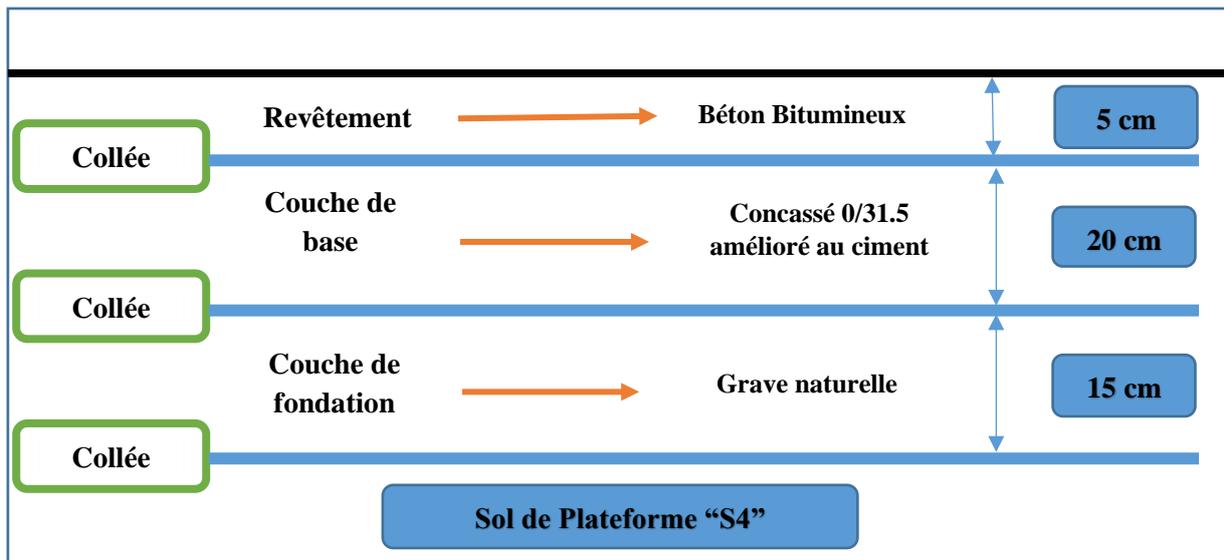


Figure 9: Structure de chaussée pré dimensionnée

- **Calcul manuel des déformations verticales admissibles**

Lorsqu'un véhicule se déplace sur une chaussée, sa charge est transmise au sol par l'intermédiaire de la chaussée sous forme de pression. Ainsi le sol s'affaisse sous le pneu et on a une déformation verticale et une déformation tangentielle.

Le calcul manuel des déformations verticales admissibles est récapitulé dans le tableau ci-dessous :

Figure 10: Récapitulatif des résultats de calcul manuel des déformations admissibles

Couches	Formules de calcul des déformations verticales admissibles	CAM	NE (Essieux)	Résultats	
Roul : BB	$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C} ; 25\text{hz}) \times \frac{(NE)^b}{10^6} \times K_\theta \times K_r \times K_c \times K_s$	μ_{def}	0,8	$1,29 \times 10^6$	166.48
CB : GC	$\sigma_{t,adm} = \sigma_6 \times \frac{(NE)^b}{10^6} \times K_r \times K_c \times K_d \times K_s$	μ_{def}	1.3	2.09×10^6	0.716
CF : GL	$\epsilon_{z,adm} = A \times (NE)^{-0.222}$	Mpa	1	$1,6 \times 10^6$	503.14
Pf2	$\epsilon_{z,adm} = A \times (NE)^{-0.222}$	μ_{def}	1	$1,6 \times 10^6$	503.14

• **Vérification du dimensionnement par le logiciel ALIZE LCPC**

Le logiciel de calcul permet la détermination des sollicitations créées par le trafic dans les différentes couches de matériaux constituant le corps de la chaussée. Il met en œuvre le modèle "Burmister". Ce modèle s'appuie sur la modélisation mécanique de la structure par un massif semi-infini, constitué d'une superposition de couche de matériau d'épaisseur constante, à comportement élastique linéaire. Chaque couche de chaussée est caractérisée par quatre paramètres de base : L'épaisseur $h(m)$; Le module élastique $E (MPa)$; Le coefficient de poisson Nu ; La liaison avec la (les) couche (s) voisine (s) ou l'adhérence entre couches.

Après calcul des valeurs admissible et vérification de la structure pré-dimensionnée plus haut avec "ALIZE", nous avons optimisé la structure et obtenu les résultats ci-dessous :

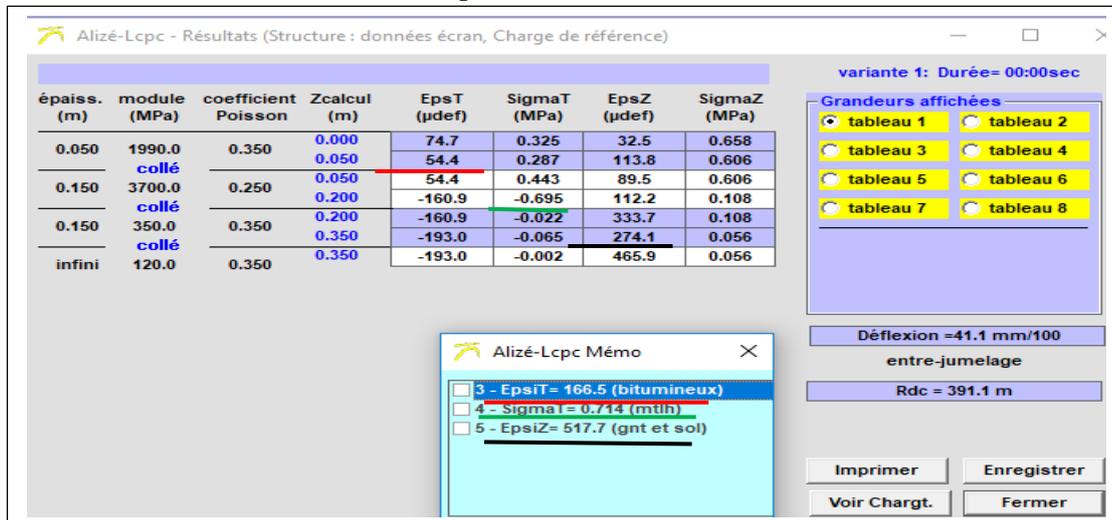


Figure 11: Résultats de calcul -Alize LCPC

Dans cette étude, les modules sont obtenus comme suite : la plateforme et la fondation $E_{dyn}=100 \text{ CBR}$ issue du CEBTP Page 116. Couche de base est obtenue par apport de ciment et selon la bibliothèque du SETRA. Couche de roulement est obtenue par interpolation à 27°C , température extrême la plus habituelle du milieu grâce aux abaque du SETRA Conception et

Tableau 7: Tableau d'analyses des résultats de la modélisation sur piste5

	Epaisseur des couches (cm)	Valeurs admissibles	Valeurs calculées	Conclusion
Roulement BB (en $\mu\text{d}\acute{\text{e}}\text{f}$)	5	166.5	74.7	Ok
Base (en MPa)	15	0.714	0.443	Ok
Fondation (en $\mu\text{d}\acute{\text{e}}\text{f}$)	15	517.7	333.7	Ok
Sol Support plateforme Pf2 (en $\mu\text{d}\acute{\text{e}}\text{f}$)	Pf3	517.7	465.9	Ok
Déflexion=41.1 mm < 65 mm OK tout est conforme.				

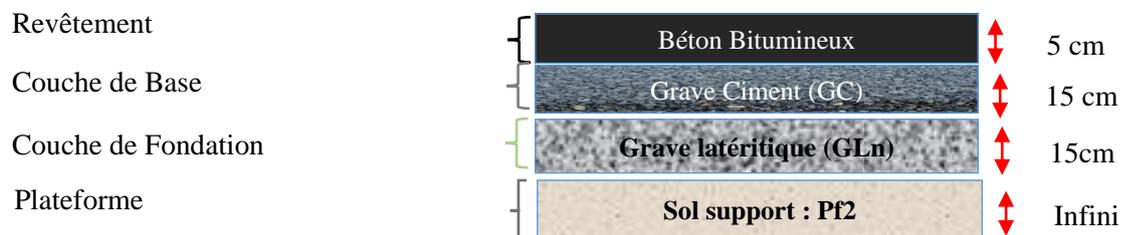
La structure de chaussée retenue est :

5BB (Revêtement)+15 Grave ciment (couche de base) +15GL (couche de fondation)

Ces résultats ont été obtenus par itération (car la structure de base "CEBTP" ne vérifiait pas les contraintes admissibles) tout en faisant varier les épaisseurs des couches de l'ordre de "1 cm".

c. Résultats

La structure de chaussée type retenue est donc :



Conclusion

Il a été question dans cette partie de dimensionner la structure de la chaussée. En respectant les normes du « CEBTP », nous avons pu établir le dimensionnement de la structure de chaussée. Le choix définitif de la structure de chaussée retenue ainsi que l'épaisseur des couches de chaussée s'est fait après plusieurs itérations tout en préconisant les critères cout et disponibilité des matériaux dans la zone d'étude. Afin de point utilisé un liant hydraulique coutant cher en couche de base, La litho stabilisation peut être aussi recommandée pour ladite couche ; mais il faudrait au préalable effectuer une étude mini tueuse de faisabilité.

CHAPITRE 5 : ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE DANS LA ZONE D'ETUDE DU Pk 00+00 au Pk 05+000

1. ETUDE HYDROLOGIQUE

a. Etapes de l'étude hydrologique

- + Découpage des bassins versants
- + Détermination de la pluviométrie moyenne annuelle et des caractéristiques du bassins versants
- + Analyse critique des différentes méthodes de calcul des débits de pointe à l'exutoire des bassins versants ruraux. Choix des méthodes appropriées pour le projet
- + Evaluation des débits de crue projet par la méthode CIEH Chabi et Puech

La visite du tronçon de route Ekong – Bengbis étudié a permis d'examiner les différents sites d'implantation des ouvrages hydrauliques (ouvrages d'art et ouvrages d'assainissement), les différents ouvrages existants identifiés et leurs bassins versants respectifs.

b. Découpage des bassins versants

Les éléments suivants ont été utilisés pour le découpage des bassins versants : (*La carte des bassins versants du projet se trouve à (l'Annexe 2 page P)*):

- Des cartes à l'échelle 1/200 000 du plateau Sud Cameroun plus précisément de la vallée du Ntem portant des courbes de niveau. Ces cartes ont été obtenues à l'Institut Cartographique du Cameroun (INC),
- Fond de plan topographique APS (Avant-projet sommaire) suivant l'axe du projet à l'échelle 1/2000.

Les différentes étapes du découpage des bassins versants, empruntées aux techniques d'ABV (Aménagement des Bassins Versants) ont été suivies :

- ✚ Détermination de l'ossature du réseau naturel de drainage des bassins versants : pour cela, nous avons repéré les talwegs (et accessoirement les lignes de crête) et les points de confluence des talwegs ;
- ✚ Constitution du plan de zonage des surfaces (surface homogène du point de vue du couvert végétal et de la pente moyenne) ;

- ✿ Choix des points qui constitueront les exutoires des différents sous bassins en superposant le réseau de drainage naturel avec le plan de zonage des surfaces. Les points immédiatement en amont des points de confluence des talwegs principaux constituent à priori des exutoires ;
- ✿ Délimitation des sous bassins de l'amont vers l'aval à partir des points exutoires retenus : nous avons déterminé ainsi les lignes de partage des eaux (lignes de crête ou lignes de plus grande pentes, perpendiculaires aux courbes de niveaux) depuis le point exutoire, en remontant la (ou les) pente (s) jusqu'à la rencontre de la limite d'un bassin existant.

La mesure de la superficie des différents sous-bassins donnée dans le tableau ci-dessous a été effectuée par le logiciel AUTOCAD.

Tableau 8: Superficies des bassins versants des ouvrages de franchissement

N ^o	Bassins Versant	PK	Superficies km ²
1	BV 1	0+550	2.5
2	BV 2	1+525	18.33
3	BV 3	2+275	44.3
4	BV4	3+950	114
5	BV5	4+725	5.3

La carte des bassins versants du projet se trouve à (l'Annexe 2 page P)

c. Détermination de la pluviométrie moyenne annuelle (P_{an}) et des caractéristiques du bassins versant

P_{an} : la pluies moyennes annuelles (mm), a été obtenu avec les données de la station pluviométriques. 1800mm en moyenne était la précipitation issue des stations sur le long du projet et la valeur affectée aux ouvrages. Mais la station d'Akonolinga et Abong Mbang. Ayant avons une zone d'influence environ (50km) et dans lequel se trouve le bassin versant de nos ouvrages d'études ici présent enregistre **1440 mm** comme la pluies moyennes annuelles relevée. Cette valeur représente donc notre valeur de calcul dans la zone. (Confère Annexe 2 page P)

K_{r10} : le coefficient de ruissèlement est obtenu en fonction de la formation géologique de la zone d'étude. Les relations selon la géologie sont mentionnées dans le tableau suivante :

Tableau 9: Différentes formules des coefficients de ruissèlement

Granite + Gneiss	$K_{r10} = 2300 * P_{an}^{-0.67}$
Grès	$K_{r10} = 300 * P_{an}^{-0.375}$
Sables	$K_{r10} = 2 * 10^7 * P_{an}^{-0.375}$
Argiles	$K_{r10} = 300 * P_{an}^{-0.3}$
Schistes	$K_{r10} = 370 * P_{an}^{-0.375}$

Notre zone d'étude située dans le sud Cameroun ; le climat qui y règne est essentiellement de type équatorial. Les pluies moyennes annuelles sont de 1800mm en moyenne. Ces paramètres climatiques nous ont permis de choisir parmi les formules, celles qui sont adaptées à notre cas d'étude. Nous en avons pris deux. Le débit décennal $Q_{max}(T = 10 \text{ ans})$ à l'exutoire d'un bassin versant rural de superficie S est donc donné par les expressions de formule de la méthode CIEH.

d. Analyse critique des différentes méthodes de calcul des débits de pointe à l'exutoire des bassins versants ruraux. Choix des méthodes appropriées pour le projet.

Avantages et inconvénients des différentes méthodes de calcul des débits de pointe à l'exutoire des bassins versants ruraux.

Tableau 10: Synthèse de l'analyse critique des différentes méthodes de calcul des débits de pointe

Méthodes	Inconvénients	Avantages
1- Méthode rationnelle	<ul style="list-style-type: none"> - la méthode rationnelle ne donne que le débit maximum à l'exclusion de l'hydrogramme à l'exutoire du bassin ; - le coefficient de ruissellement C est supposé constant dans le temps et dans l'espace pendant toute la durée de l'averse, et quelle que soit l'intensité de l'averse, ce qui est loin de la réalité; - la relation entre pluies et débits est supposée linéaire; - la pluie est admise homogène sur le bassin et constante dans le temps; - la méthode rationnelle est applicable aux bassins de surface inférieure à quatre km²; - pas de prise en compte du stockage de l'eau de ruissellement dans les dépressions du sol. 	<ul style="list-style-type: none"> - la méthode rationnelle est une méthode d'utilisation simple; - à partir de l'extrapolation et de l'approximation des courbes "Intensité-Durée-Fréquence" pour des périodes de retour supérieures aux périodes de retour expérimentales, on peut estimer les débits de pointe pour des périodes de retour élevées pour les petits bassins versants.

<p>2- Méthode de l'ORSTOM (J. RODIER et C. AUVRAY)</p>	<p>- l'application de cette méthode ne peut se faire que pour les bassins pour lesquels on connaît la classe de perméabilité P et la classe de pente R.</p> <p>- en plus des autres défauts présentés par la méthode rationnelle, la méthode de l'ORSTOM considère les paramètres indépendants les uns des autres.</p> <p>- en Afrique tropicale sèche, les abaques des coefficients de ruissellement K_r n'existent pas pour toutes les valeurs d'indice global I_g</p>	<p>- la méthode de l'ORSTOM (J. RODIER et C. AUVRAY), en Afrique tropicale sèche, est applicable aux bassins de surface allant de quelques dizaines hectares à plus de 1 500 km²,</p> <p>- C'est une méthode bien adaptée aux bassins versants ruraux et qui donne de bons résultats lorsque les paramètres sont bien estimés.</p>
<p>3- Méthode du CIEH (C. PUECH et D. CHABI-GONNI)</p>	<p>- la méthode du CIEH (C. PUECH et D. CHABI-GONNI) prend en considération les différentes classes de perméabilité et la dépendance des différents paramètres,</p> <p>- C'est une méthode qui manque de souplesse.</p>	<p>-C'est une méthode bien adaptée aux bassins versants ruraux et qui donne de bons résultats lorsque les paramètres sont bien estimés. Elle exige la connaissance de ΔH qui représente la dénivelée entre l'altitude telle que 5% de la superficie du bassin soit située au-dessus et 5% de la superficie du bassin soit situé en dessous, qui est souvent difficile à déterminer avec précision, faute de données topographiques détaillées.</p> <p>-Le nord du Cameroun a fait l'objet des études expériences qui ont abouti à des combinaisons de paramètres pour estimer les débits.</p>

<p>Méthode de J.P. GRESILLON, P. HERTER et J.P. LAHAYE</p>	<ul style="list-style-type: none"> - difficulté au niveau de la détermination de la pluie centenaire de vingt-quatre heures ; - comme pour la méthode de l'ORSTOM, la détermination de la catégorie de perméabilité P et de la classe de pente s'effectue avec une grande incertitude ; - les courbes tracées sous forme d'abaques sont les centres d'une plage de valeurs possibles et de ce fait n'offrent pas une grande précision ; - cette méthode suppose que le coefficient d'abattement est le même pour les crues décennales et centenaires et qu'il est décroissant avec la pluviométrie ; - les abaques proposés pour la détermination des débits décennaux et centenaires ne sont valables que pour une pluie décennale de 100 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> - méthode fondée sur une assise expérimentale plus solide que celle de l'ORSTOM ; - les abaques proposés par les auteurs sont d'une utilisation très facile et ils permettent de déterminer aisément les débits de pointe de période de retour de 100 ans, connaissant le débit de pointe décennal ; - le coefficient d'abattement tient compte non seulement de la surface du bassin versant, mais aussi de la pluviométrie locale et de la période de retour considérée ; - la crue centennale est déduite de la crue décennale par l'intermédiaire d'un coefficient majorateur fonction de la pluie décennale de vingt-quatre heures, de la pluie centennale de vingt-quatre heures, du temps de base et du coefficient de ruissellement qui peuvent être déterminés sans problème ; - les abaques proposés pour la détermination du coefficient de laminage (amortissement des crues) donnent de bons résultats si la superficie du bassin versant est inférieure à 100 km².
--	---	---

e. Choix de la méthode pour le calcul du débit de pointe

Dans le cadre de notre projet, nous retenons la méthode **CIEH de Chabi et Gonni**;

f. Evaluation des débits de crue projet par la méthode CIEH Chabi et Puech

S: La Superficie du bassin versant en Km². Cette surface délimitée avec l'outil Autocad et une carte donne **S=18.33Km²**

En utilisant la méthode de CIEH de **Chabi et Puech**, nous avons obtenu les formules ci-dessous :

$$Q_{a10} = 0.314 * S^{0.509} * (K_{r10})^{1.051}$$

$$Q_{b10} = 0.273 * S^{0.473} * (K_{r10})^{1.092}$$

$$Q_{m10} = \text{moyenne de } Q_{a10} \text{ et } Q_{b10} \text{ en } \left(\frac{m^3}{s}\right)$$

Etant donné que l'environnement de la zone est en majorité composé de schiste, on prendra

$$K_{r10} = 370 * P_{an}^{-0.375} \quad \text{soit} \quad K_{r10} = 24.20002$$

En appliquant

$$Q_{a10} = 0.314 * S^{0.509} * (K_{r10})^{1.092}$$

$$\text{On obtient : } Q_{a10} = 0.314 * 18.33^{0.509} * (24.20002)^{1.092}$$

$$Q_{a10} = 39.28 \text{ m}^3/\text{s}$$

En appliquant

$$Q_{b10} = 0.273 * S^{0.473} * (K_{r10})^{1.092}$$

On obtient :

$$Q_{b10} = 0.273 * 18.33^{0.473} * (24.20002)^{1.092}$$

$$Q_{b10} = 40.32 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pour déterminer la moyenne :

$$Q_m10 = (Q_a10 + Q_b10)/2$$

$$Q_m10 = 39.80 \text{ m}^3/\text{s}$$

Q_m10 Représente le débit général de l'ensemble du bassin versant délimité. Ledit court d'eaux traverse l'axe de notre tronçon d'étude à construire au pk 1+525

g. Résultats

Tableau 11: Récapitulatif des études hydrologiques sur notre tronçon d'étude issue du tableur Excel

BV	PK Réel	S(km ²)	Pan (mm)	Kr10	Qa10 (m3/s)	Qb10 (m3/s)	Qm10	Q20	Q100
1	0+550	2.5	1440	24,200024	14.251868	15.713839	14.982874	17.97941	
2	1+525	18.33	1440	24,200024	39,2865684	40,32862525	39,8097597	47,76711621	
3	2+275	44.3	1440	24,200024	61,5657984	61,20768548	61,383512	73,66021483	
4	3+950	114	1440	24,200024	99.60578	95.71333335	97,190668		185,553258
5	4+725	5.3	1440	24,200024	20.8918359	22.4201758	21,656874	25,9872589	

2. ETUDES HYDRAULIQUES

Introduction :

Le choix des ouvrages est guidé par l'objectif permanent d'assurer la pérennité de la route, la sécurité des usagers, optimiser le cout d'investissement et les conditions d'entretiens ultérieurs. Les facteurs influençant le choix sont :

- La classification de la route (le standard d'aménagement requis) ;
- L'importance du débit à évacuer qui nous permet de définir la section hydraulique et le type de l'ouvrage ;
- La largeur du lit du cours d'eau. L'ouvrage est adapté au débit à évacuer et à la largeur du lit du cours d'eau. Une ouverture est généralement préférable à des ouvrages multiples (cas des batteries des dalot) qui augmentent les pertes de charges ;
- La nature du sol en place et souvent des conditions climatiques ;
- Les conditions de fondation des ouvrages ;
- La rapidité et la facilité de mise en œuvre ;
- La résistance aux agents chimiques ;

Les types d'ouvrages qui sont retenu dans le cadre de ce projet sur notre tronçon d'étude sont les dalots cadre fermés. Pour la suite de notre travail, nous nous attarderons sur le dalot cadre fermé au pk 52+838

a. Etapes du dimensionnement

- ✚ *Calcul hydraulique du dalot par la méthode de Manning Strickler ; détermination de la section hydraulique*
- ✚ *Vérification du fonctionnement du dalot en sortie libre*
- ✚ *Calcul des ouvrages de drainage longitudinaux*
- ✚ *Ouvrages de décharges : les descentes d'eaux*

b. Calcul hydraulique du dalot au pk 1+525

La méthodologie développée dans le manuel (« HYDRAULIQUE ROUTIERE » TUU, Janvier 1979). En générale, les dalots sont retenus pour les débits importants et dans le cas de remblais de faible importance. Conformément aux termes de référence, les buses métalliques sont proscrites.

Les hypothèses techniques énumérées ci-dessous ont conduit au choix de la section du dalot.

- Fonctionnement : Sortie libre
- $g : 9,8 \text{ m/s}$
- Murs en ailes d'angle 45° avec l'axe de l'ouvrage
- Régime torrentiel ($I = I_c$)
- $V_{\max} : 3,5 \text{ m/s}$

Avec $I = 1,20 \times I_c =$ pente à affecter à l'ouvrage. Une valeur inférieure à I_c imposée à l'ouvrage ne va pas permettre un bon curage et on assistera à un problème de sédimentation.

- **Méthode de calcul hydraulique du dalot au pk 1+525**

Considérons la pente d'étude : $I = 2\%$ et $K_s = 67$ pour le béton et $V_{ref} = 1 \frac{m}{s}$

D'après Manning Strickler, nous avons :

$$Q = K_s * S_y * R^{\frac{2}{3}} * \sqrt{I}$$

$$Q = K_s * by * \left(\frac{by}{b + 2y}\right)^{\frac{2}{3}} * \sqrt{I}$$

$$b = 12 \text{ m}$$

$$Q = K_s * \sqrt{I} * \frac{by^{\frac{5}{3}}}{(b + 2y)^{\frac{2}{3}}}$$

$$\frac{Q}{K_s * \sqrt{I}} = \frac{by^{\frac{5}{3}}}{(b + 2y)^{\frac{2}{3}}}$$

$$\frac{Q}{K_s * \sqrt{I}} = \frac{12y^{\frac{5}{3}}}{(12 + 2y)^{\frac{2}{3}}} = \frac{39.61}{67 * \sqrt{0.02}}$$

$$4.18 = \frac{12y^{\frac{5}{3}}}{(12 + 2y)^{\frac{2}{3}}}$$

La valeur de : $y = 1.58 \text{ m}$ soit une section $S_y = 1.58 * 12 = 18.96 \text{ m}^2$

Vérification de la vitesse :

$$U = \frac{Q}{S_y} = \frac{39.61}{18.96} = 2.08 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ vérifié}$$

Puisse que nous souhaitons que notre ouvrage travail en écoulement libre, et vu que la cote de la ligne route nous le permet, on prendra $y = 3 \text{ m}$ on se retrouve donc avec une section d'ouvrage de $S_y = 3 * 12 = 36 \text{ m}^2$

Soit un dalot de 3×4×3

Tableau 12: Tableaux des ouvrages existant et ouvrages projetés après étude hydraulique

PK	TYPE D'OUVRAGES EXISTANTS	NOM DU COURS D'EAU	VILLAGE OU LOCALITE	NOM DE L'OUVRAGE	DEBITS (m3/s)	Ouvrage projeté
0+550	02 buses métalliques Ø1000	Assainissement	Nyambwassa	OA 1	14.98	Dalot 2.5×2.5
1+525	Pont semi définitif Longueur : 12,00m	NSO'O	Yemedang	OA 2	39.80	Dalot 3×4×3
2+275	Pont semi définitif Longueur : 9,20m	BOULOU	Nyambwassa	OA 3	61.38	Dalot 2×4×3
3+950	Pont en béton armé mixte : 19m	NSO'O	Yemedang	OA 4	97.19	Pont de 24 m
4+725	Pont forestier	Affluent NSO'O	Nyambwassa	OA 5	21.65	Dalot 2×3×2

c. Vérification du fonctionnement de l'ouvrage en sortie libre

L'objectif ici est de vérifier si la section hydraulique 3×4×3 permettra d'évacuer en sortie libre le débit du projet.

Cet ouvrage est constitué de deux murs en aile inclinés chacun de 30° par rapport à l'axe de l'ouvrage, en amont et en aval.

Conformément aux calculs plus haut, le débit du projet de cet ouvrage est de $Q = 39.61 \text{ m}^3/\text{s}$, alors le débit par cellule de dalot vaut : $q = Q/3 = 13.20 \text{ m}^3/\text{s}$ avec une vitesse admissible de $V_{max} = 3.5 \text{ m/s}$. Les protections à l'amont et à l'aval de l'ouvrage par les enrochements sont recommandées. La section théorique d'une ouverture vaut donc : $S_{th} = \frac{q}{v} = \frac{13.2}{3.5} = 3.77 \text{ m}^2$

La hauteur possible de l'ouvrage est au maximum : $Z_{projet} - Z_{TN} = (630.36 - 621.8) = 8.56 \text{ m}$

La hauteur obtenue après débitance et choisie pour l'ouvrage est $D = 3 \text{ m}$

L'ouverture théorique minimale de l'ouvrage doit être $B_{th} = \frac{S_{th}}{D} = \frac{3.77}{3} = 1.25 \text{ m}$. Alors, l'ouverture de notre dalot soit $B = 4 \text{ m}$ est bien convenable.

Ainsi, la section pratique choisie pour l'écoulement d'une seule ouverture, vaut

$$S_{sp} = 4 \times 3 = 12 \text{ m}^2 \text{ et le débit correspondant est } q = Q/3 = 13.20 \text{ m}^3/\text{s}$$

En retenant comme paramètre de calcul : l'accélérateur de la pesanteur $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ et un coefficient de rugosité de Manning-Strickler $K_s = 67$ (pour le béton), on a :

$$Q' = \frac{q}{B \times D \times \sqrt{2 \times g \times D}} = \frac{13.20}{4 \times 3 \times \sqrt{2 \times 10 \times 3}} = 0.1420 \text{ m}^3/\text{s}$$

De l'abaque des dalots rectangulaires à sortie libre avec de mur en tête, 30° (courbe A), on a :

$$H'_1 = 0.5 \text{ m (Voir annexe 14)}$$

$$\text{La hauteur d'eau à l'amont est donc : } \frac{H_1}{D} = 0.5 \quad H_1 = 0.5 \times D = 0.5 \times 3 = 1.5 \text{ m}$$

Cette hauteur H_1 est compatible à celle de l'ouvrage car elle est inférieure à la hauteur $D = 3 \text{ m}$ choisie.

De plus , Comme ($H^*_1 = 0.5 * D = 1.5 m$) \leq ($1.25 D = 3.75 m$) Alors l'écoulement est à surface libre à l'amont. **Nous Conservons la section hydraulique 3× 4× 3.**

d. Calcul hydraulique des ouvrages longitudinaux : Fossé triangulaire pour drainage longitudinal de la plateforme

Etant donné que les impluviums sont faibles (inférieurs à 4km²) pour les fossés, nous allons utiliser la méthode rationnelle pour calculer les débits de pointe à l'exutoire.

$$Q_{max}(T, tc) = 0,278 \times C \times Im(T, tc) \times A$$

Avec :

C : le coefficient de ruissellement du bassin versant ;

Im (T, tc) : l'intensité de la pluie de période de retour T sur le temps de concentration tc exprimé en mm/h ;

A : La superficie du bassin versant.

La surface à drainer est constituée d'une demi-largeur de la plateforme routière, et de toute la largeur dans certains cas, de l'accotement, du talus et des espaces avoisinantes. Le coefficient de ruissellement C est déterminé sur la base des valeurs suivantes :

- $C_a = 0,95$ pour la plateforme et l'accotement revêtus,
- $C_b = 0,80$ pour la zone de pied de chaussée et du talus,
- $C_b = 0,70$ pour les espaces avoisinantes (0,80 à la traversée des agglomérations).

L'intensité de la pluie sur le temps de concentration est déterminée à partir des courbes Intensité-Durée-Fréquence. Les données pluviométriques de la station du sud ont été utilisées.

Les débits obtenus et les vérifications sont résumés dans le calcul à (l'annexe 4 page A)

C : Coefficient de ruissellement ; **Tc** : Temps de concentration (en minutes) ;

I : Intensité de pluie (mm/h) ;

A : Surface du bassin versant (km²).

Q (m³/s) : Débit max donne :

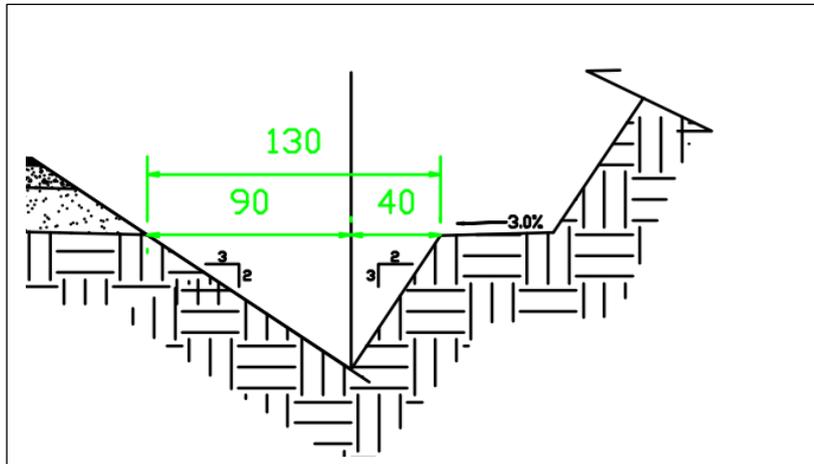


Figure 12: Schéma du fossé triangulaire

e. Ouvrages de décharges : Descentes d'eaux

- Descentes d'eau tous les 10 m placées en biais et ayant les caractéristiques suivantes :
 - Ouverture en tête 1,20m ;
 - Largeur du pied de la descente 0,40m ;
 - Profondeur 0,30m.
- Tous les talus concernés seront automatiquement protégés (Schéma Annexe 11 page AAAA);

Conclusion partielle :

Notre tronçon d'étude Ekong – Bengbis, long de 05 km, comporte un réseau hydrographique assez dense. On y trouve également de nombreux bas-fonds. Au bout de notre étude, on peut dresser un tableau des différents ouvrages à construire pour protéger la future route des effets nocifs de l'eau. Nous avons d'une part les ouvrages de franchissements et d'autre part les ouvrages de drainage.

f. Résultats

Tableau 13: Récapitulatif des ouvrages à construire

N°	Types d'ouvrages a construire		Nombres
DALOTS			
1	3 x (4 x 3)		01
2	2 x (4 x 3)		01
3	2 x (3 x 2)		01
4	(2.5 x 2.5)		01
TOTAL			04
FOSSES TRIANGULAIRES			
	Pk00+00- Pk00+050	Côté Gauche	50 ml
	Pk 00+125 –Pk 00+281	Côté Droit	156 ml
	Pk00+300 - Pk00+400	Côté Gauche	100 ml
	Pk00+575 - Pk00+725	Côté Droit	150 ml
	Pk00+634- Pk00+700	Côté Gauche	66 ml
	Pk00+838- Pk00+875	Côté Gauche	37 ml
	Pk00+875- Pk01+025	Côté Gauche	150 ml
	Pk01+885 - Pk02+185	Côté Droit	300 ml
	Pk01+925- Pk02+125	Côté Gauche	200 ml
	Pk02+300 - Pk02+525	Côté Droit	225 ml
	Pk03+025 - Pk03+200	Côté Droit	175 ml
	Pk03+500 - Pk03+550	Côté Droit	50 ml
	Pk04+750 - Pk04+900	Côté Droit	150 ml
	Pk04+750 - Pk04+900	Côté Gauche	150 ml
TOTAL			1 899 ml

CHAPITRE 6 : DIMENSIONNEMENT BETON ARME DES OUVRAGES

1. DALOT 3×4×3 AU PK 01+525

a. Etapes du dimensionnement

- ✚ Définir les hypothèses de base de calcul
- ✚ Application des charges
- ✚ Evaluation des sollicitations
- ✚ Dimensionnement béton Armé

Hypothèse de base :

✓ Règlements et instructions

Le calcul de ferrailage sera mené suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites dites règles BAEL91 modifiée 99.

Les surcharges routières sont définies conformément aux prescriptions du Fascicule 61 titre II et les ouvrages seront calculés par rapport au convoi de camions de type Bc, Bt, Br conformément aux termes de référence de l'étude.

✓ Caractéristiques des matériaux

✚ Béton

- Poids volumique= 25 kN/m³
- Fissuration Préjudiciable
- Les calculs seront menés à l'ELS
- Résistances caractéristiques à 28 Jours :
- Résistance à la compressions du béton : $f_{c28} = 30 \text{ MPa}$
- Résistance à la traction du béton : $f_{t28} = 0.6 + 0.06 f_{c28} = 2.4 \text{ MPa}$
- Contrainte admissible du béton à l'ELU

$$\sigma_{bc} = 0.85 \times \frac{f_{c28}}{\theta * \gamma_b} = 0.85 \times \frac{30}{1 * 1.5} = 17 \text{ MPa avec } \gamma_b = 1.5 \text{ et } \theta = 1$$

- Contrainte admissible du béton à l'ELS

$$\bar{\sigma}_{bc} = 0.6 \times f_{c28} = 0.6 \times 30 = 18 \text{ MPa}$$

- Granulats $C_g = 25 \text{ mm}$
- Poids volumique du Béton $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
- Facteur d'équivalence contrainte aciers/Contrainte béton : $n=15$

Dosage des Bétons :

- Béton de propreté : 150 kg/m^3
- Béton pour gros œuvres : 400 kg/m^3

Acier :

- Nuance : Acier à Haute Adhérence FeE400
- Limite d'élasticité garantie de l'acier $f_e=400 \text{ Mpa}$
- Coefficient de sécurité de l'acier : $\gamma_s = 1.15$
- Coefficient d'adhérence de l'acier : $\eta = 1.6$
- Fissuration préjudiciable
- Contrainte admissible de l'acier : $\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.83 \text{ Mpa}$
- Contrainte admissible de l'acier (en Fissuration préjudiciable)

$$\bar{\sigma}_{st} = \min\left\{\frac{2}{3} * f_e ; \max(0.5 * f_e ; 110 * \sqrt{\eta * f_{t28}})\right\}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = \min\{266.67 ; \max(200 ; 110 * \sqrt{1.6 * 2.4})\}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = \min\{266.67 ; \max(200 ; 215,55)\}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = 215,55 \text{ MPa}$$

- Enrobage = 3 cm et (e=5 cm pour le dalot)

Gousset :

Tableau 14: Tableau de dimensionnement des goussets

Ouverture	gousset supérieur	gousset inférieur (cadres)
≤ 2 m	0,20 x 0,20 ou chanfrein	0,20 x 0,20 ou chanfrein
2 à 4 m	0,20 x 0,20 à 0,30 x 0,30	0,20 x 0,20 à 0,40 x 0,40
≥ 4 m	0,30 x 0,30 à 0,40 x 0,40	0,40 x 0,40 à 0,50 x 0,50

Les goussets sont destinés à améliorer l'encastrement des traverses sur les piédroits, à réduire

les concentrations de contraintes et à atténuer les effets des pics de moments. Ils améliorent de plus l'esthétique des ouvrages en rendant plus perceptible leur fonctionnement, surtout pour les portées importantes. Nous prendrons donc des goussets de 0.5×0.5 m

b. Résultat

Tous les plans de ferrillages du Dalots se trouvent à (*l'annexe 13*)

PARTIE D'OUVRAGE		DIMENSIONS (cm)		MOMENTS (kN.m)	Théorique e (cm ²)	SECTION D'ACIERS	Adoptées (cm ²)	ESPACE (cm)	
		b	h			Choix		St1	St2
TABLIER	En travée	100	35	141	25.53	1er lit : 7 HA16 2ème lit : 7 HA16	28.14	15	-
	Sur appui	100	35	214.7	38.87	1er lit : 7 HA16 + 7 HA14 2ème lit : 7 HA16	38.92	15	15
RADIER	En travée	100	35	201.98	36.57	1er lit : 7 HA16 + 7 HA 14 2ème lit : 7 HA16	38.92	15	15
	Sur appui	100	35	166.79	30.20	1er lit : 7 HA16 2ème lit : 7 HA16 + 7 HA 14	38.92	15	15
PIEDROITS DE RIVES		100	35	-	26.70	AV : 7 HA 16 /face AH : HA 10	28.14	15	-
PIEDROITS INTERMEDIAIRES		100	35	-	10.8	AV : 7 HA 10 /face AH : HA 10	11	15	-
MUR EN AILE		100	35	-	22.23	AV : 7 HA 16 /face AH : HA10	28.14	15	-
GOUSSETS		50	50	71.51	11.33	1er lit : 8 HA 10 /face	12.56	15	-

2. FOSSE TRIANGULAIRE

Etant donné que les valeurs des vitesses d'écoulement dans les tronçons calculés sont très faibles, nous ne courrons aucun risque d'érosion des parois en terre car ($V=0.02$ m/s) < ($V_{max}= 0.5$ m/s pour les sable / $V_{max}= 0.25$ m/s pour les argiles). Nous pouvons donc exclure les fossés bétonnés pour ne retenir que les fossés en terre. Ce choix garantit à la fois le bon fonctionnement de l'ouvrage et aussi l'optimisation du coût de notre projet.

CHAPITRE 7 : ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE

1. IDENTIFICATION ET EVALUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

a. Les hypothèses

Les hypothèses qui ont permis de déterminer et de quantifier les impacts ont été :

- La délimitation d'une emprise de 60 m pour loger le domaine public de la route, dans les limites afin de garantir une largeur de plate-forme de 10 mètres en rase campagne Les pistes d'accès aux emprunts et du chantier pendant les travaux ;
- les risques d'accidents au niveau des villes et des villages et des lieux publics (marchés, mosquées, églises, écoles, etc.
- La sensibilité et la vulnérabilité des composantes qui seront atteintes ;
- Les risques de destruction ou d'occupation de propriétés privées ;
- Les objectifs de qualité et de valorisation des milieux biophysiques et humains.

b. L'identification des impacts sur l'environnement

Cette étude révèle que la réalisation des travaux d'aménagement de ces axes va générer des impacts positifs et négatifs sur les milieux biophysique, socio-économique et humain.

✓ *Comme principaux impacts négatifs dans la phase de construction et d'exploitation,* on a :

- La pollution et la dégradation des composantes environnementales (faune, flore...);
- Les difficultés de mouvement des personnes et des biens et dégradation prématurée des moyens de déplacement ;
- La recrudescence des maladies (paludisme, IST/ VIH-SIDA, choléra...) Et de l'insécurité;
- La recrudescence des accidents de circulation et de travail;
- La perte de biens et ralentissement des activités économiques ;
- La perturbation des services sociaux (éducation, santé, églises, mosquées, foyers culturels, affaires sociales, puits traditionnels) ;
- La perturbation psychologique des personnes affectées par les destructions ;

- La perturbation de l'accès des riverains à leurs domiciles ;

- ✓ **Les impacts positifs en phase de construction et d'exploitation** sont :
- L'amélioration de la qualité de l'air ;
- L'embellissement du paysage ;
- Le développement des activités économiques et accroissement des revenus ;
- La facilité de mouvements des personnes et des biens ;
- La valorisation foncière et immobilière ;
- Le développement du tourisme et l'attraction des investisseurs ;
- La création d'emplois ;
- L'amélioration du cadre et de la qualité de vie.

2. ANALYSE DES IMPACTS ET MESURES D'ATTENUATIONS

a. Analyse des impacts potentiels du projet Mesures d'atténuation et de compensation

Les mesures d'atténuation préconisées dans le cadre des travaux de ce tronçon concernent :

- La protection de l'écoulement des eaux de surface et le maintien de l'intégrité des plans d'eau et des bas-fonds,
- La lutte contre la pollution des eaux de surface et souterraines,
- La lutte contre l'érosion et la dégradation des sols,
- La lutte contre la pollution de l'air,
- La protection de la végétation et de la qualité du paysage,
- La protection des espèces protégées et la diversité biologique ;
- La préservation des relations communautaires et du cadre de vie,
- La sécurité des travailleurs et des usagers de la route,
- La compensation des biens endommagés ;
- La prévention et la lutte contre la propagation des IST et du SIDA.

Ces mesures seront d'ordre :

- Technique (relevant de la conception, de l'organisation et de la gestion efficace du chantier),
- institutionnel ou juridiques (respect de la réglementation, des décisions législatives et administratives en matière de protection de l'environnement lors des travaux routiers),
- Financier (compensation ou indemnisation des éventuelles victimes de dommages).

b. Plan de gestion environnementale et sociale du projet

l'étude d'Impact comporte obligatoirement les mesures nécessaires prévues pour supprimer, réduire et compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement ainsi que l'estimation des dépenses correspondantes . Toutes les mesures proposées permettront d'élaborer un Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) ainsi que des recommandations, ceci pour permettre au projet d'atteindre ses objectifs.

Le Plan de Gestion Environnementale (PGE) doit comprendre nécessairement :

- une définition précise des mesures prévues pour supprimer, réduire et compenser les conséquences du projet sur l'environnement ;
- L'acteur du suivi ;
- Le planning d'exécution des différentes mesures ;
- Les indicateurs de vérification, etc

CHAPITRE 8 : EVALUATION DU COUT DU PROJET

A l'issue de l'évaluation du cout du projet, les grandes rubriques des phases des travaux sont récapitulées dans le tableau ci-dessous, faisant ressortir le cout des travaux.

Devis et sous détails des prix

POSTE	DESIGNATION	TOTAL (FCFA HTVA)
100	Installation de chantier	96 200 000
200	Travaux préparatoires et terrassements	534 417 261
300	Chaussée et revêtements	1 018 633 900
400	Ouvrages d'Art et d'assainissement	1 145 154 359
500	Signalisation-sécurité-Divers	61 007 750
600	Mesures compensatrices environnementale et sociale et travaux connexes	257 090 836
A	Montant total travaux (FCFA HTVA)	3 127 504 106
B	TVA (19.25 % de A)	602 044 540.41
C	MONTANT TOTAL TRAVAUX (A+B)	3 729 548 646.41
D	CONTROLE ET SURVEILLANCE DES TRAVAUX (5% de C)	186 477 432. 32
E	IMPREVUS PHYSIQUE ET FINANCIER (10% de (C+D))	391 602 607.87
	MONTANT TOTAL DU PROJET (C+D+E) (FCFA TTC)	4 307 628 686.60

Le présent Devis s'élevé à **4 Milliard trois cent sept million six cent vingt-huit mille six cent quatre-vingt-six (4 307 628 687 FCFA TTC)** soit huit cent soixante un million cinq cent vingt-cinq mille sept cent trente-sept (861 525 737 FCFA TTC) au Kilomètre.

Le détail du devis estimatif suivant est joint à (*Annexe 10 page UUU*)

CONCLUSION

La construction de la route EKONG-BENGBIS, est un projet capital pour le développement de la zone du sud Cameroun. Alors, dans le cadre de ce présent projet, l'objectif était d'aborder tous les aspects techniques et environnementaux important dans cette étude, pour assurer sa viabilité.

Au vue de la topographie du terrain, la géométrie de la route projetée la permet d'être hors d'eau à l'abri de toute inondation possible. Elle est en remblai dans les zones basses et par endroit en déblai au niveau des crêtes. La conception a été faite de manière à assurer de faibles déclivités afin d'offrir plus de sécurité et de confort aux usagers de la route.

Au sujet du tracé en plan, de grands rayons ont été utilisés en majorité, mis à part les zones contraignantes. A la fin de cette étude, on s'aperçoit que, les caractéristiques géotechniques des matériaux prospectés dans l'ensemble sont conformes pour les couches de chaussée proposées.

Les roches massives (granites) prospectés, prévu pour le revêtement de la chaussée respectent les exigences de dureté et d'adhésivité pour les liants hydrocarbonés. Les granulats prospecté dans l'objectif de la formulation du béton hydraulique sont aussi conformes du point de vu granulométrie, propreté et dureté.

Grace à l'étude du trafic nous avons enregistré T3 comme classe de notre route, couplé avec les résultats géotechniques qui définissent le sol de plateforme à la classe S4. Nous avons dimensionné notre chaussée, et effectuer toutes les vérifications de contraintes et déformation, les résultats étaient concluant.

Dans le but d'assainir notre chausser et garantir sa longévité, nous avons effectué des études hydrologiques et hydrauliques de là nous avons proposé des ouvrages tels que : dalots, fossé, ponts, descentes d'eaux.

Pour clôturer nous avons étudié, le volet environnementale et social, qui sont aussi d'une grande importance pour assurer l'équilibre de l'ensemble. Les impacts positifs et négatifs ont été relevé en phase de travaux et post travaux. Des mesures d'atténuation et de compensations ont été prescrites. Nous avons enfin évalué notre projet à (4 307 628 687 FCFA TTC) soit huit cent soixante un million cinq cent vingt-cinq mille sept cent trente-sept (861 525 737 FCFA TTC) au Kilomètre.

BIBLIOGRAPHIE

1. ARP Guide Aménagement des routes principales
2. VAN TUU et coll.1972, " *Hydraulique routière* "
3. J. LE ROHELLEC.1980, CEBTP (Ministère de la coopération, 1980) " *guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux* "
4. " *BAEL 91 REVISE 99* " (Béton armé aux Etats limites)
5. SETRA.1992, " *pont-cadre et portique, guide de conception* "
6. *Le Fascicule n° 61, Titre II, Programmes de Charges et Epreuve des ouvrages ponts Routes*
7. H. RENAUD et J. LAMIRAULT " *Précis de calcul béton armé* "
8. A. MOREL " *l'assainissement des eaux pluviales en milieu urbain tropical subsaharien* "
9. ROLAND O. YONABA " *Cour Hydraulique en surface libre 2iE* "
10. Prof ADAMAH MESSAN " *Cour de Béton Armé 03 2iE* "
11. SETRA.1994 " *Conception et dimensionnement des structures de chaussée* "

ANNEXES

Annexe 1 : CONCEPTION GEOMETRIQUE DE LA ROUTE , ELEMENTS D'IMPLANTATION (Axe en plan, Tabulation , Profil en long)	A
Annexe 2: CARTE DE DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS DES OUVRAGES DU PROJET ET RELEVÉ DES PLUIE ANNUELLE DES STATIONS METEOROLOGIQUE DE AKONOLINGA	P
Annexe 3: DETAILS DES CALCULS HYDRAULIQUES DES DALOTS	A
Annexe 4: DIMENSIONNEMENT DES FOSSEES TRIANGULAIRES (cas Pk 1+885 - Pk 02+125 Côté droit)	A
Annexe 5:TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS DES ESSAIS DES ZONES D'EMPRUNTS ET RONE DE PURGES DANS LE TRONCON D'ETUDE	C
Annexe 6: DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE	D
Annexe 7: PREDIMENSIONNEMENT ET EVALUATION DES CHARGES DU DALOT 3x4x3 AU PK 1+525	P
Annexe 8: CALCUL DES SOLlicitATIONS DU DALOT 3x 4x 3 PAR LA METHODE DES 03 MOMENTS	GG
Annexe 9: CALCUL BETON ARME DU DALOT 3x4x3 AU PK 1+525	VV
Annexe 10: DEVIS EVALUATION DU COUT DU PROJET	UUU
Annexe 11: PLAN DES DESCENTES D'EAU SUR LES REMBLAIS	AAAA
Annexe 12: Quelques photos du niveau de dégradation avance de la route	BBBB
Annexe 13: TRACE COMBINE	CCCC

**Annexe 1 : CONCEPTION GEOMETRIQUE DE LA ROUTE ,
ELEMENTS D'IMPLANTATION (Axe en plan, Tabulation , Profil
en long)**

Le 21/06/2021 à 11:07 -- PISTE 5.05 -- Licence n° 3958
LMGC 1

AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	208483.376	381086.433
D1	GIS = 79.443g	280.989			
			280.989	208749.842	381175.600
LA1	A = 188.944 Rf= -425.000 L = 84.000				
			364.989	208830.300	381199.608
	XC= 208924.744 YC= 380785.235 R = -425.000 L = 93.284				
			458.273	208922.789	381210.230
	Rd= -425.000 A = 188.944 L = 84.000	261.284			
			542.273	209006.595	381205.088
D2	GIS = 105.998g	7.720			
			549.993	209014.281	381204.362
LA2	A = 204.939 Rf= 500.000 L = 84.000				
			633.993	209098.070	381198.805
	XC= 209103.182 YC= 381698.778 R = 500.000 L = 204.007				
			837.999	209296.873	381237.819
	Rd= 500.000 A = 204.939 L = 84.000	372.007			
			921.999	209372.347	381274.631
D3	GIS = 69.328g	316.276			
			1238.276	209652.621	381421.182
L3	A = 158.745 Rf= -240.000 L = 105.000				
			1343.276	209748.760	381462.842
	XC= 209811.164 YC= 381231.097 R = -240.000 L = 76.051				
			1419.327	209824.080	381470.749
	Rd= -240.000 A = 158.745 L = 105.000	286.051			
			1524.327	209926.774	381449.964
D4	GIS = 117.354g	360.163			
			1884.490	210273.638	381352.998
LA6	A = 166.208 Rf= 325.000 L = 85.000				
			1969.490	210356.356	381333.716
	XC= 210402.294 YC= 381655.453 R = 325.000 L = 118.214				

Le 21/06/2021 à 11:07 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958
LMGC 1

AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			2087.704	210473.825	381338.423
	Rd= 325.000 A = 166.208 L = 85.000	288.214			
			2172.704	210554.735	381364.260
D5	GIS = 77.548g	1236.270			
			3408.973	211714.912	381791.287
LA7	A = 158.745 Rf= -240.000 L = 105.000				
			3513.973	211815.615	381820.222
	XC= 211847.662 YC= 381582.372 R = -240.000 L = 31.724				
			3545.697	211847.242	381822.371
	Rd= -240.000 A = 158.745 L = 105.000	241.724			
			3650.697	211950.933	381807.324
D8	GIS = 113.815g	162.063			
			3812.760	212109.196	381772.431
C7	XC= 211915.424 YC= 380893.538 R = -900.000	112.909			
			3925.670	212217.645	381741.278
D9	GIS = 121.801g	538.300			
			4463.969	212724.687	381560.517
C8	XC= 212456.047 YC= 380806.970 R = -800.000	138.952			
			4602.921	212850.872	381502.753
D10	GIS = 132.859g	401.455			
			5004.376	213200.028	381304.622
LONGUEUR DE L'AXE 5004.376					

Le 21/08/2021 à 12:24 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958
LMGC 1

TABULATION

N°	ABSCISSE	COTE TN	COTE	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE	DEV	DEV
PROF	CURVILIGN	PROF	PROF			PROFIL	GAB	DRG
2	25.000	631.082	630.831	208507.084	381094.367	179.443g	2.50	-2.50
3	50.000	631.630	631.502	208530.792	381102.300	179.443g	2.50	-2.50
4	75.000	632.432	632.174	208554.500	381110.233	179.443g	2.50	-2.50
5	100.000	633.024	632.845	208578.208	381118.167	179.443g	2.50	-2.50
6	125.000	633.616	633.516	208601.916	381126.100	179.443g	2.50	-2.50
7	150.000	634.209	634.187	208625.623	381134.033	179.443g	2.50	-2.50
8	175.000	634.800	634.858	208649.331	381141.967	179.443g	2.50	-2.50
9	200.000	635.391	635.530	208673.039	381149.900	179.443g	2.50	-2.50
10	225.000	635.981	636.191	208696.747	381157.833	179.443g	2.50	-2.50
11	250.000	636.572	636.692	208720.455	381165.767	179.443g	2.50	-2.50
12	275.000	637.163	636.985	208744.163	381173.700	179.443g	2.50	-2.50
13	280.989	637.304	637.024	208749.842	381175.600	179.443g	2.50	-2.50
14	300.000	637.358	637.070	208767.881	381181.603	179.765g	1.05	-2.50
15	325.000	636.971	636.946	208791.702	381189.188	181.170g	-0.85	-2.50
16	350.000	636.489	636.614	208815.744	381196.036	183.689g	-2.75	-2.75
17	364.989	636.133	636.315	208830.300	381199.608	185.734g	-3.89	-3.89
18	400.000	635.054	635.425	208864.718	381205.974	190.978g	-3.89	-3.89
19	425.000	634.071	634.776	208889.557	381208.776	194.723g	-3.89	-3.89
20	458.273	632.769	633.913	208922.789	381210.230	199.707g	-3.89	-3.89
21	475.000	632.136	633.479	208939.514	381210.000	201.963g	-2.62	-2.62
22	500.000	630.930	632.830	208964.479	381208.714	204.405g	-0.72	-2.50
23	525.000	629.521	632.182	208989.396	381206.689	205.732g	1.19	-2.50
24	549.993	628.738	631.533	209014.281	381204.362	205.998g	2.50	-2.50
25	575.000	629.583	630.976	209039.183	381202.071	205.524g	2.50	-0.78
26	600.000	631.004	630.628	209064.108	381200.151	204.103g	2.50	0.95
27	633.993	632.478	630.488	209098.070	381198.805	200.651g	3.29	3.29
28	650.000	632.907	630.555	209114.076	381198.897	198.613g	3.29	3.29
29	675.000	633.205	630.831	209139.047	381200.066	195.430g	3.29	3.29
30	700.000	633.045	631.316	209163.927	381202.482	192.247g	3.29	3.29
31	725.000	632.430	631.908	209188.655	381206.138	189.063g	3.29	3.29
32	750.000	631.558	632.500	209213.170	381211.026	185.880g	3.29	3.29
33	775.000	632.235	633.092	209237.410	381217.133	182.697g	3.29	3.29
34	800.000	632.983	633.683	209261.315	381224.443	179.514g	3.29	3.29
35	837.999	634.254	634.583	209296.873	381237.819	174.676g	3.29	3.29
36	850.000	634.667	634.867	209307.882	381242.594	173.257g	2.50	2.46
37	875.000	635.059	635.459	209330.510	381253.219	171.002g	2.50	0.74
38	900.000	635.593	636.051	209352.833	381264.474	169.695g	2.50	-0.98
39	921.999	636.120	636.572	209372.347	381274.631	169.328g	2.50	-2.50
40	950.000	636.802	637.235	209397.161	381287.605	169.328g	2.50	-2.50
41	975.000	637.410	637.827	209419.315	381299.189	169.328g	2.50	-2.50
42	1000.000	638.019	638.384	209441.469	381310.774	169.328g	2.50	-2.50
43	1025.000	638.628	638.752	209463.623	381322.358	169.328g	2.50	-2.50
44	1050.000	638.815	638.912	209485.777	381333.942	169.328g	2.50	-2.50
45	1075.000	638.021	638.863	209507.932	381345.526	169.328g	2.50	-2.50
46	1100.000	637.207	638.605	209530.086	381357.110	169.328g	2.50	-2.50
47	1125.000	636.393	638.140	209552.240	381368.694	169.328g	2.50	-2.50
48	1150.000	635.579	637.466	209574.394	381380.278	169.328g	2.50	-2.50
49	1175.000	634.765	636.651	209596.548	381391.863	169.328g	2.50	-2.50
50	1200.000	633.951	635.839	209618.702	381403.447	169.328g	2.50	-2.50
51	1225.000	633.137	635.076	209640.857	381415.031	169.328g	2.50	-2.50
52	1238.276	632.705	634.695	209652.621	381421.182	169.328g	2.50	-2.50
53	1275.000	631.501	633.722	209685.314	381437.908	171.032g	-0.82	-2.50
54	1300.000	630.658	633.129	209708.008	381448.389	174.141g	-3.08	-3.08
55	1325.000	629.780	632.594	209731.298	381457.461	178.828g	-5.35	-5.35
56	1343.276	629.112	632.239	209748.760	381462.842	183.254g	-7.00	-7.00
57	1350.000	628.861	632.115	209755.277	381464.499	185.038g	-7.00	-7.00
58	1375.000	627.900	631.694	209779.848	381469.045	191.670g	-7.00	-7.00
59	1400.000	626.907	631.329	209804.760	381471.012	198.301g	-7.00	-7.00
60	1419.327	626.397	631.086	209824.080	381470.749	203.428g	-7.00	-7.00
61	1425.000	626.246	631.021	209829.740	381470.378	204.892g	-6.49	-6.49
62	1450.000	625.279	630.769	209854.547	381467.337	210.375g	-4.22	-4.22
63	1475.000	623.928	630.575	209879.066	381462.476	214.280g	-1.96	-2.50
64	1500.000	622.823	630.437	209903.320	381456.421	216.606g	0.30	-2.50
65	1524.327	621.830	630.358	209926.774	381449.964	217.354g	2.50	-2.50

Le 21/08/2021 à 12:24 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958
LMGC 1

TABULATION

N°	ABSCISSE	COTE	COTE	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE	DEV	DEV
PROF	CURVE	TN	PROF			PROF	GAD	DR
67	1550.000	622.303	630.332	209951.499	381443.052	217.354g	2.50	-2.50
68	1575.000	623.152	630.385	209975.576	381438.321	217.354g	2.50	-2.50
69	1600.000	624.001	630.455	209999.653	381429.590	217.354g	2.50	-2.50
70	1625.000	624.849	630.601	210023.730	381422.860	217.354g	2.50	-2.50
71	1650.000	625.698	630.804	210047.807	381416.129	217.354g	2.50	-2.50
72	1675.000	626.547	631.064	210071.884	381409.398	217.354g	2.50	-2.50
73	1700.000	627.442	631.381	210095.961	381402.668	217.354g	2.50	-2.50
74	1725.000	628.403	631.755	210120.037	381395.937	217.354g	2.50	-2.50
75	1750.000	629.363	632.185	210144.114	381389.206	217.354g	2.50	-2.50
76	1775.000	630.323	632.673	210168.191	381382.475	217.354g	2.50	-2.50
77	1800.000	631.284	633.184	210192.268	381375.745	217.354g	2.50	-2.50
78	1825.000	632.244	633.695	210216.345	381369.014	217.354g	2.50	-2.50
79	1850.000	633.204	634.206	210240.422	381362.283	217.354g	2.50	-2.50
80	1875.000	634.198	634.717	210264.499	381355.553	217.354g	2.50	-2.50
81	1884.490	634.516	634.911	210273.638	381352.998	217.354g	2.50	-2.50
82	1900.000	635.036	635.228	210288.582	381348.844	217.077g	2.50	-1.11
83	1925.000	635.862	635.739	210312.757	381342.478	215.463g	2.50	1.14
84	1950.000	636.655	636.250	210337.148	381337.004	212.409g	3.38	3.38
85	1969.490	637.234	636.649	210356.356	381333.716	209.029g	5.13	5.13
86	1975.000	637.391	636.761	210361.817	381332.984	207.949g	5.13	5.13
87	2000.000	638.051	637.272	210386.718	381330.827	203.052g	5.13	5.13
88	2025.000	638.631	637.783	210411.711	381330.590	198.155g	5.13	5.13
89	2050.000	639.126	638.294	210436.648	381332.274	193.258g	5.13	5.13
90	2075.000	639.535	638.806	210461.382	381335.870	188.361g	5.13	5.13
91	2087.704	639.708	639.065	210473.825	381338.423	185.873g	5.13	5.13
92	2100.000	639.854	639.317	210485.769	381341.345	183.638g	4.03	4.03
93	2125.000	640.095	639.828	210509.749	381348.400	180.170g	2.50	1.78
94	2150.000	638.580	640.336	210533.405	381356.485	178.142g	2.50	-0.46
95	2172.704	640.435	640.738	210554.735	381364.260	177.548g	2.50	-2.50
96	2175.000	640.450	640.773	210556.890	381365.054	177.548g	2.50	-2.50
97	2200.000	640.611	641.106	210580.352	381373.688	177.548g	2.50	-2.50
98	2225.000	640.773	641.335	210603.813	381382.324	177.548g	2.50	-2.50
99	2250.000	640.934	641.459	210627.274	381390.960	177.548g	2.50	-2.50
100	2275.000	641.096	641.479	210650.735	381399.595	177.548g	2.50	-2.50
101	2300.000	641.210	641.395	210674.197	381408.231	177.548g	2.50	-2.50
102	2325.000	640.866	641.207	210697.658	381416.866	177.548g	2.50	-2.50
103	2350.000	640.521	640.915	210721.119	381425.501	177.548g	2.50	-2.50
104	2375.000	640.177	640.541	210744.580	381434.137	177.548g	2.50	-2.50
105	2400.000	639.832	640.160	210768.042	381442.772	177.548g	2.50	-2.50
106	2425.000	639.488	639.779	210791.503	381451.408	177.548g	2.50	-2.50
107	2450.000	639.235	639.398	210814.964	381460.043	177.548g	2.50	-2.50
108	2475.000	638.736	639.028	210838.425	381468.678	177.548g	2.50	-2.50
109	2500.000	638.237	638.745	210861.887	381477.314	177.548g	2.50	-2.50
110	2525.000	637.738	638.567	210885.348	381485.949	177.548g	2.50	-2.50
111	2550.000	637.239	638.492	210908.809	381494.584	177.548g	2.50	-2.50
112	2575.000	636.740	638.522	210932.270	381503.220	177.548g	2.50	-2.50
113	2600.000	636.241	638.656	210955.732	381511.855	177.548g	2.50	-2.50
114	2625.000	635.779	638.894	210979.193	381520.491	177.548g	2.50	-2.50
115	2650.000	636.362	639.237	211002.654	381529.126	177.548g	2.50	-2.50
116	2675.000	636.945	639.629	211026.115	381537.761	177.548g	2.50	-2.50
117	2700.000	637.528	640.022	211049.577	381546.397	177.548g	2.50	-2.50
118	2725.000	638.111	640.415	211073.038	381555.032	177.548g	2.50	-2.50
119	2750.000	638.694	640.808	211096.499	381563.668	177.548g	2.50	-2.50
120	2775.000	639.277	641.200	211119.960	381572.303	177.548g	2.50	-2.50
121	2800.000	639.860	641.593	211143.422	381580.938	177.548g	2.50	-2.50
122	2825.000	640.443	641.986	211166.883	381589.574	177.548g	2.50	-2.50
123	2850.000	641.026	642.379	211190.344	381598.209	177.548g	2.50	-2.50
124	2875.000	641.610	642.771	211213.805	381606.845	177.548g	2.50	-2.50
125	2900.000	642.193	643.164	211237.267	381615.480	177.548g	2.50	-2.50
126	2925.000	642.776	643.557	211260.728	381624.115	177.548g	2.50	-2.50
127	2950.000	643.359	643.950	211284.189	381632.751	177.548g	2.50	-2.50
128	2975.000	643.943	644.343	211307.650	381641.386	177.548g	2.50	-2.50
129	3000.000	644.526	644.735	211331.112	381650.022	177.548g	2.50	-2.50
130	3025.000	644.913	645.128	211354.573	381658.657	177.548g	2.50	-2.50

Le 21/06/2021 à 12:24 — PISTE 5.05 — Licence n° 3958
LMGC 1

TABULATION

N°	ABSCISSE	COTE TN	COTE	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE	DEV	DEV
PROF	CURVE	PROJET	PROJET			PROFIL	GAD	DRO
132	3075.000	645.288	645.521	211378.034	381667.292	177.548g	2.50	-2.50
133	3100.000	646.036	646.306	211401.495	381675.926	177.548g	2.50	-2.50
134	3125.000	646.310	646.699	211448.418	381693.198	177.548g	2.50	-2.50
135	3150.000	646.785	647.092	211471.879	381701.834	177.548g	2.50	-2.50
136	3175.000	647.159	647.485	211495.340	381710.469	177.548g	2.50	-2.50
137	3200.000	647.533	647.877	211518.801	381719.105	177.548g	2.50	-2.50
138	3225.000	647.920	648.270	211542.263	381727.740	177.548g	2.50	-2.50
139	3250.000	648.321	648.663	211565.724	381736.375	177.548g	2.50	-2.50
140	3275.000	648.722	649.056	211589.185	381745.011	177.548g	2.50	-2.50
141	3300.000	649.129	649.448	211612.646	381753.646	177.548g	2.50	-2.50
142	3325.000	649.530	649.841	211636.108	381762.282	177.548g	2.50	-2.50
143	3350.000	649.932	650.234	211659.569	381770.917	177.548g	2.50	-2.50
144	3375.000	650.338	650.627	211683.030	381779.552	177.548g	2.50	-2.50
145	3400.000	650.740	651.020	211706.491	381788.188	177.548g	2.50	-2.50
146	3408.973	650.882	651.161	211714.912	381791.287	177.548g	2.50	-2.50
147	3450.000	651.540	651.805	211753.567	381805.028	179.674g	-1.21	-2.50
148	3475.000	651.932	652.198	211777.486	381812.291	183.054g	-3.47	-3.47
149	3500.000	652.328	652.591	211801.826	381817.972	188.014g	-5.74	-5.74
150	3513.973	652.548	652.810	211815.615	381820.222	191.474g	-7.00	-7.00
151	3525.000	652.721	652.983	211826.573	381821.443	194.399g	-7.00	-7.00
152	3545.697	653.087	653.309	211847.242	381822.371	199.889g	-7.00	-7.00
153	3550.000	653.202	653.376	211851.545	381822.341	201.007g	-6.61	-6.61
154	3575.000	653.389	653.769	211876.490	381820.801	208.577g	-4.35	-4.35
155	3600.000	653.450	654.154	211901.252	381817.395	210.568g	-2.09	-2.50
156	3625.000	653.511	654.485	211925.815	381812.747	212.981g	0.18	-2.50
157	3650.000	653.578	654.753	211950.252	381807.474	213.814g	2.44	-2.50
158	3650.697	653.579	654.760	211950.933	381807.324	213.815g	2.50	-2.50
159	3675.000	653.639	654.959	211974.666	381802.091	213.815g	2.50	-2.50
160	3700.000	653.700	655.102	211999.080	381796.709	213.815g	2.50	-2.50
161	3725.000	653.761	655.183	212023.494	381791.326	213.815g	2.50	-2.50
162	3750.000	653.822	655.202	212047.907	381785.944	213.815g	2.50	-2.50
163	3812.760	653.980	654.972	212109.196	381772.431	213.815g	2.50	-2.50
164	3850.000	654.072	654.656	212145.366	381763.663	216.449g	2.50	-2.50
165	3875.000	654.089	654.420	212169.464	381756.941	218.217g	2.50	-2.50
166	3900.000	654.108	654.184	212193.346	381749.552	219.966g	2.50	-2.50
167	3925.670	653.801	653.942	212217.646	381741.278	221.801g	2.50	-2.50
168	3950.000	653.519	653.713	212240.563	381733.108	221.801g	2.50	-2.50
169	3975.000	653.228	653.477	212264.111	381724.713	221.801g	2.50	-2.50
170	4000.000	652.932	653.241	212287.659	381716.318	221.801g	2.50	-2.50
171	4025.000	652.641	653.005	212311.208	381707.923	221.801g	2.50	-2.50
172	4050.000	652.350	652.770	212334.756	381699.528	221.801g	2.50	-2.50
173	4075.000	652.059	652.534	212358.304	381691.133	221.801g	2.50	-2.50
174	4100.000	651.768	652.298	212381.853	381682.738	221.801g	2.50	-2.50
175	4125.000	651.472	652.062	212405.401	381674.343	221.801g	2.50	-2.50
176	4150.000	651.181	651.827	212428.949	381665.948	221.801g	2.50	-2.50
177	4175.000	650.890	651.591	212452.498	381657.553	221.801g	2.50	-2.50
178	4200.000	650.609	651.355	212476.046	381649.158	221.801g	2.50	-2.50
179	4225.000	650.359	651.119	212499.594	381640.763	221.801g	2.50	-2.50
180	4250.000	650.109	650.883	212523.143	381632.368	221.801g	2.50	-2.50
181	4275.000	649.859	650.648	212546.691	381623.973	221.801g	2.50	-2.50
182	4300.000	649.609	650.425	212570.239	381615.578	221.801g	2.50	-2.50
183	4325.000	649.359	650.207	212593.788	381607.183	221.801g	2.50	-2.50
184	4350.000	649.109	650.178	212617.336	381598.788	221.801g	2.50	-2.50
185	4375.000	648.859	650.147	212640.884	381590.392	221.801g	2.50	-2.50
186	4400.000	648.321	650.121	212664.433	381581.997	221.801g	2.28	-2.50
187	4425.000	648.482	650.096	212687.981	381573.602	221.801g	0.41	-2.50
188	4450.000	648.588	650.070	212711.529	381565.207	221.801g	-1.46	-2.50
189	4483.969	648.641	650.056	212724.687	381560.517	221.801g	-2.50	-2.50
190	4500.000	648.789	650.019	212758.342	381547.657	224.669g	-2.50	-2.50
191	4525.000	648.890	649.994	212781.337	381537.851	226.658g	-2.50	-2.50
192	4550.000	648.990	649.968	212804.015	381527.330	228.647g	-2.50	-2.50
193	4575.000	649.090	649.943	212826.352	381516.106	230.637g	-2.50	-2.50
194	4602.921	649.202	649.914	212850.872	381502.753	232.859g	-2.50	-2.50
195	4625.000	649.292	649.892	212870.074	381491.856	232.859g	-0.85	-2.50

Le 21/06/2021 à 12:24 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958
LMGC 1

TABULATION

N°	ABSCISSE	COTE TN	COTE	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE	DEV	DEV
PROF	CURVE	PROJET	PROJET			PROF	GAT	DR
197	4675.000	649.498	649.841	212913.551	381467.175	232.859g	2.50	-2.50
198	4700.000	649.599	649.815	212935.304	381454.841	232.859g	2.50	-2.50
199	4725.000	649.540	649.790	212957.047	381442.503	232.859g	2.50	-2.50
200	4750.000	649.731	649.764	212978.790	381430.165	232.859g	2.50	-2.50
201	4775.000	649.880	649.739	213000.533	381417.826	232.859g	2.50	-2.50
202	4800.000	649.790	649.713	213022.277	381405.488	232.859g	2.50	-2.50
203	4825.000	649.720	649.688	213044.020	381393.150	232.859g	2.50	-2.50
204	4850.000	649.650	649.662	213065.763	381380.811	232.859g	2.50	-2.50
205	4875.000	649.579	649.637	213087.506	381368.473	232.859g	2.50	-2.50
206	4900.000	649.508	649.611	213109.249	381356.135	232.859g	2.50	-2.50
207	4925.000	649.432	649.586	213130.993	381343.797	232.859g	2.50	-2.50
208	4950.000	649.362	649.560	213152.736	381331.458	232.859g	2.50	-2.50
209	4975.000	649.291	649.535	213174.479	381319.120	232.859g	2.50	-2.50
210	5000.000	649.114	649.509	213196.222	381306.782	232.859g	2.50	-2.50
211	5004.376	649.105	649.505	213200.028	381304.622	232.859g	2.50	-2.50

Le 21/06/2021 à 11:46 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958
LMGC 1

PROFIL EN LONG

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	630.160
D1	PENTE= 2.685 %	217.118		
			217.118	635.989
PA1	S= 297.6635 Z= 637.0705 R = -3000.00	158.386		
			375.504	636.061
D2	PENTE= -2.595 %	176.009		
			551.513	631.494
PA2	S= 629.3539 Z= 630.4839 R = 3000.00	148.873		
			700.387	631.325
D4	PENTE= 2.368 %	285.209		
			985.596	638.078
PA3	S= 1056.6285 Z= 638.9189 R = -3000.00	169.277		
			1154.872	637.310
D5	PENTE= -3.275 %	32.972		
			1187.845	636.230
PA	S= 1548.0728 Z= 630.3321 R = 11000.00	585.103		
			1772.948	632.631
D6	PENTE= 2.044 %	371.749		
			2144.697	640.230
PA4	S= 2267.3565 Z= 641.4842 R = -6000.00	214.047		
			2358.745	640.788
D9	PENTE= -1.523 %	105.206		
			2463.950	639.186
PA5	S= 2555.3381 Z= 638.4898 R = 6000.00	185.652		
			2649.602	639.230
D8	PENTE= 1.571 %	938.121		
			3587.723	653.969
PA6	S= 3744.8294 Z= 655.2029 R = -10000.00	251.413		
			3839.136	654.758
D7	PENTE= -0.943 %	445.466		
			4284.602	650.557
PA7	S= 4369.4784 Z= 650.1570 R = 9000.00	75.700		
			4360.303	650.162
D10	PENTE= -0.102 %	644.073		
			5004.376	649.505
LONGUEUR DE L'AXE 5004.376				

Le 21/06/2021 à 13:49 — PISTE 5.05 — Licence n° 3958
LMGC 1

VOLUMES CHAUSSEE

N°	ABSCISSE	FORME	BASE	CHAUSSEE	ACCOTE	T.P.C.
PROF	CURVILIGN	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
		5.7	5.2	5.3	0.1	5.0
2	25.000	40.5	52.4	12.5	0.1	0.0
3	50.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
4	75.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
5	100.000	39.6	52.0	12.5	0.1	0.0
6	125.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
7	150.000	41.1	52.4	12.5	0.1	0.0
8	175.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
9	200.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
10	225.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
11	250.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
12	275.000	24.6	32.3	7.7	0.1	0.0
13	280.989	20.7	26.2	6.3	0.1	0.0
14	300.000	35.7	46.1	11.0	0.1	0.0
15	325.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
16	350.000	32.9	41.8	10.0	0.1	0.0
17	364.989	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
18	400.000	49.4	62.7	15.0	0.1	0.0
19	425.000	48.0	60.9	14.6	0.1	0.0
20	458.273	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
21	475.000	34.4	43.6	10.4	0.1	0.0
22	500.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
23	525.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
24	549.993	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
25	575.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
26	600.000	48.6	61.7	14.7	0.1	0.0
27	633.993	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
28	650.000	33.8	42.9	10.3	0.1	0.0
29	675.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
30	700.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
31	725.000	40.9	52.3	12.5	0.1	0.0
32	750.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
33	775.000	41.1	52.3	12.5	0.1	0.0
34	800.000	50.7	65.9	15.7	0.1	0.0
35	837.999	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
36	850.000	30.5	38.7	9.3	0.1	0.0
37	875.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
38	900.000	38.8	49.2	11.7	0.1	0.0
39	921.999	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
40	950.000	43.8	55.5	13.3	0.1	0.0
41	975.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
42	1000.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
43	1025.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
44	1050.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
45	1075.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
46	1100.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
47	1125.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
48	1150.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
49	1175.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
50	1200.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
51	1225.000	31.7	40.1	9.6	0.1	0.0
52	1238.276	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
53	1275.000	50.9	64.6	15.4	0.1	0.0
54	1300.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
55	1325.000	35.7	45.3	10.8	0.1	0.0
56	1343.276	20.6	26.2	6.2	0.0	0.0
57	1350.000	26.2	33.2	7.9	0.1	0.0
58	1375.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
59	1400.000	36.6	46.4	11.1	0.1	0.0
60	1419.327	20.6	26.2	6.2	0.0	0.0
61	1425.000	25.3	32.1	7.7	0.1	0.0
62	1450.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
63	1475.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
64	1500.000	40.7	51.6	12.3	0.1	0.0
65	1524.327	20.7	26.2	6.3	0.1	0.0

1 / 4

Le 21/06/2021 à 13:49 — PISTE 5.05 — Licence n° 3958
LMGC 1

VOLUMES CHAUSSEE

N°	ABSCISSE	FORME	BASE	CHAUSSEE	ACCOTE	T.P.C.
PROF	CURVE	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
05	15.000	1.2	5.9	6.4	0.1	0.0
67	1550.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
68	1575.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
69	1600.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
70	1625.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
71	1650.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
72	1675.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
73	1700.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
74	1725.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
75	1750.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
76	1775.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
77	1800.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
78	1825.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
79	1850.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
80	1875.000	27.7	36.1	8.6	0.1	0.0
81	1884.490	20.7	26.2	6.3	0.1	0.0
82	1900.000	32.9	42.4	10.1	0.1	0.0
83	1925.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
84	1950.000	36.6	46.5	11.1	0.1	0.0
85	1969.490	20.6	26.1	6.2	0.0	0.0
86	1975.000	25.1	31.9	7.6	0.1	0.0
87	2000.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
88	2025.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
89	2050.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
90	2075.000	31.1	39.4	9.4	0.1	0.0
91	2087.704	20.6	26.1	6.2	0.0	0.0
92	2100.000	30.7	39.0	9.3	0.1	0.0
93	2125.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
94	2150.000	39.4	46.6	11.6	0.1	0.0
95	2172.704	20.7	26.2	6.3	0.1	0.0
96	2175.000	22.6	28.6	6.8	0.1	0.0
97	2200.000	39.3	51.8	12.5	0.1	0.0
98	2225.000	39.6	52.2	12.5	0.1	0.0
99	2250.000	39.6	52.0	12.5	0.1	0.0
100	2275.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
101	2300.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
102	2325.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
103	2350.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
104	2375.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
105	2400.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
106	2425.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
107	2450.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
108	2475.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
109	2500.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
110	2525.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
111	2550.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
112	2575.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
113	2600.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
114	2625.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
115	2650.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
116	2675.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
117	2700.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
118	2725.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
119	2750.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
120	2775.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
121	2800.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
122	2825.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
123	2850.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
124	2875.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
125	2900.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
126	2925.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
127	2950.000	41.0	52.4	12.5	0.1	0.0
128	2975.000	39.6	52.2	12.5	0.1	0.0
129	3000.000	39.2	52.3	12.5	0.1	0.0
130	3025.000	40.2	52.3	12.5	0.1	0.0

2 / 4

Le 21/06/2021 à 13:49 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958
LMGC 1

VOLUMES CHAUSSEE

N°	ABSCISSE	FORME	BASE	CHAUSSEE	ACCOTE	T.P.C.
PROF	CURVE	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
		40.4	52.3	2.5	0.1	0.0
132	3075.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
133	3100.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
134	3125.000	38.6	51.7	12.5	0.1	0.0
135	3150.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
136	3175.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
137	3200.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
138	3225.000	38.2	51.7	12.5	0.1	0.0
139	3250.000	38.3	51.8	12.5	0.1	0.0
140	3275.000	38.4	51.9	12.5	0.1	0.0
141	3300.000	38.1	51.8	12.5	0.1	0.0
142	3325.000	38.5	52.0	12.5	0.1	0.0
143	3350.000	38.4	52.0	12.5	0.1	0.0
144	3375.000	38.1	51.8	12.5	0.1	0.0
145	3400.000	25.8	35.1	8.5	0.1	0.0
146	3408.973	38.0	51.7	12.5	0.1	0.0
147	3450.000	51.9	68.5	16.5	0.1	0.0
148	3475.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
149	3500.000	32.1	40.8	9.7	0.1	0.0
150	3513.973	20.6	26.1	6.2	0.0	0.0
151	3525.000	26.1	33.2	7.9	0.1	0.0
152	3545.697	20.6	26.1	6.2	0.0	0.0
153	3550.000	24.2	30.6	7.3	0.1	0.0
154	3575.000	39.6	52.0	12.5	0.1	0.0
155	3600.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
156	3625.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
157	3650.000	21.2	26.9	6.4	0.1	0.0
158	3650.697	20.7	26.2	6.3	0.1	0.0
159	3675.000	40.8	51.6	12.3	0.1	0.0
160	3700.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
161	3725.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
162	3750.000	72.6	91.9	21.9	0.2	0.0
163	3812.760	82.7	104.7	25.0	0.2	0.0
164	3850.000	51.5	65.2	15.6	0.1	0.0
165	3875.000	38.4	52.0	12.5	0.1	0.0
166	3900.000	41.9	53.0	12.7	0.1	0.0
167	3925.670	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
168	3950.000	40.8	51.6	12.3	0.1	0.0
169	3975.000	38.0	51.7	12.5	0.1	0.0
170	4000.000	40.0	52.4	12.5	0.1	0.0
171	4025.000	41.2	52.4	12.5	0.1	0.0
172	4050.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
173	4075.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
174	4100.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
175	4125.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
176	4150.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
177	4175.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
178	4200.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
179	4225.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
180	4250.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
181	4275.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
182	4300.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
183	4325.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
184	4350.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
185	4375.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
186	4400.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
187	4425.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
188	4450.000	32.1	40.8	9.7	0.1	0.0
189	4463.969	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
190	4500.000	50.3	63.8	15.3	0.1	0.0
191	4525.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
192	4550.000	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
193	4575.000	43.6	55.3	13.2	0.1	0.0
194	4602.921	41.2	52.3	12.5	0.1	0.0
195	4625.000	38.8	49.3	11.8	0.1	0.0

Le 21/06/2021 à 13:49 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958

LMGC 1

VOLUMES CHAUSSEE

N°	ABSCISSE	FORME	BASE	CHAUSSEE	ACCOTE	T.P.C.
PROF	CURBE	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
		1.2	5.3	2.5	0.1	0.0
197	4675.000	39.1	52.3	12.5	0.1	0.0
198	4700.000	41.3	52.4	12.5	0.1	0.0
199	4725.000	37.4	51.3	12.5	0.1	0.0
200	4750.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
201	4775.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
202	4800.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
203	4825.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
204	4850.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
205	4875.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
206	4900.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
207	4925.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
208	4950.000	41.3	52.3	12.5	0.1	0.0
209	4975.000	37.3	51.2	12.5	0.1	0.0
210	5000.000	23.4	30.6	7.3	0.1	0.0
211	5004.376	3.5	4.6	1.1	0.0	0.0
		8195	10466	2502	20	0

Le 21/06/2021 à 14:04 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958

LMGC 1

VOLUMES TERRASSEMENT

N°	ABSCISSE	REMBLAI	DEBLAI	DECAPAGE	PURGE
PROF	CURVILIGN	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
2	25.000	8.4	131.1	0.0	0.0
3	50.000	24.7	99.0	0.0	0.0
4	75.000	384.3	138.7	0.0	0.0
5	100.000	0.0	119.7	0.0	0.0
6	125.000	0.0	400.2	0.0	0.0
7	150.000	0.0	131.6	0.0	0.0
8	175.000	0.0	126.0	0.0	0.0
9	200.000	1.9	114.6	0.0	0.0
10	225.000	5.9	98.6	0.0	0.0
11	250.000	1.2	122.7	0.0	0.0
12	275.000	0.0	98.8	0.0	0.0
13	280.989	60.1	49.0	0.0	0.0
14	300.000	0.0	157.1	0.0	0.0
15	325.000	2.5	158.9	0.0	0.0
16	350.000	8.4	86.8	0.0	0.0
17	384.989	10.9	88.4	0.0	0.0
18	400.000	38.6	55.3	0.0	0.0
19	425.000	119.5	0.0	0.0	0.0
20	458.273	241.9	37.6	0.0	0.0
21	475.000	0.0	2072.1	0.0	0.0
22	500.000	584.4	0.0	0.0	0.0
23	525.000	742.9	0.0	0.0	0.0
24	549.993	596.4	0.0	0.0	0.0
25	575.000	244.9	76.2	0.0	0.0
26	600.000	55.8	437.4	0.0	0.0
27	633.993	0.0	733.6	0.0	0.0
28	650.000	0.0	617.1	0.0	0.0
29	675.000	0.0	634.8	0.0	0.0
30	700.000	0.0	390.6	0.0	0.0
31	725.000	8.9	155.5	0.0	0.0
32	750.000	59.5	18.4	0.0	0.0
33	775.000	141.3	0.3	0.0	0.0
34	800.000	129.4	5.0	0.0	0.0
35	837.999	68.9	53.2	0.0	0.0
36	850.000	60.1	56.2	0.0	0.0
37	875.000	88.8	107.9	0.0	0.0
38	900.000	74.1	111.0	0.0	0.0
39	921.999	63.9	119.6	0.0	0.0
40	950.000	57.6	130.2	0.0	0.0
41	975.000	45.5	118.0	0.0	0.0
42	1000.000	31.1	102.8	0.0	0.0
43	1025.000	0.8	113.6	0.0	0.0
44	1050.000	3.2	79.0	0.0	0.0
45	1075.000	174.2	0.0	0.0	0.0
46	1100.000	369.4	0.0	0.0	0.0
47	1125.000	501.9	0.0	0.0	0.0
48	1150.000	554.2	0.0	0.0	0.0
49	1175.000	548.0	0.0	0.0	0.0
50	1200.000	543.2	0.0	0.0	0.0
51	1225.000	428.2	0.0	0.0	0.0
52	1238.276	577.9	0.0	0.0	0.0
53	1275.000	853.9	0.0	0.0	0.0
54	1300.000	792.1	0.0	0.0	0.0
55	1325.000	789.3	0.0	0.0	0.0
56	1343.276	524.5	0.0	0.0	0.0
57	1350.000	705.9	0.0	0.0	0.0
58	1375.000	1349.8	0.0	0.0	0.0
59	1400.000	1327.7	0.0	0.0	0.0
60	1419.327	830.1	0.0	0.0	0.0
61	1425.000	1060.8	0.0	0.0	0.0
62	1450.000	2159.8	0.0	0.0	0.0
63	1475.000	2785.3	0.0	0.0	0.0
64	1500.000	3498.1	0.0	0.0	0.0
65	1524.327	2057.1	0.0	0.0	0.0

1 / 4

Le 21/06/2021 à 14:04 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958
LMGC 1

VOLUMES TERRASSEMENT

N°	ABSCISSE	REMBLAI	DEBLAI	DECAPAGE	PURGE
PROF	CURVE	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
67	1550.000	4140.5	0.0	0.0	0.0
68	1575.000	3817.6	0.0	0.0	0.0
69	1800.000	3016.7	0.0	0.0	0.0
70	1825.000	2499.4	0.0	0.0	0.0
71	1850.000	2055.5	0.0	0.0	0.0
72	1875.000	1676.4	0.0	0.0	0.0
73	1700.000	1353.9	0.0	0.0	0.0
74	1725.000	1080.5	0.0	0.0	0.0
75	1750.000	849.7	0.0	0.0	0.0
76	1775.000	655.3	0.0	0.0	0.0
77	1800.000	479.4	0.0	0.0	0.0
78	1825.000	313.4	0.0	0.0	0.0
79	1850.000	162.4	0.0	0.0	0.0
80	1875.000	18.9	5.5	0.0	0.0
81	1884.490	0.0	211.4	0.0	0.0
82	1900.000	0.0	64.6	0.0	0.0
83	1925.000	0.0	176.2	0.0	0.0
84	1950.000	0.0	239.1	0.0	0.0
85	1969.490	0.0	165.1	0.0	0.0
86	1975.000	0.0	210.1	0.0	0.0
87	2000.000	0.0	393.2	0.0	0.0
88	2025.000	0.0	417.6	0.0	0.0
89	2050.000	0.0	412.1	0.0	0.0
90	2075.000	0.0	279.4	0.0	0.0
91	2087.704	0.0	167.5	0.0	0.0
92	2100.000	0.0	219.4	0.0	0.0
93	2125.000	0.0	213.8	0.0	0.0
94	2150.000	411.3	0.0	0.0	0.0
95	2172.704	0.3	24.6	0.0	0.0
96	2175.000	0.9	25.2	0.0	0.0
97	2200.000	25.2	12.9	0.0	0.0
98	2225.000	36.3	6.0	0.0	0.0
99	2250.000	30.8	10.6	0.0	0.0
100	2275.000	0.0	1385.7	0.0	0.0
101	2300.000	21.4	84.1	0.0	0.0
102	2325.000	41.9	96.0	0.0	0.0
103	2350.000	50.3	86.7	0.0	0.0
104	2375.000	45.4	92.1	0.0	0.0
105	2400.000	39.1	99.0	0.0	0.0
106	2425.000	12.6	106.2	0.0	0.0
107	2450.000	13.0	121.8	0.0	0.0
108	2475.000	27.2	95.6	0.0	0.0
109	2500.000	62.4	57.6	0.0	0.0
110	2525.000	0.3	207.9	0.0	0.0
111	2550.000	264.2	0.0	0.0	0.0
112	2575.000	458.5	0.0	0.0	0.0
113	2600.000	705.1	0.0	0.0	0.0
114	2625.000	858.4	0.0	0.0	0.0
115	2650.000	880.1	0.0	0.0	0.0
116	2675.000	799.7	0.0	0.0	0.0
117	2700.000	716.5	0.0	0.0	0.0
118	2725.000	636.1	0.0	0.0	0.0
119	2750.000	558.3	0.0	0.0	0.0
120	2775.000	483.3	0.0	0.0	0.0
121	2800.000	411.0	0.0	0.0	0.0
122	2825.000	341.5	0.0	0.0	0.0
123	2850.000	274.6	0.0	0.0	0.0
124	2875.000	210.6	0.0	0.0	0.0
125	2900.000	149.3	0.0	0.0	0.0
126	2925.000	90.7	0.0	0.0	0.0
127	2950.000	37.5	2.3	0.0	0.0
128	2975.000	1.3	17.2	0.0	0.0
129	3000.000	0.0	50.6	0.0	0.0
130	3025.000	0.0	72.5	0.0	0.0

2 / 4

Le 21/08/2021 à 14:04 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958
LMGC 1

VOLUMES TERRASSEMENT

N°	ABSCISSE	REMBLAI	DEBLAI	DECAPAGE	PURGE
PROF	CURBES	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
132	3075.000	0.0	404.4	0.0	0.0
133	3100.000	0.0	488.2	0.0	0.0
134	3125.000	0.0	28.8	0.0	0.0
135	3150.000	0.0	516.0	0.0	0.0
136	3175.000	0.0	410.3	0.0	0.0
137	3200.000	0.0	134.8	0.0	0.0
138	3225.000	0.0	35.5	0.0	0.0
139	3250.000	0.0	35.1	0.0	0.0
140	3275.000	0.0	35.4	0.0	0.0
141	3300.000	0.0	37.9	0.0	0.0
142	3325.000	0.0	39.7	0.0	0.0
143	3350.000	0.0	41.8	0.0	0.0
144	3375.000	0.0	45.1	0.0	0.0
145	3400.000	0.0	32.0	0.0	0.0
146	3408.973	0.0	47.4	0.0	0.0
147	3450.000	0.0	51.5	0.0	0.0
148	3475.000	0.0	577.3	0.0	0.0
149	3500.000	6.1	38.4	0.0	0.0
150	3513.973	6.3	27.7	0.0	0.0
151	3525.000	7.6	36.5	0.0	0.0
152	3545.697	2.5	35.8	0.0	0.0
153	3550.000	6.1	36.8	0.0	0.0
154	3575.000	15.5	16.8	0.0	0.0
155	3600.000	89.4	0.0	0.0	0.0
156	3625.000	163.7	0.0	0.0	0.0
157	3650.000	112.1	0.0	0.0	0.0
158	3650.697	109.9	0.0	0.0	0.0
159	3675.000	262.8	0.0	0.0	0.0
160	3700.000	294.7	0.0	0.0	0.0
161	3725.000	301.3	0.0	0.0	0.0
162	3750.000	502.1	0.0	0.0	0.0
163	3812.760	312.9	0.0	0.0	0.0
164	3850.000	40.1	0.0	0.0	0.0
165	3875.000	0.0	33.8	0.0	0.0
166	3900.000	0.0	121.2	0.0	0.0
167	3925.670	0.0	697.8	0.0	0.0
168	3950.000	0.0	1983.9	0.0	0.0
169	3975.000	0.0	54.6	0.0	0.0
170	4000.000	0.0	38.4	0.0	0.0
171	4025.000	0.0	19.1	0.0	0.0
172	4050.000	4.3	0.6	0.0	0.0
173	4075.000	28.4	0.0	0.0	0.0
174	4100.000	40.3	0.0	0.0	0.0
175	4125.000	49.0	0.0	0.0	0.0
176	4150.000	58.4	0.0	0.0	0.0
177	4175.000	69.9	0.0	0.0	0.0
178	4200.000	82.4	0.0	0.0	0.0
179	4225.000	92.0	0.0	0.0	0.0
180	4250.000	104.5	0.0	0.0	0.0
181	4275.000	119.6	0.0	0.0	0.0
182	4300.000	141.7	0.0	0.0	0.0
183	4325.000	173.9	0.0	0.0	0.0
184	4350.000	217.7	0.0	0.0	0.0
185	4375.000	290.5	0.0	0.0	0.0
186	4400.000	375.5	0.0	0.0	0.0
187	4425.000	381.7	0.0	0.0	0.0
188	4450.000	272.4	0.0	0.0	0.0
189	4463.969	334.2	0.0	0.0	0.0
190	4500.000	322.0	0.0	0.0	0.0
191	4525.000	219.9	0.0	0.0	0.0
192	4550.000	178.5	0.0	0.0	0.0
193	4575.000	147.7	0.0	0.0	0.0
194	4602.921	99.5	0.0	0.0	0.0
195	4625.000	50.9	0.0	0.0	0.0

3 / 4

Le 21/08/2021 à 14:04 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958
LMGC 1

VOLUMES TERRASSEMENT

N°	ABSCISSE	REMBLAI	DEBLAI	DECAPAGE	PURGE
PROF	CURAGE	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
197	4675.000	0.0	32.2	0.0	0.0
198	4700.000	2298.6	0.0	0.0	0.0
199	4725.000	0.0	53.9	0.0	0.0
200	4750.000	0.0	135.4	0.0	0.0
201	4775.000	0.0	189.3	0.0	0.0
202	4800.000	0.0	173.5	0.0	0.0
203	4825.000	0.0	157.9	0.0	0.0
204	4850.000	0.0	141.9	0.0	0.0
205	4875.000	0.0	125.9	0.0	0.0
206	4900.000	0.0	110.9	0.0	0.0
207	4925.000	0.0	824.1	0.0	0.0
208	4950.000	0.0	656.1	0.0	0.0
209	4975.000	0.0	55.2	0.0	0.0
210	5000.000	0.0	10.6	0.0	0.0
211	5004.376	0.0	1.5	0.0	0.0
		67505	23092	0	0

Annexe 2: CARTE DE DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS DES OUVRAGES DU PROJET ET RELEVÉ DES PLUIE ANNUELLE DES STATIONS METEOROLOGIQUE DE AKONOLINGA

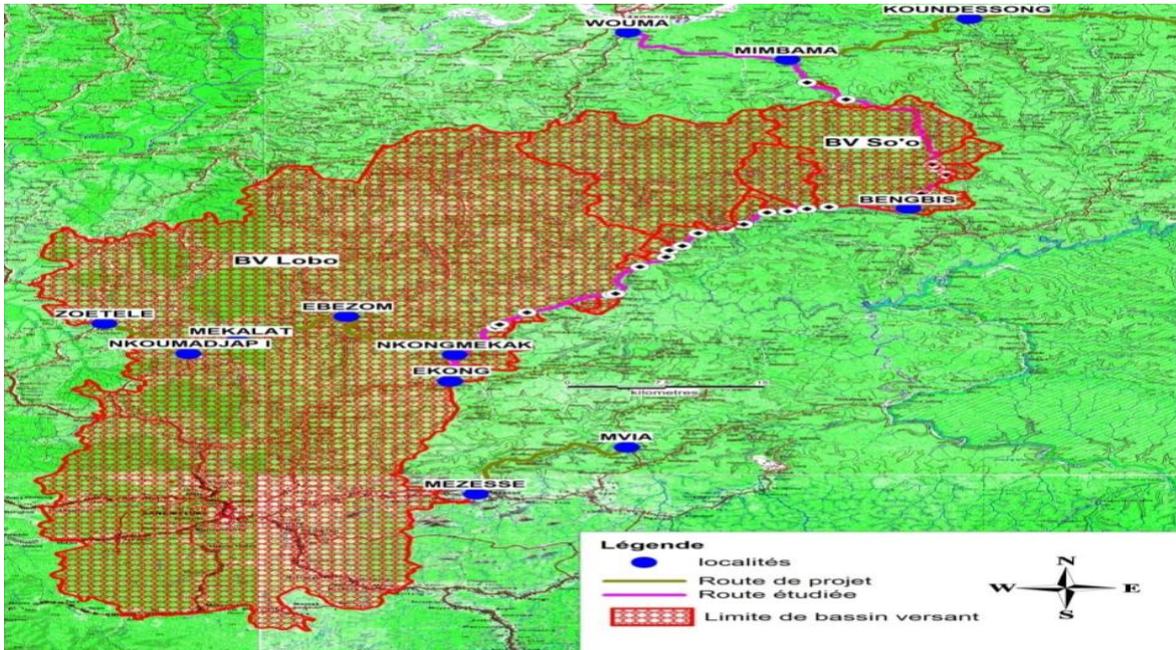


Figure 13: Carte des bassins versants du projet issue de l'étude hydrologique

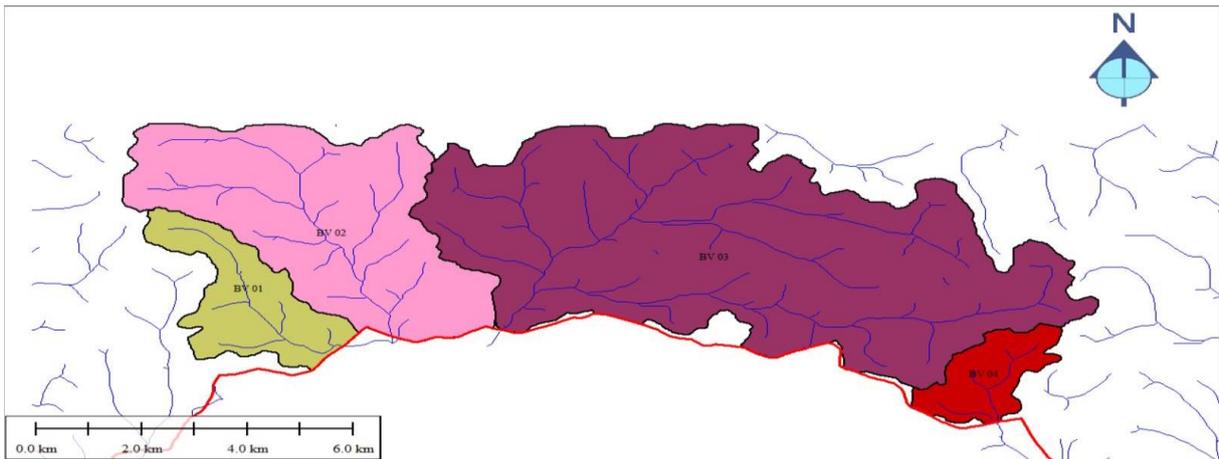


Figure 14: Carte des bassins versants des ouvrages du tronçon étudié

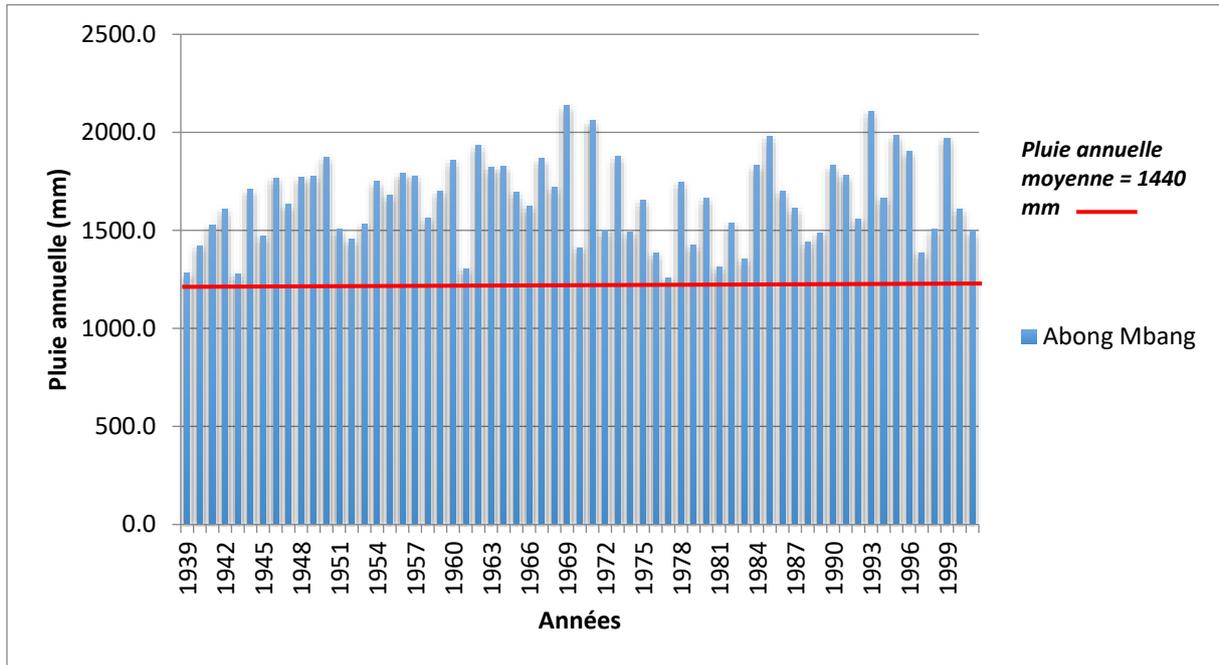


Figure 15: Relevé des pluies annuelles des stations météorologiques de Akonolinga-Abong Mbang reçu de INC

Annexe 3: DETAILS DES CALCULS HYDRAULIQUES DES DALOTS

Débits (m ³ /s)	Vitesse max Vr(m/s)	Tirant d'eau débitance (m)	Hauteur (m)	Largeur (m)	Surface (m ²)	Nombre de cellule	Débit par cellule (m ³ /s)	Vitesse d'écoulement d'une cellule Vp(m/s)	Vérification (Vp<Vr)	Commentaires
14.63	3.5	1.7	2.5	2.5	6.25	1	14.62	2.33	Ok	Section hydraulique vérifiée, la vitesse Vp d'une cellule satisfait les conditions d'auto curage et les limitations de sédimentation
39.61	3.5	1.58	3	4	12	3	13.203	1.01	ok	
61.28	3.5	2.7	3	4	12	2	30.64	2.55	ok	
21.18	3.5	1.31	2	3	6	2	10.59	1.765	ok	

**Annexe 4: DIMENSIONNEMENT DES FOSSEES TRIANGULAIRES
(cas Pk 1+885 - Pk 02+125 Côté droit)**

Calcul de la superficie de l'impluvium,

Nous considérons la largeur de l'emprise soit $l=33.5$ m dont 8.5m pour la chaussée $((3.5*2) + 1.5=8.5)$ dans le cas d'une chaussée déversée (cas le plus défavorable) et 25 m pour l'impluvium extérieur. En Considérant la longueur des divergents fonction de la géographie du terrain en place, nous définissons finalement 300 m comme longueur finale du fossé.

- Surface de la Chaussée = $300 \text{ m} \times 8.5 \text{ m} = 9.750 \text{ m}^2 = 0.00255 \text{ km}^2$
- Surface zones attenantes et impluvium extérieur = $300 \text{ m} \times 25 \text{ m} = 0.0075 \text{ km}^2$
- La longueur du tronçon considéré égale à $L= 300$ m
- Pente du terrain naturel $P= 2.04\%$
- La superficie (A) : $A= L \times l = 300 \text{ m} \times 33.5 \text{ m} = 0.00975 \text{ km}^2$
- Le coefficient de ruissellement est de $C = \frac{\sum(S_i * C_i)}{A} = \frac{(0.00255 * 0.95) + (0.0072 * 0.8)}{0.00975} = 0.839$

Calcul de l'intensité I

Calcul du temps de concentration T_c par la formule de Kirpich :

$$T_c = \frac{1}{52} * \frac{L^{0.77}}{P^{0.38}} = \frac{1}{52} * \frac{300^{0.77}}{2.04^{0.38}} = 1.185 \text{ min} = 0.01975 \text{ h}$$

$$I = a * T_c^{-b} = 39 * T_c^{-0.94} \quad \text{pour } D > 2h$$

$$I = a * T_c^{-b} = 56 * 0.01975^{-0.5} = 398.478 \text{ mm/h} \quad \text{pour } D \leq 2h$$

Nous prendrons $I= 398.478$ mm/h pour le calcul du débit décennal en utilisant la méthode rationnelle CIA

$$Q_{10} = 0.278 * C * I * A = 0.278 * 0.839 * 0.0975 = 0.02274 \text{ m}^3/\text{s}$$

En utilisant la formule de MANNING-STRICKLER et par la méthode de la débitance, on a pour

$$Q = K_S * \frac{S(y)^{\frac{5}{3}}}{P(y)^{\frac{2}{3}}} * \sqrt{I} = Q_{10}$$

$$\frac{Q}{\sqrt{I}} = K_S * S(y) * R(y)^{\frac{2}{3}}$$

$$S(y) = y(b + my) \quad R(y) = \frac{y(b+my)}{b+2y\sqrt{1+m^2}} \quad \text{avec } b = 0 \text{ pour les fossé triangulaires}$$

$$K_S = 67 \quad m = \frac{2}{3} = 0.67 \quad S(y) = y(b + my) = 0.67y^2$$

$$R(y) = \frac{y(b + my)}{b + 2y\sqrt{1 + m^2}} = \frac{0.67y^2}{2y\sqrt{1 + 0.67^2}}$$

$$\frac{Q}{\sqrt{I}} = K_S * S(y) * R(y)^{\frac{2}{3}}$$

$$0.159 = 67 * \frac{0.67y^2}{(2y\sqrt{1 + 0.67^2})^{\frac{2}{3}}}$$

D'où nous obtenons le résultat suivant : $y = 0.00041 \text{ m}$ nous allons adopter la section normalisée immédiatement supérieur à la section calculée qui est : $y = 60 \text{ cm}$ et une ouverture de 130 cm soit une surface de 0.39 m^2

Vérification de la vitesse d'écoulement dans le fossé bétonné :

$$Q = V * S \quad V = \frac{Q}{S} = \frac{0.02274}{0.39} = 0.02274 \text{ m/s} \quad V < V_{adm} = 3 \text{ m/s OK}$$

vitesse vérifiée, Mais nous préconisons une augmentation de la pente afin de faciliter l'auto curage ; éviter les dépôts.

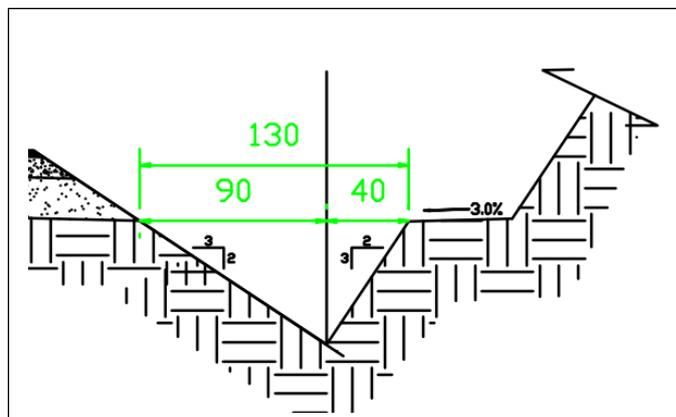


Figure 16: Schéma fosse triangulaire normalisé

Annexe 5: TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS DES ESSAIS DES ZONES D'EMPRUNTS ET RONE DE PURGES DANS LE TRONCON D'ETUDE

 BP 5 640 Yaoundé - CAMEROUN Tél: 222 2197 16 / 694 84 09 51	ETUDES GEOTECHNIQUES EN VUE DU BITUMAGE DE LA ROUTE EKONG - BENGBIS RAPPORT DE SYNTHESE (APD)
--	--

TABLEAU RECAPITULATIF DES ESSAIS D'IDENTIFICATION DES MATERIAUX DES EMPRUNTS

Localisation (PK)	N° Puits	Coordonnées GPS (Puits manuels)	Prof. de prélèvement (m)	Nature des matériaux	ANALYSE GRANULOMETRIQUE (ouverture des tamis en mm)										Limites d'Atterberg			Proctor modifié		CBR à 95 % OPM et 4j imb	ω (%) Nat	Classification HRB		
					31,5	25,0	20,0	16,0	12,5	10,0	8,0	5,0	2,0	1,0	0,5	0,08	LL (%)	LP (%)	IP (%)				γ _d (T/m ³)	ω (%)
PK 42 + 390 (Emprunt N° 14)	1			Grave latéritique brunâtre	100	100	99	99		83,0		42,0	26,0		25,0	21,0	65,0		32,9	2,210	10,9	36	14,9	A-2-7(1)
	2			Grave latéritique brunâtre	100	96	91	84		66,0		53,0	44,0		40,0	26,0	47,8		19,4				11,4	A-2-7(1)
	3			Grave latéritique brunâtre	100	100	97	94		81,0		44,0	22,0		20,0	17,0	60,4		28,8				14,6	A-2-7(0)
	Moyenne retenue					100	100	99	99		83,0		42,0	26,0		25,0	21,0	65,0		33,0	2,210	10,9	36	15,0
PK 43 + 825 (Emprunt N°15)	1	33 N 202488	0,00 - 1,50	Grave latéritique argileuse rougeâtre	100	99	97	92,2	85,6	70,5	55,2	35,6	22,3	21,0	20,3	17,8	51	26	25	2,255	8,4	62	11,5	A-2-7(0)
	2	33 N 202444	0,00 - 1,50	Grave latéritique argileuse rougeâtre	100	99	97	92,2	85,6	74,5	60,9	44,2	33,1	32,0	31,2	28,3	47	25	22	2,123	10,3	52	13,3	A-2-7(2)
	3	33 N 202444	0,00 - 1,60	Argile graveleuse rougeâtre	####	####	####	97,2	93,7	85,6	76,5	60,1	46,5	45,0	43,9	40,1	52	29	24	2,170	8,5	48	15,4	A-7-6(5)
	4	33 N 202408	0,00 - 1,40	Grave latéritique argileuse rougeâtre	####	99,0	98,4	97,8	92,7	83,1	71,9	54,9	40,8	39,2	38,4	34,6	46	25	22	2,132	10,2	52	13,2	A-2-7(2)
Moyenne					100	99	98	95	89,4	78,4	66,1	48,7	35,7	34,3	33,5	30,2	49	26	23	2,170	9,4	54	13,4	-
PK 47 + 310 (Emprunt N° 16)	1			Grave latéritique brunâtre	100	97	92	82		66,0		42,0	27,0		20,0	13,0	58,1		26,7	2,188	8,8	61	14,6	A-2-7(0)
	2			Grave latéritique brunâtre	100	98	91	89		81,0		59,0	44,0		43,0	39,0	67,7		34,7				14,0	A-7-5(6)
	3			Grave latéritique brunâtre	100	100	95	83		65,0		52,0	44,0		40,0	25,0	64,6		32,6				13,0	A-2-7(2)
	Moyenne retenue					100	97	92	82		66,0		42,0	27,0		20,0	13,0	58,1		27,0	2,188	8,8	61	15,0
PK 52 + 000 (Emprunt N° 17)	1			Grave latéritique rougeâtre	97	97	96	92		75,0		53,0	35,0		28,0	15,0	61,4		29,0	2,178	8,6	47	12,7	A-2-7(0)
	2			Grave latéritique rougeâtre	100	98	95	95		85,0		68,0	62,0		56,0	37,0	60,3		29,5				10,8	A-7-5(5)
	3			Grave latéritique rougeâtre	100	98	98	98		93,0		74,0	66,0		59,0	40,0	60,0		28,9				19,8	A-7-5(6)
	Moyenne retenue					97	97	96	92		75,0		53,0	35,0		28,0	15,0	61,0		29,0	2,178	8,6	47	13,0

Annexe 6: DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE**I. Dimensionnement par la méthode du CEBTP****1. Le sol de plateforme**

Pour notre étude, les sondages des sols de la plateforme ont révélé un sol de classe S4 est adopté. Avec un CBR moyen variant de 15-30. Pour une bonne mise en œuvre et pour assurer la durabilité de notre ouvrage, nous avons exigé d'avoir un CBR minimum de 30. Pour atteindre ce but, un remblai de grave latéritique sélectionné sera fait dans toutes les zones à CBR de plateforme faible.

2. Trafic moyen journalier sur EKONG-BENGBIS

Type de véhicule	VP	PU	MB	AC	C2E	C3E	EA	GR	TOTAL	2 ROUES
EKONG-BENGBIS	48	36	23	1	6	5	4	11	134	165

3. Calcul du trafic poids lourd cumulé

$$t_n = t_1(1 + i)^{n-1}$$

On a :

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

Avec :

t_1 : trafic moyen journalier de la première année ;

t_n : trafic moyen journalier de l'année n ;

n : nombre d'années ;

i : taux d'accroissement annuel du trafic ;

$$TMJA = t_1 = 134 \text{ PL/j ;}$$

Calcul du trafic pour l'année de service $n = 20$ ans

$$AN : t_{20} = 134 * (1 + 0.07)^{20-1}$$

$$t_{20} = 484.61 \text{ PL soit } 485 \text{ PL}$$

On a le trafic cumulé :

$$365 \sum_1^n t_n = 365 * 134 * \frac{(1 + 0.07)^{20-1}}{0.07}$$

$$N = 2\,526\,919 \quad PL \approx 2.53 * 10^6$$

$$1.5 * 10^6 \leq 2.5 * 10^6 \leq 4 * 10^6 \Rightarrow \text{Classe T3}$$

On a : Le trafic est de classe : T3

4. Choix de la structure de Chaussée « CEBTP »

Tableau 15: Choix de la structure de chaussée en fonction de tu trafic et la classe de sol de la plateforme

TRAFICS T ₃ - T ₄		S ₁		S ₂		S ₃		S ₄		S ₅	
		T ₃	T ₄								
R	Béton bitumineux	5	X	5	X	5	X	5	X	5	X
B	Graveleux latéritique naturel	20	X	20	X	20	X	20	X	25	X
F	Graveleux latéritique naturel	40	X	30	X	20	X	15	X	0	X
R	Béton bitumineux	5	7	5	7	5	7	5	7	5	X
B	Graveleux latéritique ou grave naturelle améliorés au ciment	20	20	20	20	20	20	20	20	20	X
F	Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D	45	50	25	30	20	25	15	20	0	X
R	Béton bitumineux	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7
B	Concassé o/d	20	25	20	25	20	25	20	25	20	25

F	Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D ou tout-venant de concassage	40	45	30	30	25	25	20	20	0	0
R	Béton bitumineux	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7
B F	Concassé o/d	60	65	45	50	40	45	30	35	20	25
R	Béton bitumineux	5	X	5	X	5	X	5	X	5	X
B	Grave naturelle, grave latéritique naturelle ** ou concassé o/d	25	X	25	X	25	X	25	X	20	X
F	Sable argileux	45	X	30	X	25	X	20	X	0	X
R	Béton bitumineux	5	X	5	X	5	X	5	X	5	X
B	Sable argileux amélioré au ciment *	20	X								
F	Sable argileux	55	X	35	X	25	X	20	X	0	X

Variantes	Structure de la chaussée	Nature matériaux	Epaisseur (Cm)	Module de Young à 27°C (MPa)	Coefficient. De Poisson
1	Revêtement	Béton Bitumineux	5	1990	0.35
	Base	Grave Latéritique naturelle	20	150	0.35
	Fondation	Grave latéritique	20	350	0.35
	Plate-Forme S4(Pf2)	/	Infini	150	0.35
2	Revêtement	Béton Bitumineux	5	1990	0.35
	Base	Grave naturelle améliorés au ciment	20	/	0.25
	Fondation	Grave latéritique naturelle	15	350	0.35
	Plate-Forme S4 (Pf2)	/	Infini	150	0.35
3	Revêtement	Béton Bitumineux	5	1990	0.35
	Base	Grave concassé	20	600	0.35
	Fondation	Graveleux latéritique	20	350	0.35
	Plate-Forme S4 (Pf2)	/	Infini	150	0.35
4	Revêtement	Béton Bitumineux	5		
	Base	Concassé	30		
	Fondation Plate-Forme S4 (Pf2)	/	Infini	150	0.35

Choix retenu :

2	Revêtement	5 cm	Béton bitumineux
	Base	15 cm	Grave naturelle améliorés au ciment
	Fondation	15 cm	Graveleux Latéritique naturel

- **Quelques caractéristiques des matériaux constitutifs de la structure des chaussées (source : Guide technique de conception et de dimensionnement des structures de chaussée communautaire)**

✚ Vérification du dimensionnement par le logiciel ALIZE LCPC

CALCUL DES CONTRAINTES ADMISSIBLES

✚ Déformation horizontale admissible de la couche de fondation et plateforme

$$\varepsilon_{z,ad} = A * (NE^{-0,222}) \text{ car sol, GNT ou GRH}$$

$A =$ Déformation permanente = 12 000 car Trafic T3 et en présence d'un sol

$$NE = \text{Nombre d'essieux équivalents} = MJA * 365 * \frac{(1 + \tau)^{P-1}}{\tau} * CAM$$

En absence de toute autre information, on prend MJA = Centre de classe soit :

$$MJA = 85 \text{ pour notre cas}$$

Classes	T5	T4	T3	T2	T1	T0	TS	TEX
Centres (MJA)			85	200	500	1 200	3 000	
Limites (MJA)	0	25	50	150	300	750	2 000	5 000

Figure 17: Classe de trafic et valeurs de MJA

τ : Taux de croissance géométrique annuel de 7%

P : Durée de vie de la route soit 20 an

• Trafic moyen et fort					
	Structure	CAM		Structure	CAM
Bitumineuse	$h < 20$ cm	0,8	Mixte	MB	0,8
	$h \geq 20$ cm	1,0		MTLH	1,3
Semi-rigide		1,3	Inverse	M8	0,8
Béton		1,3		GRH	1,0
Sols, GNT & GRH		1,0		MTLH	1,3

Figure 18: Coefficient d'agressivité CAM pour trafic moyen et fort

Dans notre cas, CAM = 1

D'où :

$$NE = \text{Nombre d'essieux équivalents} = 85 * 365 * \frac{(1 + 0.07)^{20-1}}{0.07} * 1$$

$$NE = 1\ 602\ 897 \text{ Essieux}$$

$$\varepsilon_{z,ad} = A * (NE^{0,222}) = 12\ 000 * (1\ 602\ 897^{-0,222})$$

$$\varepsilon_{z,ad} = 503.14 \mu\text{déf}$$

✚ **Déformation verticale admissible de la couche de revêtement en Béton Bitumineux (couche de roulement)**

Dans notre cas, CAM = 0.8

$$NE = \text{Nombre d'essieux équivalents} = 85 * 365 * \frac{(1 + 0.07)^{20-1}}{0.07} * 0.8$$

$$NE = 1\ 602\ 897 * 0.8$$

$$NE = 1\ 282\ 317 \text{ Essieux}$$

$$\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_6(10^\circ\text{C}; 25 \text{ Hz}) * \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b * \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\Theta_{eq})}} * k_c * k_r * k_s$$

$$k_c = \text{calage} = 1.1$$

$$k_r = \text{risque et dispersions} = (10^{-\mu b \delta})$$

avec $\mu = \text{variable aléatoire}$;

$$\delta = \left(SN^2 + \left(\frac{c * Sh}{b}\right)^2\right)^{0.5}$$

C=Coefficient associant la variation de déformation à la variation d'épaisseur ΔH de la couche bitumineuse. La valeur de c fixée dans l'étude de structures usuelles est de

$$c = 2 \text{ m}^{-1}$$

SN= Dispersion sur le logarithme du nombre de cycle à rupture à l'essai de fatigue

$$SN = 0.25 \text{ (Car matériaux bitumineux)}$$

Sh=dispersion sur l'épaisseur de la couche à la mise en œuvre ;

$$Sh = 0.01 \text{ m car } h \leq 0.10 \text{ m}$$

$$\frac{-1}{b} = 5 \quad \text{d'où nous avons } b = -0.2$$

μ : Variable aléatoire associée au risque r, considérons le risque 25% alors $\mu = -0.674$

$$k_s = \text{défaut de portance} = \frac{1}{1.1} = 0.909 \quad \text{car le type de plateforme est Pf2}$$

		T0	T1	T2	T3
Structures usuelles	MB	2,0	5,0	12,0	25,0
	MTLH	2,5	5,0	7,5	12,0
Structures inverses	MB	2,0	5,0	12,0	25,0
	MTLH	5,0	10,0	15,0	24,0
Structures mixtes	MB	2,0	5,0	12,0	25,0
	MTLH	3,0	10,0	20,0	35,0
Structures en béton	CdBose	2,8	5,0	7,5	11,5
	CdFond souf BAC et BCg	5,6	10,0	15,0	23,0
	CdFond pour BAC et BCg	50,0	50,0	50,0	50,0

Figure 19: Choix du risque

r (%)	u	r (%)	u	r (%)	u
1	-2,326	5,6	-1,590	23	-0,739
1,5	-2,170	7,5	-1,439	24	-0,706
2	-2,054	10	-1,282	25	-0,674
2,5	-1,960	11,5	-1,200	30	-0,524
2,8	-1,911	12	-1,175	35	-0,385
3	-1,881	15	-1,036	40	-0,253
5	-1,645	20	-0,842	50	0

Figure 20: Tableau du choix de u

$$\delta = \left(0.25^2 + \left(\frac{2 * 0.01}{-0.2} \right)^2 \right)^{0.5} = 0.269$$

$$k_r = (10^{-\mu b \delta}) = (10)^{-(-0.674 * (-0.1) * 0.269)} = 0.92$$

$$E(10^\circ\text{C}; 10\text{Hz}) = 7200 \text{ Mpa}$$

Or

$\theta_{eq} = 27^\circ\text{C}$ Car c'est la température équivalente que nous allons adopter dans notre zone géographique pour le calcul de notre projet. Par interpolation, nous obtiendrons

$$E(27^\circ\text{C}; 10\text{Hz}) = 1990 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_6(10^\circ\text{C}; 25 \text{ Hz}) = 100$$

$$\varepsilon_{t,ad} = 100 * \left(\frac{1\ 282\ 317}{10^6}\right)^{-0.2} * \sqrt{\frac{7200}{1990}} * 1.1 * 0.92 * 0.909$$

$$\varepsilon_{t,ad} = 166.48 \mu def$$

✚ **Contrainte admissible d'un matériau traité au liant hydraulique (couche de base)**

Dans notre cas, $CAM = 1.3$

$$NE = \text{Nombre d'essieux équivalents} = 85 * 365 * \frac{(1 + 0.07)^{20-1}}{0.07} * 1.3$$

$$NE = 2\ 083\ 766 \text{ Essieux}$$

$$\sigma_{t,ad} = \sigma_6 \times \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b \times k_c * k_d * k_r * k_s$$

Matériaux traités aux liants hydrauliques						
	σ_6 (MPa)	-1/b	SN	Sh (2)	k_c	
GC	0,75	15	1	0,03	1,4	
GCV	1,40	16	1	0,03	1,5	
GLg	0,60	12,5	1	0,03	1,5	
GLp	0,70	13,7	1	0,03	1,5	
GLp + chaux	0,60	12,5	1	0,03	1,5	
GLR	0,75	15	1	0,03	1,4	
SC	3	0,75	12	0,8	0,025	1,5
	2	0,50	12	0,8	0,025	1,5
	1	0,21	12	0,8	0,025	1,5
SL	3	0,65	10	0,8	0,025	1,5
	2	0,425	10	0,8	0,025	1,5
	1	0,175	10	0,8	0,025	1,5
BCc	1,85	15	1	0,03	1,5	

$$\sigma_6 = 0.75 \text{ MPa}$$

$$NE = 1\ 282\ 317 \text{ Essieux}$$

$$\frac{-1}{b} = 15 \quad \text{d'ou nous avons } b = -0.06$$

$$k_c = 1.4 ; \quad k_d = 1$$

$$k_r = \text{risque et dispersions} = (10^{-\mu b \delta})$$

$$\delta = \left(SN^2 + \left(\frac{c * Sh}{b}\right)^2 \right)^{0.5}$$

$$\delta = \left(1^2 + \left(\frac{2 * 0.03}{-0.06}\right)^2 \right)^{0.5} = 1.41$$

μ : Variable aléatoire associée au risque r, considérons le risque 12% alors $\mu = -1.175$

$$k_r = (10^{-\mu b \delta}) = (10)^{-(-1.175 * (-0.06) * 1.41)} = 0.785$$

$$k_s = \text{défaut de portance} = \frac{1}{1.1} = 0.909 \text{ car le type de plateforme est Pf2}$$

$$\sigma_{t,ad} = \sigma_6 \times \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b \times k_c * k_d * k_r * k_s$$

$$\sigma_{t,ad} = 0.75 \times \left(\frac{2\,083\,766}{10^6}\right)^{-0.06} \times 1.4 * 1 * 0.785 * 0.909$$

$$\sigma_{t,ad} = 0.716 \text{ MPa}$$

Déformation verticale admissible de la couche de revêtement en Béton Bitumineux

➤ Couche de roulement BB (h=5 cm)

The screenshot shows a software interface for calculating admissible values for bituminous concrete. The main window is titled 'Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles'. It contains several sections:

- Trafic PL cumulé : données**: Includes checkboxes for 'Moyenne journalière annuelle (MJA)', 'Taux accroissement géométrique (%)', 'Taux accroissement arithmétique (%)', 'Durée de service (années)', and 'Trafic cumulé PL'. The values are: MJA: 107, Taux accroissement géométrique (%): 7, Taux accroissement arithmétique (%): 11.05, Durée de service (années): 20, and Trafic cumulé PL: 1602897. A note says 'Cocher au plus 3 cases'.
- Valeurs admissibles : données**: Includes fields for 'matériau type' (bitumineux), 'coefficient CAM' (0.8), 'risque (%)' (25), 'trafic cumulé NE' (1.2823E+6), 'Epsilon6 (μdef)' (100), and '-1/b' (5). It also has fields for 'E10*10Hz (MPa)' (7200), 'Etêq10Hz (MPa)' (1990), 'écart type Sh (m)' (0.010), 'écart type SN' (0.250), 'Kr (risque)' (0.920), 'Kc (calage)' (1.1), and 'Ks (couche liée/pf2)' (1/1.1). Buttons include 'Calculer EpsiT admissible', 'Calcul inverse NE = f(EpsiT)', 'Calcul inverse Risk = f(EpsiT)', 'Bibliothèque des matériaux', 'Imprimer', and 'Enregistrer'.
- Aide**: Includes buttons for 'CAM : Guide lcpc-sétra 94', 'CAM : Catalogue 1998', 'Risques : Guide lcpc-sétra 94', 'Risques : Catalogue 1998', and 'Structures catalogue 98'.
- Output**: Shows 'EpsilonT 166.5 μdef', 'Annotation libre : bb', and 'Mémo ... 24 - EpsiT= 166.5 (bb)'. A button 'Fermer' is at the bottom right.

Figure 21: Calcul de la valeur admissible du Béton Bitumineux

On obtient : $\varepsilon_{t,ad} = 166.5 \mu def$

➤ **Couche de Base en Concassé 0/31.5 amélioré au ciment.**

Trafic PL cumulé : données

<input type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	107
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	7
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	11.05
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	20
<input checked="" type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	1602897

Cocher au plus 3 cases

Valeurs admissibles : données

matériau type :	mtlh
coefficient CAM :	1.3
risque (%) :	12
trafic cumulé NE :	2.0838E+6
Sigma6 (MPa) :	0.75
-1/b :	15
1/Kd (discontinuité) :	1
écart type Sh (m) :	0.03
écart type SN :	1
Kr (risque) :	0.785
Kc (calage) :	1.4
Ks (couche liée/pf2) :	1/1.1

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

Aide

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

SigmaT
0.714 MPa
Annotation libre : GC(mtlh)
Mémo ...
15 - SigmaT= 0.714 (GC(mtlh))
effacer=dbl click
Fermer

Figure 22: Calcul de la valeur admissible de la couche de Base

On Obtient : $\sigma_{t,ad} = 0.714 \text{ MPa}$

➤ **Couche de fondation en grave latéritique**

Trafic PL cumulé : données

<input type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	107
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	7
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	11.05
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	20
<input checked="" type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	1602897

Cocher au plus 3 cases

Valeurs admissibles : données

matériau type :	gnt et sol
coefficient CAM :	1
trafic cumulé NE :	1.6029E+6
Coefficient A :	12000
pente b :	-0.22

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

Aide

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

EpsilonZ
517.7 µdéf
Annotation libre : gnt et sol
Mémo ...
16 - EpsiZ= 517.7 (gnt et sol)
effacer=dbl click
Fermer

Figure 23: Calcul de la valeur admissible de la couche de fondation

$\epsilon_{z,ad} = 517.7 \text{ µdéf}$

➤ *Vérification des épaisseurs des couches*

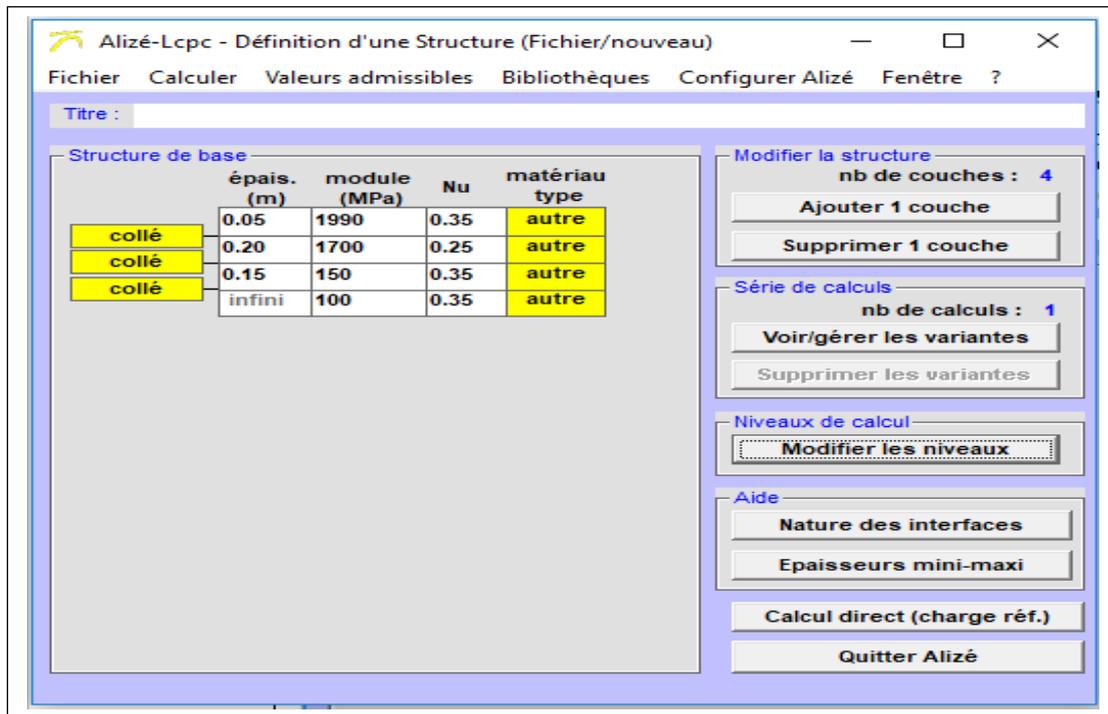


Figure 24: Modélisation de la structure de chaussée

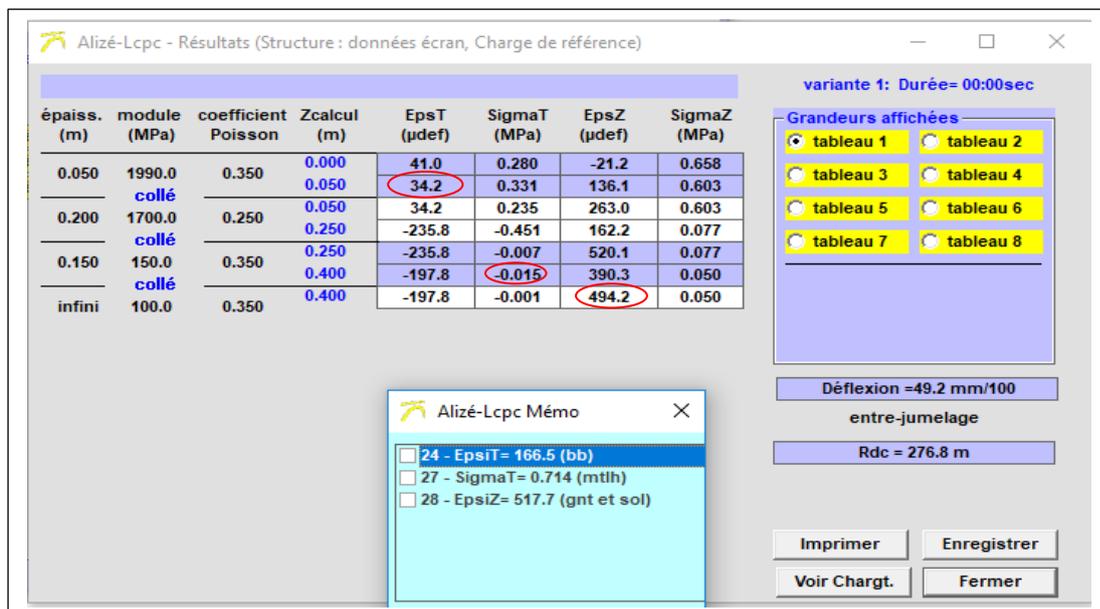


Figure 25: Résultat du calcul de structure de la chaussée dans "Alizé"

Tableau 16: Tableau récapitulatif des résultats 1

	Epaisseur des couches (cm)	Valeurs admissibles	Valeurs calculées	Conclusion
Roulement BB (en $\mu\text{d}\acute{\text{e}}\text{f}$)	5	166.5	41	ok
Base (en MPa)	15	0.714	0.235	ok
Fondation (en $\mu\text{d}\acute{\text{e}}\text{f}$)	15	517.7	520	Pas bon
Sol Support plateforme Pf2 (en $\mu\text{d}\acute{\text{e}}\text{f}$)	Pf2	517.7	494.2	Ok

La couche de fondation, ne vérifiant pas les conditions requises, nous allons procéder par itération tout en faisant varier le module des couches, particulièrement la couche de base pour avoir le module minimal de la grave de la zone d'emprunt soit 350 Mpa ; 150 Mpa pour les sols de classe S4 de la plateforme et optimiser les épaisseurs jusqu'à l'obtention d'un résultat satisfaisant.

Ainsi :

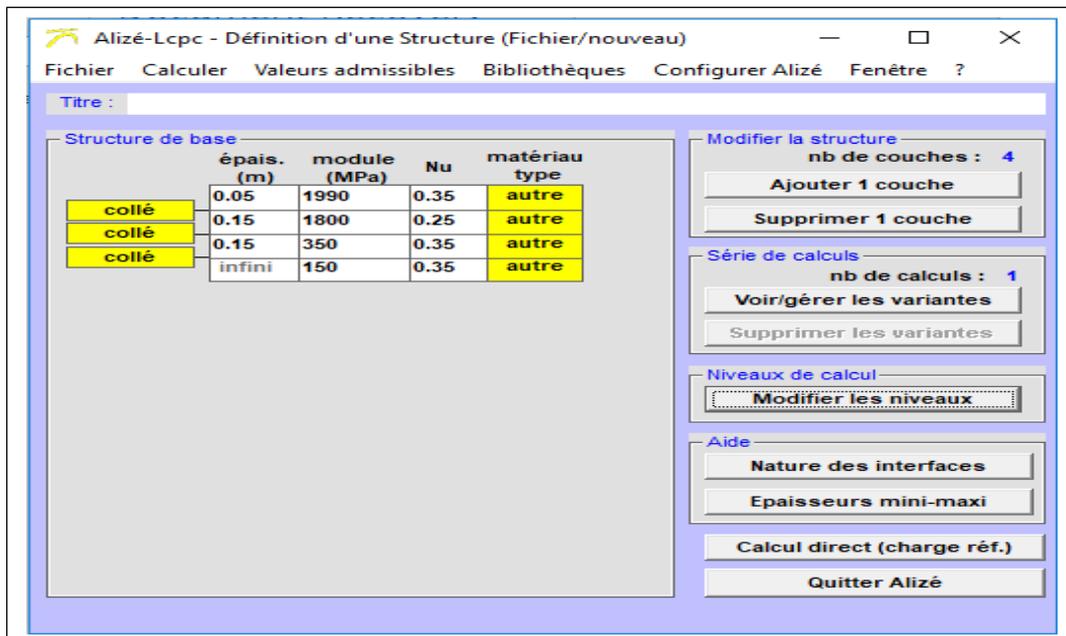


Figure 26: Itération et modélisation de la nouvelle structure de chaussée

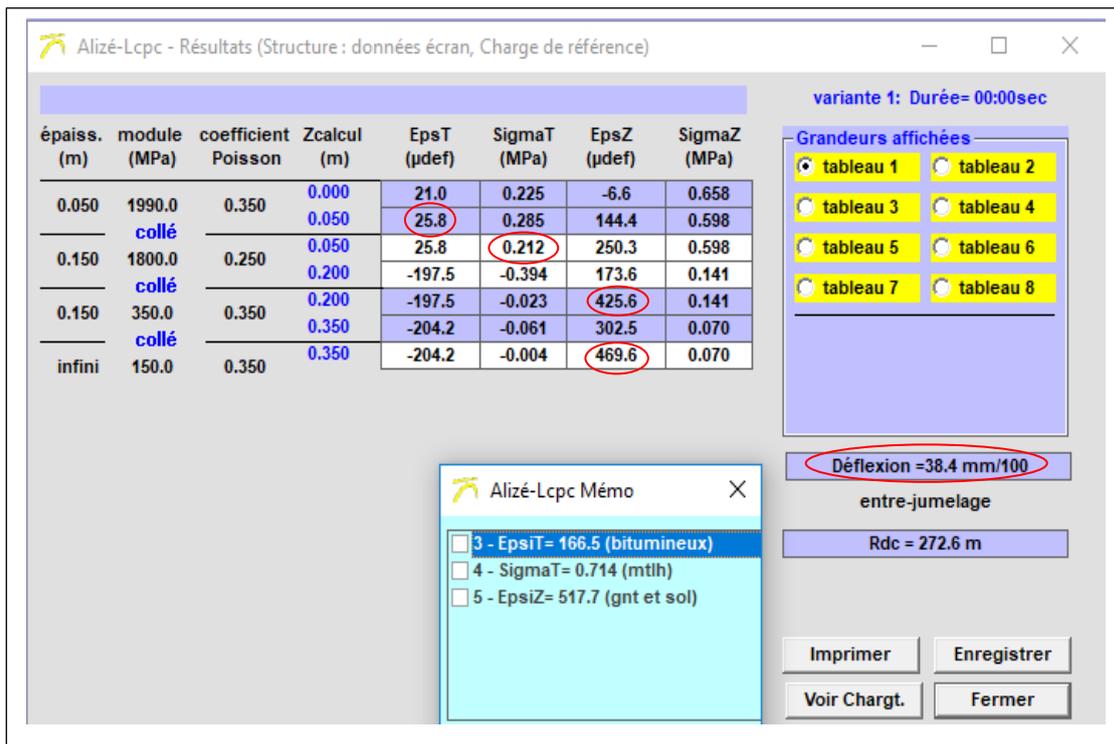


Figure 27: Résultat du calcul de la chaussée après itération

Tableau 17: Tableau récapitulatif des résultats 2 après itération

	Epaisseur des couches (cm)	Valeurs admissibles	Valeurs calculées	Conclusion
Roulement BB (en µdéf)	5	166.5	25.8	Ok
Base (en MPa)	15	0.714	0.212	Ok
Fondation (en µdéf)	15	517.7	425.8	Ok
Sol Support plateforme Pf2 (en µdéf)	Pf2	517.7	469.6	Ok

Déflexion=38.4 mm < 65 mm OK

Le dimensionnement avec ALIZE nous à permis d'obtenir les résultats contenus dans le tableau ci-dessus. Celui-ci indique que la contrainte au niveau de la couche de fondation est inférieure à la contrainte admissible pour cette couche et il en est de même pour les autres couches.

Nous avons donc La structure de chaussée :

5BB (Revêtement)+15 Concassé 0/31.5 amélioré au ciment (couche de base) +15GL (couche de

**Annexe 7: PREDIMENSIONNEMENT ET EVALUATION DES CHARGES DU DALOT
3×4×3 AU PK 1+525**

Contrainte du sol : $\sigma_{sol} = 0.1 \text{ MPa}$

Couche de roulement

- Epaisseur $e=5 \text{ cm}$
- Poids volumique $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$

Remblais

- Le poids volumique du remblai sera pris égal à 20 kN/m^3 , car matériau latéritique.
- Le coefficient de poussée des terres sera pris égal à $k_a = 0.33$, car matériau latéritique
- Le coefficient de poussée au repos $k_0 \text{ au repos} = 0.5$ car matériaux latéritique
- Surcharges de remblai $q = 10 \text{ kN/m}^2$
- Couverture remblai de 5 m de hauteur sur le dalot

PREDIMENSIONNEMENT DU DALOT

L'épaisseur du Dalot est environ $l/15$ avec $l=$ la plus grande dimension de la cellule hydraulique

$$\left(\frac{400}{15}\right) = 26.66 \text{ cm}$$

Puisque la hauteur de remblai $2 \text{ m} \leq H \leq 4 \text{ m}$ alors $e = \left(\frac{400}{10}\right)$

On prendra la moyenne Soit $e = 35 \text{ cm}$

PREDIMENSIONNEMENT DU MUR EN AILE

Description de l'ouvrage

Classe du pont : pont de classe 1 car :

$$L_r \geq 7 \text{ m} \text{ Selon le cahier des prescriptions spéciales (C.P.S)}$$

Tableau 18: Description de l'ouvrage

DESIGNATION	VALEUR
Epaisseur de la dalle	$e_1 = 0.35 \text{ m}$
Epaisseur du radier	$e_1 = 0.35 \text{ m}$
Hauteur piédroits	$H = 4 \text{ m}$
Largeur roulable	$L_r = 7 \text{ m}$
Largeur Chargeable	$L_{Ch} = L_R - (0.5 * 2) = 7 - 1 = 6 \text{ m}$
Nombre de voies	$n = Entiere \left(\frac{L_{Ch}}{3} \right) = Ent \frac{6}{3} = 2 \text{ soit } n = 2 \text{ voies}$
Largeur d'une voie (v)	$V = \frac{L_{Ch}}{Nv} = \frac{6}{2} = 3$
Portée de la travée	$L = 4 \text{ m}$
Ouverture hydraulique	$4 \text{ m} \times 3 \text{ m}$
Guide roues en Béton armé de section	$0,4 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}$
Classe du pont	pont de classe 1

Hypothèse de calcul

FASCICULES 61 ET 62 TITRE II : Règles techniques de conception et de calculs des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites (BAEL 91 et additif 99). Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art.

Le calcul des sollicitations se fera avec la méthode des 03 moments **avec la méthode des nœuds.**

- **Surcharges routières**

Selon le fascicule 61 titre II, les charges d'exploitation prises en compte pour l'ouvrage sont les systèmes B_C , B_t , B_r et M_{C120} .

DESCENTE DE CHARGE

- Charges permanentes

- ✚ *Dalle supérieure*

Poids propre de la dalle : $P1 = (e_1 \times 25 \times b) = (0.35 \times 25 \times 1) = 8.75 \frac{kN}{m}$

$$P1 = 8.75 \frac{kN}{m}$$

Poids des terres de remblais : $P2 = (h \times \gamma_d \times b) = 5 \times 20 \times 1 = 100 \frac{kN}{m}$

$$P2 = 100 \frac{kN}{m}$$

Poids de la structure de la chaussée :

$$\begin{aligned} P3 &= ((0.15 + 0.2 + 0.05) \times \gamma_{d1} \times b) = ((0.15 + 0.2 + 0.05) \times \gamma_{d1} \times b) \\ &= 0.4 \times 24 \times 1 = 9.6 \frac{kN}{m} \end{aligned}$$

Poids propre des guides roues :

$$P3' = b * h * 25 = 0.35 * 0.6 * 25 = 5.25 \text{ kN/ml}$$

$$P3' = 5.25 \text{ kN/ml}$$

Soit au total une charge permanente $g1 = 124 \frac{kN}{m}$

- ✚ *Radier*

Poids propre du radier $P4 = (e_1 \times 25 \times 1) = (0.35 \times 25 \times 1) = 8.75 \frac{kN}{m}$

$$P4 = 8.75 \frac{kN}{m}$$

Charge totale sur le tablier transmit au Radier

$$P5 = g1 = 124 \frac{kN}{m}$$

Poids propre des piédroits repartis linéairement sur le radier

$$\begin{aligned} P6 &= (e_1 * H * 25 * 1) * \frac{4}{(3 * l) + (e_1 * 4)} = \frac{(0.35 \times 4 \times 25 \times 1) \times 4}{(3 * 4) + (0.35 * 4)} = \frac{160}{13.4} \frac{kN}{m} \\ &= 10.44 \frac{kN}{m} \end{aligned}$$

$$P6 = 10.44 \frac{kN}{m}$$

Soit au total une charge permanente $g2 = g1 + P4 + P6 = 143,19 \frac{kN}{m}$

+ Poussée Latérales du remblai contigu aux piédroits

Au niveau de la traverse :

$$P_h = (K_a * \gamma_t * h)$$

Avec $K_a = 0.333 =$ Coefficient de poussée des terres

$$\gamma_t = 20 \frac{kN}{m^3} = \text{Poids volumique de la terre grave latéritique}$$

$h =$ hauteur du remblai par rapport au point considéré

$$P(h = 0) = P_{h0} = (0.33 * 20 * 5) = 33 \text{ kN/m}^2$$

$$P(h = 0) = P_{h0} = 33 \text{ kN/m}^2$$

$$P(h = 5) = P_{h5} = (0.33 * 20 * (4.8 + 5)) = 64.68 \text{ kN/m}^2$$

$$P(h = 5) = P_{h5} = 64.68 \text{ kN/m}^2$$

+ Surcharge routière au niveau du remblai d'accès à l'ouvrage :

Soit

$$g3 = 10 \frac{kN}{m^2}$$

+ Contrainte du sol

Contrainte admissible $q_{sol} = 0,1 \text{ MPa}$ (Issue des résultats géotechniques ; Essai Pénétrométrique lourd)

- Charge d'exploitation (Charge routière)

✚ Sous-Système Bc (Au niveau du tablier)

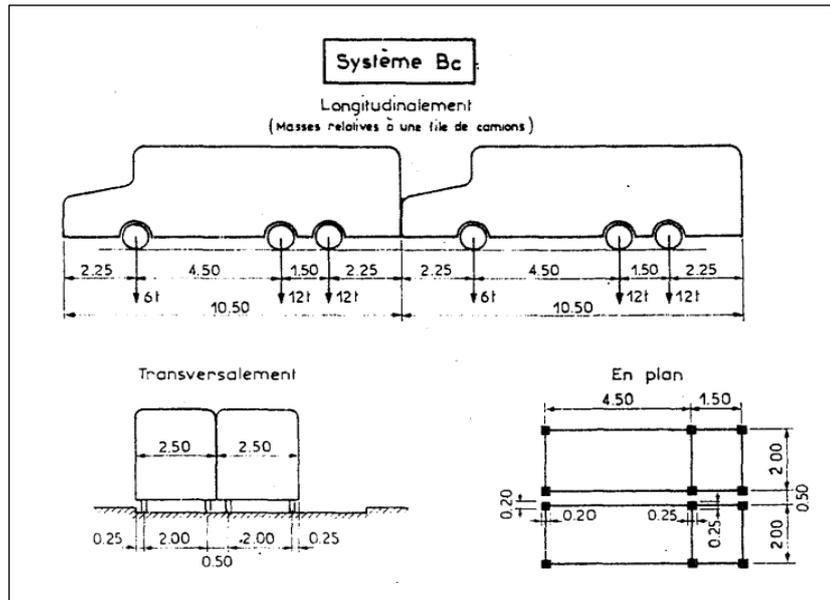


Figure 28: système de charge Bc

Dans le cas des surcharges routières du système Bc, le cas le plus défavorable est celui où l'on se retrouve avec les huit roues de nos deux files de camions sur la même travée. Pour le calcul de nos différents moments, nous allons transformer ces charges les plus défavorables en charges de surface.

Table 4: Détermination du coefficient b_c

Nombre de voies chargées						
Nb. de voies chargées		1	2	3	4	≥ 5
Classe de pont	Première	1,2	1,1	0,95	0,80	0,70
	Deuxième	1	1			
	Troisième	0,9	0,8			

Le coefficient b_c en fonction de la classe de notre ouvrage et du nombre de voies de notre route est égal à : $b_c = 1,1$

(Au niveau de la Dalle)

$$\delta = \text{Coefficient de majoration dynamique} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2L} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{G}{q}}$$

$$L = \text{Max}(L_r; \text{Portée de la travée}) = \text{Max}(7; 4) = 7 \text{ m}$$

G= Poids total d'une section de couverture de longueur L et toute la largeur relative à cette couverture et aux éléments reposant sur elle.

$$G = (\text{Poids propre du tablier} + \text{Accessoires}) = (g_1) * 7 = (138,92) * 7 = 972,44 \text{ kN}$$

q= Poids total maximum des essieux du système Bc qu'il est possible de placer sur la longueur L = 60*8=480 kN.

$$\delta = \text{Coefficient de majoration dynamique} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 * 7} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{972,44}{480}} = 1,36$$

- La charge répartie par mètre carré est de :

$$q_{bc} = \frac{q * b_c}{\text{Sencomb}}$$

$$q_{bc} = \frac{(60 * 2) \text{ kN} * 1,1 * 1 \text{ m}}{\text{Sencomb}}$$

Le calcul de la surface d'encombrement tiendra compte de la diffusion des charges car la

Hauteur de remblai sur le dalot est importante et supérieur à 0,8 m

DIFFUSION DES CHARGE

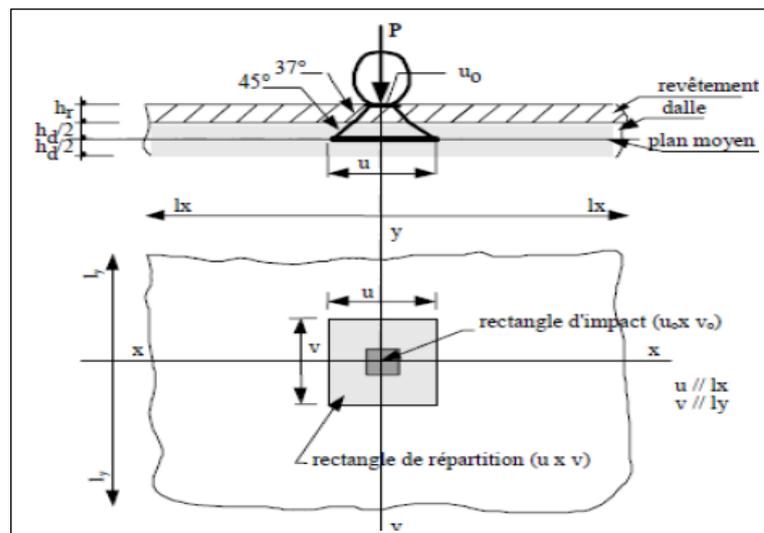


Figure 29: Schéma du principe de diffusion des charges

$$u_o = 0,25 \text{ m}$$

$$v_o = 0,25 \text{ m}$$

$$h_r = 5 \text{ m (hauteur totale du remblai)}$$

$$h_d = 0.35 \text{ m (hauteur totale de la dalle)}$$

Angle de diffusion de la grave latéritique est de 45°

$$u = u_o + (2 * \text{tg}45^\circ * h_r) + 2\left(\frac{h_d}{2}\right)$$

$$u = u_o + (3,24 * h_r) + h_d = 0.25 + (3,24 * 5) + 0,35 = 16,85 \text{ m}$$

$$v = v_o + (3,24 * h_r) + h_d = 0.25 + (3,24 * 5) + 0,35 = 16,85 \text{ m}$$

Etant donné que dans le système B_c il y a chevauchement des diffusions des charges des roues proche de l'axe qui sépare les deux files, nous allons définitivement considéré le cas de diffusion des deux roues sur la figure ci-dessous

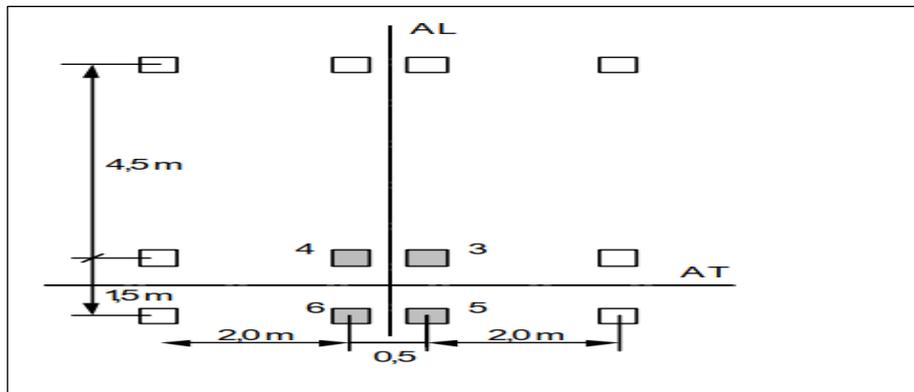


Figure 30: Cas le plus défavorable de la diffusion des charges système B_c

$$\frac{u}{2} = \frac{16,85}{2} = 8,43 \text{ m}$$

$$\frac{v}{2} = \frac{16,85}{2} = 8,43 \text{ m}$$

Puisse qu'il Ya chevauchement entre les diffusions, on ramenera la surface d'encombement ci-dessous :

$$\text{Surface d'encombement} = (16,85) * (16,85 + 1.5) = 309,20 \text{ m}^2$$

$$q_{bc} = \frac{(60 * 2) * 1,1 * 1}{\text{Sencomb}} * 4 = \frac{132}{309,20} * 4 = 1,72 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Donc } Q = \delta * q_{bc}$$

$$Q = 1,36 * 1,72$$

$$\mathbf{Q = 2,34 \text{ kN/ml}}$$

(Au niveau du radier)

$$\delta = \text{Coefficient de majoration dynamique} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2L} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{G}{q}}$$

$$L = \text{Max}(L_r; \text{Portée de la travée}) = \text{Max}(7; 4) = 7 \text{ m}$$

G= Poids total d'une section de couverture de longueur L et toute la largeur relative à cette couverture et aux éléments reposant sur elle.

$$G = (\text{Poids propre du tablier} + \text{Accessoires}) = (g_2) * 7 = (160,42) * 7 = 1122,94 \text{ kN}$$

q= Poids total maximum des essieux du système Bc qu'il est possible de placer sur la longueur L = 60*8 =480 kN.

$$\delta = \text{Coefficient de majoration dyn}^2\text{amique} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 * 7} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{1122,94}{480}} = 1,35$$

- La charge répartie par mètre carré est de :

(Sur radier)

$$q_{bc} = \frac{q * b_c}{\text{Sencomb}}$$

$$q_{bc} = \frac{(60 * 2) \text{ kN} * 1,1 * 1 \text{ m}}{\text{Sencomb}}$$

Le calcul de la surface d'encombrement tiendra compte de la diffusion des charges car la hauteur de remblai sur le dalot est importante et supérieur à 0,8 m

DIFFUSION DES CHARGES

$$\text{Surface d'encombrement} = (16,85) * (16,85 + 1,5) = 309,20 \text{ m}^2$$

$$q_{bc} = \frac{(60 * 2) * 1,1 * 1}{Sencomb} * 4 = \frac{132}{309,20} * 4 = 1,72 \text{ kN/m}^2$$

Donc $Q = \delta * q_{bc}$

$Q = 1,35 * 1,72$

$Q = 2,32 \text{ kN/ml}$

✚ Sous système Bt

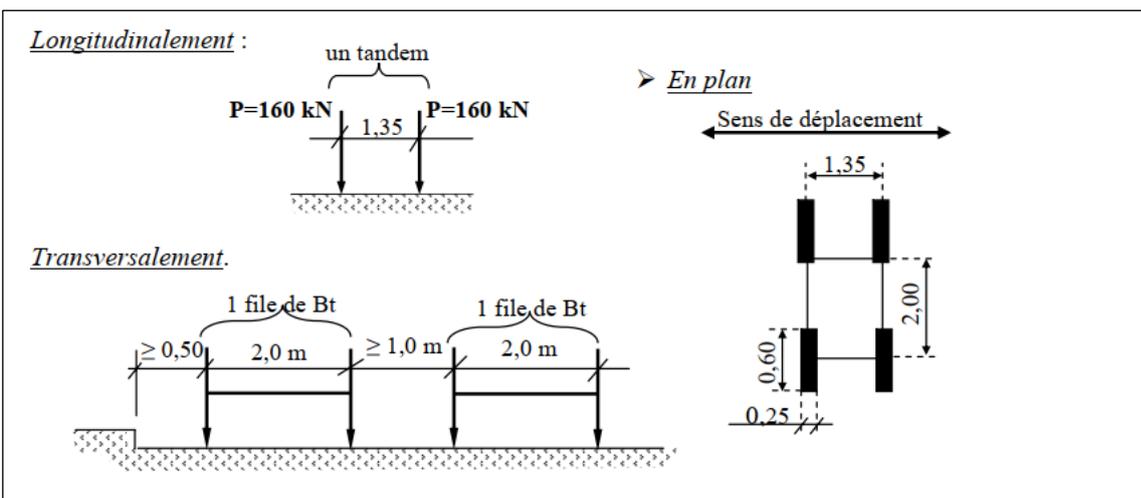
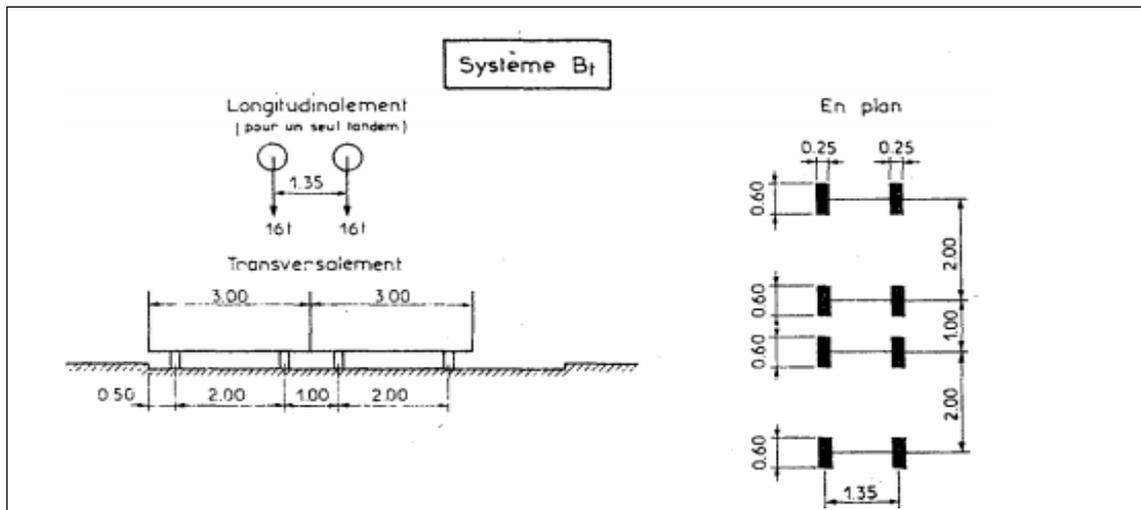


Figure 32: Illustration des positionnements des charges système Bt

Le coefficient de pondération b_t est égal à 1 pour les ponts de première classe, et 0.9 pour la deuxième classe. Dans notre cas $b_t = 1$

(Au niveau de la Dalle)

$$\delta = \text{Coefficient de majoration dynamique} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2L} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{G}{q}}$$

$$L = \text{Max}(L_r; \text{Portée de la travée}) = \text{Max}(7; 4) = 7 \text{ m}$$

G= Poids total d'une section de couverture de longueur L et toute la largeur relative à cette couverture et aux éléments reposant sur elle.

$$G = (\text{Poids propre du tablier} + \text{Accessoires}) = (g_1) * 7 = (138,92) * 7 = 972,44 \text{ kN}$$

q= Poids total maximum des essieux du système Bt qu'il est possible de placer sur la longueur L = 80*8= 640 kN.

$$\delta = \text{Coefficient de majoration dynamique} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 * 7} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{972,44}{640}} = 1,38$$

- La charge répartie par mètre carré est de :

$$q_{bt} = \frac{q * b_t}{\text{Sencomb}}$$

$$q_{bt} = \frac{(80 * 2) \text{ kN} * 1 * 1 \text{ m}}{\text{Sencomb}}$$

- Le calcul de la surface d'encombrement tiendra compte de la diffusion des charges car la hauteur de remblai sur le dalot est importante et supérieur à 0,8 m

DIFFUSION DES CHARGES

$$u_o = 0,25 \text{ m}$$

$$v_o = 0,6 \text{ m}$$

$$h_r = 5 \text{ m (hauteur totale du remblai)}$$

$$h_d = 0.35 \text{ m (hauteur totale de la dalle)}$$

Angle de diffusion de la grave latéritique est de 45°

$$u = u_o + (2 * tg45^\circ * h_r) + 2\left(\frac{h_d}{2}\right)$$

$$u = u_o + (3,24 * h_r) + h_d = 0,25 + (3,24 * 5) + 0,35 = 16,85 \text{ m}$$

$$v = v_o + (3,24 * h_r) + h_d = 0,6 + (3,24 * 5) + 0,35 = 17,20 \text{ m}$$

$$\frac{u}{2} = \frac{16,85}{2} = 8,43 \text{ m} \quad \frac{v}{2} = \frac{17}{2} = 8,60 \text{ m}$$

$$\text{Surface d'encombrement} = (16,85 + 1,35) * (8,6) = 156,52 \text{ m}^2$$

$$q_{bt} = \frac{(80 * 2 * 1 * 1 \text{ m})}{\text{Sencomb}} * 4 = \frac{160}{156,52} * 4 = 4,08 \text{ kN/m}$$

$$\text{Donc } Q = \delta * q_{bt}$$

$$Q = 1,38 * 4,08$$

$$\mathbf{Q = 5,63 \text{ kN/ml}}$$

(Au niveau du radier)

$$\delta = \text{Coefficient de majoration dynamique} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2L} + \frac{0,6}{1+4\frac{G}{q}}$$

$$L = \text{Max}(L_r; \text{Portée de la travée}) = \text{Max}(7; 4) = 7 \text{ m}$$

G= Poids total d'une section de couverture de longueur L et toute la largeur relative à cette couverture et aux éléments reposant sur elle.

$$G = (\text{Poids propre du tablier} + \text{Accessoires}) = (g_2) * 7 = (160,42) * 7 = 1122,94 \text{ kN}$$

q= Poids total maximum des essieux du système Bc qu'il est possible de placer sur la longueur L = 80*8=640 kN.

$$\delta = \text{Coefficient de majoration dynamique} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 * 7} + \frac{0,6}{1 + 4\frac{1122,94}{640}} = 1,37$$

- La charge répartie par mètre carré est de :

$$q_{bt} = \frac{q * b_t}{\text{Sencomb}}$$

$$q_{bt} = \frac{(80 * 2) \text{ kN} * 1 * 1 \text{ m}}{\text{Sencomb}}$$

- Le calcul de la surface d'encombrement tiendra compte de la diffusion des charges car la hauteur de remblai sur le dalot est importante et supérieur à 0,8 m

DIFFUSION

$$\text{Surface d'encombrement} = (16,85 + 1,35) * (8,6) = 156,52m^2$$

$$q_{bt} = \frac{(80 * 2) * 1 * 1 m}{S_{encomb}} * 4 = \frac{160}{156,52} * 4 = 4,09 \text{ kN/m}$$

$$\text{Donc} \quad Q_{bt} = \delta * q_{bt}$$

$$Q_{bt} = 1,37 * 4,09$$

$$Q_{bt} = 5,60 \text{ kN/ml}$$

✚ Sous système Br

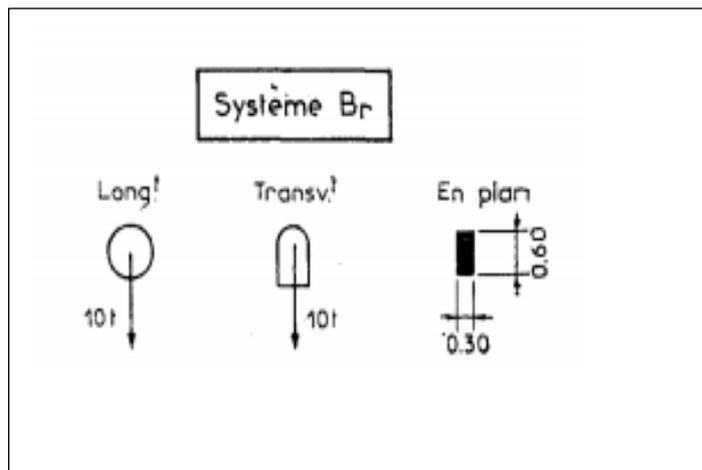


Figure 33: Système de charge Br

Il est généralement utilisé pour la vérification au poinçonnement de la dalle. On peut disposer une charge ponctuelle de 10 t. Nous tiendrons compte de la diffusion des charges pour repérer la surface d'impact de notre charge.

➤ Diffusion

$$u_o = 0,3 \text{ m}$$

$$v_o = 0,6 \text{ m}$$

$$h_r = 5 \text{ m (hauteur totale du remblai)}$$

$$h_d = 0,35 \text{ m (hauteur totale de la dalle)}$$

Angle de diffusion de la grave latéritique est de 45°

$$u = u_o + (2 * \operatorname{tg}45^\circ * h_r) + 2\left(\frac{h_d}{2}\right)$$

$$u = u_o + (3,24 * h_r) + h_d = 0,3 + (3,24 * 5) + 0,35 = 17 \text{ m}$$

$$v = v_o + (3,24 * h_r) + h_d = 0,6 + (3,24 * 5) + 0,35 = 17,20 \text{ m}$$

$$S_{encombr} = 17 * 17,20 = 292,4 \text{ m}^2$$

$$q_{br} = \frac{(100) * 1 * 1 \text{ m}}{Sencomb}$$

$$q_{br} = \frac{(100) * 1 * 1 \text{ m}}{292,4}$$

$$q_{br} = 0,34$$

$$\delta = \text{Coefficient de majoration dynamique} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 * 7} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{972,44}{100}} = 2,18$$

$$Q_{br} = \delta * q_{br} = 2,18 * 0,34 \text{ kN/m}$$

$$Q_{br} = 0,74 \text{ kN/m}$$

(Au niveau du radier)

$$\delta = \text{Coefficient de majoration dynamique} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 * 7} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{1122,94}{100}} = 2,17$$

$$Q_{br} = \delta * q_{br} = 2,17 * 0,34 \text{ kN/m}$$

$$Q_{br} = 0,73 \text{ kN/m}$$

✚ Système Mc120

Un véhicule type système Mc 120 comporte deux chenilles de masse total 110t avec une longueur de 6,10 m et une largeur de 1 m par chenille ; la distance d'axe en axe des deux chenilles est de 3,30 m.

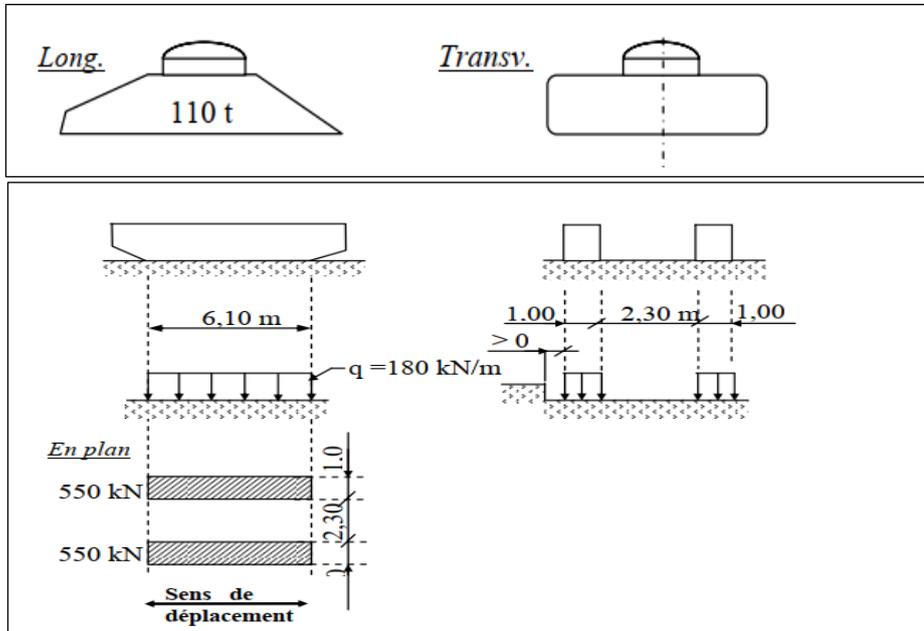


Figure 34: schéma du système Mc120

Rectangle d'impact de chaque chenille est supposé uniformément chargé. La charge correspondante est :

(Au niveau de la dalle)

$$G = (\text{Poids propre du tablier} + \text{Accessoires}) = (g_1) * 7 = (138,92) * 7 = 972,44 \text{ kN}$$

$$\delta = \text{Coefficient de majoration dynamique} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2L} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{G}{q}}$$

$$\delta = \text{Coefficient de majoration dynamique} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 * 7} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{972,44}{1100}}$$

$$\delta = 1,28$$

➤ Diffusion

$$u_o = 6,10 \text{ m}$$

$$v_o = 1 \text{ m}$$

$$h_r = 5 \text{ m (hauteur totale du remblai)}$$

$$h_d = 0,35 \text{ m (hauteur totale de la dalle)}$$

Angle de diffusion de la grave latéritique est de 45°

$$u = u_o + (2 * tg45^\circ * h_r) + 2\left(\frac{h_d}{2}\right)$$

$$u = u_o + (3,24 * h_r) + h_d = 6,10 + (3,24 * 5) + 0,35 = 22,7 \text{ m}$$

$$v = v_o + (3,24 * h_r) + h_d = 1 + (3,24 * 5) + 0,35 = 17,6 \text{ m}$$

$$S_{encombr} = 22,7 * 17,6 = 400 \text{ m}^2$$

$$q_{Mc120} = \frac{(1100) * 1 \text{ m}}{S_{encomb}}$$

$$q_{Mc120} = \frac{(1100) * 1 \text{ m}}{400} = 2,75 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Donc } Q_{Mc120} = \delta * q_{Mc120}$$

$$Q_{Mc120} = 1,28 * 2,75$$

$$\mathbf{Q_{Mc120} = 3,52 \text{ kN/m}}$$

(Au niveau du radier)

$$G = (\text{Poids propre du tablier} + \text{Accessoires}) = (g_2) * 7 = (160,42) * 7 = 1122,94 \text{ kN}$$

$$q = 1100 \text{ kN}$$

$$\delta = \text{Coefficient de majoration dynamique} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2L} + \frac{0,6}{1 + 4\frac{G}{q}}$$

$$\delta = \text{Coefficient de majoration dynamique} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 * 7} + \frac{0,6}{1 + 4\frac{1122,94}{1100}}$$

$$\delta = 1,28$$

➤ Diffusion

$$u_o = 6,10 \text{ m}$$

$$v_o = 1 \text{ m}$$

$$h_r = 5 \text{ m (hauteur totale du remblai)}$$

$$h_d = 0,35 \text{ m (hauteur totale de la dalle)}$$

Angle de diffusion de la grave latéritique est de 45°

$$u = u_o + (2 * tg45^\circ * h_r) + 2\left(\frac{h_d}{2}\right)$$

$$u = u_o + (3,24 * h_r) + h_d = 6,10 + (3,24 * 5) + 0,35 = 22,7 \text{ m}$$

$$v = v_o + (3,24 * h_r) + h_d = 1 + (3,24 * 5) + 0,35 = 17,6 \text{ m}$$

$$S_{encombr} = 22,7 * 17,6 = 400 \text{ m}^2$$

$$q_{Mc120} = \frac{(1100) * 1 \text{ m}}{S_{encomb}}$$

$$q_{Mc120} = \frac{(1100) * 1 \text{ m}}{400} = 2,75 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Donc } Q_{Mc120} = \delta * q_{Mc120}$$

$$Q_{Mc120} = 1,28 * 2,75$$

$$\mathbf{Q_{Mc120} = 3,52 \text{ kN/m}}$$

Tableau 19: Récapitulatif des charges routières sur la dalle

Désignations	Système Bc	Système Bt	Système Br	Système Mc 120
$q_{Bc;Bt;Br;Mc120}$ (kN/m ²)	1,72	4,08	0,34	2,75
G (kN)	972,44	972,44	972,44	1122,94
q (kN)	480	640	100	1100
δ	1,36	1,38	2,18	1,28
Q (kN/m)	2,34	5,63	0,74	3,52
CHOIX	La charge Bt est la plus défavorable avec Q=5,63 KN/m			

Tableau 20: Récapitulatif des charges routières sur le radier

Désignations	Système Bc	Système Bt	Système Br	Système Mc 120
$q_{Bc;Bt;Br;Mc120}$ (kN/m ²)	1,72	4,09	0,34	2,75
G (kN)	1122,94	1122,94	1122,94	1122,94
q (kN)	480	640	100	100
δ	1,35	1,37	2,17	1,28
Q (kN/m)	2,32	5,60	0,73	3,52
CHOIX	La charge Bt est la plus défavorable avec Q=5,60 KN/m			

Annexe 8: CALCUL DES SOLLICITATIONS DU DALOT 3×4×3 PAR LA METHODE DES 03 MOMENTS

LES DIFFERENTES COMBINAISONS :

ELU	ELS
1.35G+1.6Q	G+1.2Q

Tableau 21: Charges à l'ELS et à l'ELU

Partie de l'ouvrage	G(Charge permanente)	Q (Charge d'exploitation)	G+1.2Q	1.35G+1.5Q
TABLIER	138.9	5.6	145.62	195.915
PIEDROIT(appuis haut)	33	0	33	44.55
PIEDROIT(appuis bas)	64.7	0	64.5	87.34
RADIER	160.7	5.6	167.42	225.345

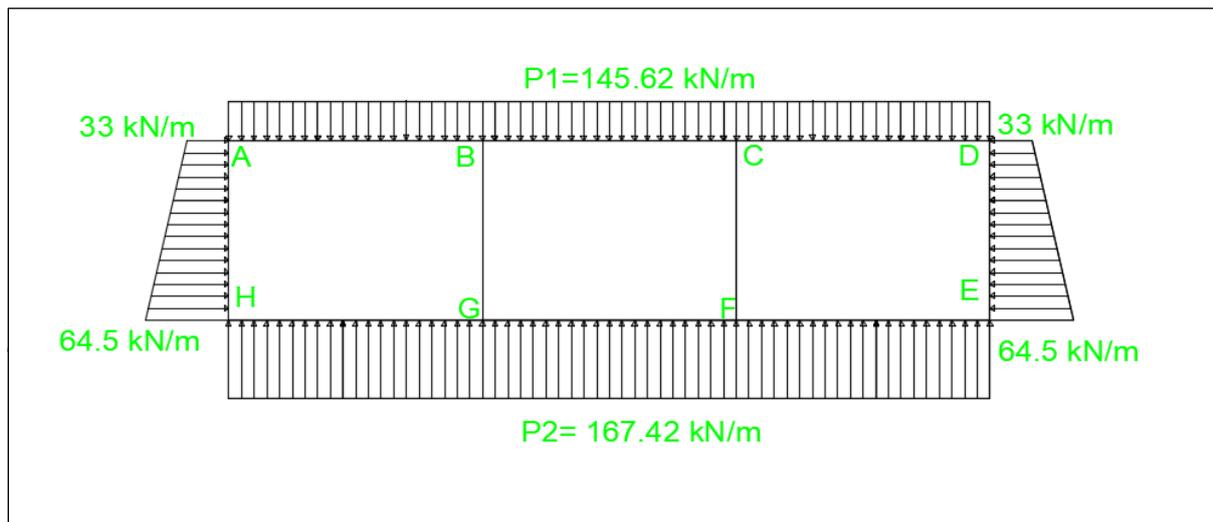


Figure 35: Structure avec charge pondéré à l'ELS

Puisque l'inertie et le module d'élasticité sont les même de part et d'autre des barres, on utilisera l'équation des trois moments pour déterminer les moments aux différents nœuds. Aussi il n'y a pas de moments sur le piédroit intermédiaire car il travaille en compression simple

✚ Calcul des moments à l'ELS

❖ Travée HAB

$$M_{i-1}L_{i-1} + 2M_i(L_{i-1} + L_i) + M_{i+1}L_i = 6EI(\theta^g_i - \theta^d_i)$$

$$3M_H + 2 * (3 + 4) * M_A + 4M_B = 6EI(\theta^g_i - \theta^d_i)$$

$$\varphi_{HA} = \frac{(7 * P_1 + 8 * P_2)L^3}{360EI} = \frac{(7 * P_1 + 8 * P_2)L^3}{360EI} = \frac{(7 * 64.7 + 8 * 33)3^3}{360EI} = \frac{53.76}{EI}$$

$$\varphi_{AB} = \frac{-qL^3}{24EI} = \frac{-(145.62) * 4^3}{24EI} = \frac{-388.32}{EI}$$

$$3M_H + 14M_A + 4M_B = 6EI\left(\frac{53.76}{EI} + \frac{388.32}{EI}\right)$$

$$3M_H + 14M_A + 4M_B = 6EI\left(\frac{442.08}{EI}\right)$$

$$3M_H + 14M_A + 4M_B = 2652.525$$

❖ Travée GHA

$$4M_G + 2 * (4 + 3) * M_H + 3M_A = 6EI(\varphi_{GH} - \varphi_{HA})$$

$$\varphi_{GH} = \frac{qL^3}{24EI} = \frac{167.42 * 4^3}{24EI} = \frac{446.45}{EI}$$

$$\varphi_{HA} = -\frac{(8*P_1+7*P_2)*L^3}{360EI} = -\frac{(8*64.7+7*33)*3^3}{360EI} = -\frac{56.145}{EI}$$

$$4M_G + 2 * (4 + 3) * M_H + 3M_A = 6EI\left(\frac{446.45}{EI} + \frac{56.145}{EI}\right)$$

$$4M_G + 14 * M_H + 3M_A = 3015.59$$

❖ Travée ABC

$$4M_A + 2 * (4 + 4) * M_B + 4M_C = 6EI(\varphi_{AB} - \varphi_{BC})$$

$$\varphi_{AB} = \frac{qL^3}{24EI} = \frac{145.62 * 4^3}{24EI} = \frac{388.32}{EI}$$

$$\varphi_{BC} = \frac{qL^3}{24EI} = \frac{145.62 * 4^3}{24EI} = \frac{388.32}{EI}$$

$$4M_A + 16M_B + 4M_C = 6EI \left(\frac{388.32}{EI} + \frac{388.32}{EI} \right)$$

$$4M_A + 16M_B + 4M_C = 4659.84$$

La structure étant chargée symétriquement, $M_A = M_D$ et $M_B = M_C$

Alors: $4M_A + 16M_B + 4M_C = 4659.84 \quad \longrightarrow \quad 4M_A + 20M_B = 4659.84$

❖ *Travée FGH*

$$4M_F + 2 * (4 + 4) * M_G + 4M_H = 6EI(\varphi_{FG} - \varphi_{GH})$$

$$\varphi_{FG} = \frac{qL^3}{24EI} = \frac{167.42 * 4^3}{24EI} = \frac{446.45}{EI}$$

$$\varphi_{GH} = \frac{qL^3}{24EI} = \frac{167.42 * 4^3}{24EI} = \frac{446.45}{EI}$$

$$4M_F + 16M_G + 4M_H = 2678.72$$

La structure étant chargée symétriquement : $M_H = M_E$ et $M_G = M_F$

d'où $4M_F + 16M_G + 4M_H = 2678.72 \quad \longrightarrow \quad 20M_G + 4M_H = 2678.72$

On obtient le système d'équation ci-dessous :_

$$3M_H + 14 * M_A + 4M_B = 2652.52$$

$$4M_G + 14M_H + 3M_A = 3015.59$$

$$4M_A + 20M_B = 4659.84$$

$$20M_G + 4M_H = 2678.72$$

Résultats :

$$M_G = M_F = 100.557 \text{ kN.m}$$

$$M_B = M_C = 214.533 \text{ kN.m}$$

$$M_A = M_D = 92.295 \text{ kN.m}$$

$$M_H = M_E = 166.89 \text{ kN.m}$$

Equation des Moments :

▪ Barre B1 (tronçon AB)

$$M(x) = M_o(x) + M_1(x)$$

$$M_o(x) = -\frac{P_1 * l}{2} x + \frac{P_1}{2} x^2$$

$$M_o(x) = -\frac{145.62 * 4}{2} x + \frac{145.62}{2} x^2$$

$$M_o(x) = -291.24 x + 72.81 x^2$$

$$M_1(x) = M_A + \frac{(M_B - M_A)}{l} x = 92.30 + \frac{214.53 - 92.30}{4} x$$

$$M_1(x) = 92.30 + 30.56 x$$

$$M(x) = 72.82 x^2 - 260.68 x + 92.30$$

$$V(x) = 145.64x - 260.68$$

$$\left[\begin{array}{l} M(0) = 92.30 \text{ kN.m} \\ M(4) = 214.7 \text{ kN.m} \\ V(x) = 0 ; x = 1.78 \text{ m} \\ M(1.78) = -141 \text{ kN.m} \end{array} \right.$$

$$V_{max} = V(0.39) = V(3.18) = 202.72 \text{ kN}$$

▪ Barre B2 (tronçon BC)

$$M_o(x) = -\frac{145.62 * 4}{2}x + \frac{145.62}{2}x^2$$

$$M_1(x) = M_B + \frac{(M_c - M_B)}{l}x = 214.53 + \frac{(214.53 - 214.53)}{4}x$$

$$M(x) = 72.81 x^2 - 291.24 x + 214.53$$

$$V(x) = 145.64x - 291.24$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M(0) = 214.53 \text{ kN.m} \\ M(4) = 214.53 \text{ kN.m} \\ V(x) = 0 ; x = 2 \text{ m} \\ M(2) = -76.67 \text{ kN.m} \\ V_{max} = V(0.97) = V(3.02) = 149.35 \text{ kN} \end{array} \right.$$

▪ **Barre B4 (Tronçons EF)**

$$M(x) = M_o(x) + M_1(x)$$

$$M_o(x) = -\frac{P_2 * l}{2}x + \frac{P_2}{2}x^2 = -\frac{167.42 * 4}{2}x + \frac{167.42}{2}x^2$$

$$M_o(x) = -334.84x + 83.71x^2$$

$$M_1(x) = M_F + \left(\frac{M_E - M_F}{l}\right)x = 100.55 + \left(\frac{166.8 - 100.55}{4}\right)x$$

$$M_1(x) = 100.55 + 16.56 x$$

$$M(x) = 83.71x^2 - 318.28x + 100.55$$

$$V(x) = 167.42x - 318.28$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M(0) = 100.55 \text{ kN.m} \\ M(4) = 166.79 \text{ kN.m} \\ V(x) = 0 ; x = 1.9 \text{ m} \\ M(1.9) = -201.989 \text{ kN.m} \\ V_{max} = V(0.34) = V(3.45) = 260.06 \text{ kN} \end{array} \right.$$

▪ **Barre B5 (Tronçon GH)**

$$M(x) = M_o(x) + M_1(x)$$

$$M_o(x) = -\frac{P_2 * l}{2}x + \frac{P_2}{2}x^2 = -\frac{167.42 * 4}{2}x + \frac{167.42}{2}x^2$$

$$M_o(x) = -334.84x + 83.71x^2$$

$$M_1(x) = M_G + \frac{(M_H - M_G)}{l}x = 100.55 + \frac{(166.99 - 100.55)}{4}x$$

$$M_1(x) = 100.55 + 16.61x$$

$$M(x) = 83.71x^2 - 318.23x + 100.55$$

$$V(x) = 167.42x - 318.23$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M(0) = 100.55 \text{ kN.m} \\ M(4) = 166.99 \text{ kN.m} \\ V(x) = 0 ; x = 1.9 \text{ m} \\ M(1.9) = -201.989 \text{ kN.m} \\ V_{max} = V(0.34) = V(3.45) = 260.06 \text{ kN} \end{array} \right.$$

▪ **Barre B6 (Tronçons FG)**

$$M(x) = M_o(x) + M_1(x)$$

$$M_o(x) = -\frac{P_2 * l}{2}x + \frac{P_2}{2}x^2 = -\frac{167.42 * 4}{2}x + \frac{167.42}{2}x^2$$

$$M_o(x) = -334.84x + 83.71x^2$$

$$M_1(x) = M_F + \frac{(M_G - M_F)}{l}x = 100.55 + \frac{(100.55 - 100.55)}{4}x$$

$$M_1(x) = 100.55 \text{ kN.m}$$

$$M(x) = -334.84x + 83.71x^2 + 100.55$$

$$V(x) = 167.42x - 334.84$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M(0) = 100.55 \text{ kN.m} \\ M(4) = 100.55 \text{ kN.m} \\ V(x) = 0 ; x = 2 \text{ m} \\ M(2) = -201.07 \text{ kN.m} \\ V_{max} = V(0.32) = V(3.67) = 280.08 \text{ kN} \end{array} \right.$$

▪ **Barre B7 (Tronçon HA)**

$$M(x) = M_o(x) + M_1(x)$$

Equation de la statique

$$\sum F_y = 0 \quad R_H + R_A - (33 * 3) - \frac{(64.5 - 33) * 3}{2} = 0$$

$$R_H + R_A = 146.25$$

$$\sum M_{/H} = 0 \quad 3 R_A - \frac{(33 * 3) * 3}{2} - \frac{(64.5 - 33) * 3 * 1 * 3}{2 * 3} = 0$$

$$R_A = 65.25 \text{ kN} \quad \text{et} \quad R_H = 81 \text{ kN}$$

$$M_o(x) = -R_H x + \frac{P_3}{2} x^2 + \left(\frac{(64.5 - P_3) * x}{2} \right) * \left(\frac{2}{3} x \right)$$

$$t_g(\alpha) = \frac{64.5 - P_3}{x} = \frac{(64.5 - 33)}{3}$$

$$P_3 = -10.5x + 64.5$$

$$M_o(x) = -1.75x^3 + 32.25x^2 - 81x$$

$$M_1(x) = M_H + \frac{(M_A - M_H)}{l} x = 166.89 + \frac{(92.295 - 166.89)}{3} x$$

$$M_1(x) = 166.89 - 24.865x$$

$$M(x) = -1.75x^3 + 32.25x^2 - 105.8x + 166.89$$

$$V(x) = -5.25x^2 + 64.5x - 105.8$$

$$\left[\begin{array}{l} M(0) = 166.89 \text{ kN.m} \\ M(3) = 92.49 \text{ kN.m} \\ V(x) = 0 ; x_1 = -1.46 \text{ m} ; x_2 = 13.75 \text{ m} \\ \text{or } x_i \text{ n'appartient pas } [0; 3] \\ \text{On prendra } M_{\max} = 166.89 \end{array} \right.$$

✚ **Calcul des moments à l'ELU :**

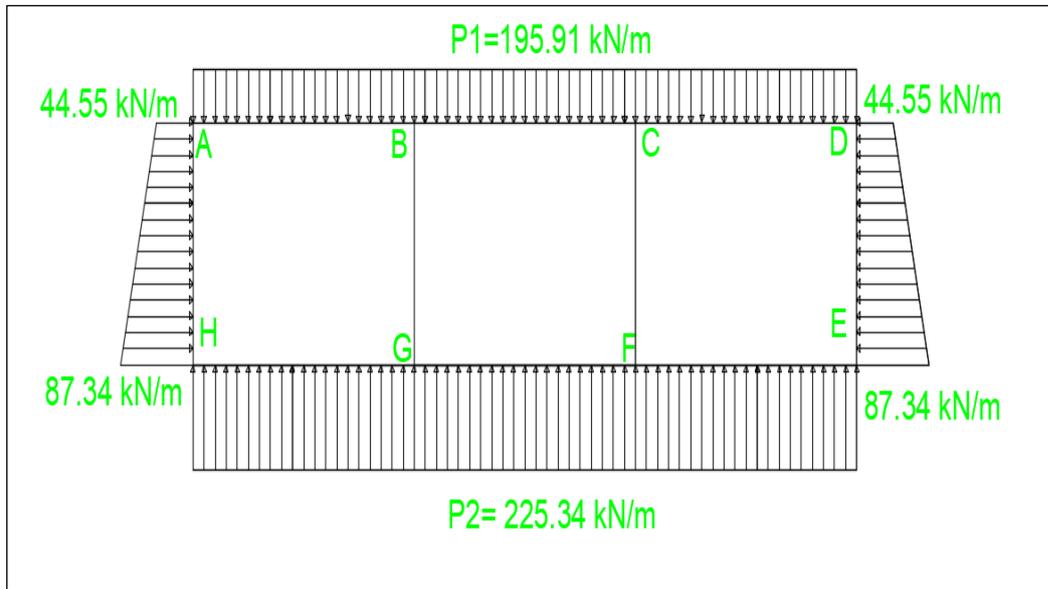


Figure 36: Structure avec charges pondéré à l'ELU

❖ **Travée HAB**

$$M_{i-1}L_{i-1} + 2M_i(L_{i-1} + L_i) + M_{i+1}L_i = 6EI(\theta_i^g - \theta_i^d)$$

$$3M_H + 2 * (3 + 4) * M_A + 4M_B = 6EI(\theta_i^g - \theta_i^d)$$

$$\varphi_{HA} = \frac{(7 * P_1 + 8 * P_2)L^3}{360EI} = \frac{(7 * 195.91 + 8 * 225.34)L^3}{360EI} = \frac{(7 * 87.34 + 8 * 44.55)3^3}{360EI}$$

$$\varphi_{HA} = \frac{72.58}{EI}$$

$$\varphi_{AB} = \frac{-qL^3}{24EI} = \frac{-(195.91) * 4^3}{24EI} = \frac{-522.42}{EI}$$

$$+3M_H + 14M_A + 4M_B = 6EI\left(\frac{72.58}{EI} + \frac{522.42}{EI}\right)$$

$$3M_H + 14M_A + 4M_B = 6EI\left(\frac{595}{EI}\right)$$

$$3M_H + 14M_A + 4M_B = 3570$$

❖ **Travée GHA**

$$4M_G + 2 * (4 + 3) * M_H + 3M_A = 6EI(\varphi_{GH} - \varphi_{HA})$$

$$\varphi_{GH} = \frac{qL^3}{24EI} = \frac{225.345 * 4^3}{24EI} = \frac{600.92}{EI}$$

$$\varphi_{HA} = -\frac{(8*P_1+7*P_2)*L^3}{360EI} = -\frac{(8*87.34+7*44.55)*3^3}{360EI} = -\frac{75.79}{EI}$$

$$4M_G + 2 * (4 + 3) * M_H + 3M_A = 6EI \left(\frac{600.92}{EI} + \frac{75.79}{EI} \right)$$

$$4M_G + 14 * M_H + 3M_A = 4060.2$$

❖ Travée ABC

$$4M_A + 2 * (4 + 4) * M_B + 4M_C = 6EI(\varphi_{AB} - \varphi_{BC})$$

$$\varphi_{AB} = \frac{qL^3}{24EI} = \frac{195.91 * 4^3}{24EI} = \frac{522.42}{EI}$$

$$\varphi_{BC} = \frac{qL^3}{24EI} = \frac{195.91 * 4^3}{24EI} = \frac{522.42}{EI}$$

$$4M_A + 16M_B + 4M_C = 6EI \left(\frac{522.42}{EI} + \frac{522.42}{EI} \right)$$

$$4M_A + 16M_B + 4M_C = 6269.12$$

La structure étant chargée symétriquement, $M_A = M_D$ et $M_B = M_C$

Alors: $4M_A + 16M_B + 4M_C = 6269.12 \longrightarrow 4M_A + 20M_B = 6269.12$

❖ Travée FGH

$$4M_F + 2 * (4 + 4) * M_G + 4M_H = 6EI(\varphi_{FG} - \varphi_{GH})$$

$$\varphi_{FG} = \frac{qL^3}{24EI} = \frac{225.345 * 4^3}{24EI} = \frac{600.92}{EI}$$

$$\varphi_{GH} = \frac{qL^3}{24EI} = \frac{225.345 * 4^3}{24EI} = \frac{600.92}{EI}$$

$$4M_F + 16M_G + 4M_H = 7211.04$$

La structure étant chargée symétriquement : $M_H = M_E$ et $M_G = M_F$

d'où $4M_F + 16M_G + 4M_H = 7211.04 \longrightarrow 20M_G + 4M_H = 7211.04$

On obtient le système d'équation ci-dessous :-

$$\begin{cases} 3M_H + 14M_A + 4M_B = 3570 \\ 4M_G + 14 * M_H + 3M_A = 4060.26 \\ 4M_A + 20M_B = 6269.12 \\ 20M_G + 4M_H = 7211.04 \end{cases}$$

Résultats :

$$\begin{cases} M_G = M_F = 327.13 \text{ kN.m} \\ M_B = M_C = 285.958 \text{ kN.m} \\ M_A = M_D = 137.49 \text{ kN.m} \\ M_H = M_E = 167.104 \text{ kN.m} \end{cases}$$

▪ **Barre B7 (Tronçon HA)**

$$M(x) = M_o(x) + M_1(x)$$

Equation de la statique

$$\sum F_y = 0 \quad R_H + R_A - (137.49 * 3) - \frac{(167.104 - 137.49) * 3}{2} = 0$$

$$R_H + R_A = 456.89$$

$$\sum M_{/H} = 0 \quad 3 R_A - \frac{(137.49 * 3) * 3}{2} - \frac{(167.104 - 137.49) * 3 * 1 * 3}{2 * 3} = 0$$

$$R_A = 221.04 \text{ kN} \quad \text{et} \quad R_H = 235.85 \text{ kN}$$

$$M_o(x) = -R_H x + \frac{P_3}{2} x^2 + \left(\frac{(167.104 - P_3) * x}{2} \right) * \left(\frac{2}{3} x \right)$$

$$t_g(\alpha) = \frac{167.104 - P_3}{x} = \frac{(167.104 - 137.49)}{3}$$

$$P_3 = -9.87x + 167.104$$

$$M_o(x) = -1.645 x^3 + 83.552 x^2 - 235.85 x$$

$$M_1(x) = M_H + \frac{(M_A - M_H)}{l} x = 167.10 + \frac{(137.49 - 167.10)}{3} x$$

$$M_1(x) = 167.10 - 9.87x$$

$$M(x) = -1.645 x^3 + 83.552 x^2 - 245.72 x + 167.10$$

$$V(x) = -4.935 x^2 + 167.104 x - 245.72$$

$$\left[\begin{array}{l} M(0) = 167.10 \text{ kN.m} \\ M(3) = 137.49 \text{ kN.m} \\ V(x) = 0 ; x_1 = 1.54 \text{ m} ; x_2 = 32.32 \text{ m} \\ \text{or } x_i \text{ n'appartient pas } [0; 3] \\ \text{et } M(1.54) = -19.16 \text{ kN.m} \\ \text{prendra } M_{\max} = 167.10 \text{ kN.m} \end{array} \right.$$

▪ **Barre (Tronçons AB)**

$$M(x) = M_o(x) + M_1(x)$$

$$M_o(x) = -\frac{P_1 * l}{2} x + \frac{P_1}{2} x^2$$

$$M_o(x) = -\frac{195.91 * 4}{2} x + \frac{195.91}{2} x^2$$

$$M_o(x) = -391.82 x + 97.95 x^2$$

$$M_1(x) = M_A + \frac{(M_B - M_A)}{l} x = 137.49 + \frac{285.958 - 137.49}{4} x$$

$$M_1(x) = 137.49 + 37.117 x$$

$$M(x) = 97.95 x^2 - 354.70 x + 137.49$$

$$V(x) = 195.9 x - 354.70$$

$$\left[\begin{array}{l} M(0) = 137.49 \text{ kN.m} \\ M(4) = 285.89 \text{ kN.m} \\ V(x) = 0 ; x = 1.81 \text{ m} \\ M(1.81) = -183.62 \text{ kN.m} \end{array} \right.$$

$$V_{max} = V(0.44) = V(3.18) = - \pm 268.504 \text{ kN}$$

▪ **Barre B2 (tronçon BC)**

$$M_o(x) = -\frac{195.91 * 4}{2}x + \frac{195.91}{2}x^2$$

$$M_o(x) = -391.82 x + 97.95 x^2$$

$$M_1(x) = M_B + \frac{(M_C - M_B)}{l}x = 285.95 + \frac{(285.95 - 285.95)}{4}x$$

$$M_1(x) = 285.95$$

$$M(x) = 97.95 x^2 - 391.82 x + 285.95$$

$$V(x) = 195.9 x - 391.82$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M(0) = 285.95 \text{ kN.m} \\ M(4) = 285.87 \text{ kN.m} \\ V(x) = 0 ; x = 2 \text{ m} \\ M(2) = -105.89 \text{ kN.m} \\ V_{max} = V(0.96) = V(3.03) = \pm 203.75 \text{ kN} \end{array} \right.$$

▪ **Barre B4 (Tronçons EF)**

$$M(x) = M_o(x) + M_1(x)$$

$$M_o(x) = -\frac{P_2 * l}{2}x + \frac{P_2}{2}x^2 = -\frac{225.34 * 4}{2}x + \frac{225.34}{2}x^2$$

$$M_o(x) = -450.68 x + 112.67x^2$$

$$M_1(x) = M_E + \left(\frac{M_F - M_E}{l}\right)x = 167.10 + \left(\frac{327.13 - 167.10}{4}\right)x$$

$$M_1(x) = 167.10 + 40.01 x$$

$$M(x) = 112.67 x^2 - 410.67x + 167.10$$

$$V(x) = 225.34 x - 410.67$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M(0) = 167.10 \text{ kN.m} \\ M(4) = 327.14 \text{ kN.m} \\ V(x) = 0 ; x = 1.82 \text{ m} \\ M_{max}(1.82) = -207.111 \text{ kN.m} \\ M(x) = 0 ; x_1 = 0.46 \text{ et } x_2 = 3.17 \\ V_{max} = \max(V(0.46) ; V(3.17)) = 307.02 \text{ kN} \end{array} \right.$$

▪ **Barre B6 (Tronçons FG)**

$$M(x) = M_o(x) + M_1(x)$$

$$M_o(x) = -\frac{P_2 * l}{2}x + \frac{P_2}{2}x^2 = -\frac{225.34 * 4}{2}x + \frac{225.34}{2}x^2$$

$$M_o(x) = -450.68x + 112.67x^2$$

$$M_1(x) = M_F + \frac{(M_G - M_F)}{l}x = 327.13 + \frac{(327.13 - 327.13)}{4}x$$

$$M_1(x) = 327.13 \text{ kN.m}$$

$$M(x) = -450.68x + 112.67x^2 + 327.13$$

$$V(x) = 225.34x - 450.68$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M(0) = 327.13 \text{ kN.m} \\ M(4) = 327.13 \text{ kN.m} \\ V(x) = 0 ; x = 2 \text{ m} \\ M_{max}(2) = -123.55 \text{ kN.m} \\ M(x) = 0 ; x_1 = 0.95 \text{ et } x_2 = 3.05 \\ V_{max} = V(0.95) = V(3.05) = 236.60 \text{ kN} \end{array} \right.$$

▪ **Barre B7 (Tronçon HA)**

$$M(x) = M_o(x) + M_1(x)$$

Equation de la statique

$$\sum F_y = 0 \quad R_H + R_A - (33 * 3) - \frac{(64.5 - 33) * 3}{2} = 0$$

$$R_H + R_A = 146.25$$

$$\sum M_{/H} = 0 \quad 3 R_A - \frac{(33 * 3) * 3}{2} - \frac{(64.5 - 33) * 3 * 1 * 3}{2 * 3} = 0$$

$$R_A = 65.25 \text{ kN} \quad \text{et} \quad R_H = 81 \text{ kN}$$

$$M_o(x) = -R_H x + \frac{P_3}{2} x^2 + \left(\frac{(64.5 - P_3) * x}{2} \right) * \left(\frac{2}{3} x \right)$$

$$t_g(\alpha) = \frac{64.5 - P_3}{x} = \frac{(64.5 - 33)}{3}$$

$$P_3 = -10.5x + 64.5$$

$$M_o(x) = -1.75x^3 + 32.25x^2 - 81x$$

$$M_1(x) = M_H + \frac{(M_A - M_H)}{l} x = 166.89 + \frac{(92.295 - 166.89)}{3} x$$

$$M_1(x) = 166.89 - 24.865x$$

$$M(x) = -1.75x^3 + 32.25x^2 - 105.8x + 166.89$$

$$V(x) = -5.25x^2 + 64.5x - 105.8$$

$$\left[\begin{array}{l} M(0) = 166.89 \text{ kN.m} \\ M(3) = 92.49 \text{ kN.m} \\ V(x) = 0 ; x_1 = -1.46 \text{ m} ; x_2 = 13.75 \text{ m} \\ \text{or } x_i \text{ n'appartient pas } [0; 3] \\ \text{On prendra } M_{\max} = 166.89 \end{array} \right.$$

▪ **Barre B5 (Tronçon GH)**

$$R_G = \frac{P_2 * l}{2} = \frac{225.34 * 3}{2} = 338.01 \text{ kN}$$

R_G : represente l'effort normal dans le piedroit de rive

Tableau 22: Récapitulatif des sollicitations

Partie d'ouvrage	Sollicitations KN.m et KN		ELU	ELS
DALLE	Moment sur appui de rive (encastrement haut)	$M_A = M_D$	137.49	92.30
	Moment aux appuis intermédiaires (haut)	$M_B = M_C$	285.958	214.53
	Moment maximum en travée de rive (haut)	$M_{AB} = M_{CD}$	-183.62	-141
	Moment maximum en travée intermédiaire (haut)	M_{BC}	-105.89	-76.67
	Efforts tranchant Maximum dans les travée (haut)	V_{umax}	268.504	202.75
RADIER	Moment sur appui de rive (encastrement Bas)	$M_H = M_E$	167.10	166.89
	Moment aux appuis intermédiaires (Bas)	$M_G = M_F$	327.13	100.55
	Moment maximum en travée de rive (Bas)	$M_{HG} = M_{FE}$	-207.11	-201.98
	Moment maximum en travée intermédiaire (Bas)	M_{GF}	-123.55	-201.07
	Efforts tranchant Maximum dans les travée (Bas)	V_{umax}	307	280.08
PIEDROIT DE RIVES N	Moment en appuis supérieur	$M_A = M_D$	137.49	92.29
	Moment en appuis inférieur	$M_H = M_E$	167.10	166.89
	Moment max en travée	$M_{AH} = M_{DE}$	167.10	166.89
	Effort normal	$N_{AH} = N_{DE}$	450.69	334.84
	Effort tranchant maximum	$V_{AH} = V_{DE}$	307	280.08
PIEDROIT INTERMEDIAIRES	Moment max dans la barre	$M_{B9} = M_{B10}$	0	0
	Moment d'encastrement aux extrémité	M_N	0	0
	Effort normal maximum	$N_{BG} = N_{CF}$	901.38	669.5
	Effort tranchant maximum	$V_{B9} = V_{B10}$	0	0

Annexe 9: CALCUL BETON ARME DU DALOT 3x4x3 AU PK 1+525**Hypothèse de base :**✓ **Règlements et instructions**

Le calcul de ferrailage sera mené suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites dites règles BAEL91 modifiée 99

Les surcharges routières sont définies conformément aux prescriptions du titre II du Fascicule 61 et les ouvrages seront calculés par rapport au convoi de camions de type Bc, Bt , Br conformément aux termes de référence de l'étude.

✓ **Caractéristiques des matériaux**✚ **Béton**

- Poids volumique= 25 kN/m³
- Fissuration Préjudiciable
- Les calculs seront menés à l'ELS
- Résistances caractéristiques à 28 Jours :

Résistance à la compressions du béton : $f_{c28} = 30 \text{ MPa}$

Résistance à la traction du béton : $f_{t28} = 0.6 + 0.06 f_{c28} = 2.4 \text{ MPa}$

Contrainte admissible du béton à l'ELU

$$\sigma_{bc} = 0.85 \times \frac{f_{c28}}{\theta \cdot \gamma_b} = 0.85 \times \frac{30}{1 \cdot 1.5} = 17 \text{ MPa avec } \gamma_b = 1.5 \text{ et } \theta = 1$$

Contrainte admissible du béton à l'ELS

$$\bar{\sigma}_{bc} = 0.6 \times f_{c28} = 0.6 \times 30 = 18 \text{ MPa}$$

Granulats $C_g = 25 \text{ mm}$

Poids volumique du Béton $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

Facteur d'équivalence contrainte aciers/Contrainte béton : $n=15$

Dosage des Bétons :

- Béton de propreté : 150 kg/ m³
- Béton pour gros œuvres : 400 kg/m³

✚ Acier :

- Nuance : Acier à Haute Adhérence FeE400
- Limite d'élasticité garantie de l'acier Fe=400 Mpa
- Coefficient de sécurité de l'acier : $\gamma_s = 1.15$
- Coefficient d'adhérence de l'acier : $\eta = 1.6$
- Fissuration préjudiciable
- Contrainte admissible de l'acier : $\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.83 \text{ Mpa}$
- Contrainte admissible de l'acier (en Fissuration préjudiciable)

$$\bar{\sigma}_{st} = \min\left\{\frac{2}{3} * f_e ; \max(0.5 * f_e ; 110 * \sqrt{\eta * f_{t28}})\right\}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = \min\{266.67 ; \max(200 ; 110 * \sqrt{1.6 * 2.4})\}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = \min\{266.67 ; \max(200 ; 215,55)\}$$

$$\bar{\sigma}_{st} = 215,55 \text{ MPa}$$

- Enrobage = 3 cm et (e=5 cm pour le dalot)

✚ Gousset :

Tableau 23: Tableau de dimensionnement des goussets

Ouverture	gousset supérieur	gousset inférieur (cadres)
≤ 2 m	0,20 x 0,20 ou chanfrein	0,20 x 0,20 ou chanfrein
2 à 4 m	0,20 x 0,20 à 0,30 x 0,30	0,20 x 0,20 à 0,40 x 0,40
≥ 4 m	0,30 x 0,30 à 0,40 x 0,40	0,40 x 0,40 à 0,50 x 0,50

Les goussets sont destinés à améliorer l'encastrement des traverses sur les piédroits, à réduire les concentrations de contraintes et à atténuer les effets des pics de moments. Ils améliorent de plus l'esthétique des ouvrages en rendant plus perceptible leur fonctionnement, surtout pour les portées importantes.

Nous prendrons donc des goussets de 0.5×0.5 m

CALCUL DES SECTIONS D'ARMATURES

Calcul des armatures du tablier

Données de calcul : $h = 0.35 \text{ m}$ $d = 0.9 * h = 0.9 * 0.35 = 0.315 \text{ m}$

Contrainte admissible du béton en compression à l'ELS : $\bar{\alpha}_{bc} = 18 \text{ Mpa}$

$$; F_{su} = \sigma_s = 347.83 \text{ Mpa} \quad b = 1 \text{ m}$$

✚ Armature du tablier :

Le calcul se fera en flexion simple et à l'ELS

✓ **Moment max en travée :** $M_{Ser} = 141 \text{ kN.m}$

Paramètre de déformation :

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n * \bar{\alpha}_{bc}}{n * \bar{\alpha}_{bc} + \bar{\alpha}_{st}} = \frac{15 * \bar{\alpha}_{bc}}{n * \bar{\alpha}_{bc} + \bar{\alpha}_{st}} = \frac{(15 * 18)}{(15 * 18) + 215.55} = 0.56$$

Fibre neutre :

$$\bar{\gamma}_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} * d = 0.56 * 0.315 = 0.1764 \text{ m}$$

Bras de levier :

$$\bar{Z}_{ser} = d - \frac{\bar{\gamma}_{ser}}{3} = 0.315 - \left(\frac{0.1764}{3} \right) = 0.2562 \text{ m}$$

Moment résistant :

$$\bar{M}_{ser} = \frac{1}{2} * b_o * \bar{\gamma}_{ser} * \bar{\alpha}_{bc} * \bar{Z}_{ser} = \frac{1}{2} * 1 * 0.1764 * 18 * 0.2562$$

$$\bar{M}_{ser} = 406.743 \text{ kN.m}$$

$$M_{Ser AB} < \bar{M}_{ser} \quad \text{Pas de nécessité d'aciers comprimés}$$

Donc le béton seul et les aciers tendus suffisent pour reprendre la sollicitation

$$A_s = \frac{M_{Ser AB}}{\sigma_{st} * \bar{Z}_{ser}}$$

$$A_s = \frac{141}{215.55 * 0.2562} = 25.53 \text{ cm}^2$$

$$\boxed{A_s = 25.53 \text{ cm}^2}$$

- **Condition de non fragilité de la section :**

$$A_{min} = 0.23 * b_o * d * \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{min} = 0.23 * 1 * 0.315 * \frac{2.4}{400} * 10^4$$

$$A_{min} = 4.34 \text{ cm}^2$$

Section retenue : $A = \max(A_{min} ; A_s) = \max(4.34 ; 25.53)$

$$\text{soit } A = 25.53 \text{ cm}^2$$

$$A_u = 25.53 \text{ cm}^2 \text{ soit } 12.76 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} / \text{face}$$

Choix : ON PRENDRA $A_{reel} = 7HA16 = 14.07 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} / \text{face}$ $S_t = 15 \text{ cm}$

- Armatures transversales/ répartition :

$$\frac{1}{3}\emptyset_l \leq \emptyset_t \leq \emptyset_l \quad 5.33 \leq \emptyset_t \leq 16 \quad \text{On prendra } \emptyset_t = 10 \text{ mm}$$

- Condition de vérification à l'effort tranchant
En tenant compte de la présence des goussets de 40x40, nous aurons
 $d = 0.9 * h = 0.9 * (0.35 + 0.20) = 0.9 * 0.55 = 0.495 \text{ m}$

$$\frac{V_u}{b_o * d} \leq \frac{0.07df_{c28}}{\gamma_b} \quad \text{Avec } \frac{280}{1 * 0.495} \leq \frac{0.07 * 0.495 * 30 * 10^3}{1.5}$$

$$565,656 \leq 1040$$

✓ Moment max en appuis : $M_{Ser} = 214.7 \text{ kN.m}$

$$A_s = \frac{214700}{215.55 * 0.2562} = 38.87 \text{ Cm}^2$$

$$A_s = 38.87 \text{ cm}^2$$

$$A_u = 38.87 \text{ cm}^2 \text{ soit } 19.43 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} / \text{face}$$

Choix : ON PRENDRA

$$A_{reel} = 7 HA16 + 7 HA 14 = 14.07 + 10.78 = 24.85 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} / \text{face1}$$

$$S_{t1} = 15 \text{ cm} \quad S_{t2} = 15 \text{ cm}$$

$$A_{reel} = 7 HA16 = 14.07 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} / \text{face 2}$$

✚ Armature du radier

- **Moment max en travée :**

$$M_{Ser} = 201.98 \text{ kN.m}$$

$$A_s = \frac{201980}{215.55 * 0.2562} = 36.57 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 36.57 \text{ cm}^2$$

$$A_u = 36.57 \text{ cm}^2 \text{ soit } 18.28 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} / \text{face}$$

Choix : ON PRENDRA

$$A_{reel} = 7 \text{ HA16} + 7 \text{ HA 14} = 14.07 + 10.78 = 24.85 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} / \text{face1}$$

$$S_{t1} = 15 \text{ cm} \quad S_{t2} = 15 \text{ cm}$$

$$A_{reel} = 7 \text{ HA16} = 14.07 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} / \text{face 2} \quad S_{t1} = 15 \text{ cm}$$

- **Moment max en appuis :**

$$M_{Ser} = 166.79 \text{ kN.m}$$

$$A_s = \frac{166790}{215.55 * 0.2562} * 10^{-2} = 30.20 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 30.20 \text{ cm}^2$$

On appliquera le même ferrailage de la travée en appuis

- **Armatures transversales/ répartition :**

$$\frac{1}{3} \emptyset_l \leq \emptyset_t \leq \emptyset_l \quad 5.33 \leq \emptyset_t \leq 16 \quad \text{On prendra} \quad \emptyset_t = 10 \text{ mm}$$

- **Condition de vérification à l'effort tranchant.**

En tenant compte de la présence des goussets de 40x40, nous aurons

$$d = 0.9 * h = 0.9 * (0.35 + 0.20) = 0.9 * 0.55 = 0.495 \text{ m}$$

$$\frac{V_u}{b_o * d} \leq \frac{0.07 d f_{c28}}{\gamma_b} \quad \text{Avec} \quad \frac{280}{1 * 0.495} \leq \frac{0.07 * 0.495 * 30 * 10^3}{1.5}$$

$$565,656 \leq 1040$$

✚ Calcul des armatures de ferrailage des goussets

e moment maximal en travée de l'ensemble est $M_{Ser} = 214.53 \text{ kN.m}$ on prendra donc $\frac{1}{3} M_{Ser} = 71.51 \text{ kN.m}$ représentant ainsi le moment le moment repris par les goussets de $0.5 \times 0.5 \text{ m}$

$$A_s = \frac{M_{Ser AB}}{\sigma_{st} * \bar{Z}_{ser}}$$

$$A_s = \frac{71510}{215.55 * 0.2928} * 10^{-2} = 11.33 \text{ cm}^2$$

$$A_u = 11.33 \text{ cm}^2 \quad \text{soit} \quad A_u = 5.6 \text{ cm}^2 / \text{face}$$

Choix : ON PRENDRA

$$A_{reel} = 8 \text{ HA } 10 = 6.28 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} / \text{face}$$

$$S_{t1} = 15 \text{ cm}$$

✚ Armature Piedroits intermédiaires

Pour le piedroit considéré, le calcul est effectué au mètre linéaire et en compression centrée comme un poteau de section : 1m x 0.35m

DONNEES : H=3.8 m, b=1m, h=0.35 m, c=3 cm ; d=0.9h=31.5 cm

Efforts sollicitant le piedroit : $N_{ser} = Vu_1 + Vu_2$

$$N_{ser} = \left(\frac{P_2 * l}{2} \right) + \left(\frac{P_2 * l}{2} \right)$$

$$N_{ser} = (334.846 + 334.84)$$

$$N_{ser} = 669.68 \text{ kN}$$

Section réduite:

$$B_r = (h - 2c)(b - 2c)$$

$$B_r = (35 - 2 * 3)(100 - 2 * 3)$$

$$B_r = 2726 \text{ cm}^2 = 0.2726 \text{ m}^2$$

Longueur de flambement (piedroit bi encastéré) :

$$l_f = 0.5 * l_0 = 0.5 * 3.8 = 1.9 \text{ m}$$

Moment quadratique et rayon de giration :

$$I = \left(\frac{b * h^3}{12} \right) \quad \text{et} \quad i = \sqrt{\frac{I}{bh}} = \frac{h}{\sqrt{12}}$$

Elancement :

$$\lambda = \frac{l_f}{i} = \sqrt{12} * \frac{l_f}{h} = \sqrt{12} * \frac{1.9}{0.35} = 18.80$$

$$\lambda < 50 \quad \text{d'où} \quad \alpha = \frac{0.85}{1 + 0.2 * \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2} = \frac{0.85}{1 + 0.2 * \left(\frac{16.45}{35}\right)^2} = 0.814$$

En considérant que plus de la moitié des charges sont appliquée avant 90 jours ; on a :

$$\alpha' = \frac{\alpha}{1.1} = 0.74$$

$$A_{sc} = \left(\frac{N_{ser}}{\alpha'} - \frac{Br * fc28}{0.9\gamma b} \right) \left(\frac{\gamma_s}{f_e} \right) = \left(\frac{0.66968}{0.74} - \frac{0.2726 * 30}{0.9 * 1.5} \right) * \left(\frac{1.15}{400} \right) * 10^4$$

$$A_{sc} = -148.143 \text{ cm}^2$$

Section minimale : $A_{min} = \max(4u ; \frac{0.2B}{100})$

$$4u = 4 * 2(1 + 0.35) = 10.8 \text{ cm}^2$$

$$\frac{0.2B}{100} = \frac{0.2 * 100 * 35}{100} = 7 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = \max(10.8 ; 7)$$

Soit $A_{min} = 10.8 \text{ cm}^2$

Calcul de la section maximale :

$$A_{max} = \frac{5B}{100} = \frac{5 * 100 * 35}{100} = 175 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} < A_{max}$$

$$\text{Donc, } A_{sc} = A_{min} = 10.8 \text{ cm}^2 \text{ soit } \frac{5.4 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}}}{\text{face}}$$

Choix : **7 HA10 soit 5.5 cm²/ml/face.**

Espacement : $S_t \leq \min(h + 10 \text{ cm} ; 35 \text{ cm}) \leq 40 \text{ cm}$

On prendra : $S_t = 20 \text{ cm}$

Armatures transversales /répartition:

$$\frac{1}{3}\emptyset_l \leq \emptyset_t \leq \emptyset_l \quad \frac{1}{3} * 10 \leq \emptyset_t \leq 10$$

$$3.3 \leq \emptyset_t \leq 10$$

On prend $\emptyset_t = 10 \text{ mm}$

Choix : HA 10 soit

Espacement $S_t \leq \min(15\emptyset_t ; h + 10 \text{ cm} ; 35 \text{ cm})$

$$S_t \leq 40 \text{ cm}$$

On prendra : $S_t = 20 \text{ cm}$

Armature Piedroits de rive

Les calculs sont effectués pour un piedroit au mètre linéaire comme un poteau

100cm × 35 cm en flexion composée.

	M(KN/ml)	N (kN)
ELU	167.10	338.01
ELS	166.89	334.84

$$N_{sermax} = \frac{P_2 * l}{2} = 334.84 \text{ kN}$$

$$M_{sermax} = kN.m$$

- Calcul à l'ELU

$$M_{max} = 167.10 \text{ kN.m}$$

$$N_{max} = 338.01 \text{ kN}$$

Excentricité additionnel :

$$e_a = \max \left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ cm} \\ \frac{H}{250} \end{array} \right.$$

$$e_a = \max \left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ cm} \\ \frac{340}{250} = 1.36 \text{ cm} \end{array} \right. \quad \text{soit } e_a = 2 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{M_{elu}}{N_{elu}} + e_a = \frac{167.10}{338.01} + 0.02 = 0.514 \text{ m}$$

Sollicitations ultime corrigées pour le flambement

$$\text{Elancement : } l_f = 0.7 * l_0 = 0.7 * 3.40 = 2.38 \text{ m (poteau encastré)}$$

Type de calcul

Pièces chargé de calcul

$$\frac{l_f}{h} < \max \left(15; \quad 20 * \frac{e_1}{h} \right) = \max \left(15; \quad 20 * \frac{0.514}{0.35} \right)$$

$$\frac{2.38}{0.4} < \max \left(15; \quad 20 * \frac{e_1}{h} \right) = \max \left(15; \quad 20 * \frac{0.514}{0.35} \right)$$

$$5.95 < \max \left(15; \quad 20 * \frac{e_1}{h} \right) = \max \left(15 ; \quad 29.37 \right)$$

$$5.95 < 29.37$$

Calcul en flexion composé en tenant compte, de façon forfaitaire, de l'excentricité de 2nd ordre.

$$\alpha = \frac{M_{elu}}{M_{elu} * M_{els}} = \frac{167.10}{167.10 + 166.89} = 0.5003$$

$$e_2 = \frac{3 * l_f^2}{10^4 * h} * (2 + \phi * \alpha) = \frac{3 * (2.38^2)}{10^4 * 0.35} * (2 + 2 * 0.5003) = 0.0145 \text{ m} = 1.45 \text{ cm}$$

Avec $\phi=2$ (car cas courant)

Sollicitation corrigées pour le calcul en flexion composée

$$\begin{cases} N_u = N_i \\ M_{uG0} = N_u * (e_1 + e_2) \\ e_0 = e_1 + e_2 \end{cases}$$

$$N_u = 338.01 \text{ kN}$$

$$M_{uG0} = 338.01 * (0.514 + 0.0145) = 2.2147 \text{ kN/ml}$$

$$e_0 = e_1 + e_2 = 0.5285 \text{ m} = 52.85 \text{ cm}$$

Sollicitation au centre de gravité des aciers tendus

$$\begin{cases} e_A = e_0 + \left(d - \frac{h}{2}\right) = 52.85 + \left(31.5 - \frac{35}{2}\right) = 66.85 \text{ cm} \\ M_{uA} = 338.01 * 0.6685 = 226 \text{ kN/m} \end{cases}$$

$$\text{Moment de référence : } \mu_{BC} = \frac{0.8 * h}{d} \left(1 - \frac{0.4 * h}{d}\right) = \frac{0.8 * 0.35}{0.315} \left(1 - \frac{0.4 * 0.35}{0.315}\right) = 0.4938$$

$$\text{Moment agissant : } \mu_{uA} = \frac{M_{uA}}{b * d^2 * f_{bu}} = \frac{0.260}{1 * 0.315^2 * 17} = 0.13398$$

$$\mu_{uA} < \mu_{BC} \text{ section partiellement tendue}$$

- Calcul à l'ELS

$$e_{0ser} = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{166.89}{334.84} = 0.498 \text{ m}$$

Sollicitation au centre de gravité des aciers tendus.

$$e_A = e_{0ser} + \left(d - \frac{h}{2}\right) = 0.498 + \left(0.312 - \frac{0.35}{2}\right) = 0.635 \text{ cm}$$

$$M_{serA} = N_{ser} * e_A = 334.84 * 0.635 = 212.62 \text{ kN.m}$$

Calcul des aciers en flexion simple

$$\text{Moment réduit limite : } \gamma_M = \frac{M_{uA}}{M_{serA}} = \frac{226}{212.62} = 1.06$$

$$10^4 * \mu_{lu} = 3440 * \theta * \gamma_M + \left(49 * \frac{f_{c28}}{\theta}\right) = 3440 * 1 * 1.06 + \left(49 * \frac{30}{1}\right) = 5116.4$$

$$\mu_{lu} = 0.512$$

$$0.1339 < 0.512$$

$$\mu_{uA} < \mu_{lu} \text{ pas d'aciers comprimés}$$

Paramètre de déformation :

$$\alpha_{uA} = 1.25 * (1 - \sqrt{1 - 2\mu_{uA}}) = 1.25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * 0.1339}) = 0.18039$$

Bras de levier :

$$Z_u = d(1 - 0.4\alpha_{uA}) = 0.315 * (1 - 0.4 * 0.18039) = 0.2922$$

$$A = \frac{M_{uA}}{z_u * \sigma_s} = \frac{0.226}{0.2922 * 347.83} = 0.002224 \text{ m}^2 = 22.24 \text{ cm}^2$$

Section théorique d'acier :

$$A_u = A - \frac{N_u}{\sigma_s} = 22.24 - \frac{0.33801 * 10}{347.83}$$

$$A_u = 22.24 - 0.009718$$

$$A_u = 22.23 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{min} = 0.23 * \frac{f_{t28}}{f_e} * b_o * d = 0.23 * \frac{2.4}{400} * 1 * 0.315 = 0.000435 \text{ m}^2 = 4.35 \text{ cm}^2$$

Section d'acier retenue:

$$A_u = 22.23 \text{ cm}^2 \text{ soit } 11.11 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} / \text{face}$$

Choix : ON PRENDRA $A_{reel} = 7 \text{ HA16} = 14.07 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} / \text{face}$ $S_t = 15 \text{ cm}$

Armatures transversales : $\frac{1}{3}\emptyset_l \leq \emptyset_t \leq \emptyset_l$ soit $5.33 \leq \emptyset_t \leq 16$

On prendra : $\emptyset_t = 10 \text{ mm}$ st=20 cm

Calcul du mur en aile

Le mur en aile sera considéré comme un mur de soutènement de type cantilever. Le rôle de cet ouvrage de soutènement est de retenir un massif de terre. L'étude de ce mur de forme trapézoïdale nécessite une méthode spécifique d'étude et de contrôle du dimensionnement dans le but d'assurer sa stabilité.

Le mur cantilever en béton armé qui doté d'une base élargie à la partie supérieure du sol, fonctionne sous l'effet du poids du remblai ; c'est un ouvrage rigide.

Le calcul du mur et ses vérifications demande une succession de calcul cohérents et itératifs. Il est important de pré dimensionner de la manière rigoureuse dans le but d'obtenir de bon résultats des caractéristiques géométriques.

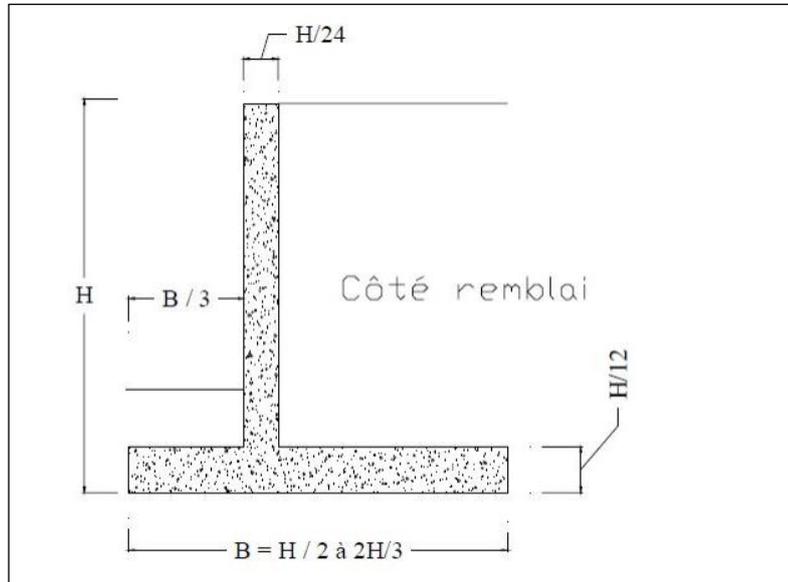


Figure 37: Schéma du mur

- **Pré dimensionnement des épaisseurs**

- **Hauteur du mur**

$$H = 3.7 \text{ m}$$

- **Epaisseur e_1 à la base et tête du mur e_0**

$$e_0 = \frac{H}{24} = 15.41 \text{ cm}$$

Choix : $e_0 = 35 \text{ cm}$ pour des raisons d'harmonisation de l'épaisseur des sections et donc d'inertie géométriques de béton, nous prendrons :

$$e_1 = e_2 = e_0 = 35 \text{ cm}$$

- **Largeur de la semelle B**

$$\frac{H}{2} \leq B \leq \frac{2H}{3} \quad \frac{3.7}{2} \leq B \leq \frac{2 \cdot 3.7}{3} \quad 1.8 \leq B \leq 2.4$$

Choix : $B = 240 \text{ cm}$

- **Largeur du patin b_1**

Elle vaut $b_1 = \frac{B}{3} = \frac{240}{3} = 80 \text{ cm}$

On prend $b_1 = 80 \text{ cm}$

➤ Largeur du talon b_2

Elle se déduit $b_2 = B - (b_1 + e_1) = 125 \text{ cm}$

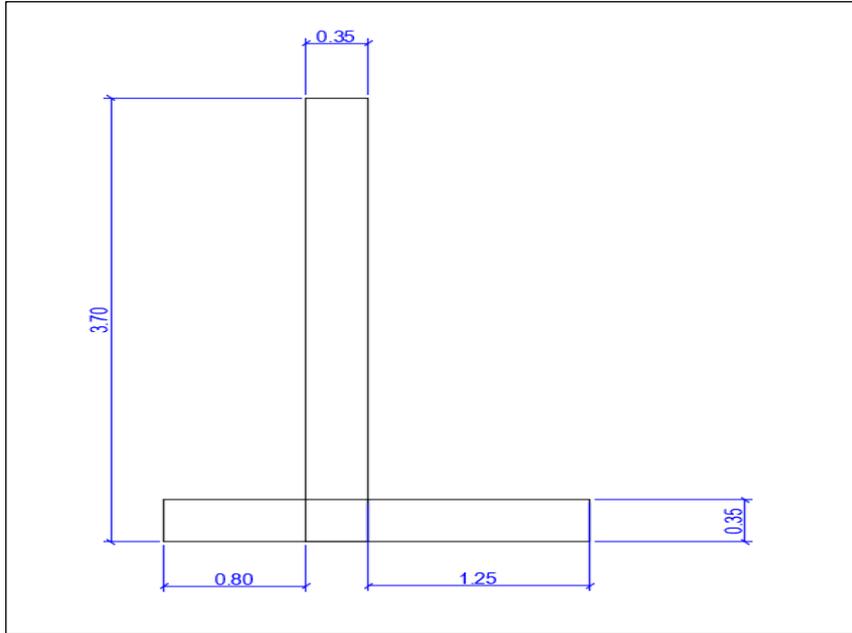


Figure 38: Plan de coffrage du Mur en aile

✚ Dimensionnement du Mur en aile

Les calculs sont effectués pour une bande de 1m de Mur

✚ Paramètres de calcul

Pour le remblai, les caractéristiques sont :

- Cohésion $c=0$
- Poids volumique des terres : $\gamma_s = 20 \text{ kN/m}^3$
- Angle de frottement interne : $\phi = 30^\circ$
- Poussée passive nulle sur l'avant du patin
- Terre-plein horizontale non chargé
- Coefficient de poussée
 - Horizontale : $K_{aH} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45 - \frac{30}{2} \right) = 0,33$
 - Verticale : $K_{aV} = 0$
 - Hauteur de remblai sur le patin $h = 0.0 \text{ m}$

Pour le sol de fondation sous la semelle (**remblai compacté**), on a

- Angle de frottement interne $\varnothing' = 20^\circ$
- Contrainte du sol : $\sigma_o \approx 1.3 \text{ bar} \approx 1.3 \times 10^5 \text{ kN/m}^2$
- Cohésion $c' = 0$

EVALUATION DES FORCES ET MOMENTS APPLIQUEES AU MUR

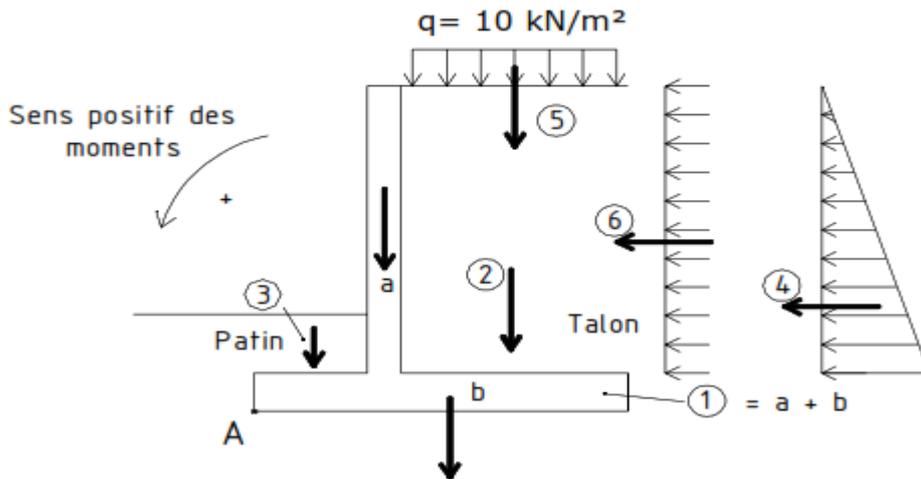


Figure 39: Bilan des forces appliquées au mur

Le calcul des sollicitations du mur est détaillé dans le tableau suivant :

Tableau 24: Récapitulatif des actions appliquées au mur

Désignation	Partie d'ouvrage		Actions horizontale $R_H = P_G$ ou P_Q en KN/ml		Actions verticale $R_V = G$ en KN/ml		Bras de levier	M/A en KN.m/ml	
	a	b							
Charges G	Poids du mur	a	Voile			$3.7 \times 0.35 \times 25$	32.37	0.98	-31.72
		b	Semelle			$2.4 \times 0.35 \times 25$	21	1	-21
		c	bêche			$0.6 \times 0.35 \times 25$	5.25	2.3	-12.075
		1	Mur (a+b+c)				58.62		-64.80
		2	Terre (talon)			$(3.6+5) \times 1 \times 20$	172	1.76	-302.72
		3	Terre (patin)			$1.00 \times 0.5 \times 20$	10	0.40	-4
		4	Poussée des terres	$\frac{0.33 \times 20 \times 3.6^2}{2}$	42.7			$(1/3) \times 3.6$	+50.72
Charges Q	Charges d'exploitation	5				10×1	10	1.8	-18
	Poussée due à la surcharge d'exploitation	6		$0.33 \times 10 \times 3.6$	12.0 0			1.8	21.6

Les combinaisons d'actions à prendre en compte à l'ELS : G + Q

C1 : (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)

C2 : (1) + (2) + (4) + (5) + (6) (terres sur le patin non pris en compte)

C3 : (1) + (2) + (4) (terres sur le patin non pris en compte)

✓ **Sous la combinaison C1**

$$M/A = -64.80 - 302.72 - 4 + 50.72 - 18 + 21.6 = -317.2 \text{ kN.m}$$

$$R_V = 240.62 \text{ kN}$$

$$R_H = 42.7 + 12.00 = 54.7 \text{ kN}$$

✓ **Sous la combinaison C2**

$$M/A = -64.8 - 302.72 + 50.72 - 18 + 21.6 = -313.2 \text{ kN}$$

$$R_V = 58.62 + 172 + 10 = 240.62 \text{ kN}$$

$$R_H = 42.7 + 12.00 = 54.7 \text{ kN}$$

✓ **Sous la combinaison C3**

$$M_{/A} = -64.8 - 302.72 + 50.72 = -316.8 \text{ kN}$$

$$R_V = 58.62 + 172 = 230.62 \text{ kN}$$

$$R_H = 42.7 \text{ kN}$$

VERIFICATION DE LA STABILITE DU MUR

✓ Vérification au renversement (non basculement)

La stabilité est définie comme le rapport du moment des forces stabilisatrices sur le moment des forces de renversement, moments évalués par rapport au point A. Forces de renversement : poussée P_t , résultante éventuelle des sous-pressions de l'eau U .

Forces stabilisatrices : poids P_i , butée B .

Le coefficient de sécurité au renversement est donné par :
$$F_r = \frac{\sum \text{moment stabilisant}}{\sum \text{moment renversant}} = \frac{M_s}{M_r}$$

La sécurité est assurée pour $F_r \geq 1.5$

La vérification au non renversement est effectuée sous la combinaison C2 en prenant pas en compte la butée sur le patin.

Moment stabilisant : $M_s = +64.8 + 302.72 + 18 = 385.52 \text{ kN.m}$

Moment renversant : $M_r = +50.72 + 21.6 = 72.32 \text{ kN.m}$

Il vient :
$$F_r = \frac{M_s}{M_r} = \frac{385.52}{72.84} = 5.29 > 1.5$$

La stabilité du mur est donc vérifiée

✓ Stabilité au non glissement et non poinçonnement du sol d'assise

Le coefficient de sécurité au glissement est
$$F_g = \frac{c' * b + R_V \tan \theta}{R_H} \geq 1.5$$

Avec :

- $b = 2.4 \text{ m}$, largeur du mur à la base
- $\theta = 20^\circ$, angle de frottement entre le mur et la base du mur
- R_V = composante horizontale de la résultante des forces
- R_H = composante verticale de la résultante des forces

$$F_g = \frac{0 \cdot b + R_V \tan \theta}{R_H} = \frac{R_V \tan \theta}{R_H} \geq 1.5$$

La justification du non-poinçonnement consiste à s'assurer que la contrainte verticale de référence σ_{ref} au quart de la largeur comprimée est au plus égale à la contrainte de calcul q_{ser} , et convenablement corrigée pour tenir compte de l'excentricité et de l'inclinaison δ_g sur la verticale de la résultante R des actions appliquées. La condition suivante doit être vérifiée :

$$\sigma_{ref} \leq \overline{\sigma_{ser}} = \sigma_0 * \delta_R$$

Les sollicitations de calcul (résultantes des forces verticales et horizontales, moment résultant de ces forces au point A) permettent la détermination des contraintes verticales exercées par la semelle du mur sur le terrain d'assise.

Le sol d'assise est supposé élastique, et la semelle infiniment rigide. Il en résulte que le diagramme des contraintes sur le sol peut valablement être supposé linéaire. Ci-dessous le tableau récapitulatif de la vérification au non glissement et non poinçonnement.

Tableau 25: Vérification au non glissement et non poinçonnement

	Combinaison C1	Combinaison C2	Combinaison C3
M/A (KN.m/ml)	-317.2	-313.2	-316.8
Rv (KN/ml)	240.62	240.62	230.62
RH (KN/ml)	54.7	54.7	42.7
Coefficient de sécurité au glissement $F_g = R_v \cdot \tan \Theta / R_H \geq 1,5$	9.84	9.84	12.08
Vérification $F_g > 1,5$	La condition est vérifiée	La condition est vérifiée	la condition est vérifiée
Excentricité $e_A = M/A/R_v$	1.31	1.30	1.37
Tiers centrale $b/3 = 0,8$; $2b/3 = 1.6$	La résultante R passe dans le tiers central	La résultante R passe dans le tiers central	La résultante R passe dans le tiers central
$\sigma_{ref} = \frac{5R_v}{2b} (1 - 1.2 \frac{e_A}{b})$	86.47	87.72	75.6754
$\tan \delta_R = \frac{R_H}{R_v}$	0,227	0,227	0,185
δ_R en radian	0,223	0,223	0,182
$e^{-\delta_R}$	0,80	0,80	0,83
$\overline{\sigma}_{ser} = \sigma_0 e^{-\delta_R}$	97.37	95.81	91.78
Condition de non poinçonnement $\sigma_{ref} < \overline{\sigma}_{ser}$	86.47 < 97.37 la condition au poinçonnement est vérifiée	87.72 < 95.81 la condition au poinçonnement est vérifiée	75.67 < 91.78 la condition au poinçonnement est vérifiée

Calcul des sollicitations et ferrailage du mur en aile

➤ **Calcul des sollicitations du voile**

$h = 35 \text{ cm}$, $b_0 = 1.00 \text{ m}$

Contraintes :

Pour $z = H = 3.70$: $0.333 \times 3.70 \times 20 = 24.642 \text{ kN/m}^2$

Pour $z = H/3 = 1.23 \text{ m}$: $0.333 \times 1.23 \times 20 = 8.214 \text{ kN/m}^2$

Pour $z = H/2 = 1.85 \text{ m}$: $0.333 \times 1.85 \times 20 = 12.321 \text{ kN/m}^2$

Pour $z = 2/3 \times H = 2.46 \text{ m}$: $0.333 \times 2.46 \times 20 = 16.411 \text{ kN/m}^2$

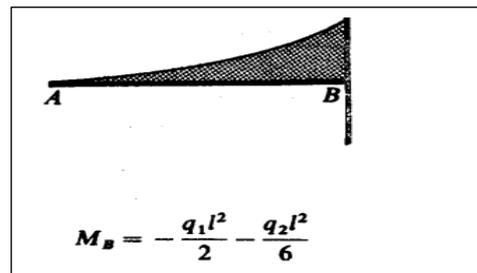
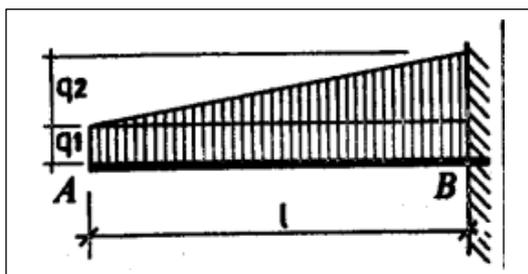
Surcharge du remblai supérieur à l'ouvrage : $0.333 \times 20 \times 1 = 6.6 \text{ kN/m}^2$

SECTION	S1(h=3.7 m) voile encasté dans la semelle	S5 (h=1.85 m) à la mi-hauteur du voile
N(KN/ml)	$0.35 \times 3.7 \times 25 = 32.375$	$0.35 \times 1.85 \times 25 = 16.187$
V(KN/ml)	$(24.64 \times 3.7)/2 = 45.58$	$(12.32 \times 1.85)/2 = 11.29$
MG (KN.m/ml) poussée des terres	$(45.58 \times 3.7)/3 = 56.21$	$(11.29 \times 1.85)/3 = 6.96$
V(KN.m/ml) surcharge	$6.6 \times 3.7 = 24.42$	$6.6 \times 1.85 = 12.21$
MG (KN.m/ml) surcharge	$(24.42 \times 3.7)/2 = 45.17$	$(12.21 \times 1.85) / 2 = 11.29$
MOMENT DE SERVICE	101.38	18.25
Section	S4 (h=2.46 m) au 2/3 de la hauteur du voile	S6 (h=1.23 m) au tier de la hauteur du voile
N(KN/ml)	$0.35 \times 2.46 \times 25 = 21.525$	$0.35 \times 1.23 \times 25 = 10.76$
V(KN/ml)	$(16.41 \times 2.46) / 2 = 20.18$	$8.21 \times 1.23 / 2 = 5.04$
MG (KN.m/ml) poussée des terres	$16.41 \times 2.46 / 3 = 13.45$	$8.21 \times 1.23 / 3 = 3.36$
V(KN.m/ml) surcharge	$6.6 \times 2.46 = 16.236$	$6.6 \times 1.23 = 8.118$
MG (KN.m/ml) surcharge	$16.236 \times 2.46 / 2 = 19.97$	$8.118 \times 1.23 / 2 = 4.99$
MOMENT DE SERVICE	33.42	8.35

➤ Ferrailage principal du voile

Le moment dans la section critique S1 et déterminant pour le calcul des armatures verticales du voile du côté du remblai. Cette section sera donc utilisée afin d'harmoniser les armatures du voile.

- Sur le côté du remblai du mur, on a :



$$M_{SerAB} = 101.38 \text{ kN/ml}$$

Désignation	
Moment à l'état de service	$M_{SerAB} = 101.38 \text{ kN/ml}$
Paramètres de déformation	$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \cdot \bar{\alpha}_{bc}}{n \cdot \bar{\alpha}_{bc} + \bar{\alpha}_{st}} = \frac{15 \cdot \bar{\alpha}_{bc}}{15 \cdot \bar{\alpha}_{bc} + \bar{\alpha}_{st}} = \frac{(15 \cdot 18)}{(15 \cdot 18) + 215.55} = 0.56$
Fibre neutre	$\bar{\gamma}_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \cdot d = 0.56 \cdot 0.315 = 0.1764 \text{ m}$
Bras de levier :	$\bar{Z}_{ser} = d - \frac{\bar{\gamma}_{ser}}{3} = 0.315 - \left(\frac{0.1764}{3}\right) = 0.2562 \text{ m}$
Moment résistant :	$\bar{M}_{ser} = \frac{1}{2} \cdot b_o \cdot \bar{\gamma}_{ser} \cdot \bar{\alpha}_{bc} \cdot \bar{Z}_{ser} = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 0.1764 \cdot 18 \cdot 0.2562$ $\bar{M}_{ser} = 406.743 \text{ kN.m}$

$$M_{SerAB} < \bar{M}_{ser} \quad \text{Pas de nécessité d'aciers comprimés}$$

Donc le beton seul et les aciers tendus suffisent pour reprendre la sollicitation

$$A_s = \frac{M_{SerAB}}{\sigma_{st} \cdot \bar{Z}_{ser}}$$

$$A_s = \frac{101.387}{215.55 \cdot 0.2562} = 18.35 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 18.35 \text{ cm}^2$$

- Condition de non fragilité de la section :

$$A_{min} = 0.23 \cdot b_o \cdot d \cdot \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{min} = 0.23 \cdot 1 \cdot 0.315 \cdot \frac{2.4}{400} \cdot 10^4$$

$$A_{min} = 4.34 \text{ cm}^2$$

$$\text{Section retenue : } A = \max(A_{min} ; A_s) = \max(4.34 ; 18.35)$$

$$\text{soit } A = 18.35 \text{ cm}^2$$

$$A_u = 18.35 \text{ cm}^2 \text{ soit } 9.17 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} / \text{face}$$

$$\text{Choix : ON PRENDRA } A_{reel} = 7 \text{ HA } 16 = 14.07 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} / \text{face} \quad S_t = 15 \text{ cm}$$

- **Armatures de répartition (aciers horizontaux) du voile (côté remblayé)**

On adopte une disposition forfaitaire d'armatures de répartition :

Armatures de répartition : $A_H \geq 0.10e_1 = 0.10 * 35 = 3.5 \text{ cm}^2/\text{ml}$; e_1 étant l'épaisseur du Voiles-en cm.

Choix: 5 HA 12 /ml = 5.65 cm² avec un espacement st = 20 cm

- **Aciers complémentaires du voile pour le côté non remblayé**

Nous venons d'adopter sur ce côté une disposition forfaitaire d'armatures de peau dans le sens

Horizontal AH.

Armature horizontale : $A_H \geq 0.075e_1 = 0.0075 * 35 = 2.62 \text{ cm}^2/\text{ml}$; e_1 étant l'épaisseur du voile en cm.

Choix : 5 HA 10 /ml = 3.93 cm² avec un espacement st = 20 cm

- **Vérification de l'effort tranchant**

La Vérification à l'effort tranchant se fait au niveau de la section S1

$$V_u = (1.35 \times 56.21) + (1.5 \times 24.42) = 112.51 \text{ kN/ml}$$

$$\text{Condition à vérifier : } \frac{V_u}{b_o * d} \leq \frac{0.07}{\gamma_b} \times d \times f_{c28} \quad (1)$$

$$\frac{112.51}{1 * 0.315} = 357.185 \text{ kN/ml} < \frac{0.07}{1.5} \times 0.35 \times 25 = 408 \text{ kN/ml}$$

La condition (1) est bien vérifiée et il n'est donc pas nécessaire d'utiliser des armatures à l'effort tranchant.

➤ **Ferraillage de la semelle**

$$d = 31.5 \text{ cm}, h = 35 \text{ cm}, b_0 = 1.00 \text{ m}$$

Nous considérons la combinaison C1 à l'ELS

Tableau 26: Bilan des forces et sollicitations sur la semelle

La résultante des forces verticale RH (kN/m)	54.7
La résultante des forces verticale RV (kN/m)	240.62
Moment résultant en A : M/A (kN.m/m)	317.2
L'excentricité eA (m)	1.31
$\sigma = \frac{\sum Fv}{2 \cdot eA}$ (kN/m ²)	91.83

- **Patin (section S2)**

Il est considéré comme une poutre (console) encastree dans le voile et à la réaction du sol (le Poids des terres aval au-dessus du patin est considéré négligeable)

Le moment d'encastrement (section S2) vaut :

$$M_{ser/S2} = \sigma \times \frac{l^2}{2} = 91.83 \times \frac{0.8^2}{2} = 29.38 \text{ KN.m}$$

Désignation	
Moment à l'état de service	$M_{ser/S2} = 29.38 \text{ kN/ml}$
Paramètres de déformation	$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n\sigma_{bc}}{n\sigma_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{(15 * 18)}{(15 * 18) + 215.55} = 0.56$
Fibre neutre	$\bar{\gamma}_{ser} = d * \bar{\alpha}_{ser} = 0.56 * 0.315 = 0.1764 \text{ m}$
Bras de levier :	$\bar{Z}_{ser} = d - \frac{\bar{\gamma}_{ser}}{3} = 0.315 - \left(\frac{0.1764}{3}\right) = 0.2562 \text{ m}$
Moment résistant :	$\bar{M}_{ser} = \frac{1}{2} * b_o * \bar{\gamma}_{ser} * \bar{\alpha}_{bc} * \bar{Z}_{ser} = \frac{1}{2} * 1 * 0.1764 * 18 * 0.2562$ $\bar{M}_{ser} = 406.743 \text{ kN.m}$

$$M_{Ser} < \bar{M}_{ser} \quad \text{Pas de nécessité d'aciers comprimés}$$

Donc le beton seul et les aciers tendus suffisent pour reprendre la sollicitation

$$A_s = \frac{M_{ser/S2}}{\sigma_{st} * \bar{Z}_{ser}}$$

$$A_s = \frac{29.38}{215.55 * 0.2562} = 5.3 \text{ Cm}^2$$

$$A_s = 5.3 \text{ cm}^2$$

- Condition de non fragilité de la section :

$$A_{min} = 0.23 * b_o * d * \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{min} = 0.23 * 1 * 0.315 * \frac{2.4}{400} * 10^4$$

$$A_{min} = 4.34 \text{ cm}^2$$

$$\text{Section retenue : } A = \max(A_{min} ; A_s) = \max(4.34 ; 5.3)$$

$$\text{soit } A = 5.3 \text{ cm}^2$$

$$A_u = 5.3 \text{ cm}^2 \text{ soit } 2.65 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} / \text{face}$$

$$\text{Choix : ON PRENDRA } A_{reel} = 4 \text{ HA } 10 = 3.14 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} / \text{face} \quad S_t = 25 \text{ cm}$$

- **Acier de répartition**

Il convient de disposer en armatures de répartition perpendiculaires aux armatures principales, une section A_r d'acier satisfaisant à : $A_r \text{ (cm}^2 / \text{ml)} > 0,10 e_2 \text{ (cm)}$ pour le patin, $e_2 = 35 \text{ cm}$ étant l'épaisseur du patin.

$$A_r \left(\frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} \right) \geq 0.10 \times 35 = 3.5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Choix : } A_{reel} = 5 \text{ HA } 10 = 3.93 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} \quad S_t = 20 \text{ cm}$$

- **Talon (section S3)**

Il est considéré comme une poutre (console) encastree dans le voile et est soumis :

- ✓ Contrainte sur le talon : $P_1 = (8.3 \times 20) + 10 = 176 \text{ kN/m}^2$
- ✓ Contrainte sous le talon : $P_2 = (8.3 \times 20) + 10 + (0.35 \times 25 \times 1.25) = 186.93 \text{ kN/m}^2$
- ✓ A la réaction du sol de fondation sous le talon
- ✓ Au poids propre des terres au-dessus du talon,
- ✓ A la surcharge d'exploitation au-dessus du talon

Le moment d'encastrement est donc :

$$M_{ser/S3} = \frac{Rv \times b \cdot l'^2}{2} - \sigma \times \frac{l'^2}{2} = \frac{240.62 \times 1.25^2}{2} - 91.83 \times \frac{0.625^2}{2}$$

$$= 187.98 - 17.93 \text{ KN.m}$$

$$M_{ser/S3} = 170.05 \text{ kN.ml}$$

Désignation	
Moment à l'état de service.	$M_{ser/S2} = 170.05 \text{ kN/ml}$
Paramètres de déformation	$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n\sigma_{bc}}{n\sigma_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{(15 * 18)}{(15 * 18) + 215.55} = 0.56$
Fibre neutre	$\bar{\gamma}_{ser} = d * \bar{\alpha}_{ser} = 0.56 * 0.315 = 0.1764 \text{ m}$
Bras de levier :	$\bar{Z}_{ser} = d - \frac{\bar{\gamma}_{ser}}{3} = 0.315 - \left(\frac{0.1764}{3}\right) = 0.2562 \text{ m}$
Moment résistant :	$\bar{M}_{ser} = \frac{1}{2} * b_o * \bar{\gamma}_{ser} * \bar{\alpha}_{bc} * \bar{Z}_{ser} = \frac{1}{2} * 1 * 0.1764 * 18 * 0.2562$ $\bar{M}_{ser} = 406.743 \text{ kN.m}$

$$M_{ser} < \bar{M}_{ser} \quad \text{Pas de nécessité d'aciers comprimés}$$

Donc le béton seul et les aciers tendus suffisent pour reprendre la sollicitation

$$A_s = \frac{M_{ser/S2}}{\sigma_{st} * \bar{Z}_{ser}}$$

$$A_s = \frac{170.05}{215.55 * 0.2562} = 30.7 \text{ Cm}^2$$

$$A_s = 30.7 \text{ cm}^2$$

- Condition de non fragilité de la section :

$$A_{min} = 0.23 * b_o * d * \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{min} = 0.23 * 1 * 0.315 * \frac{2.4}{400} * 10^4$$

$$A_{min} = 4.34 \text{ cm}^2$$

Section retenue : $A = \max(A_{min} ; A_s) = \max(4.34 ; 30.7)$

$$\text{soit } A = 30.7 \text{ cm}^2$$

$$A_u = 30.7 \text{ cm}^2 \text{ soit } 15.35 \frac{\text{cm}^2}{\text{ml}} / \text{face}$$

Choix : ON PRENDRA $A_{reel} = 8 HA 16 = 16.08 \frac{cm^2}{ml} / face$ $S_t = 10 cm$

- **Acier de répartition**

Il convient de disposer en armatures de répartition perpendiculaires aux armatures principales, une section A_r d'acier satisfaisant à : $A_r (cm^2 / ml) > 0,10 e_2 (cm)$ pour le talon, $e_2 = 35 cm$ étant l'épaisseur du talon.

$$A_r \left(\frac{cm^2}{ml} \right) \geq 0.10 \times 35 = 3.5 cm^2$$

Choix : $A_{reel} = 5 HA 10 = 3.93 \frac{cm^2}{ml}$ $S_t = 20 cm$

Annexe 10: DEVIS EVALUATION DU COUT DU PROJET

DEVIS ESTIMATIF POUR L'EXECUTION DES TRAVAUX DE BITUMAGE DU TRONCON D'ETUDE DE LA ROUTE EKONG-BENGBIS : 05 KM

N° de Prix	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire (FCFA HT)	Montant Total (FCFA HT)
1	INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER				
1.1	Amenée et Repli des installations de chantier				
1.1.1	Amenée et Repli des installations	fft	1.00	79,200,000.00	79,200,000.00
1.1.2	Amenée et repli du matériel de chantier	fft	1.00	17,000,000.00	17,000,000.00
	SOUS TOTAL INSTALLATION ET				96,200,000.00
2	DEGAGEMENT ET PLI DE CHANTIER PREPARATION DE				-
2.1	TERRAIN Abattage d'arbres	U	24.00	100,000.00	2,400,000.00
2.2	Débroussaillage et nettoyage, déforestation et enlèvement de la terre végétale				-
2.2.1	Nettoyage du terrain , débroussaillage, déforestation	m ²	165,109.81	200.00	33,021,961.00
2.3	Décapage de la terre végétale sur 20 cm d'épaisseur	m ³	15,210.00	400.00	6,084,000.00
2.4	Scarification de la route existante	m ²	-	1,200.00	-
2.4	Démolition d'Ouvrages hydrauliques existants et d'habitations				-
2.4.2	Démolition d'ouvrage Hydraulique (buses) diam. > 1000	ml	2.00	100,000.00	200,000.00
2.4.3	Démolition de maison en dur (brique cuite, maçonnerie ou béton)	m ²	2,000.00	5,000.00	10,000,000.00
2.4.4	Démolition de maisons simples ou granges en banco	m ²	-	2,000.00	-
2.5	Engazonnement des talus	m ²	1,120.00	2,000.00	2,240,000.00
2.6	Plantations d'arbres	U	75.00	5,000.00	375,000.00

2.7	Déplacement des réseaux/déplacement des tombes/libération des emprises (provision)	Pro v.	1.00	60,000,000.00	60,000,000.00
3	SOUS TOTAL DEGAGEMENT ET PREPARATION DE TERRASSEMENTS				114,320,961.00
3.1	Déblais non réutilisables				-
3.1.1.	Déblais non réutilisables	m ³	8,620.00	1,400.00	12,068,000.00
3.1.2.	Enlèvement des purges et comblement avec des matériaux de bonne qualité	m ³	10,550.00	7,000.00	73,850,000.00
3.2	Déblais rippables	m ³	288.00	4,000.00	1,152,000.00
3.3	Déblais à l'explosif	m ³	431.00	15,000.00	6,465,000.00
3.4	Remblais				-
3.4.1.	En provenance de déblais	m ³	23,376.00	2,000.00	46,752,000.00
3.4.2	En provenance d'emprunts	m ³	44,128.00	4,200.00	185,337,600.00
3.5	Compactage et profilage de la plate-forme des terrassements	m ²	69,045.00	200.00	13,809,000.00
3.6	Fourniture et mise en œuvre de graveleux latéritiques naturels en couche de forme sur 30 cm d'épaisseur pour sol de classe S3 à améliorer pour passer à S4	m ³	5,425.00	3,500.00	18,987,500.00
3.7	Fourniture et mise en œuvre de graveleux latéritiques naturels en couche de forme sur 35 cm d'épaisseur pour sol de classe S2 à améliorer pour passer à S4	m ³	1,234.40	3,500.00	4,320,400.00
3.8	Couche drainante 20 cm en matériaux drainants	m ³	1,300.00	10,000.00	13,000,000.00
3.9	Géotextile anti contaminant de séparation pour le matériau drainant	m ²	7,154.00	6,200.00	44,354,800.00
	SOUS TOTAL TERRASSEMENTS				420,096,300.00
4	CHAUSSEE				
4.1	Couche de fondation				

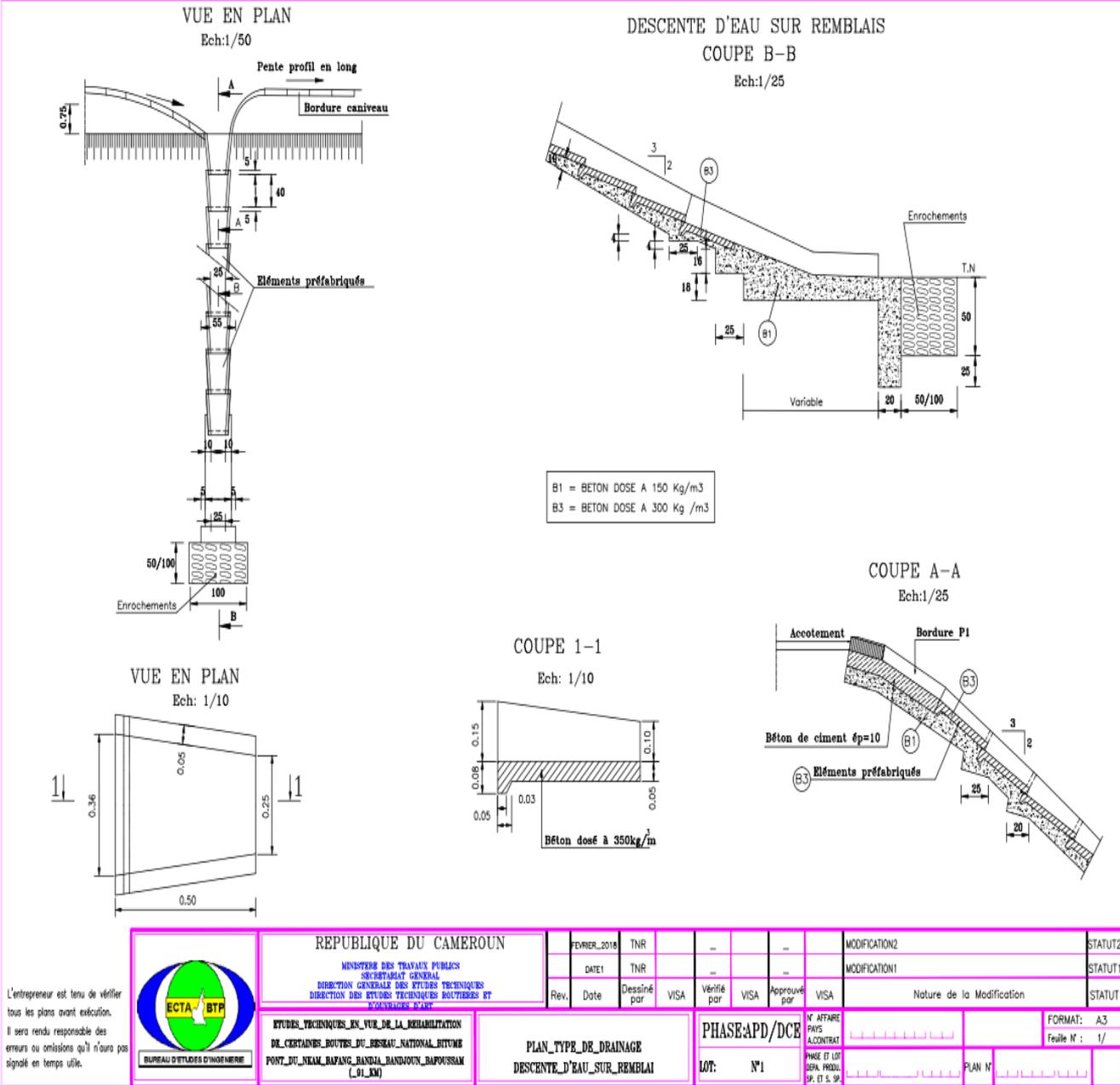
4.1.1	Fourniture et mise en œuvre de la grave latéritique naturelle en couche de fondation sur 20 cm d'épaisseur	m ³	18,133.00	5,000.00	90,665,000.00
4.2	Couche de Base				
4.2.1	Fourniture et mise en œuvre de la grave latéritique naturelle améliorée au ciment en couche de base sur 20 cm d'épaisseur	m ³	6,097.00	29,000.00	176,813,000.00
4.3	Imprégnation				
4.3.1.	Mise en œuvre de la couche d'imprégnation au Cut back 0/1 ou à l'émulsion avec sablage	m ²	69,045.00	1,200.00	82,854,000.00
4.4	Couche d'accrochage à 300 gr/m ² de bitume résiduel	m ²	41,277.00	700.00	28,893,900.00
4.5	Fourniture et mise en œuvre des matériaux pour couche de roulement en béton bitumineux de 5 cm d'épaisseur.	m ²	40,526.00	12,000.00	486,312,000.00
4.7	Ilot Séparateur	m ³	1,275.80	120,000.00	153,096,000.00
	SOUS TOTAL CHAUSSEE				1,018,633,900.00
5	OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT				
5.1	Fossés et divergents en terre	ml	1,899.00	5,000.00	9,495,000.00
5.2	Fossés longitudinaux revêtus				-
5.2.1	Fossés en béton triangulaire (grande zone de déblais ou pente >4,5%)	ml	-	-	-
5.4	Perrés en maçonnerie de moellons				
5.4.1	Perrés en maçonnerie de moellons (remblai ou déblais érodables)	m ²	4,069.00	25,000.00	101,725,000.00
5.5	Filets d'eau et bordures				-
5.5.1	Filets d'eau et bordure P2 (en zones de remblais érodables)	ml	2,093.00	12,000.00	25,116,000.00
5.5.2	Bordures saillantes T2 + CS2 (dans les traversées des agglomérations et le long des aires de stationnement)	ml	249.00	15,000.00	3,735,000.00
5.5.4	Avaloirs	U	2.00	60,000.00	120,000.00

5.6	Descentes d'eau				
5.6.1	Descentes d'eau sur talus en maçonnerie (quand il y a des filets d'eau)	ml	750.00	30,000.00	22,500,000.00
5.6.2	Escalier de décharge	ml	30.00	70,000.00	2,100,000.00
	SOUS TOTAL OUVRAGES				164,791,000.00
5.9	D'ASSAINISSEMENT DALOTS CADRE EN BETON ARME (y compris les têtes d'ouvrage)				
5.9.3	Construction de dalot de 1×2×2	ml	15.00	1,367,568.00	20,513,520.00
5.9.4	Tête du dalot 1×2×2	U	2.00	1,905,756.00	3,811,512.00
5.9.5	Construction d'un dalot de 1×3×2	ml	15.00	1,843,356.00	27,650,340.00
5.9.7	Construction d'un dalot de 2×3×2	ml	15.00	3,852,395.00	57,785,925.00
5.9.8	Tête du dalot 2×3×2	U	2.00	6,133,891.00	12,267,782.00
5.9.9	Construction d'un dalot de 2×4×3	ml	15.00	6,173,132.00	92,596,980.00
5.9.10	Tête du dalot 2×4×3	U	2.00	12,144,699.00	24,289,398.00
5.9.11	Construction d'un dalot de 3×4×3	ml	15.00	8,238,014.00	123,570,210.00
5.9.12	Tête du dalot 3×4×3	U	2.00	14,249,110.00	28,498,220.00
5.9.13	Béton armé pour ouvrages divers	m ³	9.00	300,000.00	2,700,000.00
	SOUS-TOTAL-DALOTS CADRE EN BETON ARME				393,683,887.00
6	PONT				
6.1	Pont BA 24 ml Pk 3+975	ml	24.00	24,444,978.00	586,679,472.00
	SOUS-TOTAL DES PONTS				586,679,472.00
7	SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS				
7.1	Signalisation horizontale				
7.1.1	Peinture rétro-réfléchissante pour ligne axiale continue (largeur: 12 cm) T1	ml	3,119.00	1,350.00	4,210,650.00
7.1.2	Peinture rétro-réfléchissante pour ligne axiale Discontinue (largeur: 12 cm) (espacement: 10 m) longueur:3m T3	ml	2,324.00	1,100.00	2,556,400.00
7.1.3	Peinture rétro-réfléchissante pour ligne axiale discontinue (largeur: 12 cm) (espacement: 10 m) T3	ml	-	1,100.00	-

7.1.3	Peinture rétro-réfléchissante pour ligne de rive (T2) largeur: 18 cm (espacement: 3,50 m)	ml	11,000.00	1,100.00	12,100,000.00
7.1.4	Peinture rétro-réfléchissante pour marques transversales pour lignes d'arrêt ou passage piétons	m ²	13.00	8,900.00	115,700.00
7.1.5	Peinture rétro-réfléchissante pour flèches de rabattement	U	24.00	12,200.00	292,800.00
7.1.6	Marquage ilot directionnel et zébra	m ²	16.00	7,500.00	120,000.00
7.1.7	Marquage spécial zone de stationnement	ml	294.00	2,550.00	749,700.00
7.1.8	Bande stop L=50cm	ml	10.00	5,900.00	59,000.00
7.2	Signalisation verticale				
7.2.1	Fourniture et pose de panneaux de police circulaires type B	U	110.00	80,000.00	8,800,000.00
7.2.2	Fourniture et pose de panneaux de police triangulaires type A	U	5.00	70,000.00	350,000.00
7.2.3	Fourniture et pose de panneaux de police octogonaux type AB	U	3.00	125,000.00	375,000.00
7.2.4	Fourniture et pose de panneaux de localisation type EB	U	9.00	70,000.00	630,000.00
7.2.5	Fourniture et pose de Panneaux de direction type D	U	1.00	85,000.00	85,000.00
7.2.6.	Fourniture et pose de panneaux de pré signalisation de direction	U	-	270,000.00	-
7.2.7.	Fourniture et pose de panneaux de priorité	U	-	125,000.00	-
7.3	Equipements				
7.3.1	Fourniture et pose de balise de virage (J4 multi chevron)	U	50.00	30,000.00	1,500,000.00
7.3.2	Fourniture et pose de bornes penta-kilométriques	U	3.00	84,500.00	253,500.00
7.4	Glissières de sécurité métallique	ml	952.00	30,000.00	28,560,000.00
7.5	Extrémités enterrées des Glissières de sécurité	U	10.00	25,000.00	250,000.00
	SOUS-TOTAL SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS				61,007,750.00
8	DIVERS				

8.3	Mesure de protection de l'environnement	FF	1.00	14,950,000.00	14,950,000.00
	SOUS-TOTAL DIVERS				272,090,836.00
A- MONTANT TOTAL HORS TAXES HT					3,127,504,106.00
B- MONTANT TVA=19,25 % X A					602,044,540.41
C- MONTANT TOTAL TTC=A + B					3,729,548,646.41
D-CONTROLE ET SURVEILLANCE DES TRAVAUX (5%)					186 477 432.32
MONTANT TOTAL DU PROJET					4 307 628 686.60
COUT MOYEN DU KILOMETRE DE ROUTE (FCFA TTC/KM)					861 525 737

Annexe 11: PLAN DES DESCENTES D'EAU SUR LES REMBLAIS



Annexe 12: Quelques photos du niveau de dégradation avance de la route



Figure 40: Dégradation courante sur le projet



41: Exemple de point critique d'inondation des couches de chaussée sur le tronçon étudié

Annexe 13: TRACE COMBINE