



ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE DES TRAVAUX D'ELARGISSEMENT D'UNE
VOIRIE URBAINE EN 2*2 VOIES : CAS DE LA ROUTE NATIONALE N°4,
ROUTE DEPARTEMENTALE N°152 - VOIE DE CONTOURNEMENT DE
OUAGADOUGOU

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE
MASTER
SPECIALITE GENIE CIVIL – BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS

Présenté et soutenu publiquement le 30 janvier 2023 par :

SANOU Marie Clotilde Lucrece

Numéro d'inscription : 20170477

Encadrant 2iE : Amadou SIMAL

Maître de stage AGEIM : K. Elom Pascal KLU

Structure (s) d'accueil du stage : AGEIM

Jury d'évaluation du mémoire :

Président du jury : Dr Babakar LEYE

Membres du jury: M. Issa MADOUGOU

M. Ousseini MONE

Dédicace

À ma mère Joséphine et ma sœur Amande, votre amour et votre présence sont les plus grands biens que je possède. Spécialement à toi maman, qui un jour nous a donné la vie et tous les autres jours la rend meilleure, tu imposes l'admiration et es le modèle de tes filles, que Dieu rende prospère tous tes investissements.

À mon regretté père André SANOU toujours aimé dont les prières m'ont toujours accompagnées, repose en paix auprès de Dieu.

Aux grandes familles KAFANDO et SANOU.

Remerciements

Ce document a été possible grâce aux nombreux soutiens et encouragements que nous avons reçus. En quelques lignes, nous transmettons notre gratitude à tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce travail de maîtrise :

- À Dieu Tout-Puissant qui nous fait toujours don de ses grâces. Il est un immense soutien et une force infaillible pour nous. À chaque étape de nos vies nous avons vu sa puissante main agir et sa fidélité se manifester. Que toute la gloire lui revienne au nom de Jésus Christ ;
- À la Très Sainte Vierge, maman Marie ainsi qu'à tous les saints qui ne cessent d'intercéder pour nous ;
- À toute l'Administration et au corps enseignant de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau de l'Environnement pour tous les efforts qu'ils déploient au quotidien dans le but de nous assurer une formation de qualité ainsi que l'insertion professionnelle ;
- A monsieur Tiraogo Hervé OUEDRAOGO, Directeur Général de la structure AGEIM pour nous avoir reçu ;
- A monsieur Gilles GUIGMA pour nous avoir accordé le stage et toutes les aides ;
- À mon Directeur de mémoire, monsieur Amadou SIMAL et à mon Maître de stage, monsieur Elom Pascal KLU ;
- A tout le personnel de AGEIM spécialement à madame Latifa KI pour le soutien ;
- À mes proches qui ne sont plus de ce monde, qui m'ont toujours encouragée ; à Flavie Josèphe, ma regrettée cousine et amie, qui m'a toujours soutenue par ses conseils ; à Tonton Benoît, mon regretté oncle, pour tout ce qu'il a été pour nous ;
- À toute ma famille vos prières, votre amour et votre attention à mon égard ont été un soutien inestimable. Spécialement à maman Monique, maman Anastasie, maman Noéllie, papa Georges, tonton Paul et tonton Jean pour leur affection filiale ;
- À mes amis et proches qui m'ont soutenue de près ou de loin. Merci pour votre amitié.

Résumé

En 2010, l'échangeur de l'Est entre la RN 4 et la RN 3 (dans la section urbaine à l'est de Ouagadougou) est intégralement retracé et refait avec le financement de la Banque Ouest-Africaine de Développement (BOAD) pour un coût de 24 milliards de francs CFA. Ce projet a énormément décongestionné la circulation mais hélas, la continuation de la RN4 à partir de la route départementale RD n°152 jusqu'à la voie de contournement est resté tel quelle donc est étroite et n'est plus vraiment adapté à la configuration du milieu. De plus, la RN4 est une route importante du Burkina Faso du fait qu'elle communique avec la RN3, RN15, RN16, RN18, RN19 et relie ainsi le Burkina au Niger, au Togo, au Benin, avec lesquels le Burkina entretient d'importantes relations économiques. Ce présent projet intitulé « Etude technique détaillée des travaux d'élargissement d'une voirie urbaine en 2*2 voies : Cas de la route nationale N°4, route départementale N°152 - voie de contournement de Ouagadougou » vise à la fluidification du trafic sur ce tronçon de route marqué par un engorgement des voies de circulation.

Notre étude a consisté dans un premier temps à projeter une nouvelle route dotée d'aménagements capables de répondre aux besoins de trafic sur cette section urbaine et dans un second, à donner une estimation du cout du projet. Ainsi nous avons retenu une route de 2*2voies bitumées avec piste cyclable, terre-plein central, accotements et caniveaux.

L'ICTAVRU sert de document de référence pour la conception géométrique de la section urbaine et le guide CEBTP pour les corps de chaussée.

Pour l'optimisation du projet nous avons utilisé le logiciel piste5 pour la conception géométrique et le métré. Ensuite Alize LCPC pour le dimensionnement du corps de la chaussée. Notre structure se compose de 5cm de béton bitumineux, 15cm de grave bitume et 25cm de graveleux latéritique naturel. Enfin, nous avons à l'aide d'Autocad 2016 ressorti les différents plans.

Le projet a été estimé à quatorze milliards cinq cent trente-huit millions cent quatorze mille cinq cent soixante-huit F CFA TTC (**14 538 114 568** FCFA TTC) soit **1 626 187 312** FCFA/km.

Mots clé :

1. Route nationale
2. Elargissement
3. Assainissement
4. Sécurité
5. Environnement

Abstract

In 2010, the eastern interchange between RN 4 and RN 3 (in the urban section to the east of Ouagadougou) was completely rerouted and redone with funding from the West African Development Bank (BOAD) to a cost of 24 billion CFA francs. This project has greatly relieved traffic congestion but alas, the continuation of the RN4 from the departmental road RD no. In addition, the RN4 is an important road in Burkina Faso because it communicates with the RN3, RN15, RN16, RN18, RN19 and thus connects Burkina to Niger, Togo, Benin, with which Burkina maintains important economic relationships. This present project entitled "Detailed technical study of the widening works of an urban road in 2*2 lanes: Case of the national road NO4, departmental road NO152 - bypass of Ouagadougou" aims at the fluidification of the traffic on this section of road marked by congestion of the traffic lanes.

Our study consisted first of all in planning a new road with facilities capable of meeting the traffic needs of this urban section and secondly, in giving an estimate of the cost of the project. So we chose a 2*2 paved road with cycle path, central reservation, shoulders and gutters.

The ICTAVRU serves as a reference document for the geometric design of the urban section and the CEBTP guide for road surfaces.

For the optimization of the project we used the piste5 software for the geometric design and the quantity survey. Then Alize LCPC for the dimensioning of the pavement body. Our structure is made up of 5cm of bituminous concrete, 15cm of gravel bitumen and 25cm of natural lateritic gravel. Finally, we used Autocad 2016 to bring out the different plans.

The project was estimated at fourteen billion five hundred and thirty-eight million one hundred and fourteen thousand five hundred and sixty-eight FCFA including tax (14,538,114,568 FCFA including tax) or 1,626,187,312 FCFA/km.

Keywords:

1. National Road
2. Enlargement
3. Sanitation
4. Security
5. Environment

ABREVIATIONS ET SIGLES

Notation	Signification	Unités
BB	Béton Bitumineux	-
CBR	California Bearing Ratio	-
CEBTP	Centre expérimental de recherche et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics	-
EPI	Equipements de Protection Individuel	-
F CFA	Franc de la Communauté Financière Africaine	-
GB	Grace Bitume	-
HT-HD	Hors Taxe – Hors Douane	-
ICTAVRU	Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines	-
IST	Infections Sexuellement Transmissibles	-
LCPC	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées	-
OPM	Optimum Proctor Modifié	-
PIB	Produit Intérieur Brut	-
PL	Poids lourd	-
RH	Rayon Horizontal	m
RN	Route Nationale	-
RD	Route Départementale	-
SETRA	Service d'Étude Technique des Routes et Autoroutes	-
TMJA	Trafic Moyen Journalier Annuel	PL
uvh	Unité de Véhicule par Heure	-
V _r	Vitesse de référence	Km/h
VL	Véhicule Leger	-
TTC	Toute Taxe Comprise	-
TVA	Taxe sur la valeur ajoutée	-

Table des matières

<i>Dédicace</i>	i
Remerciements	ii
Résumé	iii
Abstract	iv
ABREVIATIONS ET SIGLES	v
Liste des figures	x
Liste des tableaux	xiii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre I. : Présentation de la structure d'accueil et du projet	2
I.1. Présentation de la structure d'accueil : AGEIM Ingénieurs Conseils	2
I.1.1. Description succincte de l'agence	2
I.1.2. Organisation d'AGEIM-ingénieurs conseils	2
I.2. Présentation de la zone d'étude de notre projet	4
I.2.1. Localisation du site du projet	4
I.2.2. La population.....	5
I.2.3. Relief	5
I.2.4. Climat	5
I.2.5. Végétation	5
I.2.6. Géologie	5
I.2.7. Hydrographie.....	6
I.2.8. Activités économiques	6

I.3.	Présentation globale du projet	6
I.3.1.	Présentation du projet et état des lieux	6
I.3.2.	Etat des lieux	6
I.4.	Objectifs de la présente étude	6
I.4.1.	Objectif global du projet	7
I.4.2.	Objectifs spécifiques	7
I.5.	Outils et logiciels de l'étude	7
Chapitre II.	Dimensionnement géométrique de la route	8
II.1.	Etudes géométriques des aménagements de la route	8
II.1.1.	Critère de choix du type de route	8
II.2.	Choix de la route.....	9
II.3.	Conception géométrique de la route	13
II.3.1.	Tracé en plan	13
II.3.2.	Profil en long	13
II.3.3.	Profils en travers type.....	14
II.3.4.	Profil en travers courant	15
Chapitre III.	Dimensionnement de la structure de chaussée	18
III.1.	Etude du trafic	18
III.1.1.	Répartition du trafic sur l'itinéraire	18
III.1.2.	Synthèse du comptage par type de véhicules	18
III.2.	Dimensionnement manuel de la structure de chaussée	20

III.2.1.	Hypothèses de calcul du trafic cumulé poids lourds	20
III.2.2.	Nombre d'essieux équivalent	20
III.2.3.	Le CBR du sol support	21
III.2.4.	Choix de la structure de dimensionnement de la chaussée dans le CEBTP ...	23
III.2.5.	Vérifications de la structure de chaussée sur Alizé	24
Chapitre IV.	Etude hydrologique, hydraulique et dimensionnement des ouvrages	28
IV.1.	Visite des ouvrages existants	28
IV.2.	Etude hydrologique	32
IV.2.1.	Délimitation des bassins versants	32
IV.2.2.	Calcul du débit des ouvrages	34
IV.3.	Etude hydraulique	40
IV.3.1.	Choix des ouvrages longitudinaux	40
IV.3.2.	Choix des ouvrages transversaux	41
IV.4.	Dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques.....	43
Chapitre V.	Signalisation, environnement et cout du projet	48
V.1.	Proposition de signalisation routière	48
V.1.1.	La signalisation temporaire	48
V.1.2.	La signalisation permanente.....	49
V.1.3.	La signalisation horizontale	51
V.1.4.	Equipements de sécurité individuelle.....	53
V.2.	Proposition d'entretien de la route.....	54

V.2.1. L'entretien courant	54
V.2.2. L'entretien périodique	54
V.3. Aperçu environnemental et social	55
V.3.1. Situation actuelle	55
V.3.2. Détermination des sources d'impacts	56
V.3.3. Identification des principaux impacts positifs et négatifs environnementaux et sociaux potentiels	57
V.3.4. Identifications des risques	58
V.3.5. Mesures d'atténuation	58
V.4. Etude financière	59
V.4.1. Méthode de l'étude	59
V.4.2. Interprétation	60
CONCLUSION GENERALE	62
ANNEXES	I

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de AGEIM Ingénieurs Conseils.....	3
Figure 2 : Carte de situation de notre tronçon d'étude.....	4
Figure 3: Bordure de type T2 pour le terre plein central.....	10
Figure 4 : Bordure de déense.....	11
Figure 5 : Bordure T2CS2.....	11
Figure 6: Proposition du profil en travers type de la RN4.....	17
Figure 7 : Structure de chaussée dimensionnée à l'aide du CEBTP.....	23
Figure 8: Alizé, déformation Epsi Z non vérifié, contrainte déformation Epsi T vérifié.....	25
Figure 9: Alizé, Déformations verticales EpsiZ et tangentielle EpsiT vérifiées.....	26
Figure 10 : Structure de chaussée.....	27
Figure 11 : Dalot 150*150.....	28
Figure 12 : Dalot 3*200*200.....	28
Figure 13 : Buse 2*D100.....	29
Figure 14 : Buse 2*D100.....	29
Figure 15 : Dalots 3*170*160 et 2*100*160 / Dalot 3*450*200.....	29
Figure 16 : Dalot 150*100.....	30
Figure 17 : Dalot 200*100.....	30
Figure 18 : Dalot 200*100.....	31
Figure 19 : Dalot 150*100.....	31
Figure 20 : Dalot 200*100.....	31

Figure 21:Photo prise devant le dalot 200*100.....	31
Figure 22 : Bassins versants longitudinaux.....	33
Figure 23 : Bassins versants transversaux.....	34
Figure 24 : Cours d'eaux au niveau des bassins longitudinaux, Capture d'écran lors de la manipulation du logiciel global mapper.....	35
Figure 25Cours d'eaux au niveau des bassins transversaux, Capture d'écran lors de la manipulation du logiciel global mapper.....	37
Figure 26 : Déviation temporel / Signal de fin de chantier / Cône de signalisation / Route barrée / Attention travaux.....	49
Figure 27 : Ralentisseur de type dos d'ane.....	51
Figure 28 : Ralentisseur trapézoïdaux.....	52
Figure 29 : Lignes de sinalisation.....	52
Figure 30 : Les équipements de protection individuel.....	54
Figure 31 : Petits commerces le long de la RN4.....	56
Figure 32 : Circulation sur la RN4.....	56
Figure 33 : Pourcentage des activités d'élargissement de la RN4.....	60
Figure 33 : Disposition constructive du caniveau.....	VII
Figure 34 : Disposition constructive du caniveau.....	VII
Figure 35 : Charges permanantes modélisées sur Pybar.....	IX
Figure 36 : Charges d'exploitation modélisées sur Pybar.....	XIV
Figure 37 : Plan de ferailage du dalot 2*1*1.....	XXI
Figure 38 : Hauteur d'eau en fonction du débit.....	XVII
Figure 39 : Pente critique en fonction du debit.....	XVIII

Figure 40 : Calcul de la vitesse dans le dalot XVIII

Liste des tableaux

Tableau 1 : Relation débit nombre de voies	9
Tableau 2 : Choix de la largeur roulable	9
Tableau 3 : Récapitulatif des éléments du profil en travers courant	12
Tableau 4 : Caractéristiques géométriques du tracé en plan	13
Tableau 5 : Caractéristiques géométriques des profil en long	14
Tableau 6 : Vitesse pratiquée	14
Tableau 7 : Synthèse du trafic	19
Tableau 8: Calcul du nombre d'essieux équivalent	20
Tableau 9 : Classe du trafic	21
Tableau 10 : Proposition de la structure de chaussée à l'aide du guide CEBTP	23
Tableau 11 Indice de plasticité et CBR des graveleux latéritiques CEBTP.....	24
Tableau 12 : Résumé du trafic.....	26
Tableau 13 : Coefficient de Montana de la ville de Ouagadougou	36
Tableau 14 : Récapitulatif des débits et et sections hydrauliques des caniveaux.....	41
Tableau 15 : Récapitulatif des débits et section hydrauliques des dalots.....	42
Tableau 16 : Caractéristiques du béton	44
Tableau 17 : Caractéristiques de l'acier.....	44
Tableau 18 : Contraintes limites de l'acier	44
Tableau 19 : Récapitulatif des sections d'aciers des cellules du dalot 2*1*1	45
Tableau 20 : Récapitulatif des sections d'aciers des murs en ailess du dalot 2*1*1	45

Tableau 21 : Ferailage du caniveau 100*80*200.....	47
Tableau 22 : Signalisation verticale	49
Tableau 23 : Valeur de "u" en fonction du type de voie	53
Tableau 24 : Caractéristiques des lignes	53
Tableau 25 : Détermination des activités sources d'impacts	57
Tableau 26 : Infrastructure à déplacer	57
Tableau 27 : Mésures d'attenuations	58
Tableau 28 : Charge permanantes sur le tablier	VIII
Tableau 29 Charges permanentes sur radier.....	VIII
Tableau 30 : Charges horizontale.....	IX
Tableau 31 Dispositions constructives des aciers dans	XXI

INTRODUCTION GENERALE

Le Burkina Faso est un pays enclavé qui ne communique avec les autres pays que par les voies de communication terrestres et aériennes. Il faut noter que l'essentiel des échanges commerciaux et du transport des biens et personnes se font par voie terrestre notamment les routes. Le réseau de routes au Burkina a une longueur totale de 15.304 km dont environ 3.000 km de routes bitumées, le reste du réseau étant composé de routes en terre et de pistes d'après le site données mondiales.com. En 2007, il y'a eu sur la RN4, un renforcement de chaussée, dont la durée de vie a été atteinte en 2022. Pourtant par la RN4 transite le trafic en direction de l'échangeur de l'Est, du Niger, du Togo et du Benin. En plus de cela, l'augmentation de la population de Saaba passant de 50.000 habitants en 2006 à 285.000 en 2019[1], les activités humaines et le développement font que les caractéristiques de la RN4 ne sont plus adaptées au trafic ; ce qui explique les congestions routières et les accidents fréquents sur cette route.

Dans le but d'assurer la sécurité des usagers et riverains et une bonne structuration du réseau routier national nous avons mené cette étude intitulée « Etude technique détaillée des travaux d'élargissement d'une voirie urbaine en 2*2 voies : Cas de la route nationale N°4, route départementale N°152 - voie de contournement de Ouagadougou ». Elle a pour objectif global la Proposition d'un plan d'élargissement de la RN4 d'une route de 1*2 voies bitumée à une route 2*2 voies bitumée avec piste cyclable, accotements et caniveaux. Le travail consistera à concevoir les différents tracés de la route, dimensionner la structure de chaussée, étudier l'hydrologie et l'hydraulique, dimensionner des ouvrages, proposer des aménagements adéquats, faire une proposition de sécurité routière, réaliser un aperçu d'impact environnemental et social et faire une estimation financière de l'ensemble du projet.

Chapitre I. : Présentation de la structure d'accueil et du projet

I.1. Présentation de la structure d'accueil : AGEIM Ingénieurs Conseils

I.1.1. Description succincte de l'agence

AGEIM Ingénieurs Conseils, Agence d'Etudes d'Ingénierie et de Maitrise d'œuvres est un bureau d'ingénieurs Conseils, créé en Janvier 2000 dans une perspective pluridisciplinaire. Elle est une société à responsabilité limitée (Sarl) qui intervient dans les disciplines du développement économique et social :

- Infrastructures de transport,
- Aménagements hydrauliques et environnement,
- Bâtiments et ouvrages d'art

Sa zone d'intervention couvre plusieurs pays en Afrique tel que le Bénin, le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, la Guinée Bissau, la Guinée Conakry, la Mauritanie, le Mali, le Niger, le Togo et le Tchad.

AGEIM Ingénieurs Conseils est agréé auprès de bailleurs de fonds et de divers organismes de financement. Il a un effectif de vingt et un (21) Ingénieurs et une quarantaine de techniciens supérieurs et techniciens topographes, interviennent à tous les stades de l'élaboration des projets.

- Identification et reconnaissance des sites de projet.
- Etudes préliminaires et études détaillées
- Préparations des cahiers de charges et des documents d'appels d'offres.
- Assistance au Maître d'ouvrage pour l'analyse et le jugement des offres des entreprises.
- Assistance à l'explication, à la gestion et à la maintenance des projets.
- Surveillance et contrôle des travaux.

I.1.2. Organisation d'AGEIM-ingénieurs conseils

L'organigramme d'AGEIM Ingénieur Conseils met en évidence :

- ❖ Une Direction Générale : Elle comprend outre le Directeur Général, l'assistant de Direction et le Secrétariat.
 - Un Auditeur interne et contrôleur de Gestion

- Un Responsable de la Qualité
- ❖ Une Direction de la Communication et des ressources Humaines
- ❖ Une Direction Administrative et Financière : comprennent
 - Un Département Administrative
 - Un Département Financière et Comptable
- ❖ Une Direction Technique : comprenant
 - Un Département Infrastructures de Transport
 - Un Département Aménagement Hydraulique
 - Une cellule Projet
 - Une Cellule Topographique

Voici un graphe qui illustre l'organisation de l'entreprise

Organigramme de AGEIM Ingénieurs Conseils

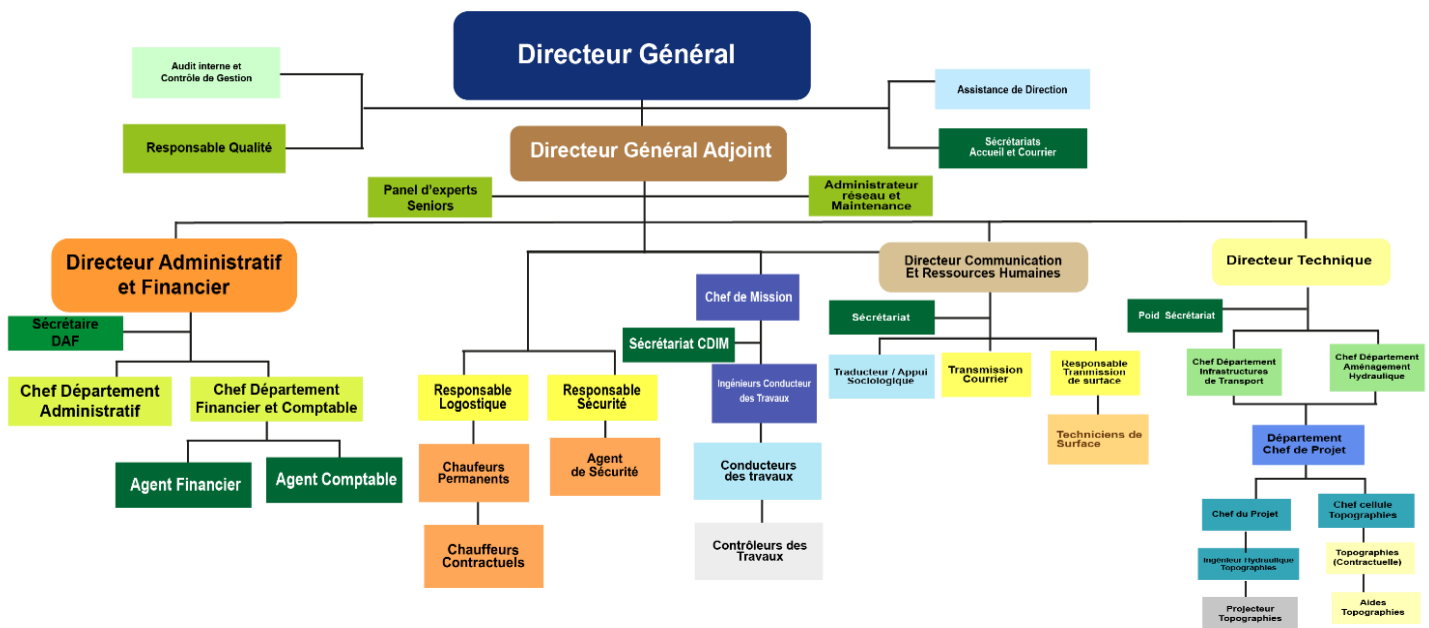


Figure 1 : Organigramme de AGEIM Ingénieurs Conseils

I.2. Présentation de la zone d'étude de notre projet

I.2.1. Localisation du site du projet

Le tronçon, de la route départementale N°152 à la voie de contournement de Ouagadougou sur lequel nous avons travaillé appartient à la route nationale 4 (RN4) du Burkina Faso et se situe dans la province du Kadiogo et la commune de SAABA. D'une superficie de 520 km², la commune de Saaba compte 23 villages administratifs. Elle est limitée au Nord-Est par la commune de Loubila, au Nord-Ouest par la commune de Pabré, à l'Ouest par la commune de Sourgoubila, au Sud-Ouest par la commune de Tanghin-Dassouri, au Sud par les communes de Komsilga et Koubri. Le tronçon relie Ouagadougou à Fada N'Gourma et est également en grande partie situé à l'intérieur de la « rocade Est » de contournement de la capitale, actuellement en construction.

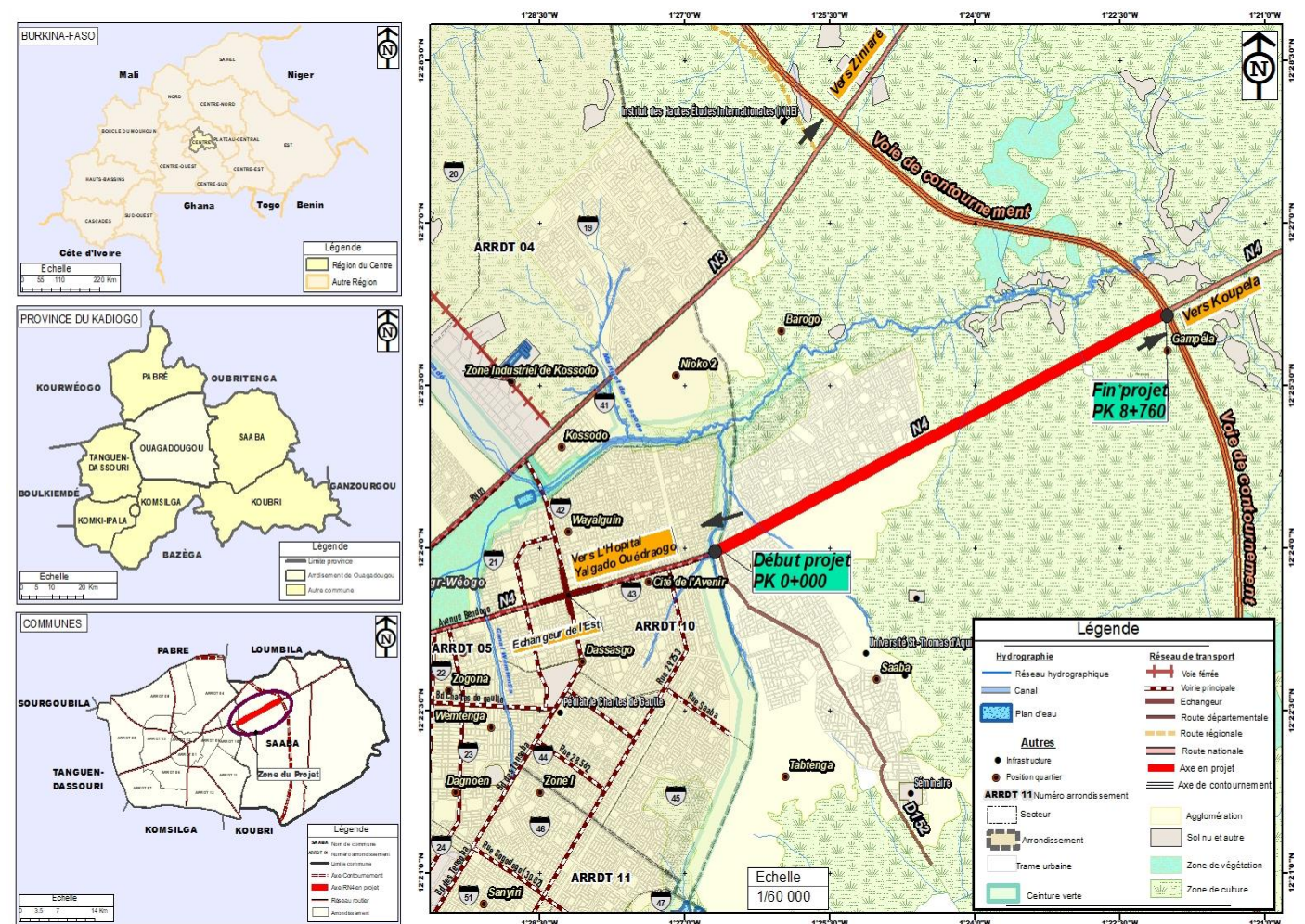


Figure 2 : Carte de situation de notre tronçon d'étude

La carte de situation ci-dessous nous présente notre projet, du PK0 au PK8+760

I.2.2. La population

Le département et la commune rurale de SAABA connaît depuis 2006 une très forte hausse de sa population résidente. Bien que la commune soit encore administrativement considérée comme rurale est devenue en 2019 le troisième département le plus peuplé du pays après ceux de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso d'après Africa Environnement WikiFocus. Nous avons obtenu les données suivantes sur la population de Saaba [1] :

- En 1996, le département comptait 30 198 habitants recensés ;
- En 2003, le département comptait 50 340 habitants estimés ;
- En 2006, le département comptait 50 885 habitants recensés ;
- En 2019, le département comptait 285 081 habitants recensé.

I.2.3. Relief

Le relief de Saaba correspond à une plaine d'une altitude moyenne comprise entre 260 et 300 m, caractérisée par une platitude et une monotonie d'ensemble avec des pentes de l'ordre de 1 à 2%.

I.2.4. Climat

Le climat qui y règne est le climat semi-aride sec et chaud, avec une longue saison sèche et une courte saison pluvieuse comme c'est le cas sur la majeure partie du territoire burkinabè.

I.2.5. Végétation

Dans la commune de SAABA, il y a la présence de la forêt classée de Gonsé (bordée à l'Ouest puis traversée au Sud par la rivière du MASSILI, et au Nord par la route nationale 4) et d'une réserve naturelle. Nous notons que ces deux dernières ne font pas partie de l'emprise de la route.

I.2.6. Géologie

La structure géologique du sol est dominée par les roches plutoniques et métamorphiques telles que les magnétites et les granites.

I.2.7. Hydrographie

Les principaux cours d'eaux de la province et leurs ramifications se rattachent au bassin versant du Nakambé. Le Massili, affluent du Nakambé est le plus important cours d'eau de la commune de Saaba pourtant il est saisonnier. Pour faire face à la temporalité des cours d'eau, quelques aménagements ont été réalisés tels des barrages et retenues d'eau suivant : Tensobtenga, Tanghin, Kaongo, Kaolo, Komkaga, Goudrin.

I.2.8. Activités économiques

Les activités industrielles (brasserie Lips, Burkina équipements, ...), commerciales (commerce général, menuiserie, boutiques, ...), artisanales et celles du secteur agro-pastoral (fermes) y sont beaucoup pratiquées.

I.3. Présentation globale du projet

I.3.1. Présentation du projet et état des lieux

Le projet sur lequel nous travaillons concerne la RN4, de la RD152 à la voie de contournement de Ouagadougou sur une distance avoisinant 9 kilomètres. Ce projet s'aligne avec la vision du président du Faso de l'époque Rock Marc Christian KABORE de promouvoir le désenclavement interne et externe de notre pays, pour favoriser la transformation structurelle de notre économie. La vision dit-il, consiste également en la remise à niveau du réseau routier national, en direction des corridors des pays voisins, nos principales sources d'approvisionnement [2]. Ce projet a pour but de soulager la population, de faciliter et de développer le commerce.

I.3.2. Etat des lieux

A l'état actuel, ce projet n'a pas encore vu le jour, donc demeure sur place une route de type 1*2 voies, légèrement surélevée, vraiment étroite et présentant des problèmes de dépassement pour le trafic que supporte la route. Elle constitue même un danger de circulation surtout pour les usagers, surtout les deux (02) roues (vélo et moto) et les piétons.

I.4. Objectifs de la présente étude

Les objectifs sont les suivant :

I.4.1. Objectif global du projet

L'objectif principal de cette étude est de réaliser une étude technique détaillée offrant une solution d'élargissement de la voie existante de 1*2 voies bitumée en 2*2 voies bitumées avec un terre-plein central et une piste cyclable de la route nationale n°4, à partir de la route départementale n°152 à la voie de contournement de Ouagadougou en vue de définir le budget nécessaire à la réalisation des travaux.

I.4.2. Objectifs spécifiques

Pour atteindre l'objectif global, il nous a fallu les objectifs spécifiques suivants :

- † Concevoir la géométrie de la route ;
- † Dimensionner la structure de chaussée ;
- † Etudier l'hydrologie et l'hydraulique ;
- † Dimensionner les structures des ouvrages hydrauliques ;
- † Proposer des aménagements adéquats ;
- † Réaliser un aperçu d'impact environnemental et social ;
- † Faire une estimation financière de l'ensemble du projet.

I.5. Outils et logiciels de l'étude

Pour le traitement des données, nous avons utilisé les outils informatiques suivants :

- AUTOCAD : pour le dessin des plans et l'impression des plans ;
- Piste5 : pour les différentes conceptions longitudinales, transversales, planes
- ALIZE LCPC pour la vérification de la structure de chaussée
- Global Mapper pour la délimitation et la caractérisation des bassins versants et sous bassins versants ;
- HYFRAN Plus : pour la détermination des pluies maximales journalières décennales
- GOOGLE EARTH : pour la localisation du site ;
- CYPE4 pour le dimensionnement de tous les dalots ;
- PYBAR3.3 pour les sollicitations du dalot dimensionné manuellement ;
- MICROSOFT OFFICE (Word, tableur Excel, PowerPoint, MS-Project) : pour les calculs et la rédaction du rapport et le traitement des données ;
- Zotero pour la citation des documents utilisés.

Chapitre II. Dimensionnement géométrique de la route

Introduction

La géométrie de la route doit donner une forme précise à une nécessité économique pour faire la liaison entre deux (02) points en tenant compte des multiples facteurs humains, les véhicules et l'évolution constante.

II.1. Etudes géométriques des aménagements de la route

II.1.1. Critère de choix du type de route

Il est parfois difficile de définir le caractère « urbain » de certaines infrastructures en fonction des données administratives ou géographiques, d'autant que leur environnement est susceptible d'évoluer avec le temps. En cohérence avec leur dimensionnement, on doit veiller à ne pas leur donner une apparence autoroutière qui pourrait favoriser des vitesses élevées, notamment :

- ✚ Son emprise minimum ;
- ✚ Son tracé en plan ;
- ✚ Son profil en travers ;
- ✚ Certains points obligés du profil en long ;
- ✚ ses échanges (localisation et configuration).[3](page 21)

Le choix tiendra compte de la conjonction des critères ci-après :

a. Nature et évolution du site : Concernant les traversées de zones urbanisées actuelles ou future

En effet, la route traverse une zone d'agglomération et la plus grande partie est une zone lotie. Avec l'évolution rapide de la ville de Ouagadougou, il est fortement prévisible que toute la zone du tronçon se retrouve lotie. Pour tenir compte de cette évolution, nous avons décidé de faire un dimensionnement qui considère que le tronçon sera entièrement en agglomération.

b. Interactions fortes entre la voie et le site

Concernant les effets de structuration ou de coupure, perception, nuisances, ils sont nombreux. En plus, notre route ne pourrait pas avoir une large emprise vu la proximité des constructions, nous nous trouverons même dans l'obligation de détruire les habitations de l'emprise de la route.

c. Nature des trafics

Concernant les fortes proportions de trafics d'échange ou local, induisant des mouvements importants à des points d'échanges rapprochés, la route sur laquelle nous travaillons a beaucoup de bretelles qui accèdent à la route. Le Trafic poids lourd moyen de notre route est 1094 PL/jr/sens à l'année de comptage 2021.

Cela dit, les prescriptions de l'ICTAVRU s'imposent aux infrastructures à statut d'autoroute ou de route express réalisées par l'État en milieu urbain [3].

Selon le document ICTAVRU [3] et les caractéristiques de notre route, elle est de type « U » et de vitesse de référence V_r 60 car elle présente les points suivants :

- ♣ Relations fonctionnelles avec un site très urbanisé ou à devenir très urbanisé ;
- ♣ Trafics d'échanges et locaux prépondérants ;
- ♣ Points d'échanges fréquents assurant une bonne irrigation du tissu traversé ;
- ♣ Intégration éventuelle dans leur emprise, mais de façon séparée des chaussées (contre-allées), d'aménagements pour deux-roues légers et piétons, ainsi que d'arrêts TC.

II.2. Choix de la route

Nous avons fait les choix suivants selon l'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines ICTAVRU[3].

a. Relation entre le débit et le nombre de voies

La détermination du nombre de voies d'une infrastructure se fait en section courante, en fonction du trafic attendu, pour les horizons fixés par les circulaires en vigueur.[3] page 39

Tableau 1 : Relation débit nombre de voies

Types de véhicules	Équivalence en UVP
Cycle	0,56
Motocycle	1
VL ou PL (PTCA < 3,5 t)	1
PL (PTCA ≥ 3,5 t)	2

b. Largeur roulable

La chaussée est constituée des voies de circulation. Ce dimensionnement doit résulter du débit d'heure de pointe normale, et correspondre au niveau de service choisi pour un horizon minimum à 15 ans.

Tableau 2 : Choix de la largeur roulable

Vr	Largeur de la chaussée l (en m)							
	2*3voies	2*2voies	4 voies		3 voies	2 voies		
40	2*10,5	2*7	14	12*	10,5	7	6**	5***
60	2*10,5	2*7	14	12*	10,5	7	6**	5***
80	2*10,5	2*7	14		10,5	7	6**	
100	2*10,5	2*7	14		10,5	7		
120	2*10,5	2*7						

*à titre exceptionnel

**pour $T < 2000$ vh/j

***pour $T < 500$ vh/j.

Nous avons une route U60 donc une vitesse de référence 60 km/h avec une configuration de 2*2 voies soit 2*7m avec une pente de 2,5%.

c. Terre-plein central

On peut adopter une disposition à chaussée séparée. Le terre-plein central est constitué de la bande médiane et des bandes dérasées de gauche et est limité par des bordures en béton armé de type T2.

✓ Bande médiane

Nous aurons une bande médiane de 3m de largeur qui représente le minimum absolu des TPC sans séparateur. Nous utiliserons des bordures GSS2.

La pente du TPC sera de 2,5% [4].

✓ Bande dérasée de gauche

La fonction essentielle de la Bande dérasée de gauche (BDG) est de supporter le marquage latéral de la chaussée, constituer une zone de récupération en cas de perte de contrôle de trajectoire, contribuer au respect des règles de visibilité sur la chaussée., la BDG pour le marquage au sol d'une largeur de 0,25 m[5].

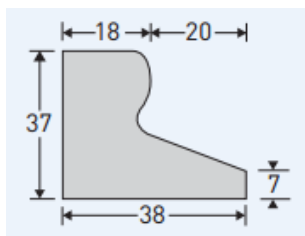


Figure 3: Bordure de type T2 pour le terre plein central

d. Accotement

✓ Un trottoir

Destiné à la circulation des piétons, il peut également recevoir certains équipements. Nous aurons un trottoir de 2m de part et d'autre de la chaussée.

- ✓ Pas de bande d'arrêt d'urgence
- ✓ Bande dérasée de droite

Elle sera de 0,25m pour les marquages vu que nous prévoyons un marquage au sol car notre chaussée est revêtue.[5]

- ✓ Piste cyclable

Elle aura une largeur de 3,5m unidirectionnel vu l'importance de notre trafic de 2 roues de 22.486 TMJ (comptage des 2 roues au poste 1 sens 2) avec une pente de 2,5%.

- ✓ Bordures de défense 20x30

Elles ont pour rôle la protection de voies cyclistes et la protection des stationnements abusifs.

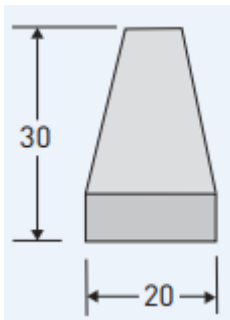


Figure 4 : Bordure de défense

- ✓ Les bordures trottoir

Les bordures T2CS2 sont utilisées pour délimiter les allées piétonnes et permettre l'écoulement des eaux de la chaussée.

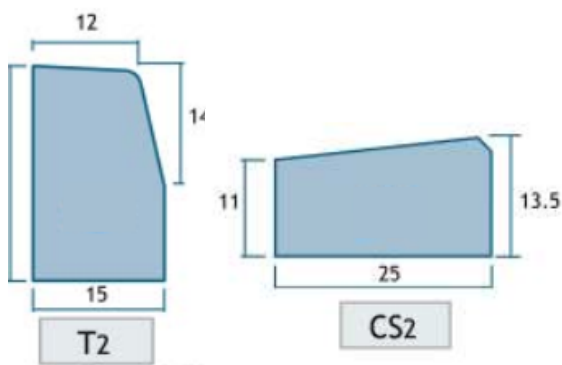


Figure 5 : Bordure T2CS2

A l'issue de cette section, nous avons fait un tableau récapitulatif que voici :

Tableau 3 : Récapitulatif des éléments du profil en travers courant

	Eléments	Largeur d'éléments (m)	Largeur (m)
TPC	Bande médiane (TPC)	2,7 m	3 m
	Bordure T2	2*0,15 m	
	Pente du TPC	2,5%	
Chaussée	Chaussée	2*7 m	2*7,5 m
	BDG	2*0,25 m	
	BDD	2*0,25 m	
	Pente de la chaussée	2,5%	
Accotement	Bordures séparatrice A2	2*0,15 m	2*6,8 m
	Piste cyclable	2*3,5 m	
	Bordures trottoir P3	2*0,35 m	
	Trottoir	2*2 m	
	Pente de la piste cyclable	2,5%	
	Caniveaux (variable)	2*0,8 m	

II.3. Conception géométrique de la route

Pour la conception géométrique, nous avons reçu en fichier AutoCAD la zone de lotissement et des levés topographiques constitués de 8.850 points topographiques, à raison d'environ 20 levés par profils et de distance entre points de 5m. Nous avons fait ressortir nos tracés à l'aide du logiciel piste5.

II.3.1. Tracé en plan

Le tracé en plan est une projection de la route sur un plan horizontal. Il fournit les renseignements planimétriques. Les valeurs utilisées pour le tracé en plan de notre route sont :

Tableau 4 : Caractéristiques géométriques du tracé en plan

Catégorie	U 60	U 80
Rayon non déversé	200 m	400 m
Rayon minimal	120 m	240 m

Nous avons établi un tracé de base constitué par :

- Des points ;
- Une succession d'alignements droits qui relient les points ;
- Des arcs de courbes circulaires qui relient les alignements droits ;
- La création de notre tracé définitif.
 - Les rayons que nous avons utilisés varient de [-5000 ; - 2000] et de [2000 ; 5000], donc supérieurs à tous les rayons minimaux.
 - Nous n'avons eu aucune clothoïde du fait que le tracé de notre route existante est relativement droit.

II.3.2. Profil en long

Le profil en long est une coupe verticale effectuée en suivant l'axe du tracé en plan et caractérisée par des pentes, des rampes et des paraboles qui les relient. Il est obtenu par élévation verticale des points constituant l'axe de la route. Nous avons tracé notre profil en long sur le logiciel Piste5 en tenant compte des normes de conception de l'ICTAVRU.

Tableau 5 : Caractéristiques géométriques des profil en long

Caractéristiques / Catégories		U60	U/A80	U/A100
Vitesse de Référence (km/h)		60	80	100
Profil en long	Déclivité moyenne	6%	6%	5%
	Rayon normal en angle saignant	2.500m	6.000m	10.000m
	Rayon minimal en angle saignant	1.500m	3.000m	6.000m
	Rayon normal en angle rentrant	1.500m	2.000m	3.000m
	Rayon minimal en angle rentrant	800m	1.000m	1.500m

Vu le relief de notre zone de projet, du fait qu'une grande partie de notre tronçon est en remblai par rapport au terrain naturel, nous avons essayé de notre mieux de :

- ✓ Améliorer le profil existant en suivant les différentes normes ;
- ✓ Faire descendre la ligne rouge de notre projet en restant au même niveau aux points des ouvrages, pour qu'on ne soit pas obligé de les détruire pour rattraper le niveau ; de ce fait nous avons obtenu
- ✓ La déclivité varie de $[-1,126\% - 0,492\%] \leq 6\%$ Les déclivités de notre projet respectent les normes de l'ARP ;
- ✓ Les rayons en angle saillant et entrant sont de $\{-1500 ; 1500\}$;
- ✓ Vitesse pratiquée

La vitesse pratiquée V_p (ou vitesse de groupe) de la chaussée principale correspond à des débits horaires de l'ordre de 2.000 uvp/h par voie. C'est un paramètre spécifique aux voies rapides urbaines, qui repère les possibilités de conduite en files et qui caractérise la sécurité collective de circulation aux heures de forte concentration.[3] (page 82)

On admet que la valeur de V_p selon la catégorie de la voie est :

Tableau 6 : Vitesse pratiquée

Catégorie de voie	A 100	A 80 U 80	U 60
Vitesse pratiquée : V_p	70 km/h	60 km/h	50 km/h

II.3.3.Profils en travers type

Ils sont repartis tout le long du projet et permettent de connaître tous les renseignements nécessaires à la parfaite définition de la route en tout point de celle-ci. Nous avons fait ressortir notre profil en travers type du logiciel piste5 et nous avons choisi d'en présenter quatre en annexe :

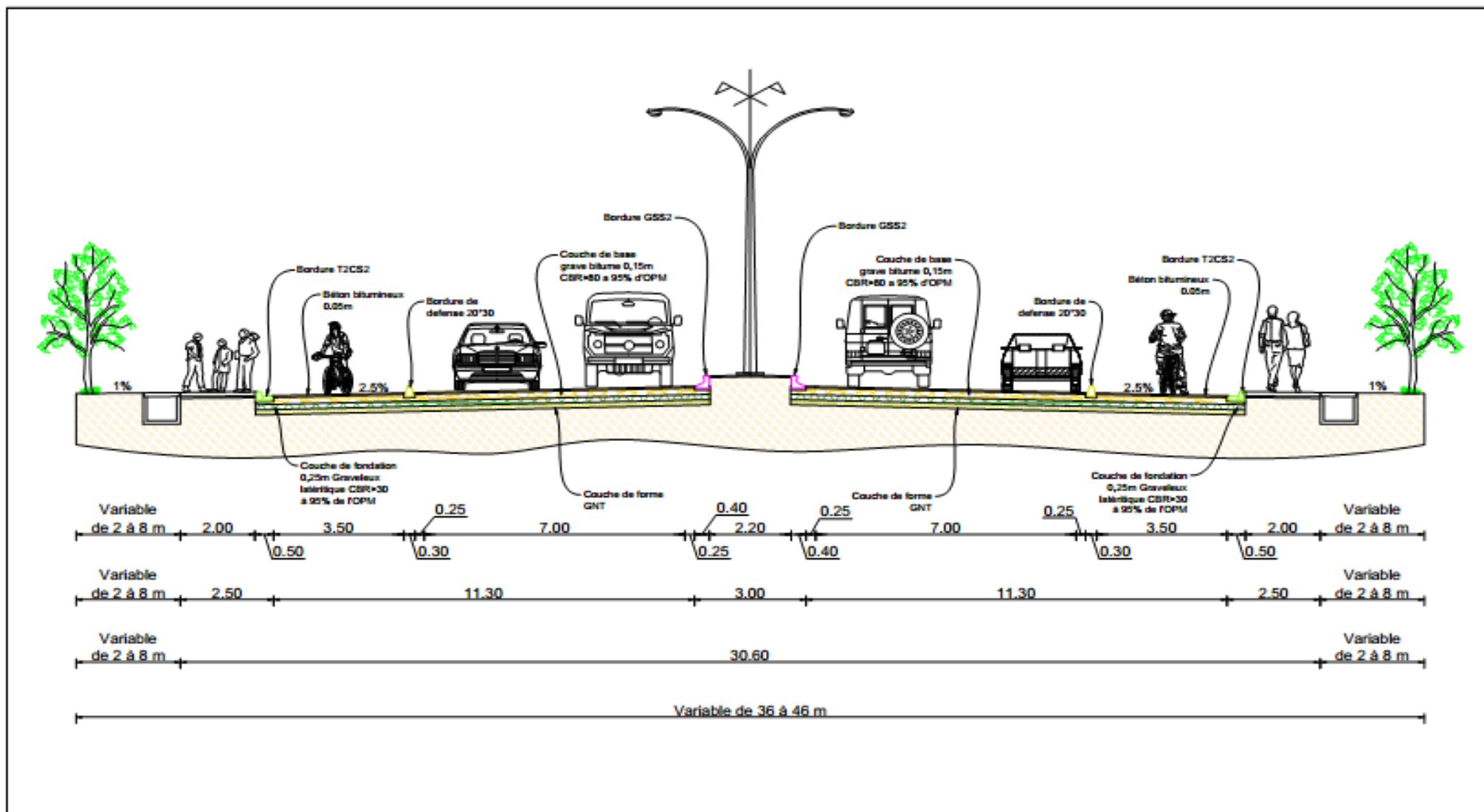
- Le profil 18, présentant une coupe transversale de la route en déblai ;

- Le profil 22, présentant une coupe transversale de la route au niveau d'un ouvrage hydraulique, le dalot 1x150x150 ;
- Au profil 48, présentant une coupe transversale de la route au même niveau que le terrain naturel ;
- Au profil 99, présentant une coupe transversale de la route dont une partie est en déblai et une partie en remblai.

II.3.4. Profil en travers courant

Le profil en travers courant qui est une coupe verticale effectuée perpendiculairement à l'axe du tracé en plan. Il renseigne sur les informations du devers, les talus, la largeur de chaque demi-chaussée et de l'accotement, du terreplein central et d'une section témoins des ouvrages latéraux.

Nous avons dessiné notre profil en travers courant sur AutoCAD





 	ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE DES TRAVAUX D'ELARGISSEMENT D'UNE VOIE URBAINE EN 2*2 VOIES : CAS DE LA ROUTE NATIONALE N°4, ROUTE DEPARTEMENTALE N°152 - VOIE DE CONTOURNEMENT DE OUAGADOUGOU	Conception géométrique de la route	Route National 4	Etabli Marie C. L. SANOU	Date 07/01/2023	Objet Stage AGEIM
	Profil en travers courant	Echelle : 1/1	Vérifié K. Elom Pascal KLU	Date 07/01/2023	Stage AGEIM	
	PTC	Plan n° : 1	Validé K. Elom Pascal KLU	Date 07/01/2023	Stage AGEIM	

Figure 6: Proposition du profil en travers type de la RN4

Conclusion partielle

La conception géométrique d'une route nécessite le suivi d'un certain nombre de normes pour être dans les règles de l'art et assurer la sécurité des usagers de cette route.

Chapitre III. Dimensionnement de la structure de chaussée

Introduction

Ce chapitre consistera à déterminer la nature et l'épaisseur des couches qui constituent la chaussée afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie.

III.1. Etude du trafic

Elle a pour objet de connaître les différents flux de véhicules empruntant notre route, par sens tant en nature qu'en quantité, à un instant donné puis à un terme donné, en appliquant l'évolution prévisible de l'activité humaine.

III.1.1. Répartition du trafic sur l'itinéraire

Selon le guide pratique de dimensionnement de chaussée pour les pays tropicaux à la page 22, si la route a moins de 7 m de largeur, on prend en compte le trafic dans les deux sens de circulation ; mais lorsque la route fait plus de 7m de large, ou si les voies sont à circulation unidirectionnelle, le trafic dans le sens le plus chargé sera considéré [1].

Vu que notre projet consiste en un élargissement de voies et que nos voies sont à circulation unidirectionnelles, nous considèrerons le Trafic dans le sens le plus chargé.

III.1.2. Synthèse du comptage par type de véhicules

Un comptage par type de véhicule a été fait sur la route en l'année 2021, ce qui a permis d'établir le tableau suivant :

Tableau 7 : Synthèse du trafic

SYNTHESE DU TRAFIC (TMJ) PAR TYPE DE VEHICULE					
Types de véhicules		POSTES			
		POSTE 1		POSTE 2	
		SENS 1	SENS 2	SENS 1	SENS 2
Véhicule particulier	A	1956	2129	2002	2124
Véhicule tout terrain		2313	1827	1782	1697
Camionnette		197	247	165	220
Minibus		331	337	329	287
Tricycle		618	545	540	579
TMJ VL			5415	5085	4818
Bus	B	118	117	120	163
Camion 2 Essieux		231	258	276	279
Camion 3 Essieux et +		117	105	151	109
Camion Semi-Remorque		486	513	478	518
Camion Remorque		9	3	4	2
Divers		22	7	39	23
TMJ PL		983	1003	1068	1094
Moto	C	19617	20787	16809	15464
Vélo		2762	1699	2519	1953
TMJ 2R		22379	22486	19328	17417
SYNTHESE DU TRAFIC (TMJ) PAR CATEGORIE					
Types de véhicules		POSTE 1		POSTE 2	
		SENS 1	SENS 2	SENS 1	SENS 2
VL	A	5415	5085	4818	4907
PL	B	983	1003	1068	1094
2R	C	22379	22486	19328	17417
SYNTHESE DU TRAFIC_SENS CONFONDU					
Types de véhicules		POSTES			
		POSTE 1	POSTE 2		
TMJ VL	A	10500	9725		
TMJ PL	B	1986	2162		
TMJ 2R	C	44865	36745		

Nous considérerons les véhicules de types de B, du poste 2 et dans le sens 2.

On a donc un Traffic poids lourd moyen de 1094 PL/jr/sens.

III.2. Dimensionnement manuel de la structure de chaussée

Pour choisir la nature et l'épaisseur des différentes couches composant la chaussée, il est nécessaire de connaître le nombre de poids lourds qu'aura à supporter la chaussée durant sa vie, c'est le trafic cumulé N. On admettra que la chaussée devra être construite pour une période de 15 ans.

III.2.1. Hypothèses de calcul du trafic cumulé poids lourds

Pour le calcul du trafic à la date de mise en service, les hypothèses suivantes ont été établies sur la base des données de l'étude économique et du TDR :

- Trafic moyen journalier annuel : 1094 PL/jr/sens
- Durée de service : 15 ans
- Taux d'accroissement géométrique annuel moyen : 6%
- Année de mise en service : 2025
- Essieu de référence : essieu isolé à roues jumelées de 13 tonnes

III.2.2. Nombre d'essieux équivalent

Calculons le nombre d'essieux équivalent avec un cas de croissance géométrique

➤ Taux d'accroissement géométrique annuel moyen		
Taux d'accroissement géométrique	I	6%
➤ Trafic en année de comptage		
Année de comptage = 2021	T ₂₀₂₁	1094
➤ Nombre d'année avant la mise en service		
Année avant la mise en service = 2025	N	4
➤ Calcul du trafic moyen journalier de l'année 2025		
Avec n=4	$T_{2025} = t_1 * (1+i)^{n-1}$	1.302,972
➤ Trafic cumulé pendant la durée de vie n=15ans		
Avec n=15	$N = 365 * t_{2025} * ((-1 + (1+i)^n) / i)$	11.069.693
NE = Nombre d'essieux standards de référence de 130kN dont le CAM = 1		
Le trafic en nombre d'essieu équivalent	NE = N * CAM	11.069.693

Tableau 8: Calcul du nombre d'essieux équivalent

Le CAM = 1 car nous avons une chaussée bitumineuse épaisse.

Nous obtenons ainsi 11.069.693 PL/jr

Tableau 9 : Classe du trafic

Classe de trafic	Nombre cumulé de poids lourds
T1	$1.10^5 \leq T1 < 5.10^5$
T2	$5.10^5 \leq T2 < 1,5.10^6$
T3	$1,5.10^6 \leq T3 < 4.10^6$
T4	$4.10^6 \leq T4 < 1.10^7$
T5	$1.10^7 \leq T5 < 2.10^7$

D'où notre Traffic est :

$$1,11. 10^7 \in 1.10^7 \leq T5 < 2.10^7$$

III.2.3. La qualité du sol de plateforme

Des sondages ont été fait sur la RN4 à partir des quels les essais suivants ont été réalisés :

- L'essai granulométrique qui consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et le classement des grains s'obtient par vibration de la colonne de tamis. Les masses des différents refus ou celles des différents tamisât sont rapportées à la masse initiale du matériau, les pourcentages ainsi obtenus sont exploités, soit sous leur forme numérique, soit sous une forme graphique (courbe granulométrique).
- L'essai des limites d'Atterberg qui s'effectue en deux phases :
 - La recherche de la limite de liquidité WL pour laquelle une rainure de dimension normalisée, pratiquée dans un sol disposé dans la coupelle de Casagrande, se ferme sous l'action de 25 chocs de manière normalisée ;
 - La recherche de la limite de plasticité WP pour laquelle un cylindre de sol de diamètre 3mm, confectionné manuellement, se fissure lorsqu'on le soulève. La norme de référence est la norme française NF P 94-051.
- L'essai Proctor modifié qui consiste à humidifier un sol à différentes teneurs en eau et à le compacter selon un procédé et une énergie conventionnelle. Pour chacune des valeurs de teneur en eau considérée, on détermine la masse volumique sèche et on établit la courbe des variations de cette masse en fonction de la teneur en eau. D'une manière générale, cette courbe (appelée courbe Proctor) présente une valeur maximale de la masse volumique sèche, elle est obtenue pour une valeur particulière

- de la teneur en eau. Ce sont ces 2 valeurs qui sont appelées caractéristiques de compactage de l'essai Proctor Modifié.
- L'essai CBR pour lequel il faut préparer trois moules CBR. D'abord solidariser le moule, embase et rehausse, lubrifier les parois intérieures du moule et placer le filtre sur le disque d'espacement au fond du moule. Le compactage du matériau se fait à l'aide de la dame Proctor Modifié. Les moules sont compactés chacun en cinq couches. Le premier moule est compacté à 56 coups, le deuxième à 25 coups, et le troisième à 10 coups, et cela par couche. Après le compactage de chaque éprouvette, il faut retirer la rehausse puis araser soigneusement l'éprouvette. Ensuite il faut peser au gramme près, l'ensemble moule + matériau. Après la pesée, si la condition de masse est vérifiée, il faut fixer le moule à la plaque de base ; dans le cas contraire on recommence le compactage.
 - Déposer les surcharges dans le moule et imbiber les trois moules pendant 96 heures soit 4 jours. Après l'imbibition, il faut extraire les moules et les déposer durant 15 mn avant de procéder au poinçonnement : placer l'ensemble plaque de base, moule CBR, éprouvette sur la presse, en position centrée par rapport au piston pour le poinçonnement et on note les efforts de poinçonnement correspondant à des valeurs d'enfoncements prédéfinies par la norme. Une fiche d'étalonnage (fiches d'essai pour l'essai CBR) permet d'enregistrer la force correspondant à la lecture faite sur la presse. On procède ainsi pour chaque moule.

Les résultats des essais CBR ont été relevés dans un tableau qui se trouve en annexe. Nous n'avons pas pris systématiquement en compte pour le dimensionnement la plus faible valeur de CBR obtenue comme homogène, mais celle se rapprochant le plus de la valeur la plus fréquente.

D'où le fait que nous avons fait la moyenne des résultats des essais de portance CBR à 95% ce qui nous donne un CBR moyen de 28,4.

Les 5 classes de sols de plate-forme [5] sont :

- S1 : CBR < 5 portance très faible ;
- S2 : 5 < CBR < 10 Portance faible ;
- S3 : 10 < CBR < 15 Portance moyenne ;
- S4 : 15 < CBR < 30 Portance bonne ;
- S5 : CBR > 30 Portance très bonne.

Avec le CBR de 28,4 à 95% de l'OPM, nous avons une classe S4 d'où une bonne portance.

Plateforme : Type **S4** ; CBR moyen de **28,4** à 95% de l'OPM

III.2.4. Choix de la structure de dimensionnement de la chaussée dans le CEBTP

A partir des informations nécessaires au choix de la structure de chaussée, nous avons opéré différents choix. Le tableau suivant résume les différentes structures proposées par le guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux CEBTP.

Tableau 10 : Proposition de la structure de chaussée à l'aide du guide CEBTP

Classe du trafic et du sol	Couche	Structures de chaussée proposée par le CEBTP
Trafic T5 ; Classe S4	Roulement	10 cm Béton Bitumineux
	Base	22 cm Grave Ciment
	Fondation	15 cm Sol argileux ou grave améliorées
	Roulement	7 cm Béton Bitumineux
	Base	22 cm Grave Ciment
	Fondation	25 cm Graveleux latéritique naturelle
	Roulement	7 cm Béton Bitumineux
	Base	18 cm Grave Bitume
	Fondation	25 cm Graveleux latéritique ou grave naturel ou tout-venant concassé
	Roulement	7 cm Béton Bitumineux
	Base	17 cm Grave Bitume
	Fondation	15 cm Grave amélioré au ciment
Roulement	7 cm Béton Bitumineux	
Base	17 cm Grave Bitume	
Fondation	20 cm Sable bitume	

Pour des raisons de disponibilité de ressources locales des matériaux, de cout des matériaux sur le marché et de mise en œuvre, nous privilégions le choix 3, donc 7 cm de Béton Bitumineux (BB), 18 cm de Grave Bitume (GB) et 25 cm de Graveleux latéritique naturelle (GL).

Couche de Roulement	Béton Bitumineux BB (7cm)
Couche de Base	Grave Bitume GB (18cm)
Couche de Fondation	Graveleux latéritique GL (25cm)

Figure 7 : Structure de chaussée dimensionnée à l'aide du CEBTP

III.2.5. Vérifications de la structure de chaussée sur Alizé

✚ Donnée d'entrée sur alizé

Calcul du module statique pour les matériaux à gros éléments [1]

Tableau 11 Indice de plasticité et CBR des graveleux latéritiques CEBTP

	Couche de fondation	Couche de base
IP	≤ 30 pour les trafics T1-T2 ≤ 20 pour les trafics T3-T5	≤ 15
CBR à 95% OPM	≥ 30	≥ 80

Calcul des modules des matériaux :

- Pour les matériaux naturels, le module $E = 50 \cdot \text{CBR}$ (en bar) et $E = 5 \cdot \text{CBR}$ (en MPa).
Donc pour le calcul du module de notre couche de fondation et du sol support, cette formule sera utilisée :
- Pour la classe de la couche de fondation
Le CBR minimal de la couche de fondation = 30
 $E = 5 \cdot \text{CBR}$ (en MPa)
 $E = 5 \cdot 30$
 $E = 150 \text{ MPa}$
- Pour la classe du sol support
Le CBR du sol support = 28,4
 $E = 5 \cdot \text{CBR}$ (en MPa)
 $E = 5 \cdot 28,4$
 $E = 142 \text{ MPa}$
- Pour les modules de la couche de base en grave bitume et de revêtement en béton bitumineux, ils nous ont été proposés par le logiciel alizé dans des cases grisées.
- Trafic moyen journalier = 1302,972 PL/jr ;
- Taux de croissance Géométrique = 6% ;
- Durée de service = 15 ans ;
- La température moyenne ambiante dans la ville de Ouagadougou est 28,6°C. Nous retiendrons pour nos calculs la température de 30°C lors du dimensionnement sur alizé.

Nous avons vérifié les couches de base, fondation et sol support. Sur Alizée, il n'est pas nécessaire de vérifier la couche de roulement.

✚ Entrée de structure de chaussée proposée par le CEBTP

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

Fichier Calculer Valeurs admissibles Bibliothèques Configurer Alizé Fenêtre ?

Titre :

Structure de base				
	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
collé	0,07	1300	0,350	bb
collé	0,18	2700	0,350	gb2
collé	0,25	150	0,35	autre
	infini	142	0,35	autre

Modifier la structure
nb de couches : 4
Ajouter 1 couche
Supprimer 1 couche

Série de calculs
nb de calculs : 1

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

variante 1: Durée= 00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,070	1300,0	0,350	0,000	69,8	0,210	144,3	0,658
	collé		0,070	24,2	0,191	241,9	0,588
0,180	2700,0	0,350	0,070	24,2	0,363	95,8	0,588
	collé		0,250	-181,8	-0,619	172,9	0,077
0,250	150,0	0,350	0,250	-181,8	0,005	473,3	0,077
	collé		0,500	-111,4	0,000	292,4	0,044
infini	142,0	0,350	0,500	-111,4	0,001	302,8	0,044

Grandeurs affichées
tableau 1 (sélectionné) tableau 2
tableau 3 tableau 4
tableau 5 tableau 6
tableau 7 tableau 8

Déflexion = 37,3 mm/100
entre-jumelage
Rdc = 350,0 m

Alizé-Lcpc Mémo
1 - EpsiZ= 327,6 (gnt et sol)
2 - EpsiT= 85,1 (gb2)

Figure 8: Alizé, déformation Epsi Z non vérifié, contrainte déformation Epsi T vérifié

Le déformation verticale Epsi Z (qui concerne les matériaux naturels) n'est pas vérifiée, par contre la déformation tangentielle Epsi T (qui concerne le grave bitume) est vérifiée.

Nous avons alors fait varier les modules et les épaisseurs.

✚ Ajustement de la structure de chaussée proposée par le CEBTP

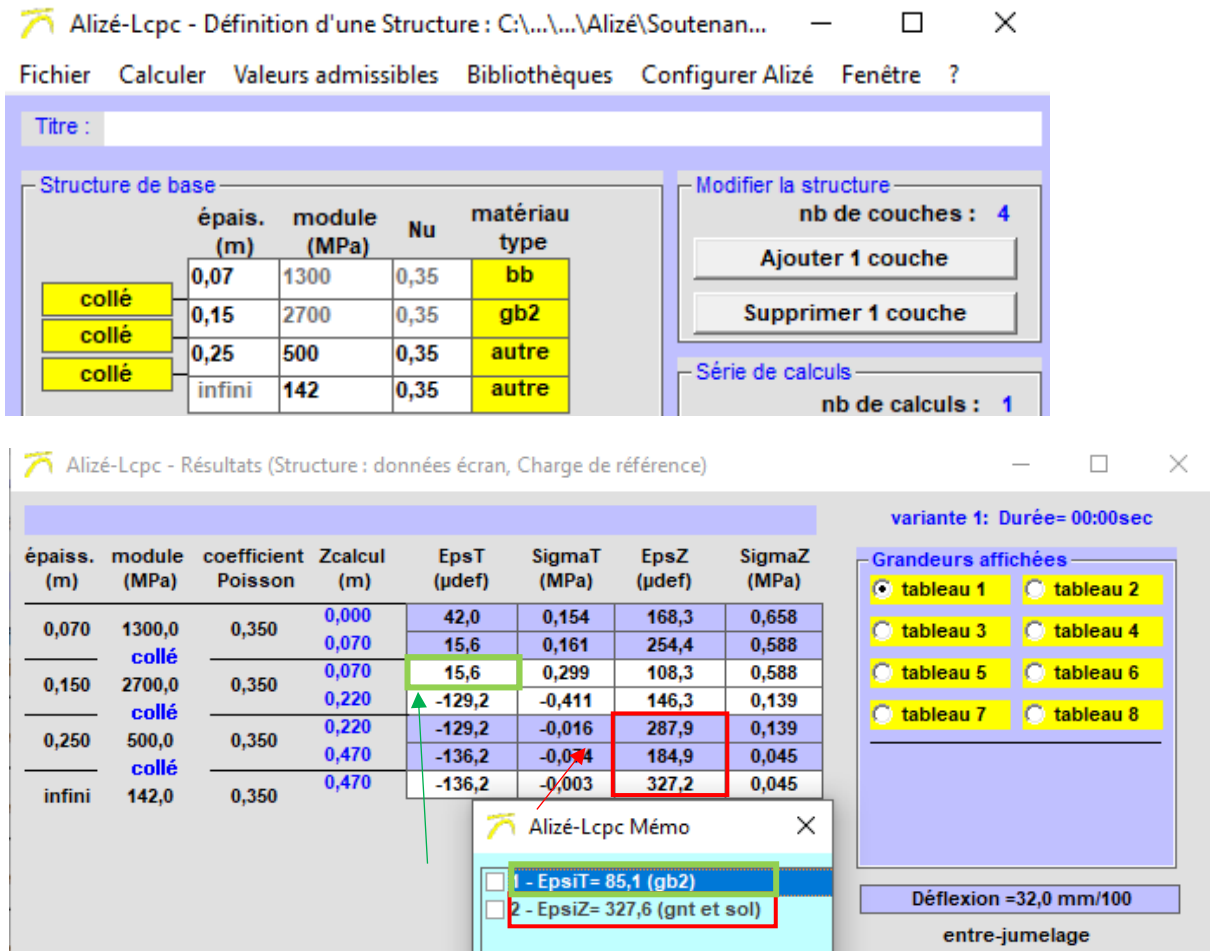


Figure 9: Alizé, Déformations verticales EpsiZ et tangentielle EpsiT vérifiées

Les déformations verticale Epsi Z et tangentielle Epsi T sont maintenant vérifiées. Pour cela nous avons dû augmenter le module de la couche de fondation passant de 150 MPa à 500 MPa. Nous proposons alors une amélioration de la couche de fondation en réalisant une litho-stabilisation.

Conclusion partielle :

Les résultats du dimensionnement de la structure de chaussée sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau 12 : Résumé du trafic

Trafic moyen journalier à l'année de mise en service	1 302,972 PL/jr
Trafic cumulé pendant la durée de vie	11 069 693 PL/jr
NE (trafic en nombre d'essieu équivalent)	14 390 600,9 PL/jr
Classe de Traffic	T5
Classe du sol (CBR à l'OPM de 95%)	S4
CBR moyen	28,4

La structure de chaussée que nous obtenons est la suivante

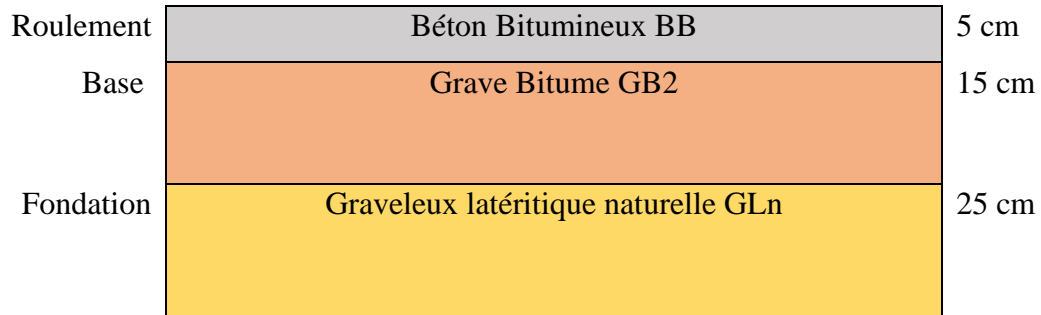


Figure 10 : Structure de chaussée

Chapitre IV. Etude hydrologique, hydraulique et dimensionnement des ouvrages

Introduction

Cette partie constatera d'abord à faire un état des lieux de l'assainissement existant, puis faire l'étude hydrologique et hydraulique et enfin proposer un schéma d'aménagement des caniveaux tenant compte des réalités actuelles.

IV.1. Visite des ouvrages existants

Nous avons effectué le jeudi 27 Octobre 2022, une visite sur notre tronçon d'étude pour observer visuellement l'état des ouvrages transversaux existants. Les résultats de nos observations sont :



Figure 11 : Dalot 150*150

- Point de levé P22
- Coordonnée géométrique :
 - X = 669621.238
 - Y = 1371484.594
 - Z = 286.812
- Ouvrage en bon état
- Ouvrage assez bien entretenu,
- Présence de quelques déchets pastiques non nocif



Figure 12 : Dalot 3*200*200

- Point de levé P35
- Coordonnée géométrique :
 - X = 669926.955
 - Y = 1371632.176
 - Z = 285.704
- Ouvrage en bon état
- Ouvrage mal entretenu,
- Présence de nombreux déchets pastiques



Figure 13 : Buse 2*D100

- Point de levé P92 ;
- Coordonnée géométrique :
 - X = 671330.027
 - Y = 1372317.332
 - Z = 295.346
- Ouvrages-en assez bon état ;
- Ouvrage non entretenu ;
- Présence d'herbes sur le passage de l'eau ;
- Présence d'amas de terre ;
- Présence de déchets plastiques et de pneus obstruent le passage de l'eau.



Figure 14 : Buse 2*D100

- Point de levé P122
- Coordonnée géométrique :
 - X = 672144.296
 - Y = 1372720.506
 - Z = 296.752
- Ouvrages-en assez bon état ;
- Ouvrage non entretenu ;
- Présence d'herbes sur le passage de l'eau ;
- Présence d'amas de terre ;
- Présence de déchets plastiques et de pneus obstruent le passage de l'eau.



Figure 15 : Dalots 3*170*160 et 2*100*160 / Dalot 3*450*200

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Point de levé P183 • Coordonnée géométrique : <ul style="list-style-type: none"> - X = 673706.169 | <ul style="list-style-type: none"> • Point de levé P182 • Coordonnée géométrique : <ul style="list-style-type: none"> - X = 673685.021 |
|--|--|

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - $Y = 1373484.796$ - $Z = 286.038$ • Ouvrages-en assez bon état ; • Ouvrage non entretenu ; • Présence d'herbes sur le passage de l'eau ; • Présence d'amas de terre ; • Présence de déchets plastiques et de pneus obstruent le passage de l'eau. | <ul style="list-style-type: none"> - $Y = 1373474.622$ - $Z = 286.206$ • Ouvrages-en assez bon état ; • Ouvrage non entretenu ; • Présence d'herbes sur le passage de l'eau ; • Présence d'amas de terre ; • Présence de déchets plastiques et de pneus obstruent le passage de l'eau. |
|---|---|



Figure 16 : Dalot 150*100

- Point de levé P192
- Coordonnée géométrique :
 - $X = 673928.737$
 - $Y = 1373594.569$
 - $Z = 286.195$
- Ouvrages-en assez bon état ;
- Ouvrage non entretenu ;
- Présence d'herbes sur le passage de l'eau et l'ouvrage.



Figure 17 : Dalot 200*100

- Point de levé P218
- Coordonnée géométrique :
 - $X = 674609.852$
 - $Y = 1373928.159$
 - $Z = 286.542$
- Ouvrages-en mauvais état ;
- Murs en ailes dégradés ;
- Ouvrage non entretenu ;
- Présence d'herbes sur le passage de l'eau et l'ouvrage.



Figure 18 : Dalot 200*100

- Point de levé P237
- Coordonnée géométrique :
 - X = 675057.069
 - Y = 1374146.768
 - Z = 286.214
- Ouvrages-en mauvais état ;
- Ouvrage non entretenu ;
- Présence d'herbes sur le passage de l'eau et l'ouvrage.



Figure 19 : Dalot 150*100

- Point de levé P276
- Coordonnée géométrique :
 - X = 675912.881
 - Y = 1374565.782
 - Z = 280.675
- Ouvrage non entretenu ;
- Présence d'herbes qui obstrue totalement le passage de l'eau et recouvre entièrement l'ouvrage.



Figure 20 : Dalot 200*100

- Point de levé P304
- Coordonnée géométrique :
 - X = 676482.221
 - Y = 1374845.035
 - Z = 283.665
- Ouvrages-en assez bon état ;
- Ouvrage non entretenu ; Présence d'herbes sur le passage de l'eau.



Figure 21: Photo prise devant le dalot 200*100

IV.2. Etude hydrologique

L'étude hydrologique repose sur un découpage des bassins versants en une ou plusieurs entités (ou sous-bassins versants). Les caractéristiques (superficie, pente, longueur hydraulique) des bassins versants sont étudiées, synthétisées et utilisées pour le calcul des débits.

IV.2.1. Délimitation des bassins versants

a. Caractéristiques d'un bassin versant

Un bassin versant marque à la fois la notion topographique de zone limitée par une ligne de partage des eaux et celle de surface d'interception des précipitations susceptibles d'être drainées jusqu'à l'exutoire par le réseau hydrographique. Les paramètres physiques et géométriques essentiels qui caractérisent classiquement un bassin versant sont sa superficie ; son périmètre ; sa pente moyenne ; ses altitudes minimale et maximale ; ...

b. Méthode de calcul

Il existe plusieurs méthodes de détermination des débits de crues utilisées par zone d'étude et en fonctions des paramètres physiques des bassins versants :

- La méthode rationnelle ;
- Le modèle de CAQUOT ;
- Le modèle du réservoir linéaire ;
- Le modèle de BOUVIER...

Parmi toutes les méthodes, les méthodes les plus utilisées sont :

- ✚ La méthode ORSTOM utilisée pour la détermination des débits de crues des bassins versants de superficie ne dépassant pas 200 km² ;
- ✚ La méthode CIEH utilisés pour les bassins couvrant plus de 10 km² ;
- ✚ La méthode rationnelle utilisés pour les petits bassins versants dont la superficie ne dépasse pas 4 km².

c. Méthode d'estimation des crues sur des bassins versants

L'axe de la route et les levés topos sont exportés sur le logiciel d'analyse et de traitement de données géographiques Global Mapper v18.1 où nous avons générés

- Les différents SRTM worldwide elevations data (données d'élévation mondiales) ;
- Les différents drainage network (réseaux de drainages) ;
- Le world imagery (imageries du monde).

Suite à cela, nous avons délimités les différents bassins versants avec pour exutoire les points d'intersection du réseau hydrographique avec la route. Nous avons ainsi défini :

- Vingt-quatre (24) sous-bassins versants (couleur rouge) longitudinaux nous avons assemblés plusieurs en série ce qui nous a donné au final en douze (12) bassins versants longitudinaux dont la superficie de chacun est inférieure à 4 km². La détermination de leurs débits sera alors faite avec la méthode rationnelle.

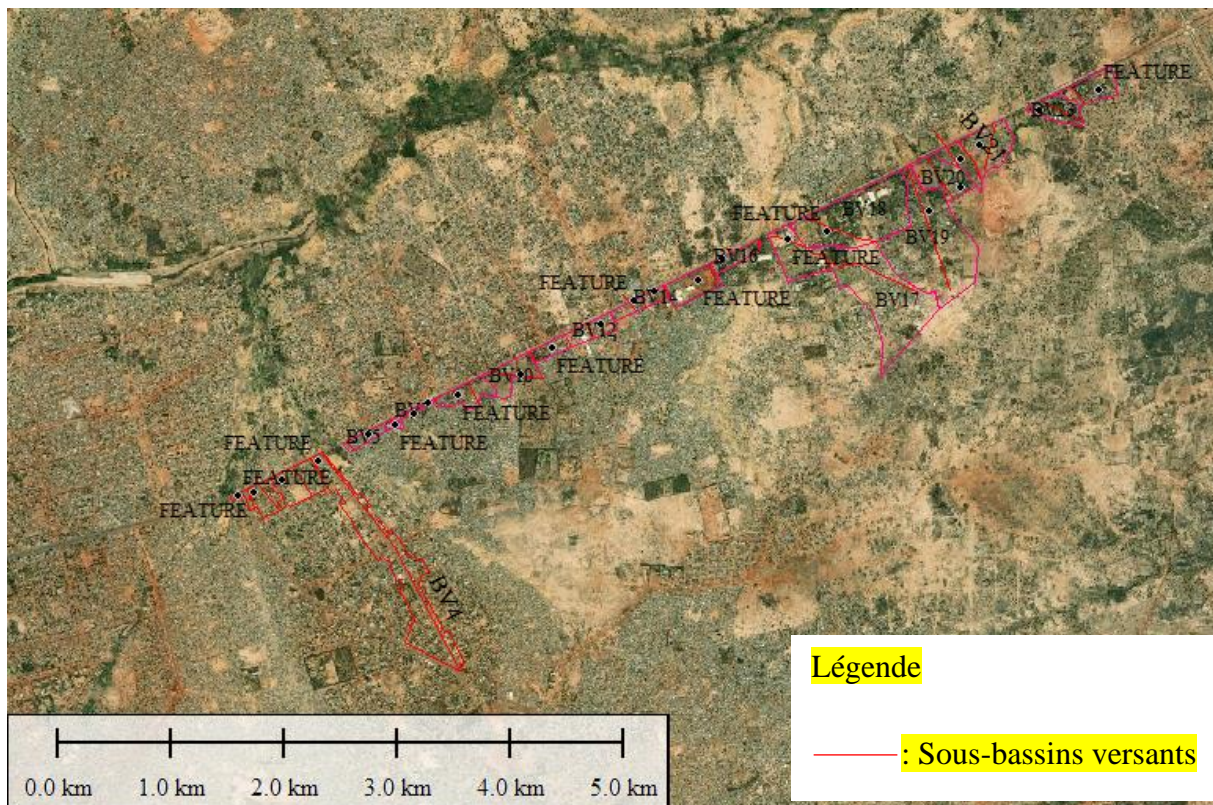


Figure 22 : Bassins versants longitudinaux

- Trois (03) bassins versants (couleur jaune) transversaux dont les superficies sont supérieures à 4 km² pour lesquelles nous utiliseront les méthode ORSTOM et CIEH.

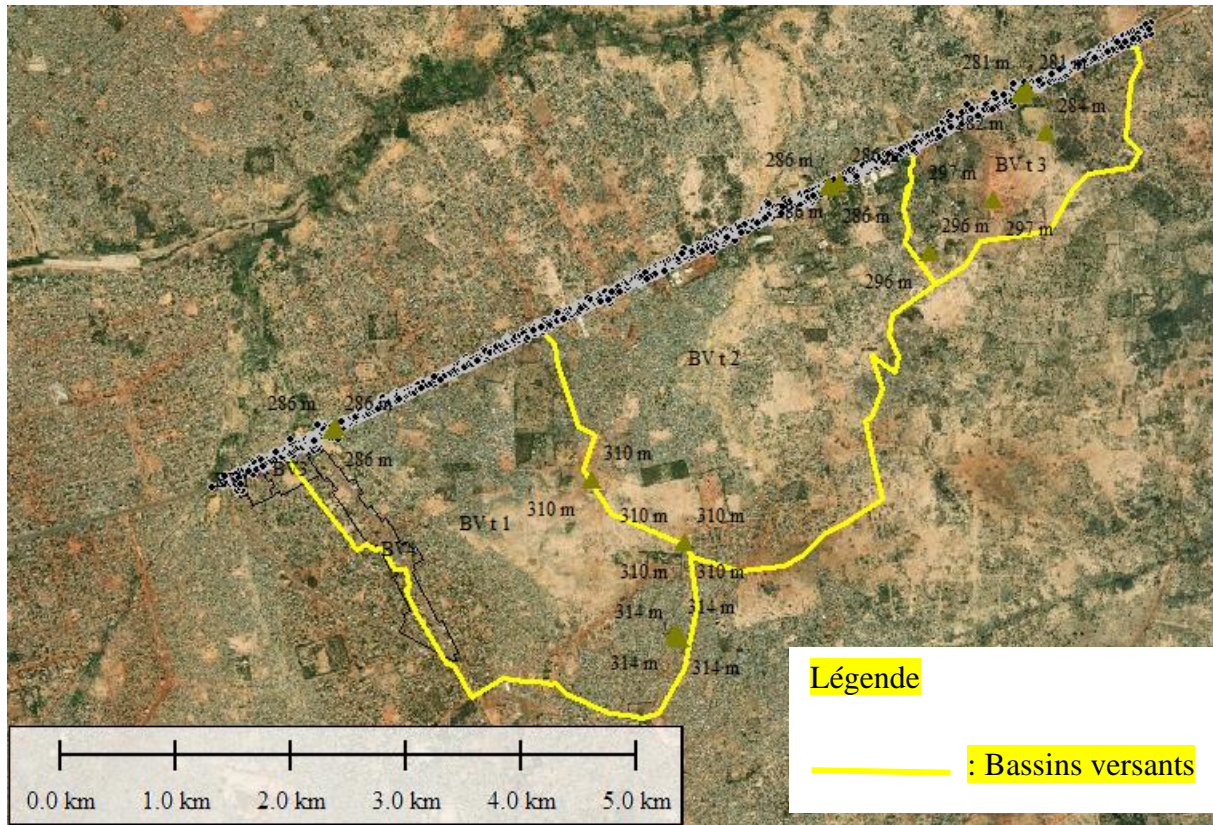


Figure 23 : Bassins versants transversaux

Tout cela nous a permis d'extraire les données suivantes de nos bassins versants :

- Les superficies ;
- Les périmètres ;
- Les altitudes maximale et minimale ;
- Les pentes ;
- Les plus longs chemins hydrauliques.

IV.2.2. Calcul du débit des ouvrages

Nous avons élaboré des programmations Excel, dans le but de déterminer les débits à évacuer ainsi que les sections hydrauliques de nos ouvrages qui pourront évacuer les débits précédemment calculés. Les méthodes et les formules de calcul utilisées sont les suivantes :

a. Calcul des débits des ouvrages longitudinaux : Méthode rationnelle

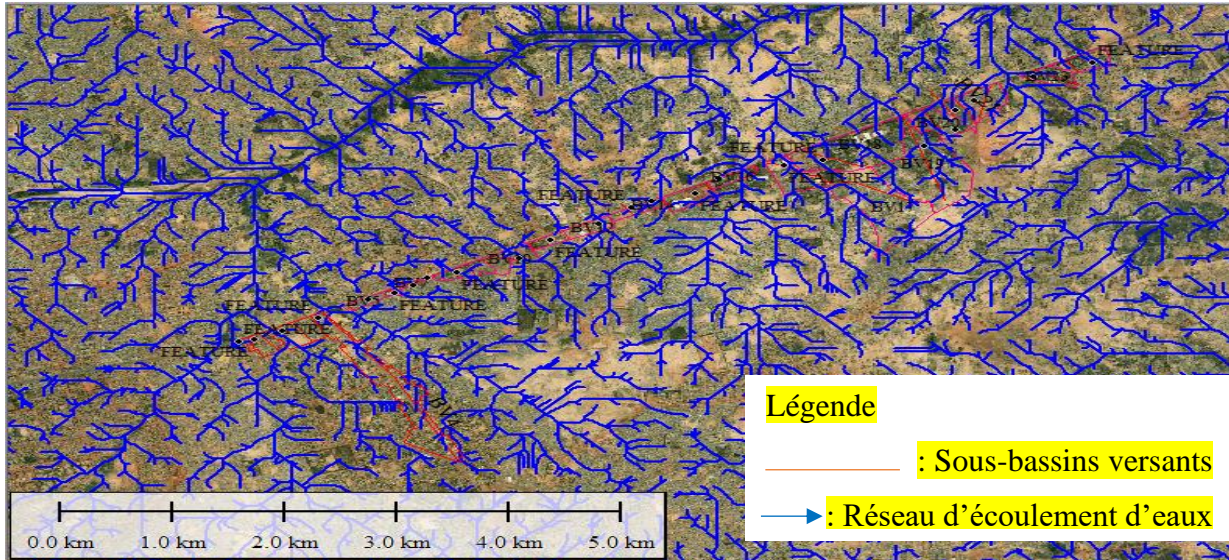


Figure 24 : Cours d'eaux au niveau des bassins longitudinaux, Capture d'écran lors de la manipulation du logiciel global mapper

Les modèles de la méthode rationnelle donnant un débit de pointe à l'exutoire sont :

- Formule rationnelle ;
- Méthode de Caquot.
 - o La formule rationnelle

La formule rationnelle pour le calcul du débit de ruissellement d'un bassin versant est démontrée en règle générale, sous-estimer les débits de pointe observés, probablement parce qu'on sous-estime les coefficients de ruissellement en négligeant le rôle des surfaces non revêtues et sans végétation. Il convient alors de s'orienter vers une formule de type Caquot qui, elle, suppose que le temps de concentration varie en fonction du débit de pointe.[6]

- o Le modèle de caquot

Nous sommes dans un cas d'assainissement des eaux pluviales en milieu urbain tropical subsaharien. Le coefficient de ruissellement C que nous avons retenu est en fonction de la pédologie du terrain et est de 0,67.

$$C = 0,67$$

L'expression générale de la formule de Caquot est [6] (page 65):

$$Q_p = K^{1/u} * C^{1/u} * I^{v/u} * A^{w/u}$$

Pour ces calculs nous avons établi une programmation Excel avec comme formules d'entrée les suivantes :

$$K = \frac{a * \mu^b}{6(\beta + \delta)}$$

$$u = 1 - bf$$

$$v = cb$$

$$w = 1 - \epsilon + db$$

$$\mu = 0,28 * (M^{0,84})$$

$$w = 1 - \epsilon + db$$

$$m = (M/2)((0,84 * b) + (1 + 0,287 * b))$$

$$M = \frac{L}{\sqrt{A}}$$

$$m = (M/2)^{(0,7 * 0,5)}$$

$$w = 1 - \epsilon + db$$

Les formules pour le calcul des pentes, des coefficients de majorations et des longueurs pour les assemblages en série sont :

$$I_{123} = \left(\frac{L_{123}}{\sqrt{I_{13}} + \sqrt{I_2}} \right)^2 ; M_{123} = \frac{L_{123}}{\sqrt{A_{123}}} ; L_{123} = L_1 + L_2 \text{ si } L_1 > L_3$$

$$; L_{123} = L_3 + L_2 \text{ si } L_1 < L_3$$

Les coefficients de Montana a et b sont fonctions de la période de retour T et selon courbes IDF du dossier technique sur la pluie. Les pluies au Burkina Faso étant généralement de courte durée (inférieure à 1 heures), nous allons considérer dans le cadre de cette étude les coefficients de Montana pour une durée de pluie inférieure à 1 heures

Tableau 13 : Coefficient de Montana de la ville de Ouagadougou

Coefficients de Montana	Durée < 1h
a	9.4
B	-0.5

$$a = 9,4 \text{ et } b = -0,5$$

Selon l'ajustement des paramètres de la formule de c a q u o t pour l'Afrique [6] à la page 66 du livre,

- La valeur ϵ (Rodier et Auvray) traduit convenablement l'abattement spatial des précipitations en Afrique Tropicale

$$\epsilon = 0.03$$

- L'effet de stockage et d'écrêtement exprime mieux l'effet de stockage du réseau qui est la valeur moyenne calée à partir des évènements observés

$$\beta + \delta = 1,40$$

pour le temps de concentration :

$$c = -0,41 ; d = 0,51 \text{ et } f = -0,2$$

b. Calcul du débit des ouvrages transversaux : Méthode ORSTOM et CIEH

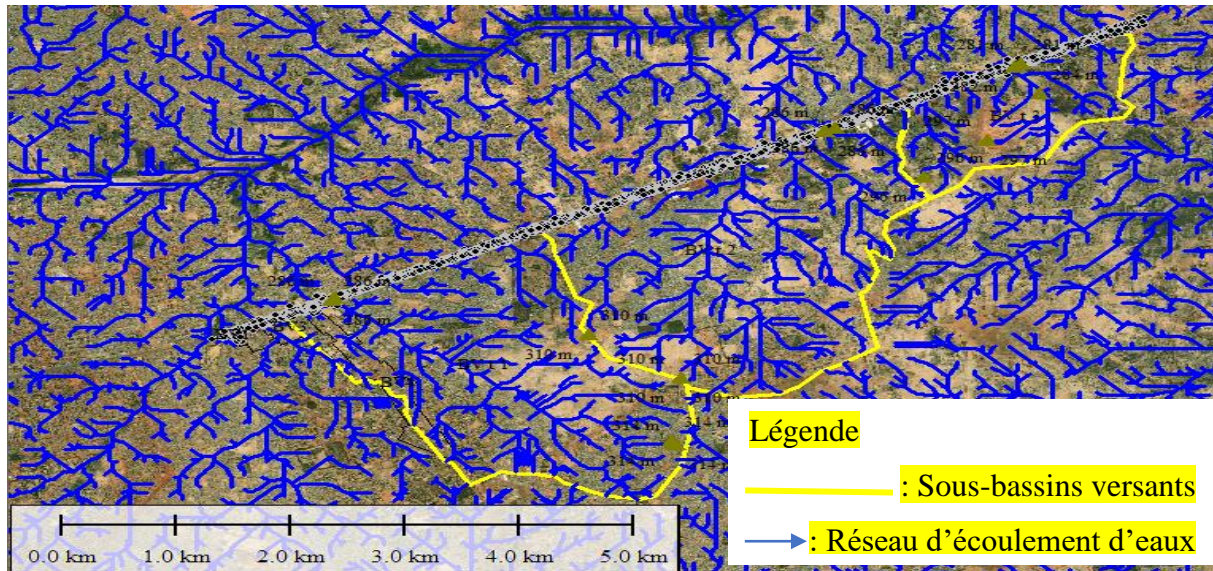


Figure 25 Cours d'eaux au niveau des bassins transversaux, Capture d'écran lors de la manipulation du logiciel global mapper

Pour le calcul du débit des ouvrages transversaux, nous ne pouvons pas utiliser la méthode rationnelle du fait de la grande superficie des bassins versants délimités, d'où le fait que nous utiliserons la méthode ORSTOM et la méthode CIEH. Elles se réfèrent au calcul de la crue décennale et requièrent une bonne connaissance des paramètres climatiques et de l'environnement physique du bassin.

Dans notre zone d'étude, c'est-à-dire SAABA, les bassins versants sont relativement imperméables RI. Un bassin imperméable noté RI est un mélange en proportions à peu près égales de sols imperméables (I) et de sols perméables (P, voir ci-après). [7](page12).

Méthode ORSTOM

Pour l'application de cette méthode, nous avons établi une programmation Excel avec comme formules d'entrée les suivantes [7] (page31):

$$Q_{r10} = \frac{A * P_{10} * K_{r10} * \alpha_{10} * S}{T_{b10}}$$

$$Q_{10} = m * Q_{r10}$$

A : le coefficient d'abattement

P_{10} : la hauteur de pluie journalière décennale

K_{r10} : le coefficient de ruissellement correspondant à la crue décennale

α : le coefficient de pointe correspondant à la crue décennale

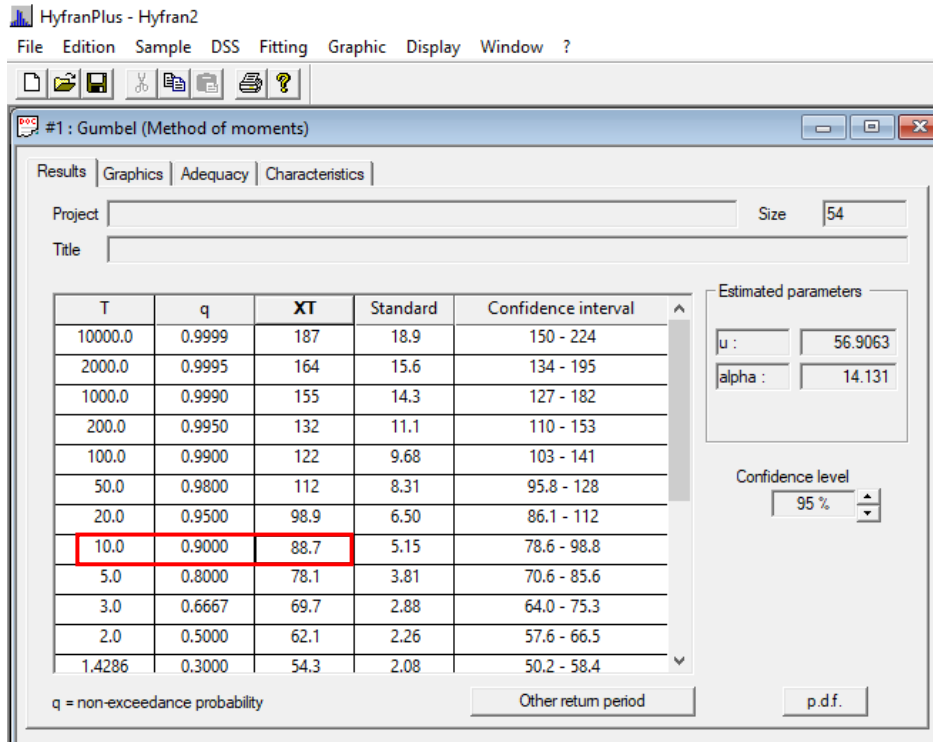
S : la superficie du bassin versant

T_{b10} : le temps de base correspondant à la crue décennale

A partir du relevé des pluies journalières maximales de l'année 1961 à l'année 2015 et les pluies annuelles moyennes de 1952 à 2017, nous avons calculé le PAN.

$$\text{PAN} = 791,89394$$

La pluie décennale ponctuelle P_{10} est déterminée, d'après les coordonnées du bassin, sur les cartes des isohyètes des pluies journalières de fréquence décennale. Le P_{10} ou P_{jmax} a été trouvé grâce au logiciel HyfranPlus avec la méthode de Gumbel et une période de retour décennale (10 ans).



$$P_{jmax} = 88,7$$

La pluie moyenne sur le bassin Pm10 est calculée en appliquant à P10 le coefficient d'abattement A.

$$A = 1 - \left[\frac{161 - 0,042 * Pan}{1000} * \log S \right]$$

$$Kr70 \text{ ou } Kr100 = \frac{a}{s + b} + c$$

$$I_g = D/L$$

Vu que notre route se situe dans une zone tropicale sèche, et que nous avons de petits bassins relativement imperméables :

$$Q_{10} = 1,03. Q_{r10}.$$

Méthode CIEH

La formule utilisée lors de l'application de cette méthode est [7] (page 61):

$$Q_{10} = a * S^S * Pan^p * I_g^i * Kr10^k * Dd^d \dots$$

a, s, p, i, k, d.....sont des coefficients à déterminer et

S est la surface du bassin (km²)

Ig est l'indice global de pente (rn/km)

Pan est la pluie annuelle moyenne (mm)

Kr10 est le coefficient de ruissellement décennal (%)

Dd est la densité de drainage (km- 1)

(la liste des paramètres à inclure dans le modèle n'est pas limitative).

Position des ouvrages transversaux

En fonction du sens d'écoulement des eaux, nous avons vérifié sur Global Mapper si nous trouvons le même nombre d'ouvrages et aux mêmes positions que ceux existants, ce qui a été vérifié pour les 11 ouvrages transversaux d'où la conservation de leur section (mais pas forcément de l'ouvrage).

IV.3. Etude hydraulique

IV.3.1. Choix des ouvrages longitudinaux

Les calculs hydrauliques ont été réalisés avec la formule de Manning-Strickler en condition d'écoulement uniforme. Le principe consiste à vérifier que les vitesses dans les caniveaux sont supérieures à la vitesse minimale qui vaut 1 m/s afin d'éviter le dépôt de matières en suspension dans le caniveau. Cette vitesse doit également être autant que possible inférieure à la vitesse érosive de 4.00 m/s. Aussi, La pente de calcul est fixée à 1 % car à partir des données fournies par Global Mapper, on constate que les pentes des bassins versant avoisinent 1%. Pour ces calculs nous avons établi une programmation Excel avec la formule de Manning-Strickler comme formules d'entrée les suivantes :

$$Q = Ks \cdot S \cdot Rh^{2/3} \cdot I^{1/2}; \text{ Avec :}$$

- Q : Débit dans le caniveau (en m³/s)
- S = by : Section mouillée du caniveau (en m)
- P = b + 2y : Périmètre mouillé du caniveau (en m)
- Rh = S/P : Rayon hydraulique (en m)
- Ks = 70 pour béton armé : Coefficient de Strickler
- I : Pente du caniveau (en m/m)

- y : Tirant d'eau (en m)
- b : Largeur au plafond (en m)

Tableau 14 : Récapitulatif des débits et sections hydrauliques des caniveaux

Sous-bassin versant	Assemblage en série	BV	A (ha)	Qp (m3/s)	Sections retenues (cm)		
BV1	BV1-BV2	BV-01	7,798	2,5520392	100	X	100
BV2							
BV3	BV3	BV-02	12,12	3,4728662	120	X	100
BV4	BV4	BV-03	45,67	8,5006754	150	X	150
BV5	BV5-BV6-BV7	BV-04	5,349	1,6892672	80	X	80
BV6							
BV7							
BV8							
BV9	BV8-BV9-BV10	BV-05	18,1098	4,4879062	120	X	120
BV10							
BV11	BV11	BV-06	4,171	1,4520466	80	X	80
BV12	BV12-BV13-BV14-BV15	BV-07	21,391	5,0576339	150	X	100
BV13							
BV14							
BV15							
BV16	BV16	BV-08	4,706	1,5140026	80	X	80
BV18	BV18	BV-09	42,56	9,7822564	200	X	120
BV19	BV19-BV20-BV21-BV22	BV-10	89,67	16,086336	250	X	150
BV20							
BV21							
BV22							
BV23	BV23	BV-11	8,09	2,2822539	100	X	80
BV24	BV24	BV-12	9,37	2,7565588	100	X	100

IV.3.2. Choix des ouvrages transversaux

Pour les débits supérieurs à 10 m³/s, on privilégie les dalots et pour les débits inférieurs à 10 m³/s on a le choix entre les buses ou les dalots en fonction de notre zone d'étude, des caractéristiques et de la conception géométrique de la route.

En effet, le choix des types d'ouvrages a été effectué après considération des paramètres hydrologiques et géologiques du site. Etant donné que la mise en place des buses nécessite aussi un remblai d'au moins 0,80m au-dessus de la buse et que non seulement nous sommes en milieu urbain d'où on évite les remblais de grande hauteur, mais aussi la route existante est déjà surélevée par rapport au niveau du TN, nous remplacerons toutes les buses existantes par des dalots qui n'exige pas forcément de remblai au-dessus. Nous avons :

- Supposé une vitesse admissible à l'entrée du dalot de 3m³/s ;

- Proposé le nombre de cellules pour les ouvrages ;
- Proposé des dimensions pour la largeur et la hauteur des cellules ;
- Vérifié la profondeur d'eau en amont et la revanche min grâce à la figure 77 sortie libre, dalot rectangulaire [8] (page 248 du document)
- Déterminé la pente critique grâce à la figure 82 calcul de la pente critique en fonction du débit, dalot rectangulaire [8] (page 258 du document)
- Vérifié la vitesse à la sortie grâce à la figure 84 calcul de la vitesse dans un dalot [8] (page 263 du document).

Nous avons ainsi fait une comparaison entre les sections existantes et les sections choisies pour retenir les plus grandes sections section. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 15 : Récapitulatif des débits et section hydrauliques des dalots

Bassin versant	Débit de projet Q10 (m ³ /s)	NOMS	Revanche D-H1 (m)	Pente critique Ic	Vitesse de sortie V(m/s)	SECTION EXISTANT en cm	SECTION CHOISIES en cm	SECTION RETENUE en cm	
BV-01	19,88	Ouvrage1	0,75	0,007	2,74	1*150*150	1*150*150	1*150*150	Conservé
		Ouvrage2	1	0,009	2,89	3*400*200	3*400*200	3*400*200	Conservé
		Ouvrage3	0,32	0,006	2,98	2*D100	1*100*100	2*100*100	Nouveau
BV-02	20,58	Ouvrage4	0,41	0,006	1,20	2*D100	1*100*100	2*100*100	Nouveau
		Ouvrage5	1	0,009	2,99	3*450*200	5*200*200	3*450*200	Conservé
		Ouvrage6	0,8	0,007	2,59	3*170*160	2*170*160	3*170*160	Conservé
		Ouvrage7	0,656	0,007	2,49	2*100*160	1*100*160	2*100*160	Conservé
BV-03	12,46	Ouvrage8	0,5	0,006	1,85	1*150*100	1*150*100	1*150*100	Conservé
		Ouvrage9	0,36	0,007	2,32	1*200*100	1*200*100	1*200*100	Conservé
		Ouvrage10	0,36	0,007	2,37	1*200*100	1*200*100	1*200*100	Conservé
		Ouvrage11	0,19	0,007	2,68	1*150*100	1*150*100	1*150*100	Conservé
			0,37	0,007	2,32	1*200*100	1*200*100	1*200*100	Conservé

NB : Malgré la plupart des **sections de dalots conservées** après calculs des ouvertures hydrauliques transversaux, les ouvrages existants sur place seront **conservés et rallongés** si et seulement si les caractéristiques mécaniques des ouvrages (béton et acier) en place sont prouvées acceptables après vérifications par essaies.

Pour vérifier la résistance des ouvrages en place, nous préconisons de procéder par des essais non destructifs, c'est-à-dire des essais qui ne porteront pas préjudice aux ouvrages tels que :

- ✦ L'essai au scléromètre : qui mesure la résistance à la compression du béton. Le scléromètre va projeter une masse sur la surface du béton avec une force initialement définie. La masse va rebondir en fonction de la dureté du béton heurté et le rebond sera

mesuré à l'aide d'un capteur. Ce qui permet de déterminer la résistance du béton à la compression sans le détruire.

- ✦ L'essai de dureté type : qui consiste à percer un objet spécifiquement dimensionné à l'aide d'un pénétrateur avec une charge donnée dans la surface du matériau. La dureté se détermine par la mesure de la profondeur de pénétration du pénétrateur ou en mesurant la taille du choc.

Néanmoins, nous nous placerons dans le cas le plus défavorable où il faudra détruire les ouvrages en place et nous proposerons des nouvelles conceptions.

IV.4. Dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques

a. Dimensionnement structural des dalots

Pour le dimensionnement structural des dalots, les hypothèses suivantes ont été émises :

- Les chargements du fascicule 61 Titre II seront considéré ;
- Les règles de calcul béton armé sont prise du BAEL 91 modifié 99 ;
- La fissuration préjudiciable ;
- La résistance caractéristique à la compression à 28 jours est de 25 MPa.

Dimensionnement manuel : cas du dalot 2*1*1

Nous avons choisi de dimensionner manuellement un nouveau dalot, c'est-à-dire le dalot 2x1x1.

✦ Pré dimensionnement du dalot

- Épaisseur du tablier-piedroit-radier.

D'après le guide de conception SETRA traitant les ponts cadres et portiques, l'épaisseur est obtenue par l'expression :

$$e = \sup (0,30 ; L/32 + 0,125), \quad L = 1,00\text{m:}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} L = \text{longueur d'une cellule} \\ e = \text{épaisseur du tablier, piedroit et radier} \end{array} \right.$$

$$e = \sup (0,30 ; 1/32 + 0,125)$$

$$e = 0,30\text{m}$$

- Description de l'ouvrage à étudier

Epaisseur de la dalle, radier, piédroits $E = 0,3 \text{ m}$

Hauteur piédroits $H = 1 \text{ m}$

Largeur roulable $L_r = 26,6 \text{ m}$

Largeur chargeable $L_c = l_c = 21 \text{ m}$

Nombre de voies $N = l_c/3,5 = 21/3 = 6$

Portée de la travée 1 m

Ouverture hydraulique $(2 \times 1 \times 1)$

La fissuration est considérée comme **préjudiciable**,

Tableau 16 : Caractéristiques du béton

Caractéristiques béton à utiliser	Symbole	Valeurs
Résistance caractéristique à la compression	f_{c28}	30 MPa
Résistance caractéristique à la traction	f_{t28}	2.4 MPa
Module de déformation longitudinale instantanée $11000 \times (f_{c28})^{1/3}$	E_i	34179, 56M
Module de déformation longitudinale différée $37000 \times (f_{c28})^{1/2}$	E_v	11496, 76M
Coefficient de poisson	γ	0.20
ELS : $\sigma_{b,adm} = 0,6 \times f_{c28}$	$\sigma_{b,adm}$	18 MPa
ELU _{fréquent} : $\sigma_{b,adm} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\theta \times 1,5}$	$\sigma_{b,adm}$	17 MPa
ELU _{accidentel} : $\sigma_{b,adm} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\theta \times 1,15}$	$\sigma_{b,adm}$	22, 17 MPa
Poids volumique du béton armé	γ_b	25 kN/m³
Coefficient de dilatation thermique du béton		$10^{-5}/\text{C}$

Tableau 17 : Caractéristiques de l'acier

Caractéristiques de l'acier à utiliser	Symboles	Valeurs
Nuance de l'acier	Fe E 500	500 MPa
Limite d'élasticité	f_e	500 MPa
Coefficient de fissuration	η	1,6 pour HA
Coefficient de scellement	Ψ_s	1,5 pour HA

Tableau 18 : Contraintes limites de l'acier

ELU		ELS
Fondamentaux	Accidentels	Fissuration préjudiciable $\eta = 1,6$
Fe/1,15=434,78 MPa	Fe/1=500 Mpa	250 MPa

Plan de ferrailage

Les calculs pour le dimensionnement du dalot sont en annexe, nous avons obtenu des sections d'acier minimum pour chacun des éléments ce qui explique le ferrailage suivant :

Tableau 19 : Récapitulatif des sections d'aciers des cellules du dalot 2*1*1

N°	DESIGNATION		Acier As	Espacement	Acier Ar	Espacement
1	Dalle de Couverture	Supérieure	4HA12	25cm	5HA10	20,0cm
		Chapeau	4HA12	25cm	5HA10	20,0cm
		Inférieure	4HA12	25cm	5HA10	20,0cm
3	Radier de fondation	Supérieure	4HA12	25cm	5HA10	20,0cm
		Chapeau	4HA12	25cm	5HA10	20,0cm
		Inférieure	4HA12	25cm	5HA10	20,0cm
	Piédroit central	Nappe de gauche	5HA12	20cm	5HA10	20,0cm
		Nappe de droite	5HA12	20cm	5HA10	20,0cm
4	Piédroits de rive	Nappe de gauche	4HA12	25cm	5HA10	20,0cm
		Nappe de droite	4HA12	25cm	5HA10	20,0cm

Pour le dimensionnement des murs en ailes,

Tableau 20 : Récapitulatif des sections d'aciers des murs en ailes du dalot 2*1*1

N°	DESIGNATION		Acier As	Espacement	Acier Ar	Espacement
1	Radier de fondation	Supérieur	4HA8	25,0cm	6HA8	16,7cm
		Inférieur	4HA10	25,0cm	6HA8	16,7cm
2	Piédroits	Extérieure	4HA10	25,0cm	6HA8	16,7cm
		Intérieure	4HA8	25,0cm	6HA8	16,7cm

Pour le dimensionnement des autres ouvrages transversaux, nous avons utilisé le logiciel CYPE16 qui nous a permis de faire ressortir des récapitulatifs des opérations et des plans de ferrillages. Ces documents sont en annexe.

b. Dimensionnement structural des caniveaux

Suite aux résultats obtenus à l'issu du calcul de débits des ouvrages longitudinaux, des caniveaux de forme rectangulaire seront construits de part et d'autre de la chaussée pour servir d'évacuation des eaux de la chaussée et des bassins versants environnants. Les ouvrages longitudinaux pour l'évacuation des eaux de pluies ont été dimensionné du côté droit (amont) en fonction des bassins versants récences et du côté gauche (aval) nous avons retenues une section uniforme minimale de 80x80 cm pour canaliser les eaux de pluies qui tombent sur le toit de la route et s'écoulent de ce côté.

Dimensionnement manuel : cas du caniveau 100*80*200

Hypothèses de calcul

✚ Norme de dimensionnement

- Fascicule 61 titre 2
- BAEL 91 modifié 99

Caractéristique des matériaux

Béton

- Dosage : 350 kg/m³ de CPA 42.5
- Résistances caractéristiques : $f_{c28} = 25$ MPa ; $f_{t28} = 2,1$ MPa
- Coefficient de sécurité : $\gamma_b = 1,5$
- Plus gros granulats : $\phi = 25$ mm
- Contrainte admissible à l'ELS : $\sigma_{bc} = 0,6.f_{c28} = 15$ MPa

✚ Acier

- Acier haute adhérence (HA) de nuance Fe E400
- Limite d'élasticité $f_e = 400$ MPa
- Coefficient de sécurité $\gamma_s = 1,15$
- Coefficient d'adhérence $\eta = 1,6$
- Contrainte limite des aciers à l'ELS, pour une fissuration préjudiciable

$$\sigma_s = \max \left(\frac{1}{2} f_e ; \min \left(\frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{\eta \cdot f_{t28}} \right) \right) = 201,63 \text{ MPa}$$

✚ Sol

- Poids volumique des terres $\gamma = 20$ KN/m³
- Coefficient de poussée $k_a = 0,33$

✚ Le ferrailage

Les calculs pour le dimensionnement du caniveau sont en annexe. Le ferrailage obtenu est le suivant :

Tableau 21 : Ferrailage du caniveau 100*80*200

Désignation	FACE	FERRAILLAGE				
		Section d'acier (cm ²)			Choix des aciers	Espacement
		Type	Théorique	Réelle		
Dalette	Double nappe	Principaux	2 x 6,27	7,85	HA10	10
		Répartition	2 x 2,09	2,51	HA8	20
Piédroit	Contre terre	Verticale	2 x 1,30	1,98	HA6	15
		Horizontal	0,13	1,41	HA6	20
	Libre	Verticale	2 x 1,30	1,98	HA6	15
		Horizontal	0,13	1,41	HA6	20
Radier	Double nappe	Principaux	2 x 2,11	2,51	HA8	10
		Répartition	0,54	1,98	HA6	20

Conclusion partielle

Les résultats obtenus à l'issue du calcul de débits nous ont permis de trouver les sections des ouvrages longitudinaux et transversaux. Nous avons aussi procédé aux dimensionnement manuel d'un dalot et d'un caniveau. Les détails de calculs se trouvent en annexe.

Chapitre V. Signalisation, environnement et cout du projet

Introduction partielle

Cette partie constera d'abord à faire une proposition de signalisation routière, puis faire aperçu environnemental et social afin d'évaluer les impacts qu'engendrons ce projet, et enfin faire une proposition financière en tenant compte des réalités actuelles.

V.1. Proposition de signalisation routière

La signalisation routière permet d'informer les usagers, qu'ils soient conducteurs ou piétons, quant aux règles à respecter lors de leurs déplacements. Qu'elle soit verticale ou horizontale, permanente ou temporaire, la signalisation routière a été conçue et intégrée dans le code de la route avec un objectif très précis : limiter les causes d'accident de la route ; raison pour laquelle il existe des signalisations et des pré-signalisations. [9]

Durant et après des travaux de construction d'une route, il est prudent de prévenir et guider les usagers. Vu l'agiotage sur le tronçon de la route départementale n°152 à voie de contournement de Ouagadougou sur lequel nous travaillons, l'aspect signalisation n'est pas un aspect à négliger, d'autant plus que nous sommes en zone urbaine.

V.1.1. La signalisation temporaire

La signalisation temporaire est symbolisée par la couleur jaune des panneaux et du marquage au sol. Elle indique la proximité avec des difficultés de circulation temporaires ou des travaux. Même lorsqu'il n'existe pas de limitation de vitesse, elle permet de sensibiliser les conducteurs afin qu'ils ralentissent d'eux-mêmes. Elle sera utilisée au cours de la réalisation de la route et des différents ouvrages. Elle aura comme objectifs de :

- Garantir la sécurité des usagers de la route ainsi que celle des travailleurs du chantier routier ;
- Renseigner, d'avertir et d'orienter les usagers de la route ;
- Protéger les zones de travaux accidentées (caniveaux, dalot, etc.).



Figure 26 : Déviation temporel / Signal de fin de chantier / Cône de signalisation / Route barrée / Attention travaux

V.1.2. La signalisation permanente

a. La signalisation verticale

Il s'agit des symboles implantés dans des points remarquables le long du tronçon avec pour but de fournir des renseignements aux usagers afin d'assurer leur sécurité.

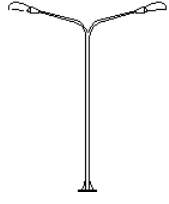
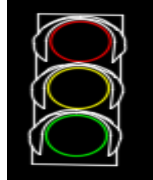
Ce type de signalisation répond à trois missions fondamentales :

- Avertir des dangers à l'aide des panneaux triangulaires
- Signaler une interdiction ou une obligation à l'aide des panneaux ronds
- Donner des indications et des informations lors d'un trajet

Quant à leur implantation, il faut dire que le panneau est dirigé face à la direction suivie par l'utilisateur concerné. La face du panneau est légèrement inclinée vers l'extérieur de la chaussée pour éviter les reflets en circulation nocturne et le support des panneaux est placé à 1m du bord de la chaussée. Le nombre de panneaux projetés en fonction de leurs catégories sont fournis dans le tableau suivant :

Tableau 22 : Signalisation verticale

Panneaux	Type	Rôle	Zone d'implantation	Position	Nb
	Présignalisations de cassis ou dos d'âne	Indique qu'il y'aura un cassis	50 m avant le danger	Avant les dos d'âne	9
	Signalisations de cassis ou dos d'âne et limitation de vitesse à 30 km/h	Indique la présence d'un cassis et qu'il faut ralentir	Signal de position	A l'approche d'un lieu public (marché, église, école, ...)	9
	Signalisations de cassis ou dos d'âne	Indique un passage d'enfants	Signal de position	Devant les écoles	4
	Les panneaux Stop	Indiquent une obligation de s'arrêter	Signal de position	Sur les voies secondaires, les bretelles	27
	Panneau de limitation de vitesse	Indique que dans la zone la vitesse est limitée à 50 km/h sauf si autre précision	Signal de position	Entrée d'agglomération	1
	Signalisation de route priorité	Indique que nous sommes sur une route prioritaire	Signal de position	Entrée d'agglomération	1
	Signal de localisation	Indique que nous sommes sur la RN4	Signal de position	Entrée d'agglomération	1
	Balise délimitateur	Permet de baliser les limites de la chaussée au	Signal de position	Au début et à la fin d'un ouvrage	22

		niveau des ouvrages			
	Lampadaire ou candélabre de 15m	Eclairage de la circulation		A chaque 53m	169
	Feux tricolore	Règlementation de la circulation	Signal de position	A l'intersection de grandes voies	20

V.1.3. La signalisation horizontale

La signalisation horizontale fait référence aux marquages au sol à peinture se trouvant sur la chaussée.

- Les ralentisseurs

Les ralentisseurs sont des aménagements modérant la vitesse. Ils sont espacés d'au maximum 150 mètres avec les autres aménagements. Ils doivent avoir une hauteur ne dépassant pas 10 cm, la largeur 4 m et sont combinés avec d'autres aménagements. Les ralentisseurs sont précédés de panneaux de pré-signalisation de ralentisseurs ; de limitation de vitesse à 30km/h et de positionnement de ralentisseurs :

- En générale, nous avons utilisé les ralentisseurs de type dos d'âne qui a un profil en long de forme circulaire vitesse ;

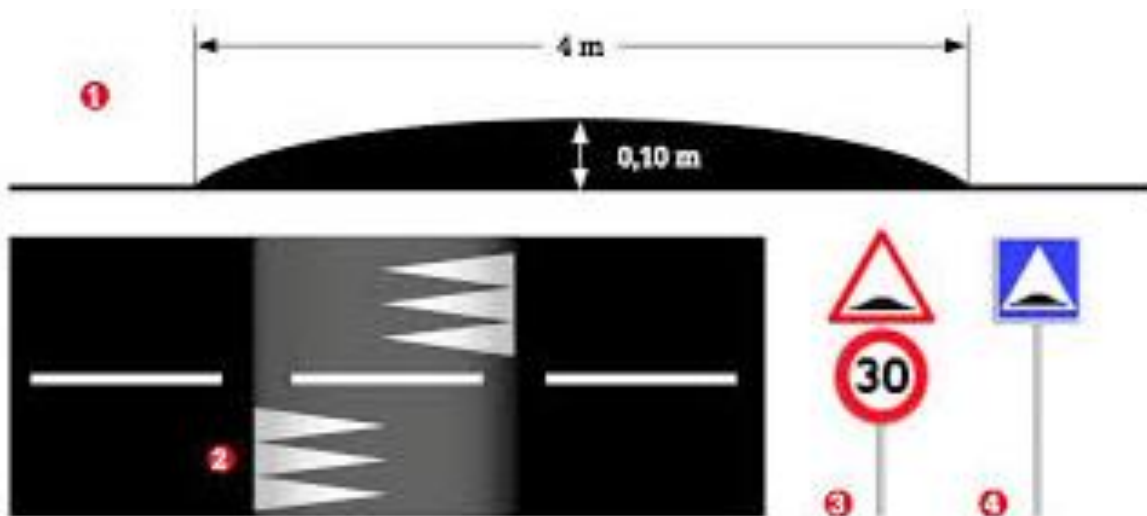


Figure 27 : Ralentisseur de type dos d'ane

- A l'approche des lieux publics, nous avons utilisé les ralentisseurs trapézoïdaux qui comportent un plateau surélevé et deux parties en pente et comporte obligatoirement un passage piéton.

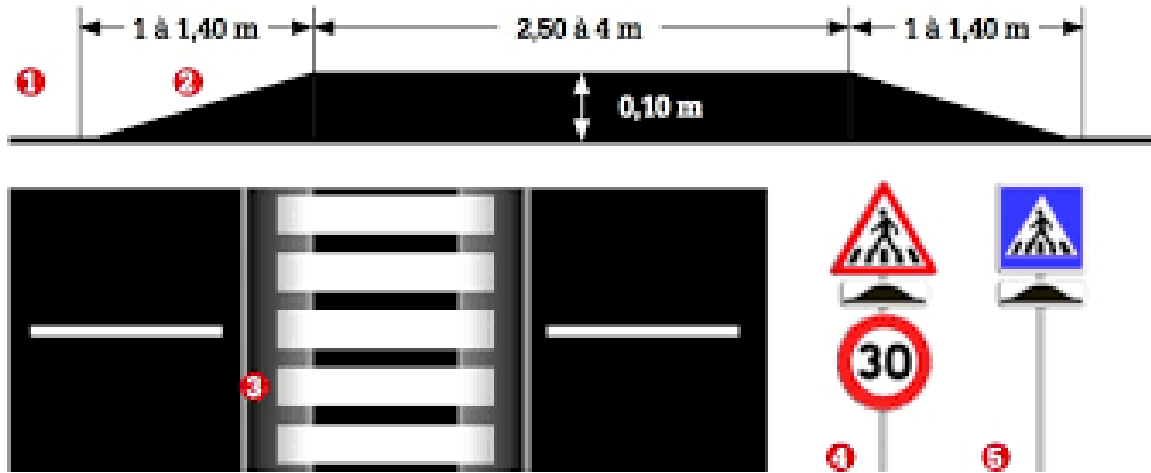


Figure 28 : Ralentisseur trapézoïdaux

- Les lignes
 - Les lignes discontinues de délimitation des voies, utilisées pour la séparation des voies ;
 - Les lignes continues utilisées pour délimiter les voies dérasées de gauche et de droite.

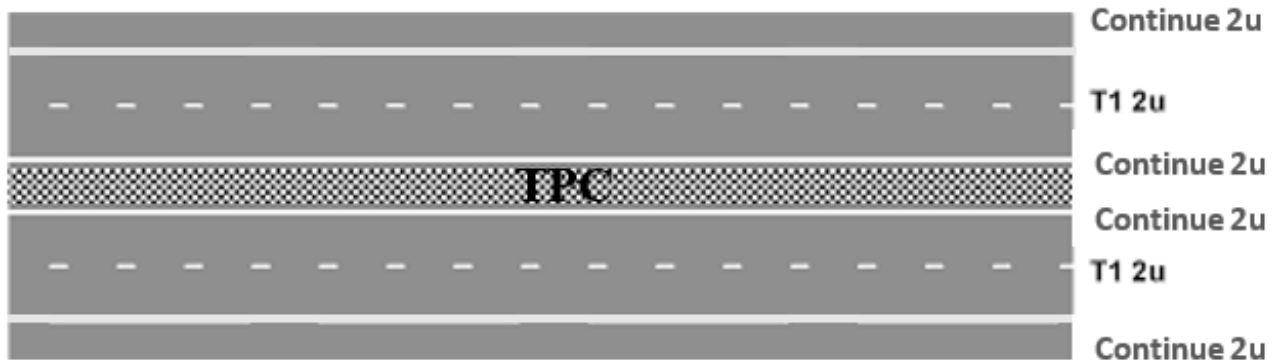


Figure 29 : Lignes de signalisation

La valeur de « u » est liée au type de route. Pour le projet la valeur de « u » retenue est égale à 6 cm comme prescrit dans le tableau suivant donnant les différentes valeurs de « u » en fonction du type de route.

Tableau 23 : Valeur de "u" en fonction du type de voie

Type de routes	Valeur de « u »
Autoroutes	7,5 cm
Routes à chaussées séparées	
Routes à 4 voies de rase campagne	
Routes importantes, notamment routes à grande circulation	6 cm
Autres routes	5 cm
Lignes tracées sur les pistes cyclables	3 cm

Les caractéristiques des lignes sont résumées dans le tableau suivant

Tableau 24 : Caractéristiques des lignes

N°	Désignation	Modulation	Longueur des lignes (m)	Espacement entre les lignes (m)	Largeur des lignes (cm)
1	Ligne discontinue de largeur 2u	T1	3	10	15
6	Ligne continue de largeur 2u	T2	Continue	-	15

Source : Instruction interministérielle sur la signalisation routière du 22 octobre 1963

V.1.4. Equipements de sécurité individuelle

Un équipement de protection individuelle (EPI) est un dispositif ou moyen destiné à être porté ou tenu par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa sécurité ou sa santé au travail. Toutes personnes sur le chantier devra porter un EPI, des ouvriers aux responsables. Les EPI n'éliminent pas les dangers : ils les réduisent. Ils sont utilisés comme mesure de dernier recours, c'est-à-dire lorsque des moyens de prévention plus efficaces ne peuvent être utilisés ou en attendant qu'ils puissent l'être. L'objectif ultime est toujours d'éliminer les dangers à la source.



Figure 30 : Les équipements de protection individuel

V.2. Proposition d'entretien de la route

. Il comporte un ensemble de tâches variées relatives à la route. Ceci implique des méthodes, des moyens et des connaissances techniques

V.2.1. L'entretien courant

L'entretien courant (EC) est l'ensemble des Interventions « légères » d'entretien, à assurer tout au long de l'année afin de prolonger le plus possible, et à moindre frais, la durée de vie d'une route. Il concerne :

- ✚ Curage fossés et dalots c'est-à-dire le nettoyer en retirant les matériaux indésirables pour le ramener à son état initial et restaurer sa fonctionnalité hydraulique ;
- ✚ Point-à-temps c'est-à-dire une technique qui répare la chaussée ponctuellement, là où elle a subi des dégradations comme des nids de poule dès son apparition, avant qu'il ait pu provoquer des dégâts structurels.

V.2.2. L'entretien périodique

L'entretien périodique (EP) est l'ensemble des interventions « semi-lourdes » d'entretien, à prévoir périodiquement pour préserver la structure de la chaussée en renouvelant sa couche de

surface tous les 7 ans. Il consiste à la réalisation d'un nouvel enduit d'usure sur les routes revêtues. Il rajeunit la couche de surface, sans rénover la structure même de la chaussée.

V.3. Aperçu environnemental et social

Les travaux d'élargissement de la RN4 occasionneront des impacts aussi bien négatifs que positifs sur l'environnement et le milieu social. La prise en charge de ces impacts passe obligatoirement par la maîtrise de ses nuisances et autres désagréments. Ainsi, conformément à la législation en vigueur, et dans une optique de minimiser les impacts négatifs, des mesures doivent être prises lors de la mise en œuvre du projet. L'objectif de cet aperçu environnemental et social est de prendre en compte la protection de l'environnement et du milieu social dans le cadre de la réalisation des travaux conformité aux exigences légales nationales et des bailleurs de fond applicables en matière environnementale et sociale. Toute chose qui contribuera à faciliter l'insertion du projet dans son environnement.

V.3.1. Situation actuelle

Une visite sur les lieux a permis de constater de nombreuses activités commerciales, des bornes d'ONEA et des poteaux électriques sur le long de la RN4. Nous remarquons aussi la présence sur l'emprise de quelques infrastructures socio-économiques en l'occurrence des écoles, des lycées, des églises, des stations d'essence, des sociétés et usines telles que la brasserie LIPS, Burkina équipement. Sur le plan démographique, la population de SAABA s'accroît de manière exponentielle selon le rapport préliminaire du recensement général de la population et de l'habitat de 2019 [1]. Les activités industrielles, artisanal et celles du secteur agro-pastoral y sont beaucoup pratiquées. En outre, le tronçon de la route du projet est longé par quelques infrastructures de concessionnaires que sont la Société Nationale d'Électricité (SONABEL) et l'Office National de l'Eau, Assainissement (ONEA).



Figure 31 : Petits commerces le long de la RN4



Figure 32 : Circulation sur la RN4

V.3.2. Détermination des sources d'impacts

Vu que la route est en zone urbaine, le principal impact sera sur la population riveraine et les transports qui empruntent cette route qui devront modifier leur mode de vie et leur trajectoire. Nous avons recensé dans le tableau suivant, les activités du projet susceptibles d'avoir des impacts dur le milieu du projet.

Tableau 25 : Détermination des activités sources d'impacts

Etapes	Activités sources d'impacts	Intensité
Préparation et installation du chantier	<ul style="list-style-type: none"> - Préparation du terrain (Décapage, nettoyage) - Coupe d'arbres - Délocalisation des riverains - Aménagement de la base vie des travailleurs sur le site - Installations et infrastructures temporaires 	Moyen
Construction	<ul style="list-style-type: none"> - Nivellement du terrain et de préparation a la réception des couches - Activités d'aménagement du terrain nivelé et enduit de bitumes - Prélèvement de terre pour les travaux de construction - Gestion et d'entreposage des matériels de chantiers (camions, bull, chargeuse, pelle hydraulique...), des matériaux destinés au chantier (sable, ciment, terre d'emprunt ...), des matières dangereuses et des contaminants (hydrocarbures, ...). - Activités liées à la circulation des véhicules, des camions et des engins de chantier, incluant l'approvisionnement en matériaux, le ravitaillement en hydrocarbures, l'entretien des véhicules et de la machinerie, et les déplacements de la main- d'œuvre produisant du bruit, des poussières et des odeurs. - Présence des employés sur le chantier - Prélèvement d'eau pour les travaux de construction - Plantation, arrosage et traitement des plantes 	Fort
Exploitation et maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de la route et déplacement des différents types d'engins - Gestion des eaux déversé sur la route - Présence des riverains, les villageois et les visiteurs - Arrosage et entretien des plantes planté pendant la construction de la route 	Faible

La mise en œuvre du projet entraînera le déplacement d'infrastructures socio-économiques dans l'emprise du tronçon de route concernée par le projet. Le tableau ci-après donne la répartition de l'ensemble des infrastructures à déplacer dans le cadre de projet

Tableau 26 : Infrastructure à déplacer

Type d'infrastructure	Quantités estimatives
Arbres	100
Constructions (Habitations, commerce, écoles, structures, ...)	30
Poteaux électriques	50
Bornes fontaine	50

V.3.3. Identification des principaux impacts positifs et négatifs environnementaux et sociaux potentiels

Le tableau à l'annexe 2 présente l'identification des principaux impacts positifs et négatifs qui sont susceptibles d'être induits sur les différentes composantes environnementales et sociales.

V.3.4. Identifications des risques

Construire des routes n'est pas sans risques pour la société et l'environnement. Les risques que nous avons identifiés sont présents ici :

- Risques de refus de recasement/relocalisation de certains arbres, maison ou boutique de marché par les riverains dans l'emprise de la route ;
- Risques liés à l'installation général et des équipements ;
- Risques liés à l'exploitation des sites d'emprunts et au prélèvement d'eau
- Risques liés à la circulation et au déplacement sur le site et aux alentours du site de la construction ;
- Risques liés à l'exploitation/maintenance de la route et ses composantes ;
- Risques liés à la manipulation des engins de terrassements et géotechniques sur le chantier ;
- Risques de catastrophes liés aux changements climatiques (sècheresse, forte précipitation, vents violent, inondation...) ;
- Risques liés aux violences basées sur le genre (VGB), les Exploitation et Abus Sexuels (EAS) et les Harcèlement Sexuel (HS) ;
- Risques de contraction de grossesses non désirées et de propagation de maladies (IST, VIH/SIDA, COVID 19, hépatites)
- Risques liés aux manques d'hygiène.

V.3.5. Mesures d'atténuation

Face à tous les risques et impacts que le projet d'élargissement de notre tronçon de la RN4 entrainera, nous avons pris des mesures le but d'atténuer leurs effets qui sont :

Tableau 27 : Mesures d'attenuations

Nature d'impact	Etapas	Récepteurs d'impacts
Économie	Population	Indemnisation d'expropriation des riverains suite aux dégâts engendrés par le projet
		Compensations financières pour les commerces et entités délocalisées
Occupation du territoire	Lotissements	Lotir et viabiliser de nouveaux sites
		Attribution de sites compensatoires
	Relocalisation	Reloger ces déguerpis
Paysage	Environnement	Respect des clauses techniques et environnementales consignées dans le cahier des charges, des normes de rejets de polluants dans l'air

		Occasionner le moins de déchets papiers, plastiques et métallique possible en priorisant les préfabriqués pour les caniveaux, les camions toupies pour le béton à couler sur place
	Sol	Bonne gestion des zones d'emprunt et de carrières qui devront être comblées par la suite
	Végétation	Restauration du couvert végétal
		Planter des arbres de compensation (300 arbres) le long du tronçon à aménager, et dans les espaces disponibles
		Planter des arbres sur le terreplein central
Eaux	Eviter la pollution de l'eau avec les huiles, essences, sacs de ciments, déchets plastiques ...	
Protection de la population	Air	Arroser systématiquement et suffisamment les emprises des travaux et des pistes d'accès aux zones d'emprunt de matériaux aux traversées de zones habitées ; Limiter la vitesse des véhicules sur le chantier et les pistes d'accès
	Santé	Sensibilisation des ouvriers et des populations environnantes des sur les maladies sexuellement transmissibles
	Culture	Respecter les cultures et coutumes des riverains
Sensibiliser le personnel de chantier au respect des us et coutumes locaux		
Sécurité	Circulation	Aménagement de routes de déviations
	Signalisation	Mettre en place une signalisation adéquates provisoire pour les déviations du chantier et la sécurité des usagers
	Protection	Fournir des EPI (équipement de protection personnel) avec port obligatoire

V.4. Etude financière

V.4.1. Méthode de l'étude

Le métré ou devis quantitatif estimatif est le résultat d'un processus d'analyse visant à la valorisation économique des quantités. Il est obtenu en multipliant les quantités relevées pour chaque ouvrage et leur prix correspondant du bordereau des prix du projet ; de cette façon on calcule le coût partiel de chaque étape de réalisation du projet pour obtenir au final le cout général du projet. Pour cela nous avons utilisé le mercurial des prix de construction de la ville de Ouagadougou 2022 [10] pour avoir les prix unitaires.

Nous avons pris les prix du code 03.3.6 du mercurial des prix qui concernent « la construction des routes bitumées ». Nous y avons considéré les prix moyens pour l'estimation des couts des travaux. Les éléments de l'étude financière sont détaillés en annexe. On retient de cette étude, que le cout total du projet s'élève à

12 115 095 473 Fcfa hors taxe et **14 538 114 568 FCA TTC.**

Ces montants sont répartis comme suit :

Activités	Montant FCFA
INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER	147 613 100
DEGAGEMENT DES EMPRISES	233 531 520
TERRASSEMENTS GENERAUX	1 031 442 240
EXECUTION DE LA CHAUSSEE	4 712 251 920
ASSAINISSEMENT	2 818 632 234
SIGNALISATION-SECURITE-ECLAIRAGE	1 415 267 920
MESURE SOCIALE ET ENVIRONNEMENTALES	884 228 800

V.4.2. Interprétation

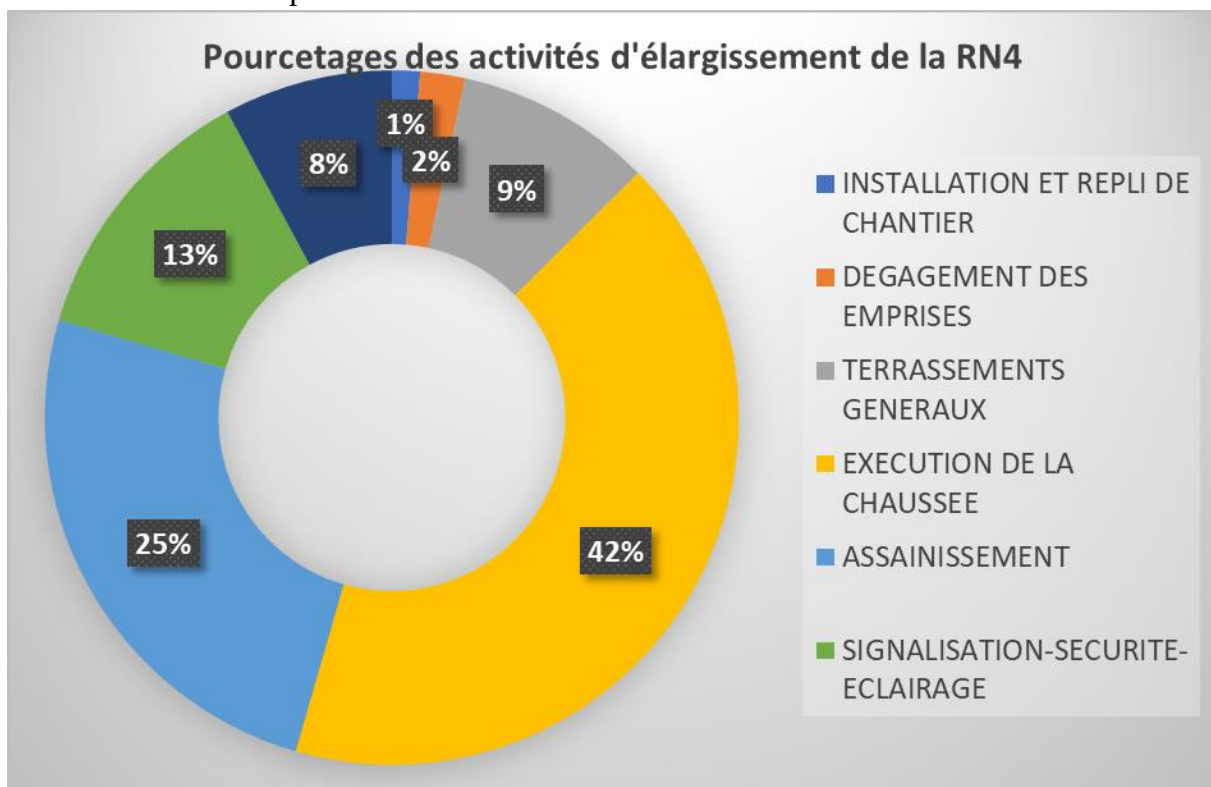


Figure 33 : Pourcentage des activités d'élargissement de la RN4

Tout d'abord, on peut ainsi dire que les phases qui nécessitent les plus de fonds sont la phase d'exécution de la chaussée, d'assainissement et de signalisation et sécurité avec l'exécution de la chaussée qui représente à elle seule un peu plus de 40% du budget total. Suivent ensuite les terrassements généraux, mesures environnementales et sociales, le dégagement des emprises et enfin l'installation de chantier.

Conclusion partielle

Vu l'ampleur des travaux que l'élargissement de la RN4 engendra, la prévision des voies de déviations adaptées et les signalisations temporaires et permanentes sont importantes pour la sécurité des conducteurs, de la population et des personnes qui travaillerons sur le chantier. L'aperçu environnemental et social s'est essentiellement intéressé aux caractéristiques de la zone d'influence du projet, aux impacts probables et risques ainsi qu'aux mesures d'atténuations préconisées. Le budget total de notre route est de **14 538 114 568 FCA TTC**. Malgré le pourcentage insignifiant que représente le cout de certaines activités telle que l'installation de chantier, ce sont des étapes nécessaires au bon déroulement de toutes les activités de réalisations du projet.

CONCLUSION GENERALE

Nous sommes au terme de cette étude où il était question de faire une Etude technique détaillée de l'élargissement de la RN4 du Burkina Faso de 1x2voies à 2x2 voies. A cet effet, nous avons tout d'abord fait un état des lieux et un diagnostic des ouvrages hydrauliques existants. Ensuite nous avons, à l'issue des résultats géotechniques, proposé une structure de chaussée manuellement et par le logiciel piste5 constituée d'une couche de roulement en béton bitumineux (5cm), une couche de base en grave bitume (15cm), une couche de fondation en graveleux latéritique naturelle (25cm). Puis, à partir du fond topographique et du lotissement de la zone qui nous a été fourni, nous avons à l'aide des logiciel AutoCAD et Piste réalisé les différentes conceptions géométriques de la route d'où nous avons générés les profils en travers courants et les profils combiné (profil en long et axe en plan). Aussi, nous avons procédé à une étude hydrologique et hydraulique et au dimensionnement des ouvrages. Aussi, il est suggéré la prise en compte effective des mesures environnementales et sociales afin que le projet s'insère de façon harmonieuse et sans conflit dans sa zone. L'estimation du cout du projet est à **14 538 114 568 FCA TTC** soit un montant de **1 626 187 312 FCA TTC**. Cet élargissement de voie favorisera surtout l'amélioration des conditions de circulation dans la zone du projet et la structuration du réseau routier national.

L'étude de l'élargissement d'une route est extrêmement complexe vue la prise en compte de divers aspects, économiques et sociales et aussi les perturbations de toute sortes que vont entrainer le chantier. Voilà pourquoi nous recommandons :

- Un temps d'exécution réduit au maximum possible pour éviter d'étaler les inconvénients du chantier sur le temps ;
- A l'entreprise, de veiller au respect des règles de sécurités du chantier pour éviter d'éventuels accidents ;
- La bonne réalisation et la vérification du CBR des différentes couches de la route pour éviter les déformations structurales ;
- Des entretiens courants et périodiques de la route respectés.

Bibliographie

- [1] « Rapport préliminaire du recensement général de la population et de l'habitat de 2019, ». Institut national de la statistique et de la démographie, Burkina Faso, septembre 2020.
- [2] Issoufou Ouédraogo, « Route nationale N°4 : Bientôt la fin du calvaire pour les usagers », 21 septembre 2020.
- [3] Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, « Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines ICTAVRU ». CERTU, 2006.
- [4] « GUIDE ASSAINISSEMENT & MATÉRIAUX TRAVAUX PUBLICS ». Société de consolidis.
- [5] Alain FRERET, « Guide pratique pour la conception géométrique des routes et autoroutes et autoroute ». 61 Boulevard Saint-Germain - 75005 Paris, 1981.
- [6] Alain MOREL A L'HUISSIER, « L ' ASSAINISSEMENT DES EAUX PLUVIALES EN MILIEU URBAIN TROPICAL SUBSAHARIEN ». 1996.
- [7] CIEH, ORSTOM, et LCT-CEMAGREF.-ENGREF, « Crues et apports, Manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche ». 2 mars 1998.
- [8] « BCEOM_Hydraulique routière, », Nguyen VAN TUU, 1981.
- [9] « Signalisation routière ». [En ligne]. Disponible sur:
<https://www.ornikar.com/code/cours/signalisation>
- [10] « Mercuriale des prix 2022 », *Autorité de la régulation de la commande public*, [En ligne]. Disponible sur : <https://www.arcop.bf/mercuriale-des-prix-2020/>

ANNEXES

Annexe 1 : Recapitulatif du sondage sur la RN4

Point de sondage	95% de l'OPM	
	CBR	Classe
Profil 1	9	S2
Profil 3	59	S5
Profil 21	22	S4
Profil 40	8	S2
Profil 56	29	S4
Profil 75	33	S5
Profil 91	17	S4
Profil 108	20	S4
Profil 123	12	S3
Profil 140	43	S5
Profil 157	56	S5
Profil 174	12	S3
Profil 191	15	S3
Profil 224	29	S4
Profil 242	33	S5
Profil 261	10	S2
Profil 281	9	S2
Profil 299	21	S4
Profil 320	73	S5
MOYENNE	28,4	S4

Annexe 2 Activité du projet source d'impact

	Etapes	Récepteurs d'impacts	Impacts environnementaux et sociaux
NÉGATIF	Préparation et installation du chantier	Paysage	Modification du relief et du paysage
		Sols	Destruction en profondeur du profil initial des sols sur toutes les surfaces des excavations, tassements marginaux, constitution de sites d'érosion au niveau des zones d'emprunts non remis en état
		Eaux	Pollution des eaux par des déchets solides et liquides de chantier, Concurrence d'usage, Pression négative sur la qualité et la quantité de la ressource en eau.
		Air	Dégradation de la qualité de l'air à l'origine de maladies respiratoires pour la population riveraine et le personnel de chantier
		Ambiance sonore	Nuisances sonores, pour le personnel, les populations et services riverains dues aux bruits, vibrations des véhicules et engins de chantier camions, niveleuses, etc.
		Végétation	L'abatage d'environ 100 arbres de l'emprise de la route
		Faune	Destruction de niches écologiques ou diminutions de certaines espèces, collisions entre animaux et véhicules de transport de matériaux dans les sites d'emprunt à la traversée de zones habitées
		Occupation du territoire	La délocalisation des commerces et des habitants présents sur l'emprise de la route, démolitions diverses et occupation du territoire par les engins de terrassement
		Réseaux	Suspension temporaire de réseaux de concessionnaires (ONEA et SONABEL)
		Économie	Démolition et déplacement d'infrastructures socio-économiques et autres biens dans l'emprise du projet
		Santé	Dégradation de la qualité de la santé et de la sécurité des travailleurs et de la population, propagation de maladies (IST, VIH/SIDA, COVID 19, hépatites)
	Sécurité	Dangers liés accidents de travail et sur le chantier, danger pour la population, insécurité	
Const ructio	Sols	Déblai, remblai et modification des caractéristiques et de la composition du sol	

POSITIF	Exploitation	Eaux	Utilisation de l'eau du marigot Goudrin pour la construction de la voie, contamination de l'eau du marigot, dégradation de la quantité et de la qualité de la ressource en eau
		Air	Pollution de l'air et la dégradation de la qualité de l'air du au déplacement des engins et aux différents travaux
		Ambiance sonore	Nuisances sonores, pour le personnel de chantier, la population et les services riverains
		Faune	La fuite des animaux ou diminutions de certaines espèces, collisions entre les animaux et les véhicules de chantier
		Occupation du territoire	Occupation d'une plus grande surface du territoire par la route et les engins de travaux
		Santé	Dégradation de la qualité de la santé et de la sécurité des travailleurs et de la population, répandage de certaines maladies, IST, maladies pulmonaires, intoxication, ...
		Sécurité	Dangers liés accidents de travail et sur le chantier, danger pour la population, insécurité
	Préparation et installation du chantier	Air	Pollution de l'air, dégagement de gaz carboniques et effets de effets de serres
		Ambiance sonore	Nuisances sonores dû à la circulation et aux klaxons
		Faune	Danger que les usagers cognent les animaux domestiques qui traverse la route
		Santé	Dégradation de la santé respiratoire des populations locales
		Sécurité	Accidents
		Culture	Destruction ou risques de profanation de sites culturels
Préparation et installation du chantier	Sols	Amélioration et nivellement du sol de la route	
	Végétation	Plantation de 300 arbres le long du tronçon de route et dans les espaces disponibles, en compensation des arbres abattus	
	Faune	Constitution de points d'eau pour l'abreuvement des animaux par la valorisation des zones d'emprunt de matériaux	
	Économie	Développement d'activités économiques le long du tronçon de route aménagé, amélioration des retombées économiques pour les commerçants et réduction du niveau de pauvreté	

		Emploie	Créations d'opportunités d'emplois temporaires pour les jeunes de la localité
		Culture	Développement d'activité culturelle et touristique dans la zone du projet.
	Construction	Sols	Amélioration des caractéristiques géométriques de la route
		Économie	Développement des activités commerciales surtout celles en rapport avec la restauration économie de temps
		Emploie	Création d'emplois pour la main d'œuvre locale
		Culture	Développement des activités récréatives de la zone
	Exploitation	Paysage	Développement de la ville, nouvelles constructions, nouvelles architectures, peuplement de la ville
		Eaux	Meilleurs rainages des eaux de pluies
		Occupation du territoire	Nouveaux lotissements et implantation d'infrastructures, station de pétrole, alimentation, commerces, ...
		Économie	Amélioration de la qualité de vie et du bien-être des populations due aux retombées économiques du projet entraînant une réduction du niveau de pauvreté
		Santé	Évacuations plus rapide des blessés, des femmes enceintes et des malades du fait de la fluidification de la circulation
		Sécurité	Réduction des accidents, réduction de l'amortissement des engins, protection des piétons, cyclistes et des automobiles du fait de la séparation des voies
		Emploie	Créations d'emplois et de nouvelles activités
		Culture	Développement du tourisme, amélioration du mode de vie

Annexe 3 Axe en plan

Elément	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	669007.089	1371192.138
D1	ANG = 28.362g	731.763			
			731.763	669667.427	1371507.465
C1	XC= 667512.857 YC= 1376019.430 R = 5000.000	37.310			
			769.073	669701.035	1371523.667
D2	ANG = 28.837g	661.695			
			1430.768	670295.999	1371813.248
C2	XC= 668983.093 YC= 1374510.706 R = 3000.000	2.702			
			1433.469	670298.428	1371814.432
D3	ANG = 28.894g	402.455			
			1835.924	670660.137	1371990.886
C3	XC= 668467.912 YC= 1376484.676 R = 5000.000	18.561			
			1854.485	670676.804	1371999.055
D4	ANG = 29.130g	397.548			
			2252.033	671033.454	1372174.683
C4	XC= 673242.346 YC= 1367689.062 R = -5000.000	22.801			
			2274.834	671053.932	1372184.710
D5	ANG = 28.840g	457.168			
			2732.002	671464.985	1372384.804
C5	XC= 669276.571 YC= 1376880.451 R = 5000.000	24.535			
			2756.537	671487.019	1372395.597
D6	ANG = 29.153g	586.904			
			3343.441	672013.455	1372655.061
C6	XC= 674223.903 YC= 1368170.207 R = -5000.000	12.148			
			3355.589	672024.358	1372660.418
D7	ANG = 28.998g	597.645			
			3953.234	672561.068	1372923.327
C7	XC= 674760.613 YC= 1368433.116 R = -5000.000	2.286			
			3955.520	672563.121	1372924.333
D8	ANG = 28.969g	398.100			
			4353.620	672920.712	1373099.297

C8	XC= 670723.221 YC= 1377590.514 R = 5000.000	1.540			
			4355.160	672922.096	1373099.974
D9	ANG = 28.988g	315.525			
			4670.686	673205.471	1373238.734
Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			4670.685	673205.471	1373238.734
D10	ANG = 28.988g	312.940			
			4983.625	673486.526	1373376.358
C15	XC= 671287.649 YC= 1377866.897 R = 5000.000	5.802			
			4989.427	673491.735	1373378.912
D11	ANG = 29.062g	718.615			
			5708.042	674136.762	1373695.690
C16	XC= 675018.396 YC= 1371900.496 R = -2000.000	5.309			
			5713.351	674141.530	1373698.024
D12	ANG = 28.893g	637.096			
			6350.447	674714.129	1373977.348
C17	XC= 672521.964 YC= 1378471.168 R = 5000.000	11.632			
			6362.079	674724.577	1373982.460
D13	ANG = 29.041g	619.983			
			6982.062	675281.162	1374255.577
C18	XC= 677483.775 YC= 1369766.869 R = -5000.000	10.859			
			6992.922	675290.916	1374260.350
D14	ANG = 28.903g	457.712			
			7450.633	675702.260	1374461.089
C19	XC= 675263.688 YC= 1375359.785 R = 1000.000	1.250			
			7451.884	675703.383	1374461.638
D15	ANG = 28.983g	724.346			
			8176.229	676353.952	1374780.129
C20	XC= 674155.476 YC= 1379270.865 R = 5000.000	13.951			
			8190.180	676366.473	1374786.281
D16	ANG = 29.160g	749.061			
			8939.241	677038.318	1375117.515
LONGUEUR DE L'AXE			8939,241		

Annexe 4 Profil en long

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	286.521
D1	PENTE= 0.029 %	209.823		
			209.823	286.582
PA1	S= 209.9675 Z= 286.5819 R = -1500.00	0.355		
			210.178	286.582
D2	PENTE= -0.042 %	238.753		
			448.930	286.482
PA2	S= 448.7203 Z= 286.4816 R = -1500.00	2.139		
			451.070	286.476
D3	PENTE= -0.470 %	85.836		
			536.905	286.073
PA3	S= 539.2547 Z= 286.0672 R = 1500.00	6.189		
			543.095	286.082
D4	PENTE= 0.768 %	84.112		
			627.207	286.728
PA4	S= 631.0471 Z= 286.7427 R = -1500.00	5.586		
			632.793	286.740
D5	PENTE= -0.349 %	135.946		
			768.739	286.265
PA5	S= 770.4851 Z= 286.2619 R = 1500.00	0.667		
			769.406	286.263
D6	PENTE= -0.216 %	188.743		
			958.150	285.856
PA6	S= 959.2284 Z= 285.8547 R = 1500.00	3.700		
			961.850	285.862
D7	PENTE= 0.524 %	388.005		
			1349.855	287.896
PA7	S= 1347.2335 Z= 287.8893 R = 1500.00	0.289		
			1350.145	287.898
D8	PENTE= 0.582 %	569.771		
			1919.916	291.215
PA8	S= 1917.0045 Z= 291.2067 R = 1500.00	0.169		
			1920.084	291.216
D9	PENTE= 0.616 %	568.878		
			2488.962	294.720

PA9	S= 2492.0418 Z= 294.7297 R = -1500.00	2.076		
			2491.038	294.729
D10	PENTE= 0.201 %	328.830		
			2819.868	295.389
PA10	S= 2818.8639 Z= 295.3878 R = 1500.00	0.265		
			2820.132	295.389
D11	PENTE= 0.254 %	283.956		
			3104.088	296.110
PA11	S= 3102.8199 Z= 296.1081 R = 1500.00	0.203		
			3104.292	296.110
D12	PENTE= 0.294 %	224.597		
			3328.889	296.771
PA12	S= 3330.3608 Z= 296.7736 R = -1500.00	2.222		
			3331.111	296.773
D13	PENTE= -0.150 %	394.770		
			3725.881	296.181
PA13	S= 3725.1309 Z= 296.1813 R = -1500.00	0.938		
			3726.819	296.178
D14	PENTE= -0.338 %	441.715		
			4168.534	294.687
PA14	S= 4166.8462 Z= 294.6901 R = -1500.00	2.932		
			4171.466	294.669
D15	PENTE= -0.924 %	358.326		
			4529.792	291.358
PA15	S= 4534.4117 Z= 291.3368 R = 1500.00	0.416		
			4530.208	291.354
D16	PENTE= -0.841 %	140.478		
			4670.686	290.173
LONGUEUR DE L'AXE 4670.686				
Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			4670.685	290.803
D1	PENTE= -0.812 %	94.713		
			4765.398	290.034
PA1	S= 4753.2215 Z= 290.0832 R = -1500.00	0.706		
			4766.104	290.028
D2	PENTE= -0.859 %	82.177		
			4848.281	289.322
PA2	S= 4835.3987 Z= 289.3774 R = -1500.00	1.912		

			4850.193	289.304
D3	PENTE= -0.986 %	94.994		
			4945.187	288.368
PA3	S= 4959.9810 Z= 288.2946 R = 1500.00	3.561		
			4948.748	288.337
D4	PENTE= -0.749 %	82.185		
			5030.933	287.721
PA4	S= 5019.6995 Z= 287.7633 R = -1500.00	5.664		
			5036.597	287.668
D5	PENTE= -1.126 %	75.841		
			5112.437	286.814
PA5	S= 5121.4493 Z= 286.7630 R = 800.00	2.443		
			5114.881	286.790
D6	PENTE= -0.821 %	93.638		
			5208.519	286.021
PA6	S= 5215.0873 Z= 285.9942 R = 800.00	5.150		
			5213.669	285.995
D7	PENTE= -0.177 %	103.045		
			5316.715	285.813
PA7	S= 5318.1328 Z= 285.8115 R = 800.00	3.144		
			5319.859	285.813
D8	PENTE= 0.216 %	155.356		
			5475.216	286.149
PA8	S= 5478.4526 Z= 286.1521 R = -1500.00	2.830		
			5478.046	286.152
D8'	PENTE= 0.027 %	284.304		
			5762.350	286.229
PA9	S= 5762.1332 Z= 286.2291 R = 800.00	0.377		
			5762.727	286.229
D9	PENTE= 0.074 %	291.096		
			6053.823	286.445
PA10	S= 6054.9372 Z= 286.4459 R = -1500.00	1.633		
			6055.456	286.446
D10	PENTE= -0.035 %	178.914		
			6234.370	286.384
PA11	S= 6233.5051 Z= 286.3841 R = -2500.00	0.237		
			6234.607	286.384

D11	PENTE= -0.044 %	282.742		
			6517.349	286.259
PA12	S= 6516.6875 Z= 286.2594 R = -1500.00	0.718		
			6518.066	286.259
D12	PENTE= -0.092 %	218.470		
			6736.536	286.058
PA13	S= 6737.9150 Z= 286.0574 R = 1500.00	1.933		
			6738.469	286.057
D13	PENTE= 0.037 %	220.277		
			6958.746	286.139
PA14	S= 6959.3004 Z= 286.1389 R = -1500.00	16.541		
			6975.287	286.054
D14	PENTE= -1.066 %	232.930		
			7208.217	283.571
PA15	S= 7234.8610 Z= 283.4293 R = 2500.00	2.757		
			7210.974	283.543
D15	PENTE= -0.955 %	202.136		
			7413.110	281.612
PA16	S= 7427.4423 Z= 281.5436 R = 1500.00	6.915		
			7420.025	281.562
D16	PENTE= -0.495 %	126.304		
			7546.329	280.937
PA17	S= 7553.7462 Z= 280.9190 R = 1500.00	4.012		
			7550.341	280.923
D17	PENTE= -0.227 %	131.436		
			7681.776	280.624
PA18	S= 7685.1821 Z= 280.6206 R = 1500.00	7.076		
			7688.852	280.625
D18	PENTE= 0.245 %	150.609		
			7839.461	280.994
PA19	S= 7835.7910 Z= 280.9891 R = 1500.00	5.252		
			7844.713	281.016
D19	PENTE= 0.595 %	134.836		
			7979.549	281.818
PA20	S= 7988.4712 Z= 281.8442 R = -1500.00	3.378		
			7982.927	281.834
D20	PENTE= 0.370 %	103.775		

			8086.701	282.218
PA21	S= 8083.7444 Z= 282.2121 R = 800.00	2.426		
			8089.127	282.230
D21	PENTE= 0.673 %	129.285		
			8218.412	283.100
PA22	S= 8228.5038 Z= 283.1340 R = -1500.00	2.612		
			8221.024	283.115
D22	PENTE= 0.499 %	99.571		
			8320.595	283.612
PA23	S= 8328.0753 Z= 283.6305 R = -1500.00	1.148		
			8321.743	283.617
D23	PENTE= 0.422 %	107.570		
			8429.314	284.071
PA24	S= 8435.6457 Z= 284.0846 R = -1500.00	1.888		
			8431.202	284.078
D24	PENTE= 0.296 %	150.465		
			8581.667	284.524
PA25	S= 8577.2227 Z= 284.5172 R = 1500.00	1.238		
			8582.905	284.528
D25	PENTE= 0.379 %	132.250		
			8715.155	285.029
PA26	S= 8709.4729 Z= 285.0181 R = 1500.00	1.695		
			8716.850	285.036
D26	PENTE= 0.492 %	92.707		
			8809.557	285.492
PA27	S= 8816.9341 Z= 285.5104 R = -1500.00	18.702		
			8828.259	285.468
D27	PENTE= -0.755 %	110.982		
			8939.241	284.630
LONGUEUR DE L'AXE 4268.556				
LONGUEUR TOTAL DE L'AXE			8939,241	

Annexe 5 Profils en travers type

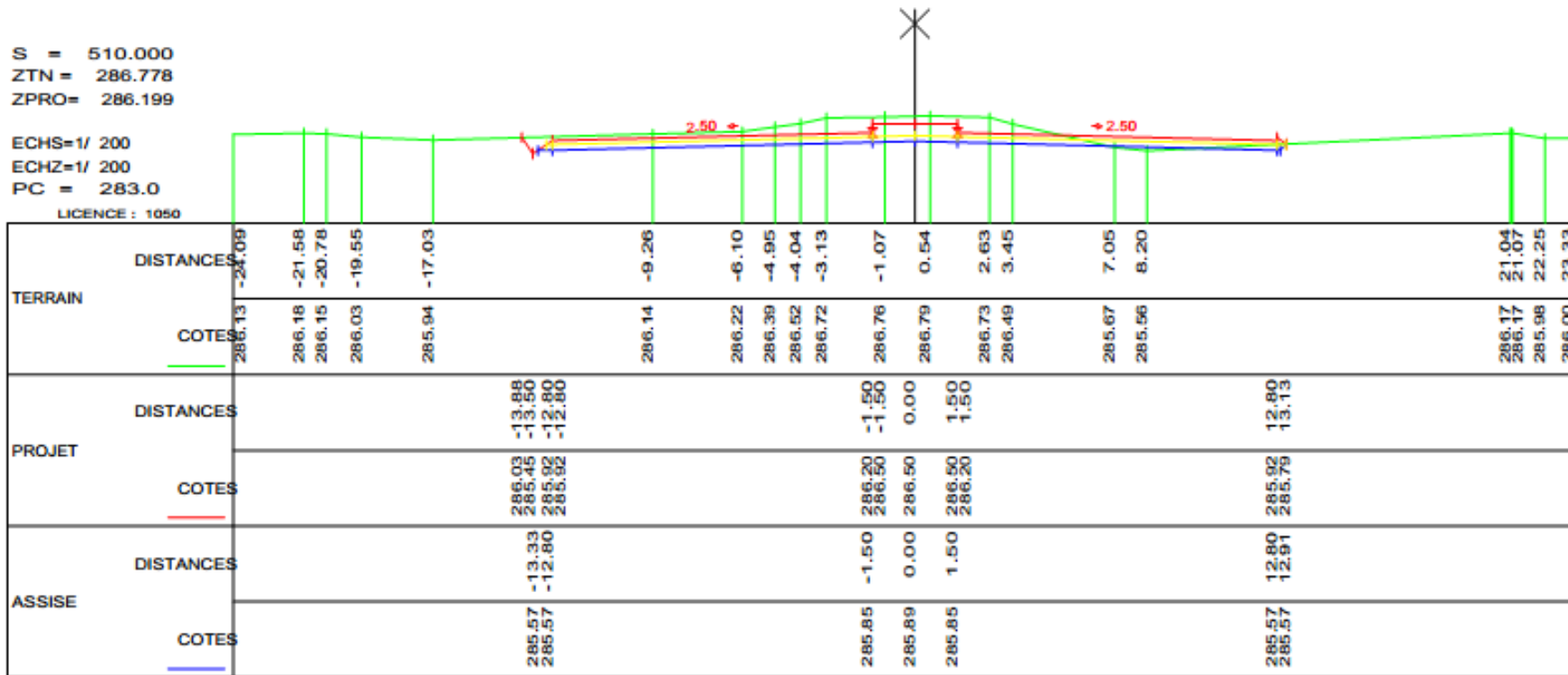
PROFIL 18

TABULA 1.PIS

S = 510.000
ZTN = 286.778
ZPRO = 286.199

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 283.0

LICENCE : 1050



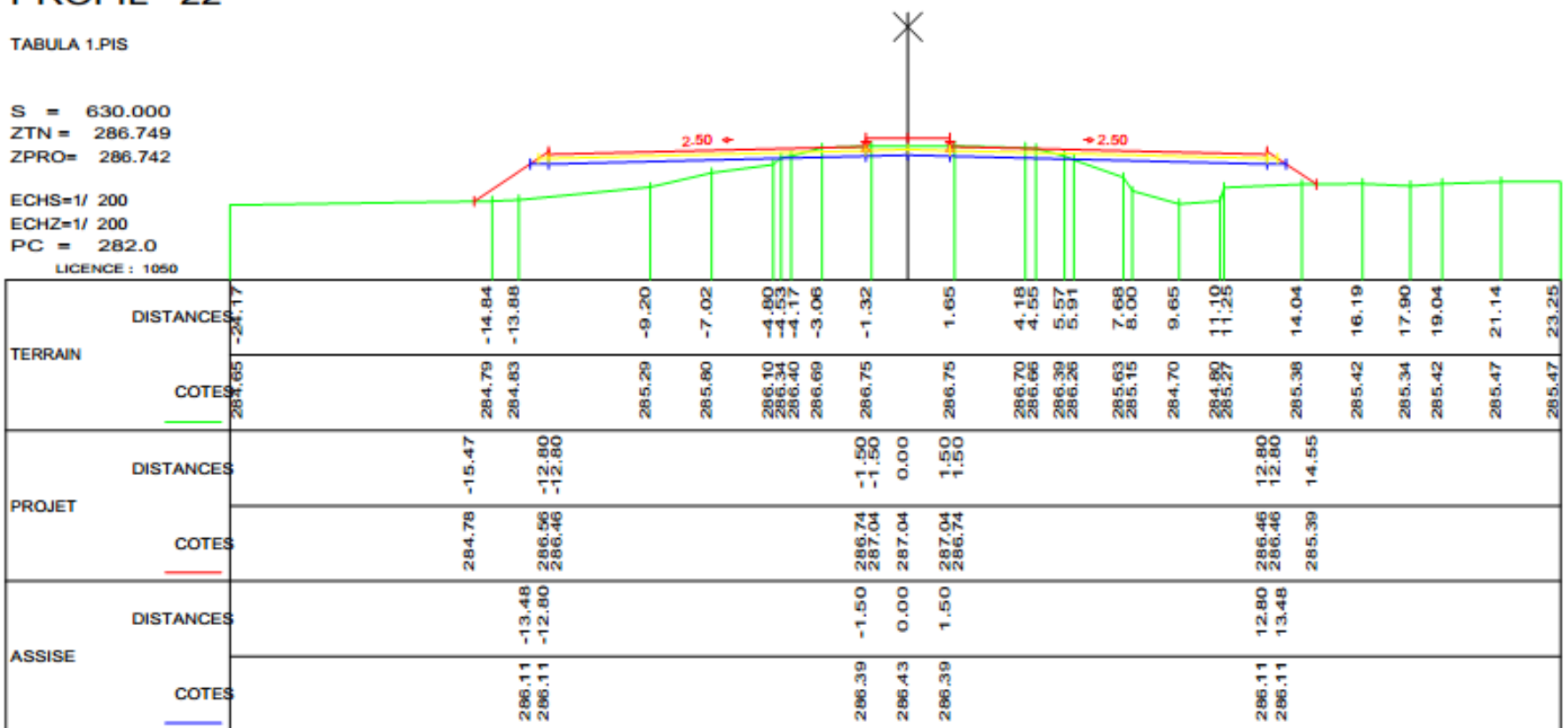
	ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE DES TRAVAUX D'ELARGISSEMENT D'UNE VOIE URBAINE EN 2*2 VOIES : CAS DE LA ROUTE NATIONALE N°4, ROUTE DEPARTEMENTALE N°152 - VOIE DE CONTOURNEMENT DE OUAGADOUGOU	Conception géométrique de la route	Route en déblai	Etabli	Marie C. L. SANOU	Date	Objet
		Profil en travers type	Echelle : 1/1	Vérifié	K. Elom Pascal KLU	07/01/2023	Stage AGEIM
		Profil 18 du levé topographique	Plan n° : 1	Validé	K. Elom Pascal KLU	07/01/2023	Stage AGEIM

PROFIL 22

TABULA 1.PIS

S = 630.000
ZTN = 286.749
ZPRO= 286.742

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 282.0
LICENCE : 1050



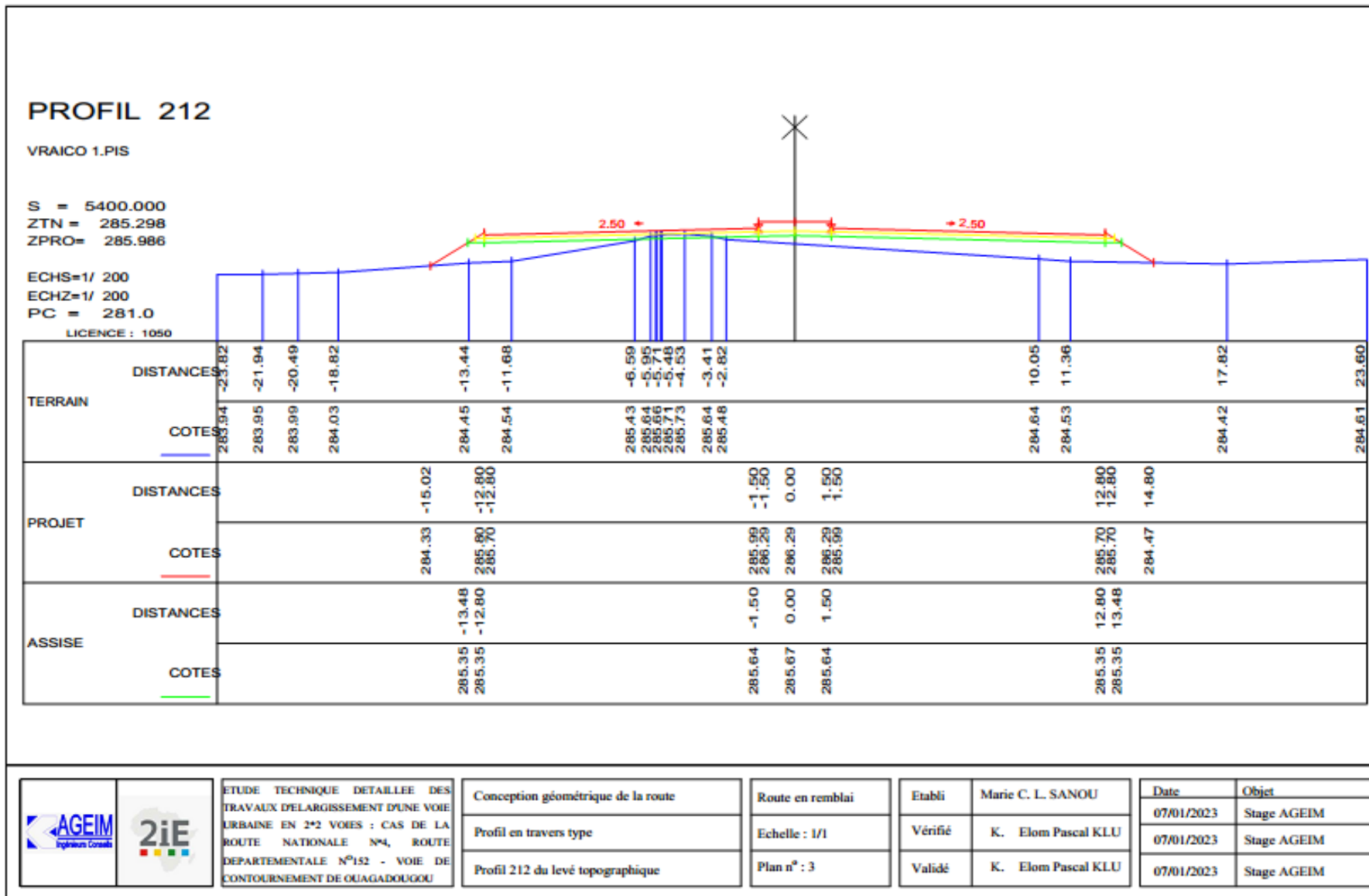
ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE DES TRAVAUX DELARGISSEMENT D'UNE VOIE URBAINE EN 2*2 VOIES : CAS DE LA ROUTE NATIONALE N°4, ROUTE DEPARTEMENTALE N°152 - VOIE DE CONTOURNEMENT DE OUGADDOUGOU

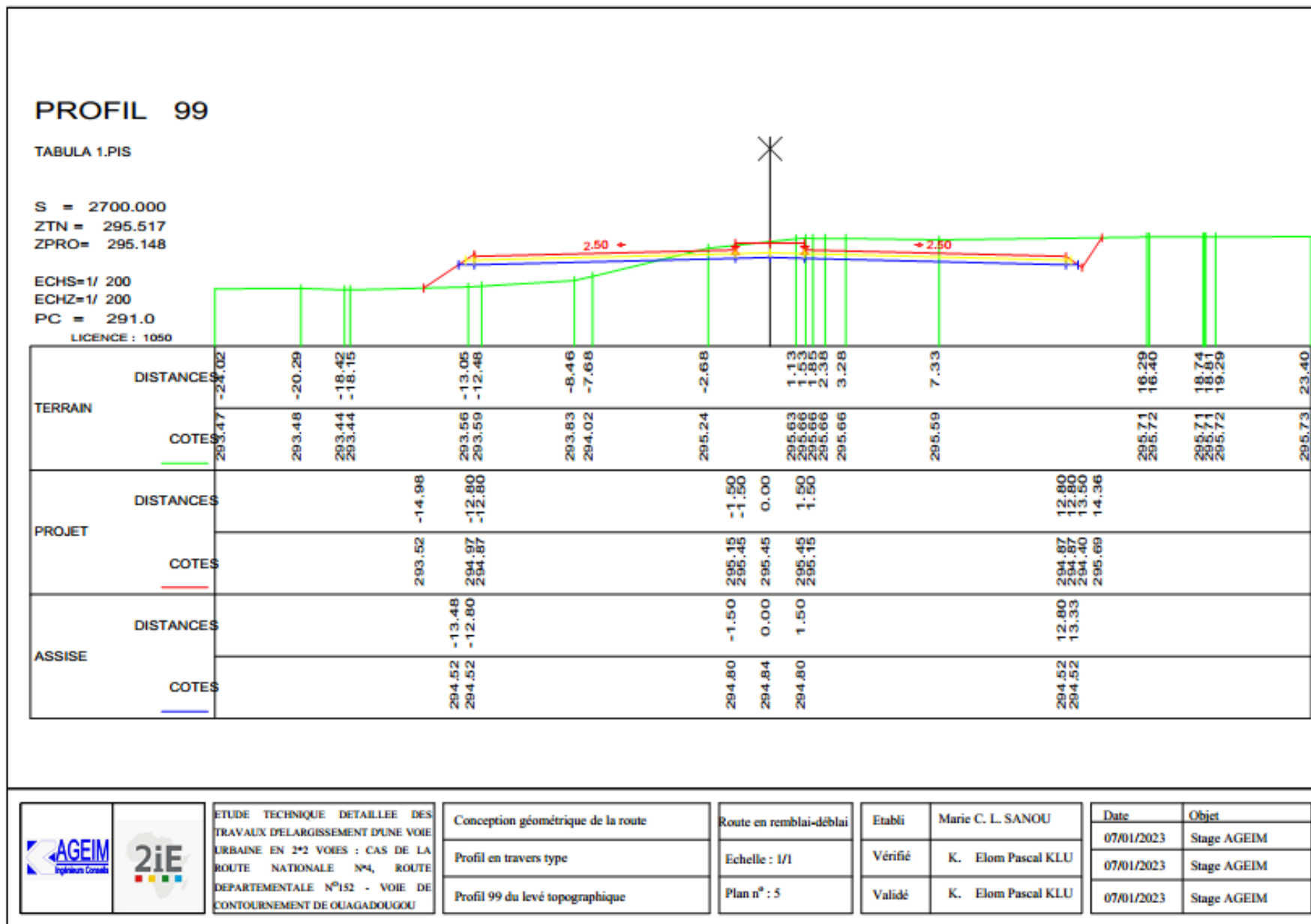
Conception géométrique de la route
Profil en travers type
Profil 22 du levé topographique

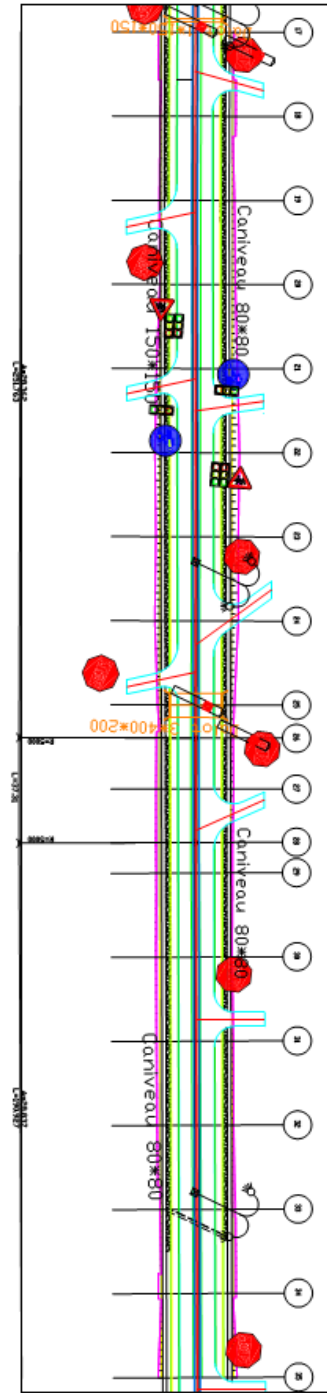
Au dalot 1*150*150
Echelle : 1/1
Plan n° : 2

Etabli	Marie C. L. SANOU
Vérifié	K. Elom Pascal KLU
Validé	K. Elom Pascal KLU

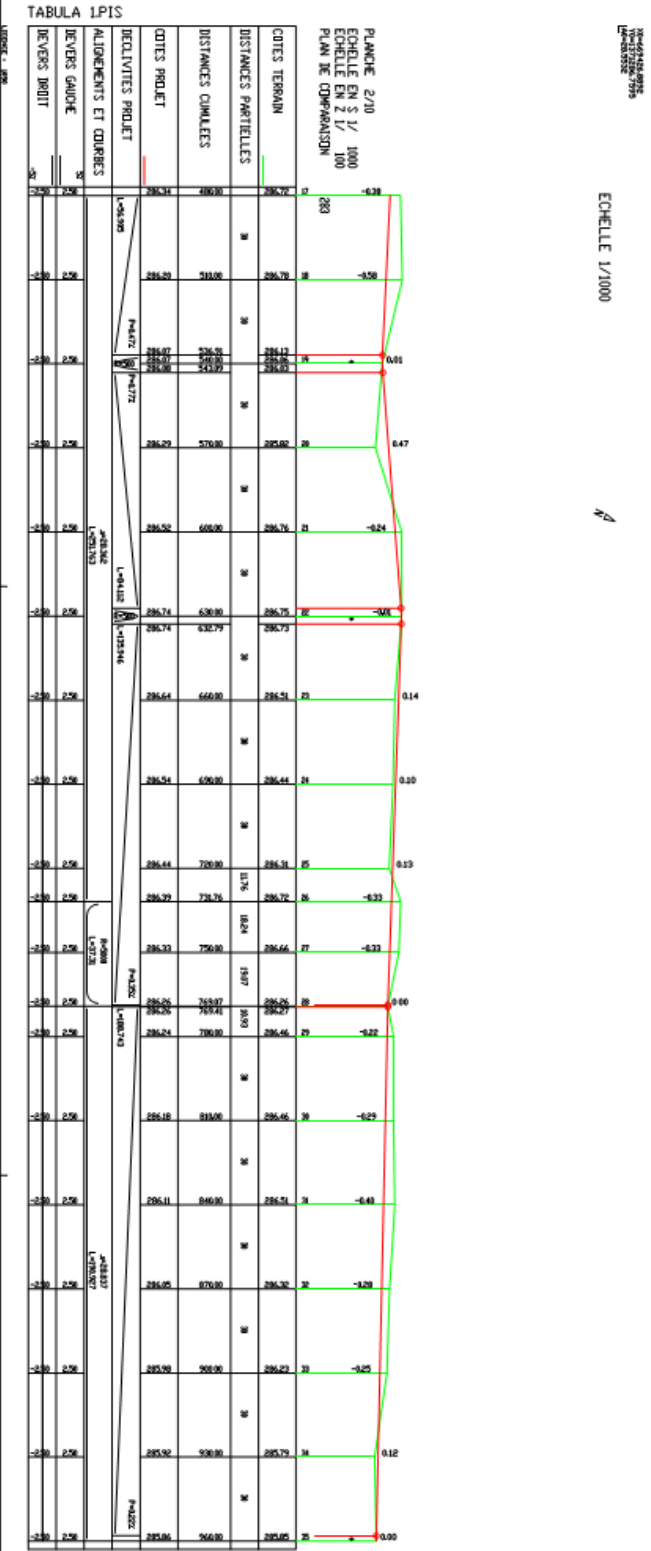
Date	Objet
07/01/2023	Stage AGEIM
07/01/2023	Stage AGEIM
07/01/2023	Stage AGEIM





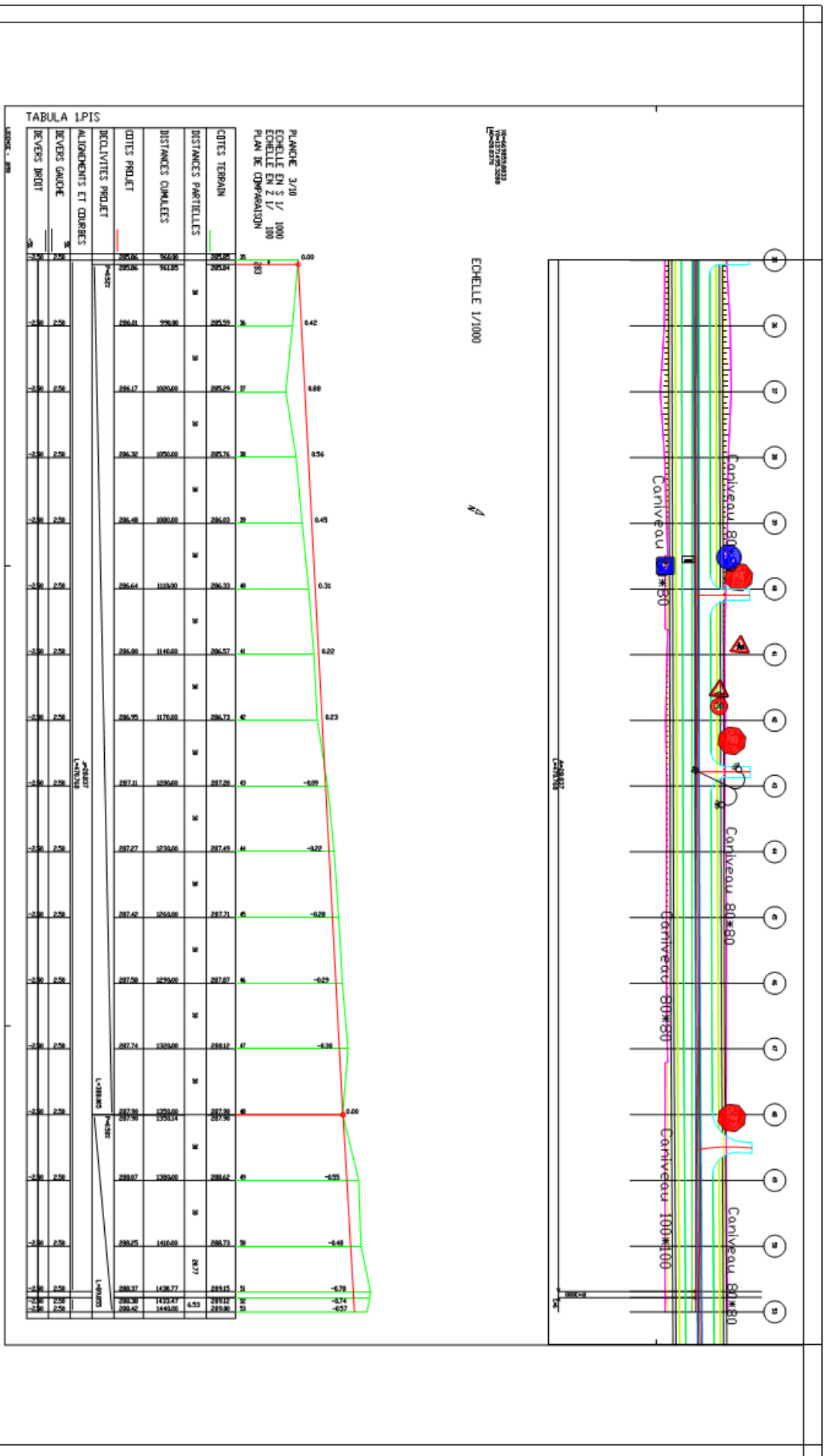


ECHELLE 1/1000



Tracé combiné - Profil en long - axe en plan et Aménagement 2
 Etude technique détaillée des travaux d'élargissement d'une voirie urbaine en 2x2 voies : Cas de la route Nationale N4
 Etabli par Marie Clotilde Lucrece SANOU
 Echelle : 1/1





Annexe 7 : Choix des ouvertures de dalots

Ouvrages transversaux / dalots												
Bassin versant	BV-01			BV-02					BV-03			
Débit de projet Q10 (m ³ /s)	19,884			20,57709466					12,45739254			
NOMS	Ouvrage1	Ouvrage2	Ouvrage3	Ouvrage4	Ouvrage5	Ouvrage6		Ouvrage7	Ouvrage8	Ouvrage9	Ouvrage10	Ouvrage11
Section d'ouvrages existants	Dalot 150*150	Dalot 3*400*200	Buse 2*100	Buse 2*100	Dalot 3*4.5*2	Dalot 3*170*160	Dalot2*100*160	Dalot 150*100	Dalot 200*100	Dalot 200*100	Dalot 150*100	Dalot 200*100
Surface mouillée des ouvrages	2,25	24	1,5707963 27	1,5707963 27	27	8,16	3,2	1,5	2	2	1,5	2
Somme	27,82079633			41,43079633					7,5			
Pourcentage	8%	86%	6%	4%	65%	20%	8%	4%	27%	27%	20%	27%
Débit de projet Q10 (m ³ /s) de chaque ouvrage	1,61	17,153	1,123	0,7801545 61	13,409869 11	4,0527604 43	1,589317821	0,7449927 28	3,32	3,32	2,49	3,32
Vitesse admissible Vadm (m/s)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pesanteur g(m2/s))	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81
Débit réel	6,75	72	4,7123889 8	4,7123889 8	81,00	24,48	9,6	4,5	6	6	4,5	6
Nombre de cellules	1	3,0	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1

Débit de cellule (m3/s)	1,61	5,72	0,89	0,3900772 8	4,4699563 7	2,0263802 21	1,589317821	0,7449927 28	3,32	3,32	2,49	3,32
Hauteur ouvrage D (m)	1,5	2	1	1	2	1,6	1,6	1	1	1	1	1
Largeur d'une cellule B (m)	1,5	4	1	1	4,5	1,7	1	1,5	2	2	1,5	2
Section d'ouvrages proposée	2,25	24	1	2	27	5,44	1,6	1,5	2	2	1,5	2
PROFONDEUR D'EAU EN AMONT												
Débit réduit Q*	0,132	0,114	0,201	0,088	0,079	0,133	0,177	0,112	0,375	0,375	0,375	0,375
Hauteur réduire H (abaque 77 du BCEOM) P 248	0,5	0,5	0,68	0,59	0,5	0,5	0,59	0,5	0,64	0,64	0,81	0,63
Profondeur d'eau en amont H1 (m)	0,75	1	0,68	0,59	1	0,8	0,944	0,5	0,64	0,64	0,81	0,63
Vérification par rapport H1/D ≤ 1,25	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Revanche D-H1 (m)	0,75	1	0,32	0,41	1	0,8	0,656	0,5	0,36	0,36	0,19	0,37
PENTE CRITIQUE												
Débit réduit Q**	0,186	0,057	0,284	0,125	0,033	0,172	0,507	0,086	0,187	0,187	0,289	0,187
Pente critique réduite le Ic (abaque 82 du BCEOM) P 258	2,9	2,6	3,13	2,97	2,58	2,86	3,51	2,625	2,65	2,65	2,75	2,65
Coefficient de rugosité K du béton	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Pente critique Ic	0,007	0,008	0,006	0,006	0,009	0,007	0,007	0,006	0,007	0,007	0,006	0,007
VITESSE												

Débit réduite Q***	0,096	0,022	0,161	0,072	0,013	0,085	0,271	0,047	0,091	0,091	0,152	0,091
Vitesse V (abaque 84 du BCEOM) P 263	0,367	0,18	0,537	0,223	0,17	0,315	0,425	0,26	0,255	0,255	0,29	0,255
Vitesse de sortie V (m/s)	2,74	2,89	2,98	1,20	3,00	2,60	2,49	1,85	2,32	2,32	2,11	2,32
VERIFICATION DE LA VITESSE DE SORTIE												
V _{sortie} ≤ V Max	Vérifier	Vérifier	Vérifier	Vérifier	Vérifier	Vérifier	Vérifier	Vérifier	Vérifier	Vérifier	Vérifier	Vérifier
h choisie	1,5	2	1	1	2	1,6	1,6	1	1	1	1	1
Revanche	0,75	1	0,32	0,41	1	0,8	0,656	0,5	0,36	0,36	0,19	0,37
CONCLUSION												
SECTION EXISTANT EN CM	1*150*15 0	3*400*20 0	2*D100	2*D100	3*450*200	3*170*160	2*100*160	1*150*100	1*200*10 0	1*200*10 0	1*150*10 0	1*200*10 0
SECTION CHOISIES EN CM	1*150*15 0	3*400*20 0	1*100*100	1*100*100	5*2*2	2*170*160	1*100*160	1*150*100	1*200*10 0	1*200*10 0	1*150*10 0	1*200*10 0
SECTION RETENUE EN CM	1*150*15 0	3*400*20 0	2*100*100	2*100*100	3*450*200	3*170*160	2*100*160	1*150*100	1*200*10 0	1*200*10 0	1*150*10 0	1*200*10 0
	Conservé	Conservé	Nouveau	Nouveau	Conservé	Conservé	Conservé	Conservé	Conservé	Conservé	Conservé	Conservé

Annexe 8 : Dimensionnement des caniveaux

Ouvrages longitudinaux															
Nom	Périmètre	Pente	A (ha)	Qp	Assemblage en serie	BV	L serie	I serie	L (longueur)	I (pente)	A	M	m	K	Qp
BV1	687,31 m	0,0226	1,378	0,70231		BV-									
BV2	1,143 km	0,011	6,42	2,06044	BV1-BV2	01	4,4155	0,01391	4,4155	0,01391	7,798	1,58121	1,08571	1,919	2,55204
BV3	1,605 km	0,0113	12,12	3,47287	BV3	BV-			2,8745	0,0113	12,12	0,82568	1,36294	1,919	3,47287
BV4	5,729 km	0,0112	45,67000	8,50068	BV4	BV-			22,55	0,0112	45,67	3,33681	0,83598	1,919	8,50068
BV5	950,3 m	0,0094	3,153	1,11439											
BV6	478,49 m	0,0072	1,077	0,4373	BV5-BV6-	BV-									
BV7	839,2 m	0,0141	1,119	0,52981	BV7	04	1,88983	0,00891	1,88983	0,00891	5,349	0,81712	1,36792	1,919	1,68927
BV8	251,49 m	0,0096	0,2598	0,14776											
BV9	1,519 km	0,0095	8,31	2,45276	BV8-BV9-	BV-									
BV10	1,597 km	0,008	9,54	2,63291	BV10	05	7,00928	0,00845	7,00928	0,00845	18,1098	1,64709	1,07031	1,919	4,48791
BV11	940,27 m	0,011	4,171	1,45205	BV11	BV-			0,86474	0,011	4,171	0,42341	1,72184	1,919	1,45205
BV12	1,158 km	0,0051	6,19	1,66419	BV12-										
BV13	802,62 m	0,0061	2,85	0,92573	BV13-										
BV14	660,27 m	0,0117	2,351	0,92545	BV14-	BV-									
BV15	1,351 km	0,0112	10	2,96488	BV15	07	4,91944	0,00792	4,91944	0,00792	21,391	1,06365	1,24733	1,919	5,05763

BV16	1,117 km	0,0087	4,706	1,514	BV16	BV-08			1,0235	0,0087	4,706	0,4718	1,65784	1,919	1,514
BV17	4,8 km	0,0093	62,8	12,5945											
BV18	2,826 km	0,0121	42,56	9,78226	BV18	BV-09			6,4476	0,0121	42,56	0,98832	1,27981	1,919	9,78226
BV19	3,609 km	0,0078	56,8	11,1304	BV19- BV20- BV21-	BV-10	12,207	0,01518	12,207	0,01518	32,87	2,12916	0,97833	1,919	8,19372
BV20	1,595 km	0,0125	13,03	3,77305											
BV21	1,305 km	0,0195	6,61	2,41963											
BV22	1,562 km	0,0152	13,23	4,00303	BV22										
BV23	1,253 km	0,0077	8,09	2,28225	BV23	BV-11			3,978	0,0077	8,09	1,29956	1,16287	1,919	2,28225
BV24	1,43 km	0,0103	9,37	2,75656	BV24	BV-12			1,7222	0,0103	9,37	0,56262	1,55878	1,919	2,75656

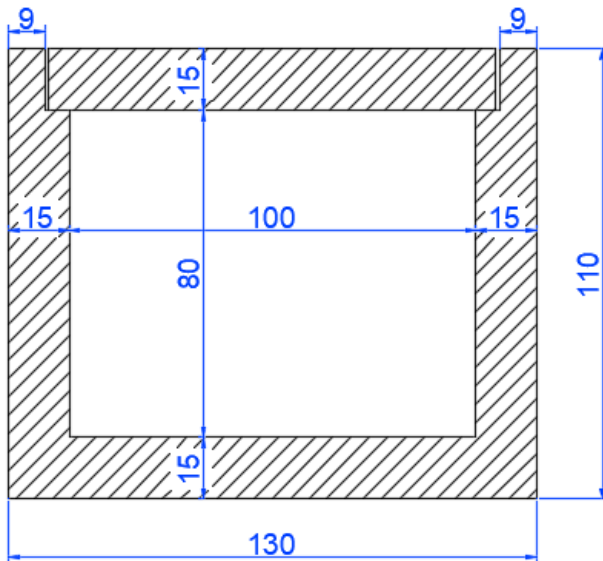
Annexe 9 : Choix des sections que caniveaux

Ouvrages longitudinaux															
Assemblage de bassins	Bassins	Q calcul	Serie	Ouvrage	I calculé	I caniveau	yn	b	H	R	Ks	v (m/s) by	Q by	Vérification	sections retenues
BV1		2,55	BV1-BV2	100*100	0,014	1,00%	0,80	1	1	0,20	70	3,19	2,55	OK	100 x 100
BV2		3,47	BV3	80*80	0,011	1,00%	0,84	1,2	1	0,16	70	3,47	3,48	OK	120 x 100
BV3		8,50	BV4	260*100	0,011	1,00%	1,32	1,5	1,5	0,18	70	4,28	8,50	OK	150 x 150
BV4		1,69	BV5-BV6-BV7	60*60	0,009	1,00%	0,74	0,8	0,8	0,06	70	2,85	1,69	OK	80 x 80
BV5		4,49	BV8-BV9-BV10	140*180	0,008	1,00%	1,02	1,2	1,2	0,18	70	3,66	4,49	OK	120 x 120
BV6		1,45	BV11	-	0,011	1,00%	0,66	0,8	0,8	0,14	70	2,77	1,45	OK	80 x 80
BV7		5,06	BV12-BV13-BV14-BV15	100*70	0,008	1,00%	0,88	1,5	1	0,12	70	3,83	5,06	OK	150 x 100
BV8		1,51	BV16	80*80	0,009	1,00%	0,68	0,8	0,8	0,12	70	2,79	1,52	OK	80 x 80
BV9		9,78	BV18	2*200*80	0,012	1,00%	1,08	2	1,2	0,12	70	4,01	9,78	OK	200 x 120
BV10		16,09	BV19-BV20-BV21-BV22	100*80	0,011	1,00%	1,26	2,5	1,5	0,24	70	3,98	16,09	OK	250 x 150
BV11		2,28	BV23	Buse 30	0,008	1,00%	0,73	1	0,8	0,07	70	3,12	2,28	OK	100 x 80
BV12		2,76	BV24	Buse 30	0,010	1,00%	0,85	1	1	0,15	70	3,24	2,76	OK	100 x 100

Annexe 10 : Dimensionnement de caniveaux

Dimensionnement Manuel du caniveau 100*80*200

† GEOMETRIE DE LA STUCTURE



† CALCUL DES ARMATURES

1. La dalle

Les charges à considérer sur la dalle sont :

- ✚ Le poids propre de la dalle

$$Pd = ed \cdot \gamma_b \cdot 1,1$$

$$Pd = 0,15 \times 25 \times 1,1$$

$$Pd = 4,13 \text{ kN/ml}$$

- ✚ Charge Br

$$Br = 100 \times 1 \text{ ml}$$

- ✚ Calcul des sollicitations à ELS

$$P_{serd} = 4,125 \text{ KN/ml}$$

$$P_{serBr} = 100 \text{ KN/ml}$$

$$M_{serd} = \frac{P_{serd} \cdot L_d^2}{8} + \frac{P_{serBr} \cdot L_d^2}{4}$$

$$M_{serd} = \frac{4,125 \times 1,1^2}{8} + \frac{100 \times 1,1}{4}$$

$$M_{serd} = 28,12 \text{ kN.m} = 0,028 \text{ MN.m}$$

Avec L_d la longueur de la dalle

- ✚ Détermination et vérification des aciers à ELS

- Calcul du paramètre de déformation α_{ser}

$$\alpha_{ser} = \frac{n \cdot \sigma_{bc}}{n \cdot \sigma_{bc} + \sigma_s}$$

$$\alpha_{ser} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201,63}$$

$$\alpha_{ser} = 0,527$$

- Calcul de la fibre neutre

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \cdot d = 0,071m$$

- Calcul du bras de levier

$$Z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0,14 - \frac{0,071}{3} = 0,111$$

- Calcul du moment résistant

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,071 \times 15 \times 0,111$$

$$M_{serb} = 0,059 MN.m$$

$M_{serb} > M_{ser}$ donc pas d'aciers comprimés

- Calcul de la section d'acier

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \cdot \sigma_s}$$

$$A_{st} = \frac{0,02812}{0,12 \times 201,63} = 0,001255m^2$$

$$A_{st} = 12,55cm^2$$

L'épaisseur de dalle égale à 15 cm nous allons mettre deux nappes d'acier :

$$\frac{A_s}{nappe} = \frac{A_s}{2} = 6,27cm^2$$

- Condition de non fragilité

$$A_{stmin} = 0,23 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{ti}}{f_e}$$

$$A_{stmin} = 0,23 \times 1 \times 0,9 \times 0,15 \times \frac{2,10}{400} = 1,63 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$A_{stmin} = 1,63cm^2$$

$A_{stmin} < A_{st/face}$ donc la section d'acier $A_s = 5,79 cm^2/ml$

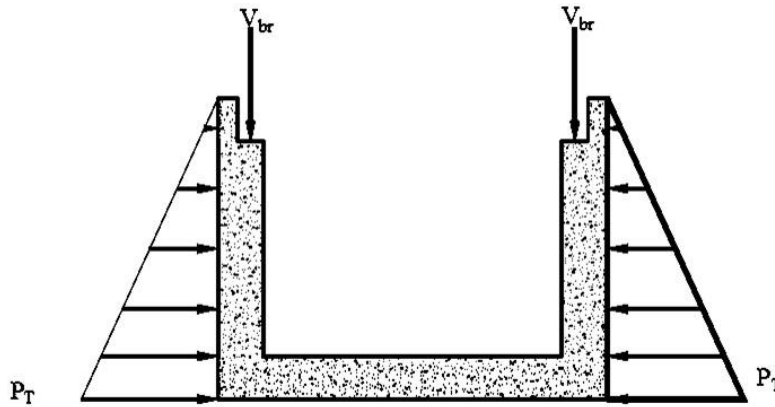
Choix de l'acier : HA10 espacement 10 cm/ml

Nous avons également des aciers de répartitions

$$A_r = \frac{A_s/nappe}{3} = \frac{6,27}{3} = 2,09cm^2/ml$$

Choix de l'acier : HA8 espacés 20 cm

2. Les piédroits



- ✚ le poids propre de la dalle sur un piédroit

$$Ppd = \frac{Pd}{2} = \frac{4,13}{2}$$

$$Ppd = 2,063 \text{ kN/ml}$$

- ✚ Effort d'une roue sur un piédroit

$$Ppd = \frac{Br}{2} = \frac{100}{2}$$

$$Ppd = 50 \text{ kN/ml}$$

- ✚ Poids propre d'un piédroit :

$$Ppdt = \gamma b. (f. e + a. e) \times 1$$

$$Ppdt = 25 \times (0,95 \times 0,15 + 0,9 \times 0,15) \times 1$$

$$Ppdt = 3,34 \text{ kN/ml}$$

- ✚ Poussée des terres

$$PT = 0,5. \gamma_{sol}. ka. (f + e)^2 = 0,5 \times 20 \times 0,33 \times (0,8 + 0,15)^2 = 2,98 \text{ kN/ml}$$

- ✚ Surcharge sur remblai

$$q = ka. (f + e). \gamma q = 0,33 \times 0,95 \times 10 = 3,14 \text{ kN/ml}$$

- ✚ Calcul des sollicitations à l'ELS

- Calcul de Nser

$$N_{ser} = Ppd + Ppdt + V_{Br} \quad N_{ser} = 58,38 \text{ kN/ml}$$

- Calcul de Mser

$$M_{serd} = \frac{P_T. hv^2}{3} + \frac{q. hv^2}{2}$$

$$M_{serd} = \frac{2,98 \times 0,8^2}{3} + \frac{3,14 \times 0,8}{2}$$

$$M_{ser} = 1,64 \text{ kN.m}$$

- Calcul de l'excentricités

$$e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = 1,64/58,38$$

$$e = 0,028 \text{ m}$$

- Vérification de la section de l'ouvrage

Si $e < \frac{B}{6}$ alors la section est entièrement comprimée ; avec B = épaisseur du voile

Si $e > \frac{B}{6}$ alors la section est partiellement comprimée

$$\frac{B}{6} = \frac{0,15}{6} = 0,025$$

$e = 0,028 > \frac{B}{6} = 0,025$ la section est donc partiellement comprimée

- Calcul de e_A

$$e_A = e + (d - 0,5h) \quad e_A = 0,028 + (0,9 \times 0,15 - 0,5 \times 0,15)$$

$$e_A = 0,088\text{m}$$

- Calcul du moment de flexion fictif

$$M_{\text{fictif}} = N_{\text{ser}} \cdot e_A$$

$$M_{\text{fictif}} = 58,38 \times 0,088 = 5,14 \text{ kN.m} = 0,00514 \text{ MN.m}$$

- Calcul du paramètre de déformation

$$\alpha_{\text{ser}} = \frac{\eta \cdot \sigma_{bc}}{\eta \cdot \sigma_{bc} + \sigma_s} = 0,527$$

- Calcul de la fibre neutre

$$y_{\text{ser}} = \alpha_{\text{ser}} \cdot d = 0,071\text{m}$$

- Calcul du bras de levier

$$Z_{\text{ser}} = d - \frac{y_{\text{ser}}}{3} = 0,111\text{m}$$

- Calcul du moment résistant

$$M_{\text{ser}b} = \frac{1}{2} \times b_0 \times y_{\text{ser}} \times \sigma_{bc} \times Z_{\text{ser}}$$

$$M_{\text{ser}b} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,071 \times 15 \times 0,111$$

$$M_{\text{ser}b} = 0,059 \text{ MN.m}$$

On a $M_{\text{ser}b} > M_{\text{ser} \text{ fictif}}$ donc pas d'acier comprimé

- Détermination de la section d'acier

- Calcul de la section d'acier

$$A_{\text{st}} = \frac{M_{\text{fictif}}}{Z_{\text{ser}} \cdot \sigma_s} - \frac{N_{\text{ser}}}{\sigma_s}$$

$$A_{\text{st}} = \frac{0,00514}{0,111 \times 201,63} - \frac{0,05838}{201,63} = -0,0000598\text{m}^2$$

- Condition de non fragilité

$$A_{\text{stmin}} = 0,23 \times 1,15 \times 0,9 \times 0,15 \times \frac{2,10}{400} = 0,000188 \text{ m}^2 = 1,88 \text{ cm}^2$$

On a $A_{\text{stmin}} > A_{\text{st}}$ donc $A_s = A_{\text{min}} = 1,88 \text{ cm}^2$

Choix de l'acier : HA8 espacement 15 cm soit $A = 3,02 \text{ cm}^2/\text{ml}$

- Calcul des aciers de répartition :

$$A_r = \frac{As/nappe}{3} = \frac{3,02}{3} = 1,006 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Choix de l'acier de répartition : HA6 espacement 15 cm

3. Le radier

Les charges à considérer pour le radier sont :

- ✚ Le poids propre du radier

$$P_{rd} = e.d.\gamma.d.l_{radier}$$

$$P_{rd} = 0,15 \times 25 \times 1,3$$

$$P_{rd} = 4,88 \text{ kN/ml}$$

- ✚ Poids propre d'un piédroit :

$$P_{pdt} = 2.\gamma.b.(f.e + a.e) \times 1$$

$$P_{pdt} = 2 \times 25 \times (0,8 \times 0,15 + 0,9 \times 0,15) \times 1$$

$$P_{pdt} = 6,75 \text{ kN/ml}$$

- ✚ Le poids propre de la dalle

$$P_d = e.d.\gamma.d.1,3$$

$$P_d = 25 \times 0,15 \times 1,1$$

$$P_d = 4,125 \text{ kN/ml}$$

- ✚ Réaction du sol

$$R = P_{rd} + P_{pdt} + P_d$$

$$R = 4,88 + 6,75 + 4,125$$

$$R = 15,75 \text{ kN/ml}$$

- ✚ Calcul du moment fléchissant M_{ser}

$$M_{ser} = \frac{R_{ser}.l^2}{8} = \frac{15,75 \times 1,30^2}{8}$$

$$M_{ser} = 3,33 \times 10^{-3} \text{ MN.m}$$

- ✚ Calcul béton armé

- Calcul du paramètre de déformation α_{ser}

$$\alpha_{ser} = \frac{n.\sigma_{bc}}{n.\sigma_{bc} + \sigma_s}$$

$$\alpha_{ser} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201,63}$$

$$\alpha_{ser} = 0,527$$

- Calcul de la fibre neutre

$$y_{ser} = \alpha_{ser}.d = 0,071 \text{ m}$$

- Calcul du bras de levier

$$Z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0,14 - \frac{0,071}{3} = 0,111$$

- Calcul du moment résistant

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times b_0 \times y_{ser} \times \sigma_{bc} \times Z_{ser}$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,071 \times 15 \times 0,111$$

$$M_{rserb} = 0,059 \text{ MN.m}$$

$M_{rserb} > M_{ser}$ donc pas d'aciers comprimés

- Calcul de la section d'acier

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \cdot \sigma_s}$$

$$A_{st} = \frac{0,00333}{0,11 \times 201,63} = 0,00015 \text{ m}^2 = 1,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} = 1,48 \text{ cm}^2$$

- Condition de non fragilité

$$A_{stmin} = 0,23 \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{f_{ti}}{f_e}$$

$$A_{stmin} = 0,23 \times 1,3 \times 0,9 \times 0,15 \times \frac{2,10}{400} = 2,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{stmin} = 2,11 \text{ cm}^2$$

$A_{st} < A_{stmin}$ donc la section d'acier $A_s = 2,11 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Notre épaisseur égale 15 cm nous allons mettre deux nappes donc :

$$A_{s/face} = A_{stmin} = 2,11 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Choix de l'acier : HA8 espacement 10 cm

Nous avons également des aciers de répartitions

$$A_r = \frac{A_{s/nappe}}{3} = \frac{2,11}{3} = 0,703 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Choix de l'acier : HA6 espacement 20 cm

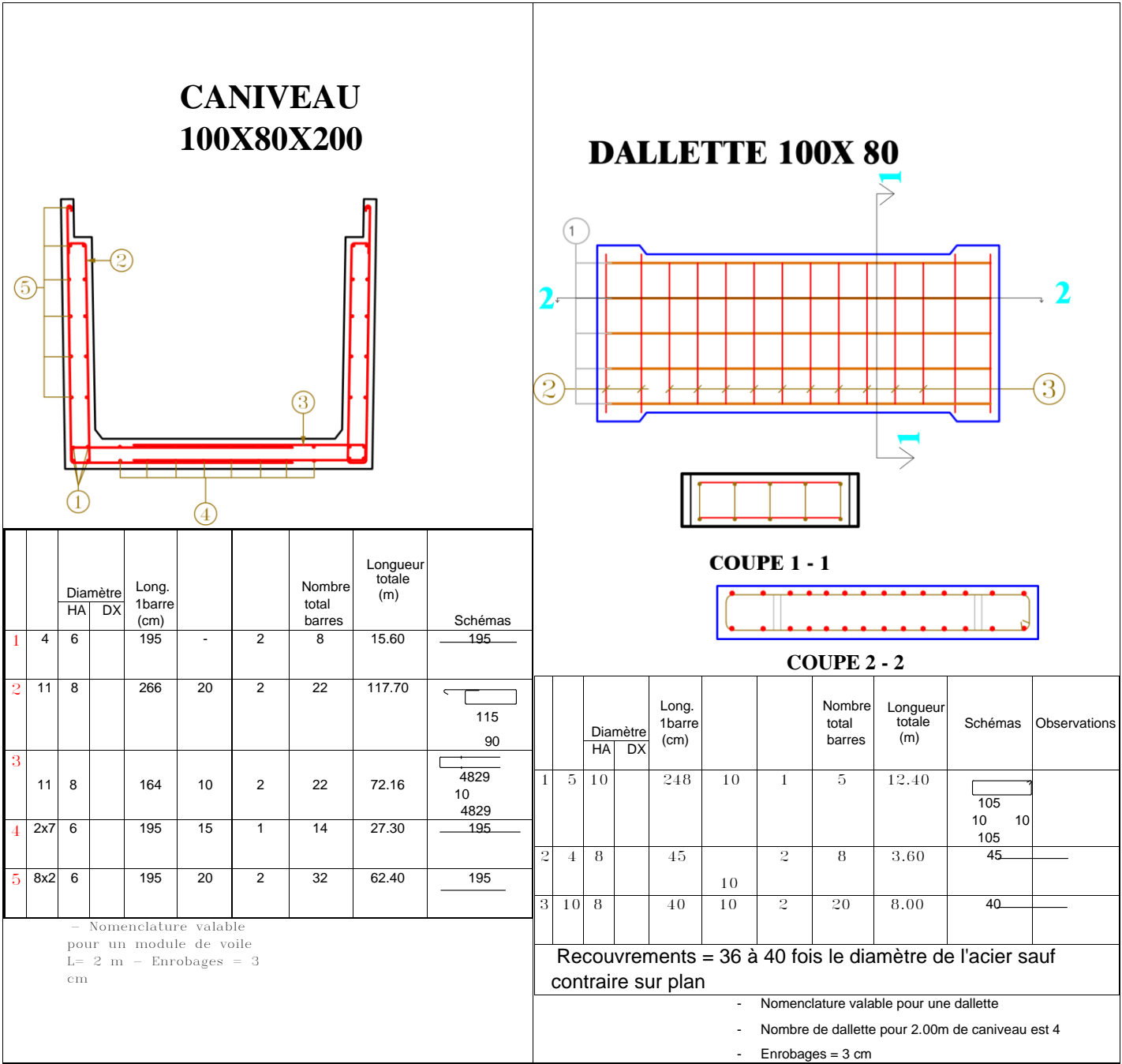


Figure 34 : Disposition constructive du caniveau

Figure 35 : Disposition constructive du caniveau

Annexe 11 : Dimensionnement des dalots

Dimensionnement du dalot 2*1*1

- Calcul des charges

Ce sont

- Les charges permanentes
- Les charges d'exploitations

1. Evaluation des charges permanentes

Les matériaux de remblai seront des graves latéritiques aux caractéristiques géomécaniques suivantes :

- Poids volumique : 20 KN/m³
- Poids volumique déjaugée : 11kN/m³
- Angle de frottement interne : 30°

La poussée des terres s'exerce selon la théorie de Rankine.sa valeur est déterminée par

la formule suivante : $k_a = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right)$

Où, ϕ = angle de frottement interne = ; k_a = coef de poussée des terres.

➤ **Charges verticales**

Tableau 28 : Charge permanentes sur le tablier

N°	Désignations	Formule	Résultat(kN/ml)
1	Poids propre du Tablier	$e_1 \times \gamma_b \times b$	7,5
2	Poids remblai+ revêtement	$e_2 \times \gamma_d \times b + (e_3 \times \gamma_b \times b)$	9.2
3	Poids propre des guides roues(C)	$\frac{2(e \times h \times \gamma_b \times L)}{l_{radier}}$	0.9
Total G1			17.6

Tableau 29 Charges permanentes sur radier

N°	Désignations	Formule	Résultat(kN/ml)
1	Poids propre du radier	$e_1 \times \gamma_b \times b$	7,5
2	Poids propre de la dalle(a)	$e_1 \times \gamma_b \times b$	7.5
3	Poids remblai+ revêtement	$e_2 \times \gamma_d \times b + (e_3 \times \gamma_b \times b)$	9.2
4	Poids propre des piédroits	_____	6.48
5	Poids propre des guides roues(c)	$\frac{2(e \times h \times \gamma_b \times L)}{l_{radier}}$	0.9
Total g2			31.58

➤ Charges horizontales

Tableau 30 : Charges horizontale

N°	Désignations	Application numérique	Résultat(KN/ml)
1	Charge supérieure	$((0,35+0,3/2) \times 20 + 1,2 \times 10) \times \text{tg} (45^\circ - 33^\circ/2)^2$	6.48
2	Charge inférieure	$((0,35+0,3/2+1+0,3) \times 20 + 1,2 \times 10) \times \text{tg} (45^\circ - 33^\circ/2)^2$	15.2

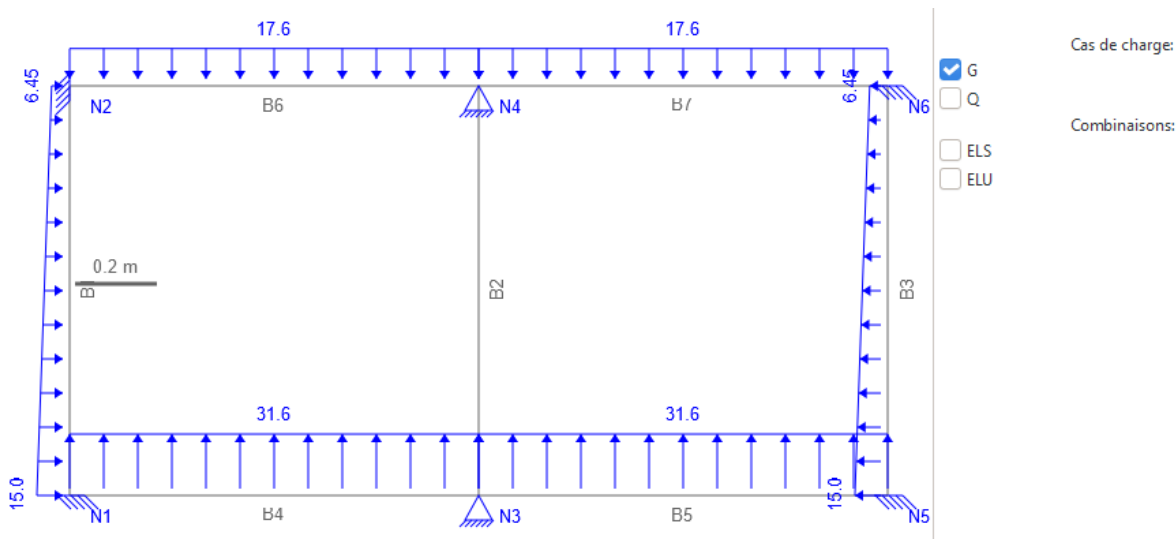


Figure 36 : Charges permanentes modélisées sur Pybar

2. Les charges d'exploitation

Ce sont les charges routières définies dans le Fascicule 61 titre II. Les charges prises en compte pour nos calculs sont :

- Le système A ;
- Le système B (Bc, Bt) ;

Nous retiendrons seulement les valeurs maximales des charges générées.

Evaluation des charges d'exploitation sur le dalot

1. Calcul Des Charges Générées Par Le Système A

Le système A, composé d'une charge uniformément répartie variable avec la longueur chargée. Dans le cadre de notre projet, la portée $\leq 200\text{m}$, la chaussée supporte une charge uniforme $A(l) = 230 + \frac{36.000}{L+12}$ d'intensité $A(l)$ coefficients ;
Avec L=longueur chargée en m.

$$A(l) = 230 + \frac{36.000}{2,75+12} = 26,706 \text{ KPa}$$

A(1) s'applique en surface sur un rectangle de 2,75 m x 21 m (57,75 m²) avec une intensité de 26,706 kPa.

La hauteur de diffusion prise en compte est de 0.70 m. La valeur de S est alors :

$$S = (21 + 2 \times \text{tg } 35^\circ \times 0.7) \times (2,75 + 2 \times \text{tg } 35^\circ \times 0.7)$$

$$S = 81,9928 \text{ m}^2$$

$$\text{Soit : } A_2 = 26,70 \times 57,75 / 81,9928$$

$$A_2 = 18,805 \text{ kPa}$$

$$(400 - 0,2l) = 396,45 \text{ kg/m}^2$$

D'où

$$A_1 = a_1 \times A(1)$$

$$A_1 = 1 \times 18,81 \text{ KN/m}^2$$

Comparaison de

A(1)*a₁ à (400 - 0,2L). Avec a₁ = 1,

$$A \geq (400 - 0,2 \times 21) = 395,8$$

Nous allons déterminer a₂

$$a_2 = \frac{v_0}{v} \text{ Où}$$

V = largeur d'une voie ; notre route est de type 2x2voies dont une voie fait 3,5m

et V₀ =

$$\left| \begin{array}{l} 3,5\text{m} \rightarrow 1\text{eCl} \\ 3,0\text{m} \rightarrow 2\text{eCl} \\ 2,75\text{m} \rightarrow 3\text{eCl} \end{array} \right.$$

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

$$A_2 = a_1 \cdot a_2 \cdot A$$

$$A_2 = 1 \times 1 \times 18,805$$

$$A_2 = \mathbf{18,81 \text{ KN/m}^2}$$

2. Charges générées par le système b (bc, bt)

Le système B comprend 3 sous-systèmes dont les effets pour chaque élément des dalots sont examinés indépendamment. Ladite note de calcul prendra en compte 2 sous-système à savoir :

- Le système Bc composé de camions types ;
- Le système Bt composé de groupes de 2 essieux, dénommés essieux – tendeurs.

□ Coefficient de majoration dynamique δ du système B

$$\delta = (1 + 0,4 / (1 + 0,2L) + 0,6 / (1 + 4G/S))$$

Avec

L = longueur de l'élément en m

G= charge permanente de l'élément

Q= la charge maximale B de l'élément, la valeur des charges à introduire étant obtenue après application des coefficients bc et bt

□ **Calcul des coefficients bc et bt**

- Le coefficient bc est fonction de la classe du pont et du nombre de voies= f (classe pont, nombre files). L'ouvrage étudié ici est de classe 1 et de 4 voies d'où le coef 0,8.

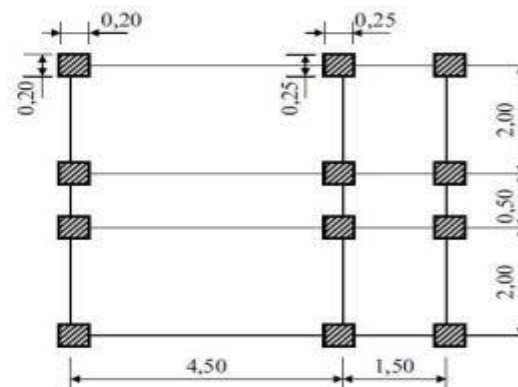
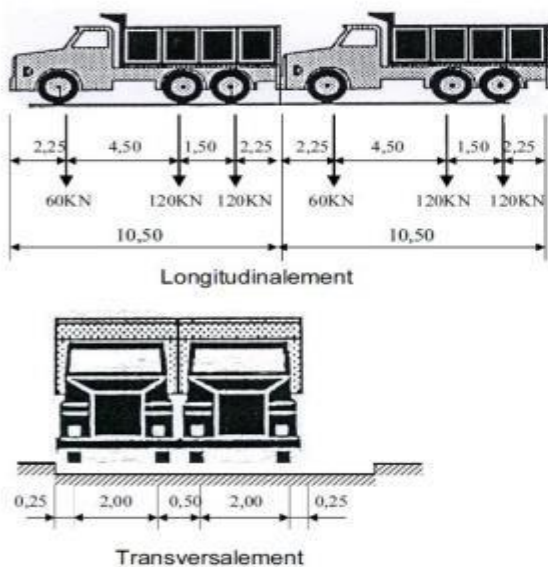
Nombre files		1	2	3	4	□ 5
Classe pont	1° cl	1,20	1,10	0,95	0,8	0,7
	2° cl	1	1	-	-	
	3° cl	1	0,8			

- Le coefficient bt en fonction de la classe de notre ouvrage et du nombre de voies de notre route est égal à 1. Ici les charges se calculent de manière analogue au cas du système Bc.

Classe du pont	Première.	Deuxième.
Coefficient	1.0	0.9

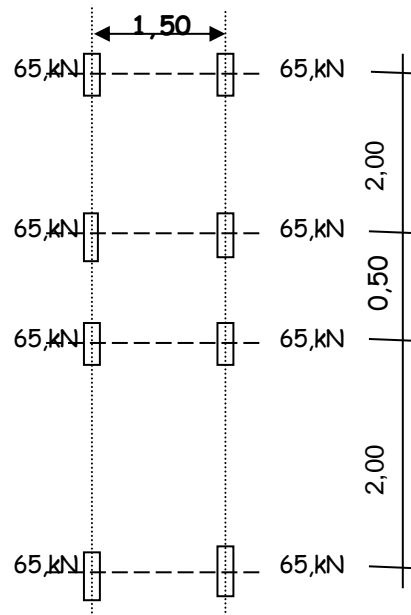
SURCHARGES

✓ sous-système Bc



➤ Système « Bc''

Pour les moments, le cas plus défavorable se produit quand les deux essieux postérieurs se situent à mi-portée sur le dalot



$$L = 1,30\text{m}$$

Répartition à 45° dans la dalle et 30° dans le remblai

$$t_x = (1,5 + 0,5 + 0,30 + 2 \times \tan(33 \times 3,14/180) + 0,25) + 2,3 = 4,80\text{ m}$$

$$t_y = (4,5 + 0,5 + 0,30 + 2 \times \tan(33 \times 3,14/180) + 0,25) - 0,6 = 4,90\text{ m}$$

Coefficient à affecter au système Bc

$$b_c = 0,8$$

$$g_Q = 1$$

Calcul de G (charge permanente de l'élément) = Charge permanente sur le tablier*surface chargeable

$$G = (1 + 2 \times 0,30) \times 17,6 \times 21 = 591,36\text{KN}$$

La charge maximale S susceptible d'être placée sur l'élément considéré = poids d'un essieu*nombre d'essieux

$$S = (60 \times 4 + 120 \times 4) \times 0,8 = 576\text{ KN}$$

Le coefficient de majoration dynamique est

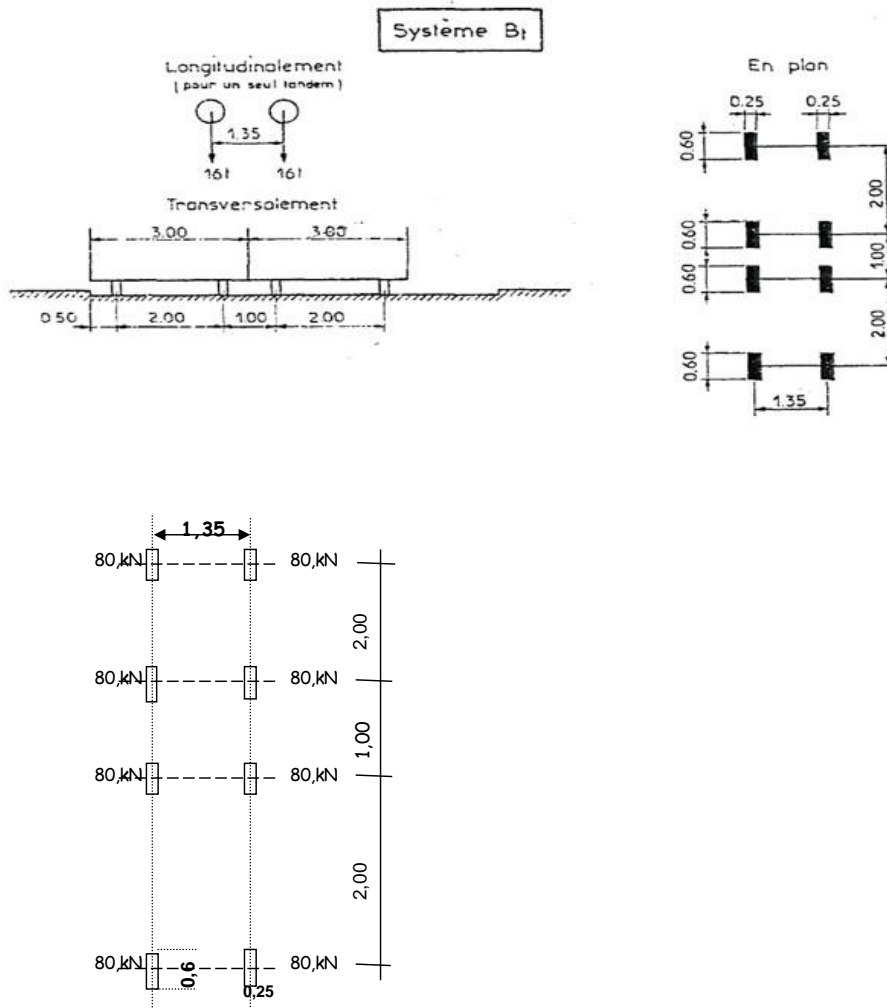
$$\delta = (1 + 0,4 / (1 + 0,2L) + 0,6 / (1 + 4G/S))$$

$$\delta = (1 + 0,4 / (1 + 0,2 \times 21) + 0,6 / (1 + 4 \times 591,36 / 576))$$

$$\delta = 1,43$$

D'ou une charge **P5 = 25,34 kN/m2**

➤ Système "Bt"



$$L = 1,30\text{m}$$

Coefficient à affecter au système Bt: $\delta q = 1,20$

Répartition à 45° dans la dalle et 30° dans le remblai

$$t_x = (1,35 + 0,3 + 0,35 * \text{TAN}(30 * 3,14 / 180) * 2 + 0,25) + 1,45 = 3,75\text{m}$$

$$t_y = (5 + 0,3 + 0,35 * \text{TAN}(30 * 3,14 / 180) * 2 + 0,6) + 0,25 = 6,60\text{m}$$

Calcul de G (charge permanente de l'élément) = Charge permanente sur le tablier * surface chargeable

$$G = (1 + 2 \times 0,30) \times 17,6 \times 21 = 591,36\text{KN}$$

La

charge maximale S susceptible d'être placée sur l'élément considéré = poids d'un essieu * nombre d'essieux

$$S = 80 * 8 = 640\text{KN}$$

Le coefficient de majoration dynamique est

$$\delta = (1 + 0,4 / (1 + 0,2L) + 0,6 / (1 + 4G/S))$$

$$\delta = (1+0,4/(1+0,2 \times 21)+0,6/(1+4 \times 591,36/640))$$

$$\delta = 1,45$$

D'où une charge **P5 = 43,52 kN/m²**

Le cas le plus défavorable est donné par le **système Bt**

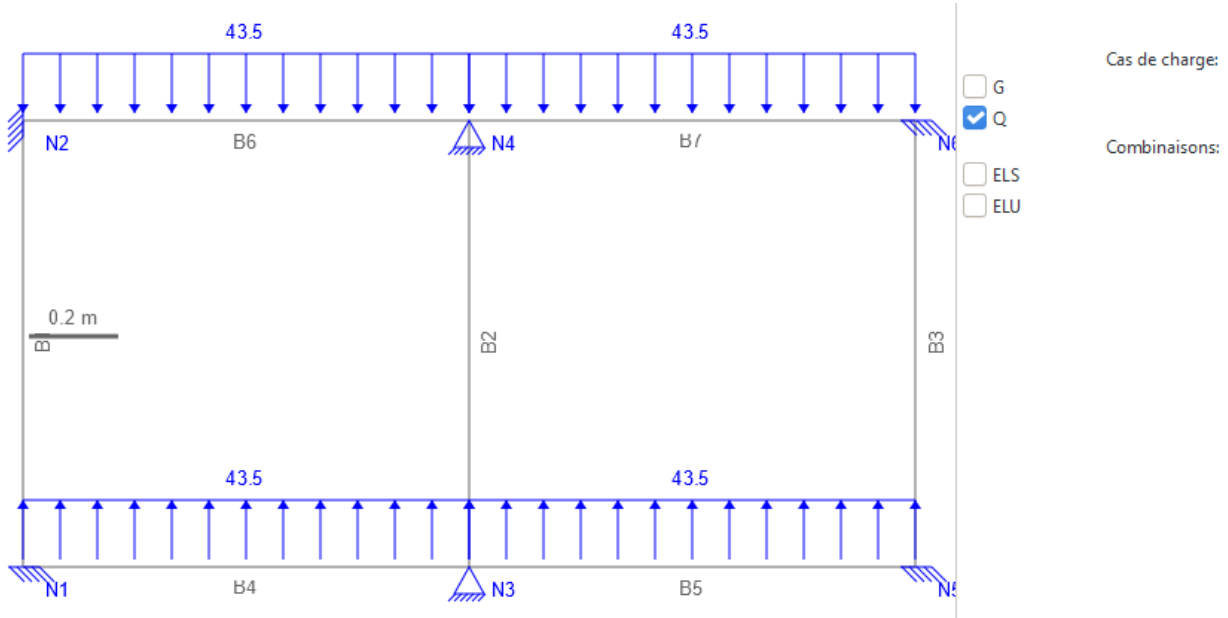


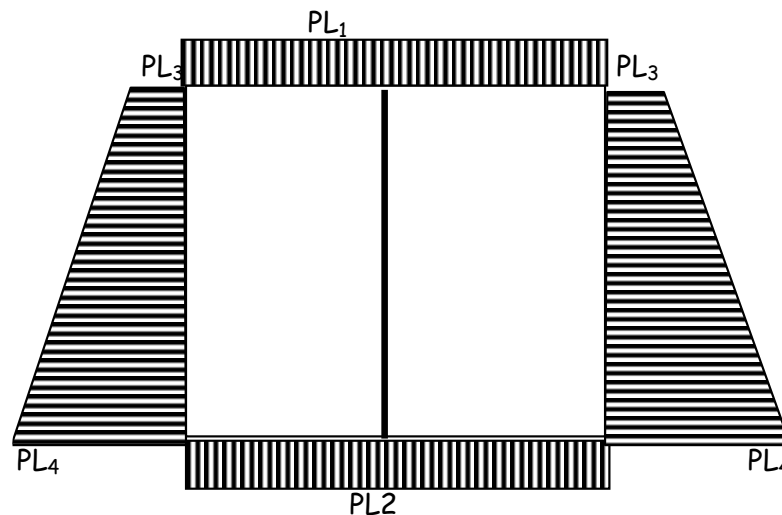
Figure 37 : Charges d'exploitation modélisées sur Pybar

Contraintes sur le terrain

$$\delta_{sol} = P2 + P5 + e \cdot \gamma_{béton} = 31,58 + 43,52 + 0,3 \times 25 = 82,60 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Soit}$$

$$0,083 \text{ MPa}$$

Calcul des Efforts (Méthode d'HARDY CROSS)



Combinaison d'actions

A l'Elu

$$PL1 = 17,6 \times 1,35 + 1,5 \times 1,07 \times 43,52 = 94 \text{ kN/m}^2$$

$$PL2 = 31,58 \times 1,35 + 1,5 \times 1,07 \times 43,52 = 112 \text{ kN/m}^2$$

$$PL3 = 6,48 \times 1,35 = 9 \text{ kN/m}^2$$

$$PL4 = 15,02 \times 1,35 = 20 \text{ kN/m}^2$$

ELS

$$PL1 = 17,6 + 43,52 = 58 \text{ kN/m}^2$$

$$PL2 = 31,58 + 43,52 = 66 \text{ kN/m}^2$$

$$PL3 = 6,5 \text{ kN/m}^2 = P3$$

$$PL4 = 15,0 \text{ kN/m}^2 = P4$$

Les moments d'encastres parfaits sont :

Appuis ou Travée	A	AB	BE	B	BC	C	CD	D	DE	E	EB	EF	F	FA
Moment ELU en KN/ml	5,34	9,0	0,0	17,1	9,0	5,3	2,2	7,1	10,6	20,2	0,0	10,6	7,1	2,2
EFFORT NORMAL en KN/ml		9,5	164		9,5		64		12,0		164	12,0		64
Moment ELS en KN/ml	3,36	5,6	0,0	10,6	5,6	3,4	1,1	4,9	7,0	13,4	0,0	7,0	4,9	1,1
EFFORT NORMAL en KN/ml		7,2	109		7,2		49		9,1		109	9,1		49

Les formules utilisées sont

$$d = 0,9h \text{ (m)}$$

$$\delta b_{ser} = 0,6fc28 \text{ (MPa)}$$

$$A_{min} = \frac{0,23b.d.fc28}{f_e} \text{ (cm}^2\text{)}$$

Calcul des aciers

$$\alpha_{ser} = \frac{\eta \cdot \bar{\sigma}_{bc}}{\eta \cdot \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{bc}} ; \bar{y}_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} * d ; \bar{z}_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3}$$

Moment résistant du béton

$$\overline{M}_{serb} = \frac{\delta b_{ser} * \delta s_{er}}{2} * \left(1 - \frac{\delta b_{ser}}{3}\right) b * d^2$$

$M_{ser} < \overline{M}_{serb}$ Donc la section est sans aciers comprimé

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{z_{ser} * \sigma_{st}}$$

$$A_r = \frac{A_{st}}{3}$$

1. Dalle Couverture

Données :

$h = 30$; $b = 100$; $d = 20$ cm; $d' = 18$ cm

$f_{c28} = 25,0$ MPa; $f_{bc} = 14,2$ MPa ; $s_0 = 15,0$ MPa

$F_{eE} = 500,0$ MPa $s = 250,0$ MPa Fissuration préjudiciable

Enrobage = 4cm

➤ Contrainte tangentielle

$V_u =$ effet tranchant maxi = 82,17KN/ml soit 0,082MN/ml

Contrainte limite $t_{ul} = 0,13 * f_{c28} = 3,25$ MPa

$t_u = V_u / (b * x) = 0,41$ MPa < t_{ul} ok

➤ Flexion à l'ELS Acier inférieur

* La Section au milieu de la dalle à ELS

$M_{12} = 5,55$ KN.m/ml = 0,006MN.m/ml

Effort dans la dalle : $N = 7,25$ KN/ml

Moment additionnel $M = 0,0059$ MN.m/ml

Moment résistant $M_{rser} = 0,1197$ MN.m/ml

$M_{rser} \geq M$ la section du béton est bonne

La Section théorique d'acier

$A' = 0,00$ cm²/ml

$A = 1,11$ cm²/ml

Or

$A_{min} = 3,00$ cm²/ml

Aciers principaux :

Choix $\phi = 12$ Sect = 1,13cm² n = 4 barres par 1ml d'où

$A_s = 4HA12$ esp = 25cm soit $A_s = 4,52$ cm²/m

Acier de répartition

$$A_s = A_{min} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$\text{Choix } \quad \varnothing=10 \quad \text{Sect.} = 0,79 \text{ cm}^2 \quad n = 5 \text{ barres par 1ml}$$

$$A_s = 5\text{HA}10 \quad \text{esp.} = 20 \text{ cm} \quad \text{soit} \quad A_s = 3,93 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

➤ Flexion à l'ELS Acier supérieur

$$M_{12} = 3,36 \text{ kN.m/ml} = 0,003 \text{ MN.m/ml}$$

$$\text{Effort dans la dalle : } N = 7,25 \text{ KN/ml}$$

$$\text{Moment additionnel } M = 0,0034 \text{ MN.m/ml}$$

$$\text{Moment résistant } M_{rser} = 0,1197 \text{ MN.m/ml}$$

$M_{rser} \geq M$ la section du béton est bonne

$$\text{Avec } z = 0,17 \text{ m}$$

La Section théorique d'acier

$$A' = 0,00 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A = 0,80 \text{ cm}^2/\text{ml} \leq A_{min}$$

$$A_{min} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Aciers principaux :

$$\text{Choix } \quad \varnothing=12 \quad \text{Sect.} = 1,13 \text{ cm}^2 \quad n = 4 \text{ barres par 1ml}$$

$$A_s = 4\text{HA}12 \quad \text{esp.} = 25 \text{ cm} \quad \text{soit} \quad A_s = 4,52 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Acier de répartition

$$A_s = A_{min} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$\text{Choix } \quad \varnothing=10 \quad \text{Sect.} = 0,79 \text{ cm}^2 \quad n = 5 \text{ barres par 1ml}$$

➤ Acier supérieur supplémentaire en chapeau sur appui central à l'ELS

$$M_2 = 10,57 \text{ kN.m/ml} = 0,011 \text{ MN.m/ml}$$

$$\text{Effort dans la dalle : } N = 7,25 \text{ KN/ml}$$

$$\text{Moment additionnel } M = 0,0109 \text{ MN.m/ml}$$

$$\text{Moment résistant } M_{rser} = 0,1197 \text{ MN.m/ml}$$

$M_{rser} \geq M$ la section du béton est bonne

$$z = 0,17 \text{ m}$$

La Section théorique d'acier

$$A' = 0,00 \text{ cm}^2/\text{ml} \quad \text{pas d'acier comprimés}$$

$$A = -1,92 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_{min} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Aciers principaux :

$$\text{Choix } \quad \varnothing=12 \quad \text{de Section} = 1,13 \text{ cm}^2 \quad n = 4 \text{ barres par 1ml}$$

$$A_s = 4HA12 \quad \text{esp} = 25\text{cm} \quad \text{soit} \quad A_s = 4,52\text{cm}^2/\text{ml}$$

2. Radier de fondation

$$h = 0,30\text{m} \quad b = 100\text{m} \quad d = 20\text{cm} \quad d' = 0,5\text{cm}$$

Contrainte tangentielle

$$V_u = \text{effet tranchant maxi} = 82,17\text{KN/ml} \quad \text{soit} \quad 0,082\text{MN/ml}$$

Contrainte limite

$$t_{ul} = 0,13f_{c28} = 3,25\text{MPa} \quad t_u = V_u/(bxd) = 0,41\text{MPa} < t_{ul}$$

Flexion à l'ELS

➤ Acier supérieur dans le radier à ELS

$$M_{45} = 6,99\text{kN.m/ml} = 0,007\text{MN.m/ml}$$

$$\text{Effort dans le radier : } N = 9,10\text{KN/ml}$$

$$\text{Moment additionnel } M = 0,0070\text{MN.m/ml}$$

$$\text{Moment résistant } M_{rser} = 0,1197\text{MN.m/ml}$$

$M_{rser} \geq M$ la section du béton est bonne

$$z = 0,17\text{m}$$

La Section théorique d'acier

$$A' = 0,00\text{cm}^2/\text{ml}$$

$$A = 1,66\text{cm}^2/\text{ml}$$

$$A_{min} = 3,00\text{cm}^2/\text{ml}$$

➤ Aciers principaux :

$$\text{Choix } \phi = 12 \quad \text{Sect} = 1,13\text{cm}^2 \quad n = 4 \text{ barres par } 1\text{ml}$$

$$A_s = 4HA12 \quad \text{esp} = 25\text{cm} \quad \text{soit} \quad A_s =$$

$$4,52\text{cm}^2/\text{ml}$$

➤ Acier de répartition

$$A_s = 3,00\text{cm}^2/\text{ml}$$

$$\text{Choix } \phi = 10 \quad \text{Sect} = 0,79\text{cm}^2 \quad n = 5 \text{ barres par } 1\text{ml}$$

$$A_s = 5HA10 \quad \text{esp} = 20\text{cm} \quad \text{soit} \quad A_s = 3,93\text{cm}^2/\text{ml}$$

➤ Acier inférieur dans le radier à ELS

$$M_4 = 4,90\text{kN.m/ml} = 0,005\text{MN.m/ml}$$

$$\text{Effort dans le radier : } N = 9,10\text{KN/ml}$$

$$\text{Moment additionnel : } M = 0,0049\text{MN.m/ml}$$

$$\text{Moment résistant : } M_{rser} = 0,1197\text{MN.m/ml}$$

$M_{rser} \geq M$ la section du béton est bonne

$$z = 0,17\text{m}$$

La Section théorique d'acier

$$A' = 0,00\text{cm}^2/\text{ml}$$

$$A = 1,16\text{cm}^2/\text{ml}$$

$$A_{min} = 3,00\text{cm}^2/\text{ml}$$

➤ Aciers principaux :

Choix $\phi = 12$ Sect = $1,13\text{cm}^2$ n = 4 barres par 1ml

$A_s = 4\text{HA}12$ esp = 25cm soit $A_s = 4,52\text{cm}^2/\text{ml}$

Acier de répartition

$$A_s = 3,00\text{cm}^2/\text{ml}$$

Choix $\phi = 10$ Sect = $0,79\text{cm}^2$ n = 5 barres par 1ml

$A_s = 5\text{HA}10$ esp = 20cm soit $A_s = 3,93\text{cm}^2/\text{ml}$

➤ Acier inférieur supplémentaire en chapeau sur appui central à l'ELS

$$M_5 = 13,41\text{kN.m/ml} = 0,013\text{MN.m/ml}$$

Effort dans la dalle : $N = 7,25\text{KN/ml}$

Moment additionnel $M = 0,0138\text{MN.m/ml}$

Moment résistant $M_r = 0,1197\text{MN.m/ml}$

$M_{rser} \geq M$ la section du béton est bonne

$$z = 0,17\text{m}$$

➤ Aciers principaux :

Choix $\phi = 12$ Sect = $1,13\text{cm}^2$ n = 4 barres par 1ml

$A_s = 4\text{HA}12$ esp = 25cm soit $A_s = 4,52\text{cm}^2/\text{ml}$

3. Piédroits

➤ Piédroit de rive

$h = 0,30$ $b = 100$ $d = 20\text{cm}$ $d' = 0,05\text{cm}$

$f_{c28} = 25,0\text{MPa}$ $f_{bc} = 14,2\text{MPa}$ $s_0 = 15,0\text{MPa}$

$F_{eE} = 500,0\text{MPa}$ $s = 250,0\text{MPa}$ Fissuration préjudiciable

Contrainte tangentielle

$V_u =$ effet tranchant maxi = $64,06\text{KN/ml}$ soit $0,064\text{MN/ml}$

Contrainte limite $t_{ul} = 0,13f_{c28} = 3,25\text{MPa}$

$t_u = V_u/(bxd) = 0,32\text{MPa} < t_{ul}$ ok

➤ Aciers pour chaque nappe du piédroit à l'ELS

Le moment max dans le piédroit à ELS

$$M_{34} = 4,90 \text{ kN.m/ml} = 0,005 \text{ MN.m/ml}$$

$$\text{Effort dans la dalle : } N = 48,81 \text{ kN/ml}$$

$$\text{Moment additionnel } M = 0,0146 \text{ MN.m/ml}$$

$$\text{Moment résistant } M_{rser} = 0,1197 \text{ MN.m/ml}$$

$M_{rser} \geq M$ la section du béton est bonne

La Section théorique d'acier

$$A' = 0,00 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A = 1,51 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_{min} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Aciers principaux :

$$\text{Choix } \phi = 12 \quad \text{Sect} = 1,13 \text{ cm}^2 \quad n = 4 \text{ barres par 1ml}$$

$$A_s = 4\text{HA}12 \quad \text{esp} = 25 \text{ cm} \quad \text{soit } A_s = 4,52 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Acier de répartition

$$A_s = A_{min} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$\text{Choix } \phi = 10 \quad \text{Sect} = 0,79 \text{ cm}^2 \quad n = 5 \text{ barres par 1ml}$$

$$A_s = 5\text{HA}10 \quad \text{esp} = 20 \text{ cm} \quad \text{soit } A_s = 3,93 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

4. Piédroit centrale en compression centrée de rive

$$h = 0,30 \quad b = 100 \quad d = 20 \text{ cm} \quad d' = 18 \text{ cm}$$

$$f_{c28} = 25,0 \text{ MPa} \quad f_{bc} = 14,2 \text{ MPa}$$

$$F_{eE} = 500,0 \text{ MPa} \quad f_{ed} = 434,8 \text{ MPa}$$

➤ Aciers pour chaque nappe du piédroit central

$$N_u = 164,3 \text{ kN}$$

La Section théorique d'acier

$$A' = 5,20 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_{min} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

➤ Aciers principaux

$$\text{Choix } \phi = 12 \quad \text{Sect} = 1,13 \text{ cm}^2 \quad n = 5 \text{ barres par 1ml}$$

$$A_s = 5\text{HA}12 \quad \text{esp} = 20 \text{ cm} \quad \text{soit } A_s = 5,65 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

➤ Acier de répartition

$$A_s = 3,00 \text{ cm}^2/\text{ml} \quad \text{Choix } \phi = 10 \quad \text{Sect} = 0,79 \text{ cm}^2 \quad n = 5 \text{ barres par 1ml}$$

$$A_s = 5\text{HA}10 \quad \text{esp} = 20 \text{ cm} \quad \text{soit } A_s = 3,93 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

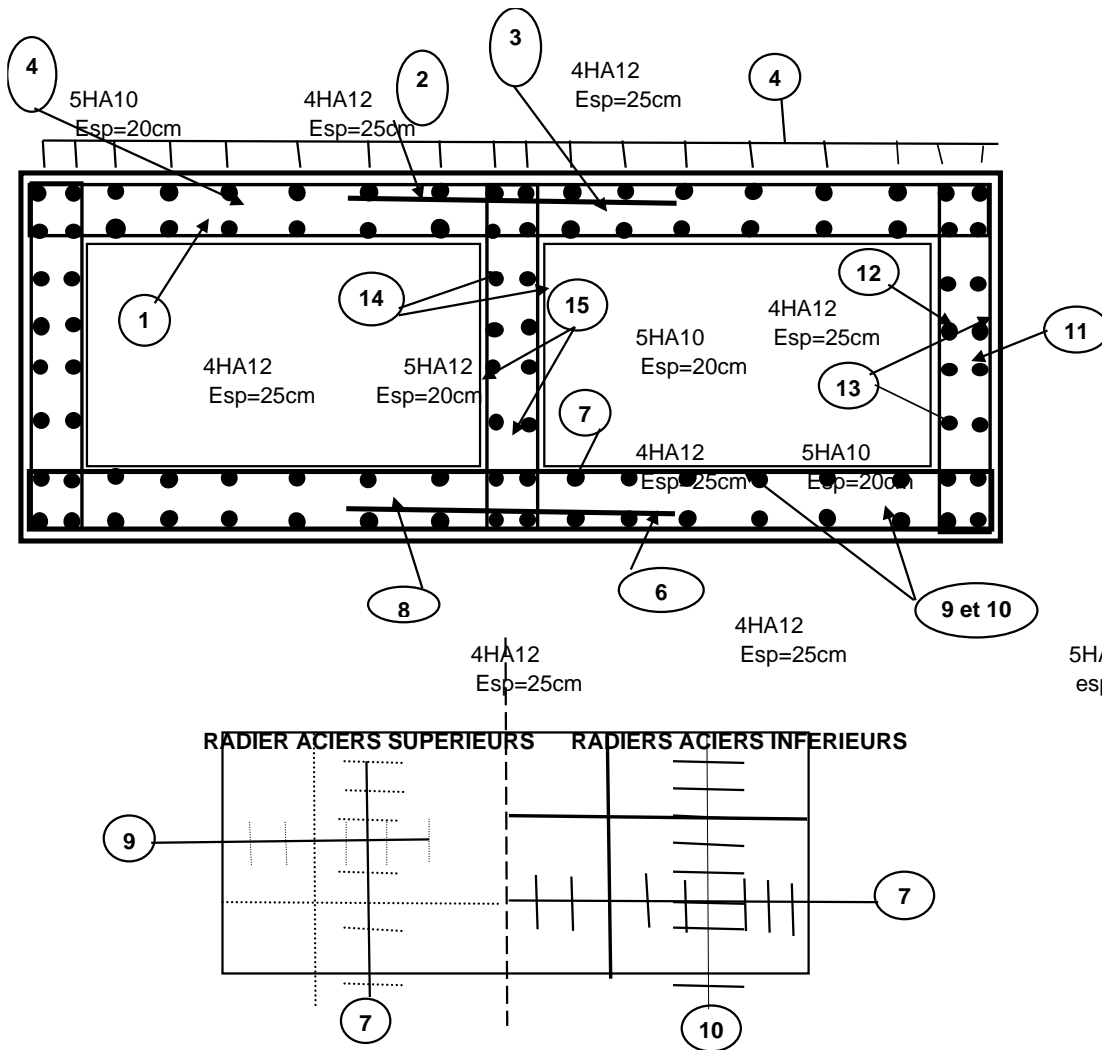


Figure 38 : Plan de ferrailage du dalot 2*1*1

Tableau 31 Dispositions constructives des aciers dans

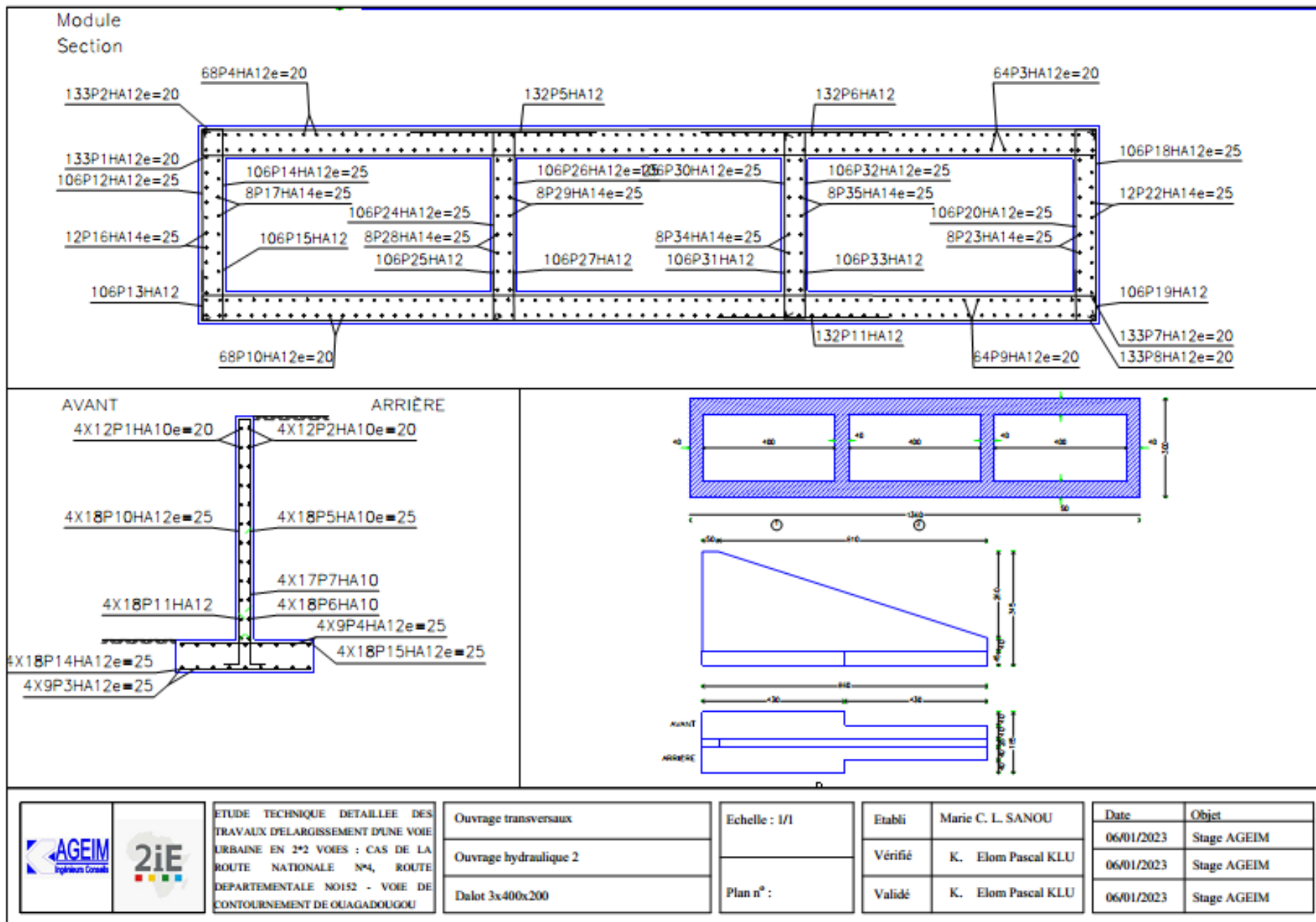
	ACIERS		NOMBRE				LONGUEUR			schémas
	N*	HA	par pièce	De pièces/ml	Par élément	Tota l	Développé e	Totale	tota l (kg)	
DALOT DALLE	1	12	1	4	21	84	336	282,2 m	253	20 0 2 2 252
	2	12	1	4	21	84	282	236,9 m	212	15 252 1 5
	3	12	1	4	21	84	80	67,2m	60,2	80
	4	10	1	5	1	5	2130	191,7 m	119	210 0 1 15

RADIERS	5	10	1	5	1	5	2130	191,7 m	119	15	
	6	12	1	4	21	84	336	282,2 m	253	22	
	7	12	1	4	21	84	282	236,9 m	212	15	
	8	12	1	4	21	84	282	236,88	212		
	9	10	1	5	0	0	2130	85,2m	53	15	
	10	10	1	5	0	0	2130	85,2m	53	15	

		ACIERS		NOMBRE			LONGUEUR			schéma	
		Repère	HA	par pièce	de pièces/ml	Par élément	total	développée	totale		total (kg)
OUVRAGES DE TETE	PIEDROIT de rive	11	12	1	4	21	84	204,00	171,4m	154	
		12	12	1	4	21	84	152,00	127,7m	114	
		13	10	2	5	1	10	2130	213,0m	133	
	PIEDROIT central	14	12	2	5	21	210	194	407,4m	365	
		15	10	2	5	1	10	2130	213,0m	133	

											15	15
Mur en aile	16	10	2	4							Variable	
	17	8	2	4							variable	
	18	8	2	6							variable	
BORDURETTE	19	10	2	4	2,52	20	252	50,8m	31,6	15		15
	20	6	1	3	2,52	7,6	170	12,9m	2,88			35
RADIER ENTONNOIR	21	10	2	4							Variable	
	22	8	2	4								
	23	8	4	6							variable	
BECHE	24	10	4	1	1	4	527	21,1m	13,1	15		15
	25	6	1	5	5	25	168	41,7m	9,34	62		22

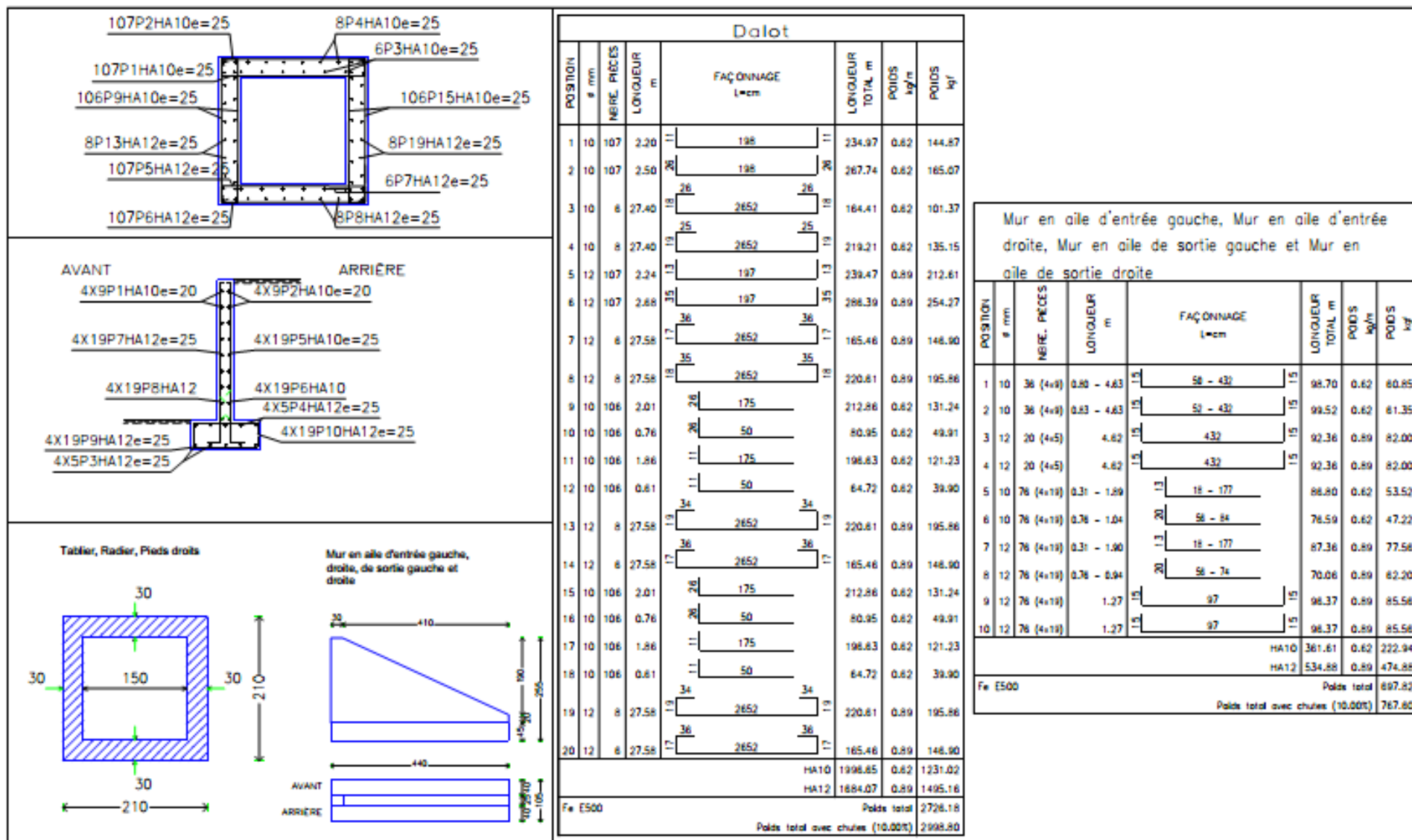
Annexe 12 Dimensionnement de dalot sur CYPE

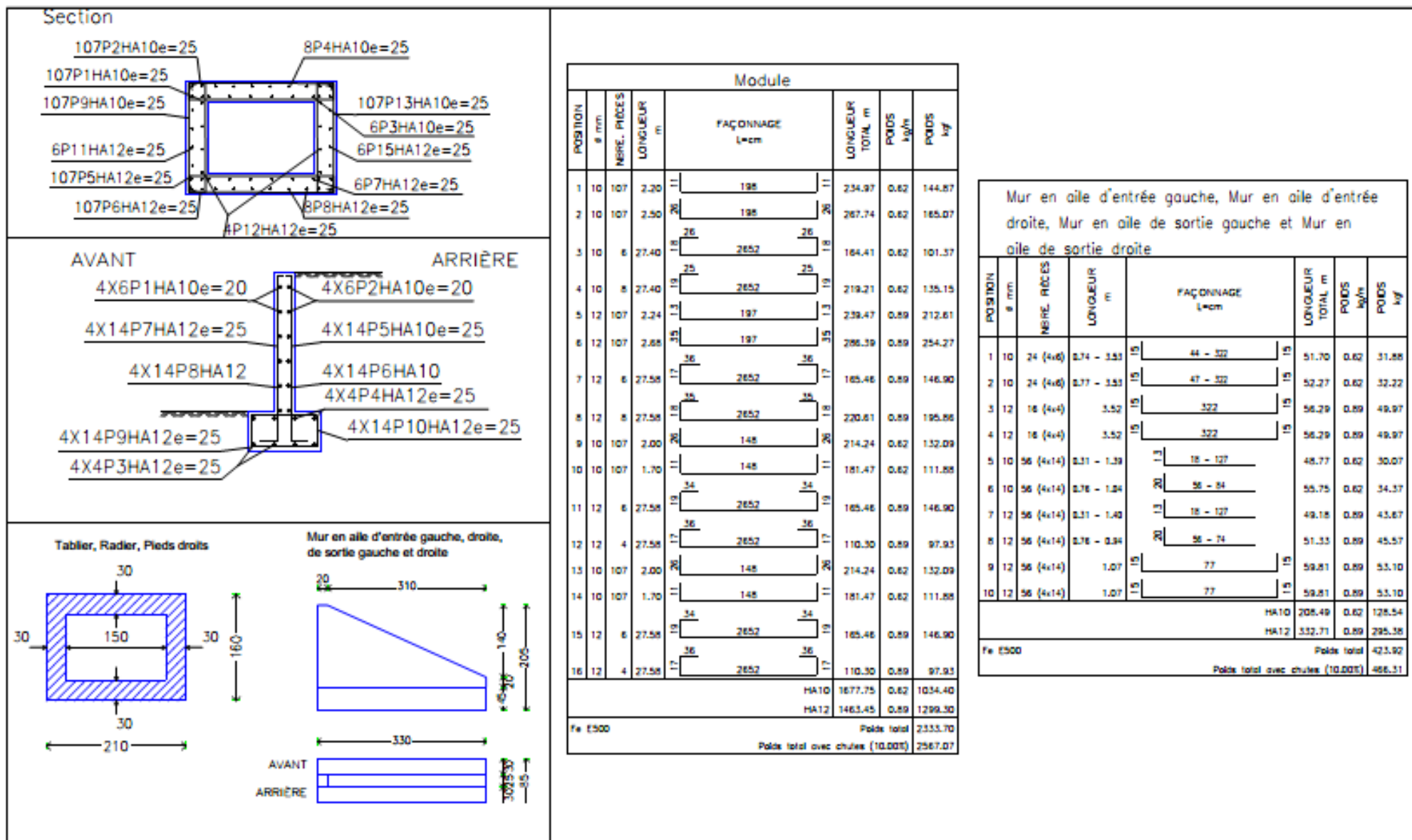


Dapot 3x4x2							
POSITION # km	HEUR. REC. DE	LONGUEUR m	FAÇONNAGE L/m	LONGUEUR TOTAL (m)	PONDS L/m ²	PONDS M ³	
1	12	13.71	1.87	1824.29	0.89	1621.27	
2	12	14.21	1.87	1863.86	0.89	1664.80	
3	12	27.84	2.92	1764.88	0.89	1566.92	
4	12	27.84	2.92	1876.18	0.89	1664.86	
5	12	2.82	2.92	272.47	0.89	239.87	
6	12	2.84	2.92	274.88	0.89	242.86	
7	12	13.71	1.87	1824.29	0.89	1621.27	
8	12	14.21	1.87	1863.86	0.89	1664.80	
9	12	27.84	2.92	1764.88	0.89	1566.92	
10	12	27.84	2.92	1876.18	0.89	1664.86	
11	12	2.81	2.92	262.19	0.89	235.61	
12	12	2.84	2.92	274.88	0.89	242.23	
13	12	0.98	2.92	188.67	0.89	169.32	
14	12	2.87	2.92	272.76	0.89	242.18	
15	12	0.98	2.92	183.78	0.89	163.24	
16	12	27.78	2.92	233.07	1.21	482.42	
17	14	8	2.92	222.00	1.21	268.26	
18	12	2.84	2.92	274.88	0.89	242.23	
19	12	0.98	2.92	188.67	0.89	169.32	
20	12	2.87	2.92	272.76	0.89	242.18	
21	12	0.98	2.92	183.78	0.89	163.24	
22	14	12	2.92	233.07	1.21	482.42	
23	14	8	2.92	222.00	1.21	268.26	
24	12	2.87	2.92	272.76	0.89	242.18	
25	12	0.98	2.92	183.78	0.89	163.24	
26	12	2.87	2.92	272.76	0.89	242.18	
27	12	0.98	2.92	183.78	0.89	163.24	
28	14	8	2.92	222.00	1.21	268.26	
29	14	8	2.92	222.00	1.21	268.26	
30	12	2.87	2.92	272.76	0.89	242.18	
31	12	0.98	2.92	183.78	0.89	163.24	
32	12	2.87	2.92	272.76	0.89	242.18	
33	12	0.98	2.92	183.78	0.89	163.24	
34	14	8	2.92	222.00	1.21	268.26	
35	14	8	2.92	222.00	1.21	268.26	
				H412	18728.40	0.89	16638.36
				H414	1888.02	1.21	2434.82
Fr 1920							19224.88
							20127.37

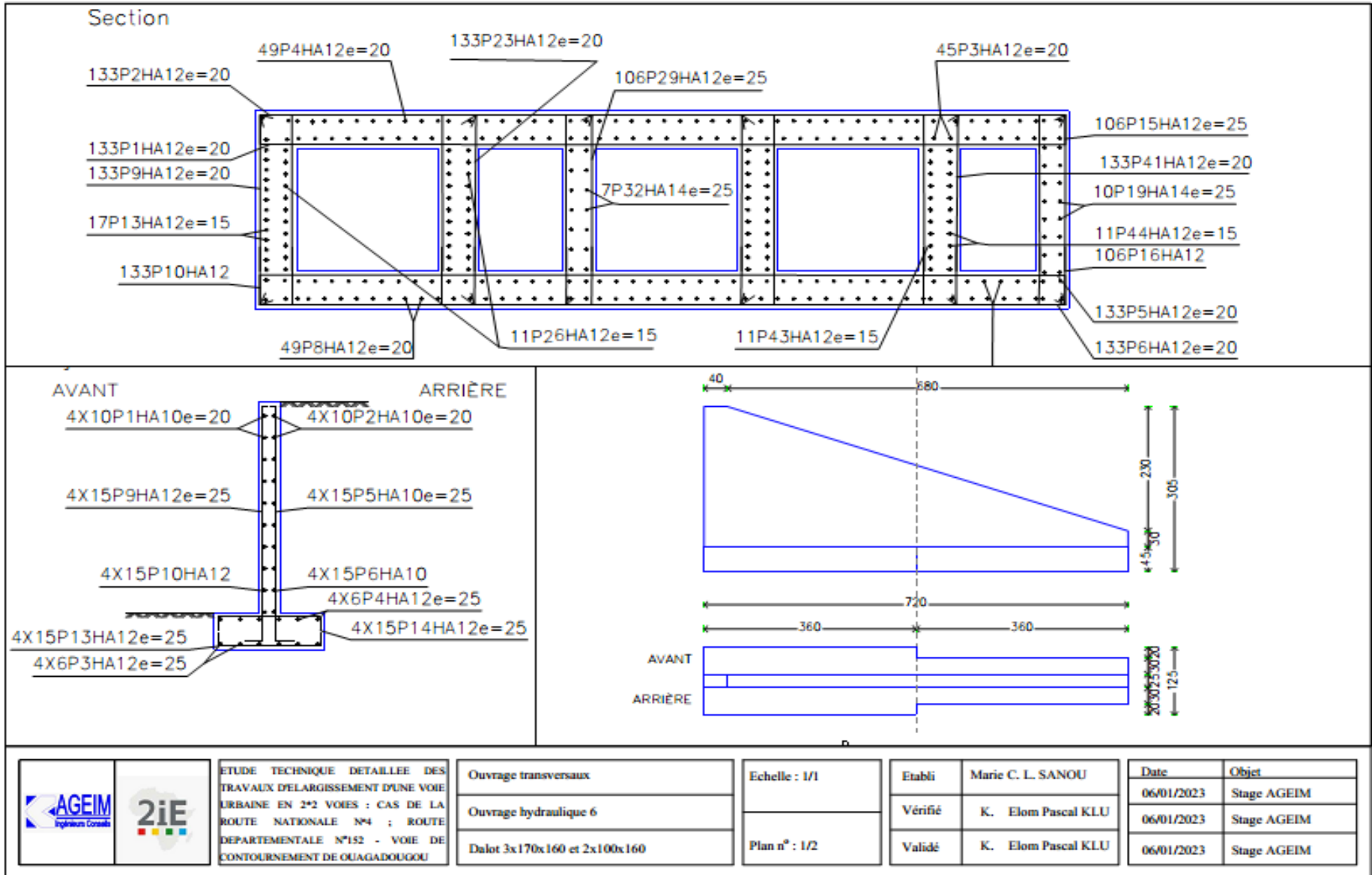
Mur en aile d'entrée gauche, Mur en aile d'entrée droite, Mur en aile de sortie gauche et Mur en aile de sortie droite

POSITION # km	HEUR. REC. DE	LONGUEUR m	FAÇONNAGE L/m	LONGUEUR TOTAL (m)	PONDS L/m ²	PONDS M ³	
1	10	48 (3+12)	1.28 - 0.82	61	286.87	187.42	
2	10	48 (3+12)	1.28 - 0.82	61	287.82	188.77	
3	12	36 (3+6)	1.42 - 0.92	61	248.68	220.76	
4	12	36 (3+6)	1.42 - 0.92	61	248.68	220.76	
5	10	72 (3+18)	1.42 - 2.88	101	386.91	465.86	
6	10	72 (3+18)	1.24	91	318.81	461.96	
7	10	48 (3+12)	2.28	101	347.48	471.68	
8	10	72 (3+18)	0.82 - 1.88	101	318.81	461.96	
9	10	72 (3+18)	0.82 - 1.82	101	318.81	461.96	
10	12	72 (3+18)	1.42 - 2.42	101	386.91	465.86	
11	12	72 (3+18)	0.92	91	318.81	461.96	
12	12	72 (3+18)	0.82 - 1.88	101	318.81	461.96	
13	12	72 (3+18)	0.92	91	318.81	461.96	
14	12	72 (3+18)	1.78	178	328.16	411.78	
15	12	72 (3+18)	1.78	178	328.16	411.78	
16	12	78 (3+18)	1.27	97	461.27	461.86	
17	12	78 (3+18)	1.27	97	461.27	461.86	
				H410	1833.80	0.82	626.89
				H412	2332.88	0.89	1712.84
Fr 1920							1922.73
							1982.82

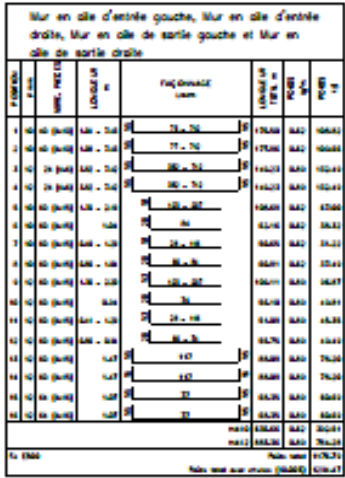




	ETUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE DES TRAVAUX D'ÉLARGISSEMENT D'UNE VOIE URBAINE EN 2*2 VOIES : CAS DE LA ROUTE NATIONALE N°4, ROUTE DÉPARTEMENTALE N°152 - VOIE DE CONTOURNEMENT DE OUGADDOUGOU	Ouvrage transversaux	Echelle : 1/1	Établi	Marie C. L. SANOU	Date	Objet
		Ouvrage hydraulique 7		Vérfié	K. Elom Pascal KLU	06/01/2023	Stage AGEIM
		Dalot 1x150x100	Plan n° : 1/1	Validé	K. Elom Pascal KLU	06/01/2023	Stage AGEIM



P.C.M.	P.C.M.	P.C.M.	P.C.M.	Ouvrage		L'ONGLEUR	L'ONGLEUR	L'ONGLEUR	L'ONGLEUR
				FAÇONNEMENT	FAÇONNEMENT				
1	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2	10	10	10	10	10	10	10	10	10
3	10	10	10	10	10	10	10	10	10
4	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6	10	10	10	10	10	10	10	10	10
7	10	10	10	10	10	10	10	10	10
8	10	10	10	10	10	10	10	10	10
9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	10	10	10	10	10	10	10	10	10
12	10	10	10	10	10	10	10	10	10
13	10	10	10	10	10	10	10	10	10
14	10	10	10	10	10	10	10	10	10
15	10	10	10	10	10	10	10	10	10
16	10	10	10	10	10	10	10	10	10
17	10	10	10	10	10	10	10	10	10
18	10	10	10	10	10	10	10	10	10
19	10	10	10	10	10	10	10	10	10
20	10	10	10	10	10	10	10	10	10
21	10	10	10	10	10	10	10	10	10
22	10	10	10	10	10	10	10	10	10
23	10	10	10	10	10	10	10	10	10
24	10	10	10	10	10	10	10	10	10
25	10	10	10	10	10	10	10	10	10
26	10	10	10	10	10	10	10	10	10
27	10	10	10	10	10	10	10	10	10
28	10	10	10	10	10	10	10	10	10
29	10	10	10	10	10	10	10	10	10
30	10	10	10	10	10	10	10	10	10
31	10	10	10	10	10	10	10	10	10
32	10	10	10	10	10	10	10	10	10
33	10	10	10	10	10	10	10	10	10
34	10	10	10	10	10	10	10	10	10
35	10	10	10	10	10	10	10	10	10
36	10	10	10	10	10	10	10	10	10
37	10	10	10	10	10	10	10	10	10
38	10	10	10	10	10	10	10	10	10
39	10	10	10	10	10	10	10	10	10
40	10	10	10	10	10	10	10	10	10
41	10	10	10	10	10	10	10	10	10
42	10	10	10	10	10	10	10	10	10
43	10	10	10	10	10	10	10	10	10
44	10	10	10	10	10	10	10	10	10
45	10	10	10	10	10	10	10	10	10
46	10	10	10	10	10	10	10	10	10
47	10	10	10	10	10	10	10	10	10
48	10	10	10	10	10	10	10	10	10
49	10	10	10	10	10	10	10	10	10
50	10	10	10	10	10	10	10	10	10
51	10	10	10	10	10	10	10	10	10
52	10	10	10	10	10	10	10	10	10
53	10	10	10	10	10	10	10	10	10
54	10	10	10	10	10	10	10	10	10
55	10	10	10	10	10	10	10	10	10
56	10	10	10	10	10	10	10	10	10
57	10	10	10	10	10	10	10	10	10
58	10	10	10	10	10	10	10	10	10
59	10	10	10	10	10	10	10	10	10
60	10	10	10	10	10	10	10	10	10
61	10	10	10	10	10	10	10	10	10
62	10	10	10	10	10	10	10	10	10
63	10	10	10	10	10	10	10	10	10
64	10	10	10	10	10	10	10	10	10
65	10	10	10	10	10	10	10	10	10
66	10	10	10	10	10	10	10	10	10
67	10	10	10	10	10	10	10	10	10
68	10	10	10	10	10	10	10	10	10
69	10	10	10	10	10	10	10	10	10
70	10	10	10	10	10	10	10	10	10
71	10	10	10	10	10	10	10	10	10
72	10	10	10	10	10	10	10	10	10
73	10	10	10	10	10	10	10	10	10
74	10	10	10	10	10	10	10	10	10
75	10	10	10	10	10	10	10	10	10
76	10	10	10	10	10	10	10	10	10
77	10	10	10	10	10	10	10	10	10
78	10	10	10	10	10	10	10	10	10
79	10	10	10	10	10	10	10	10	10
80	10	10	10	10	10	10	10	10	10
81	10	10	10	10	10	10	10	10	10
82	10	10	10	10	10	10	10	10	10
83	10	10	10	10	10	10	10	10	10
84	10	10	10	10	10	10	10	10	10
85	10	10	10	10	10	10	10	10	10
86	10	10	10	10	10	10	10	10	10
87	10	10	10	10	10	10	10	10	10
88	10	10	10	10	10	10	10	10	10
89	10	10	10	10	10	10	10	10	10
90	10	10	10	10	10	10	10	10	10
91	10	10	10	10	10	10	10	10	10
92	10	10	10	10	10	10	10	10	10
93	10	10	10	10	10	10	10	10	10
94	10	10	10	10	10	10	10	10	10
95	10	10	10	10	10	10	10	10	10
96	10	10	10	10	10	10	10	10	10
97	10	10	10	10	10	10	10	10	10
98	10	10	10	10	10	10	10	10	10
99	10	10	10	10	10	10	10	10	10
100	10	10	10	10	10	10	10	10	10



	ETUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE DES TRAVAUX D'ÉLARGISSEMENT D'UNE VOIE URBAINE EN 2*2 VOIES : CAS DE LA ROUTE NATIONALE N°4, ROUTE DÉPARTEMENTALE N°152 - VOIE DE CONTOURNEMENT DE OUAĞADOUGOU	Ouvrage transversaux	Echelle : 1/1	Établi	Marie C. L. SANOU	Date	Objet
		Ouvrage hydraulique 6		Vérfifié	K. Elom Pascal KLU	06/01/2023	Stage AGEIM
		Dalot 3x450x200		Plan n° : 2/2	Validé	K. Elom Pascal KLU	06/01/2023

Recapitulatif des dalots 1,= 1x150x150

1.- NORME ET MATÉRIAUX

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

Béton: B25

Acier des barres: Fe E500

Enrobage extérieur: 3.5 cm

Enrobage intérieur: 3.5 cm

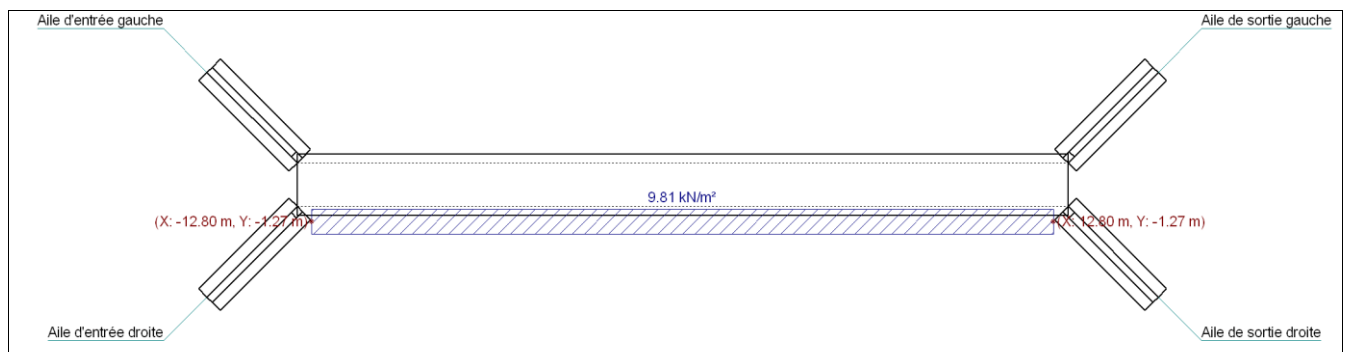
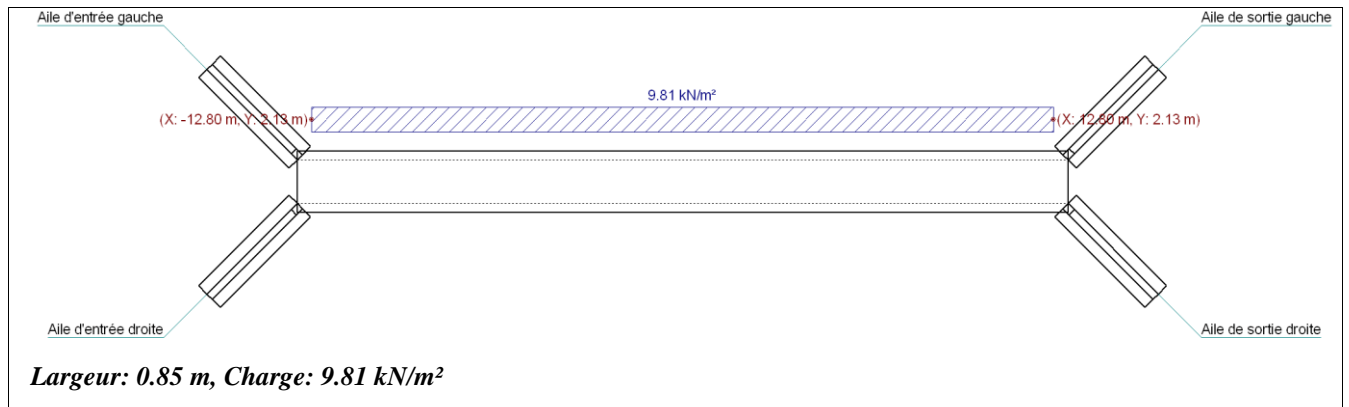
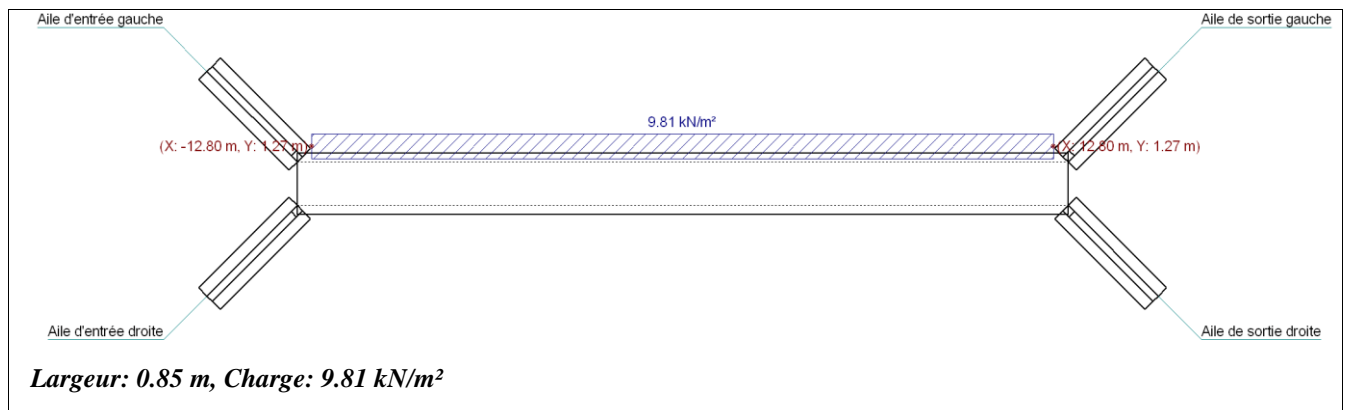
2.- ACTIONS

Sans surcharge supérieure

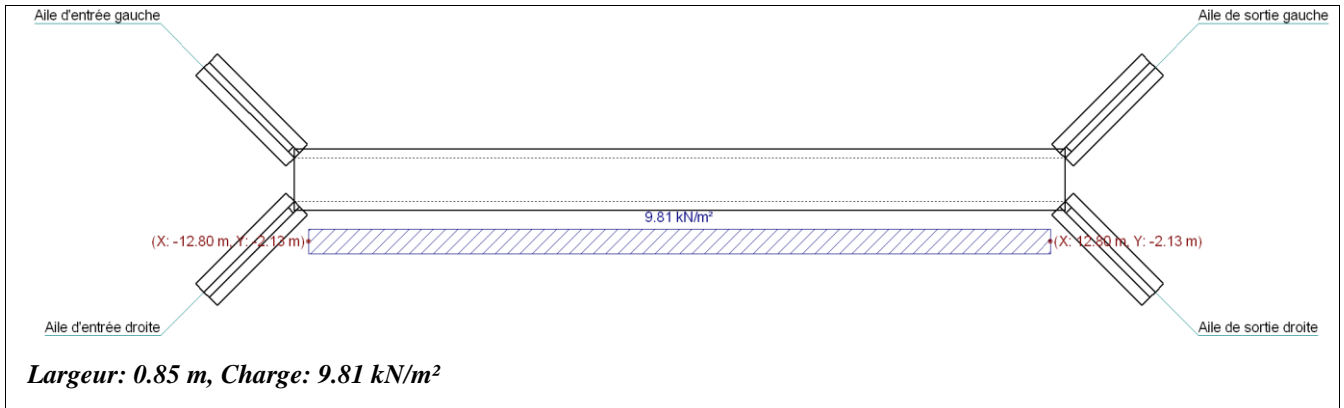
Sans surcharge inférieure

Avec charge hydraulique:

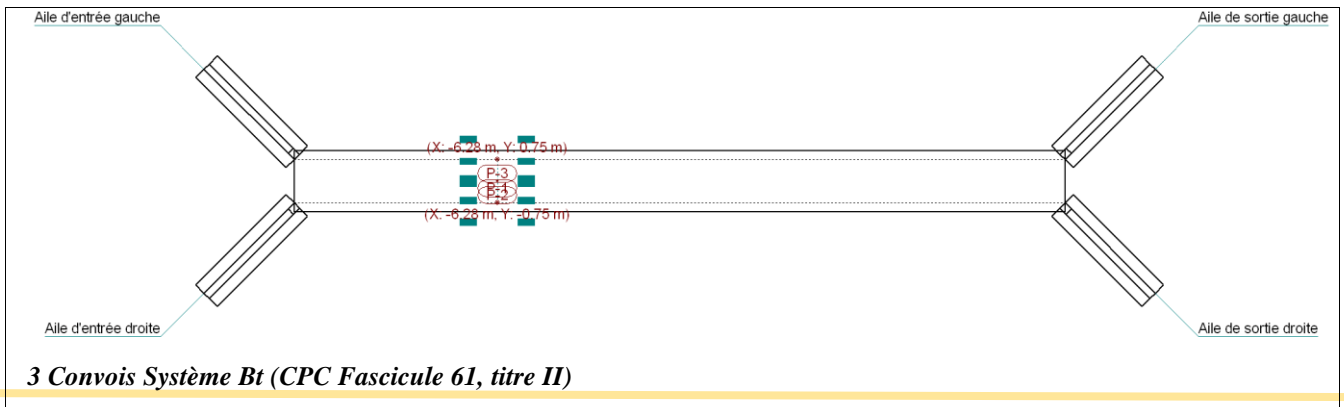
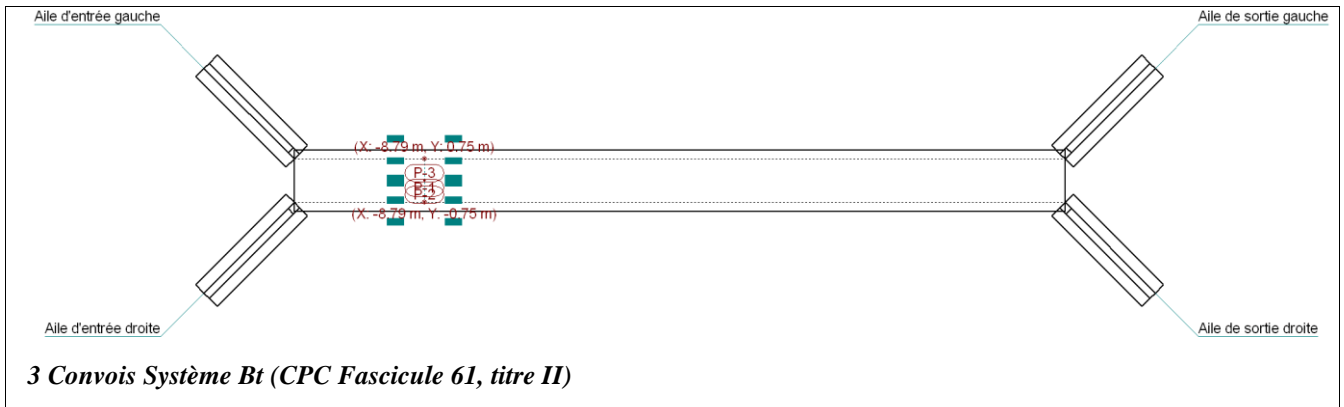
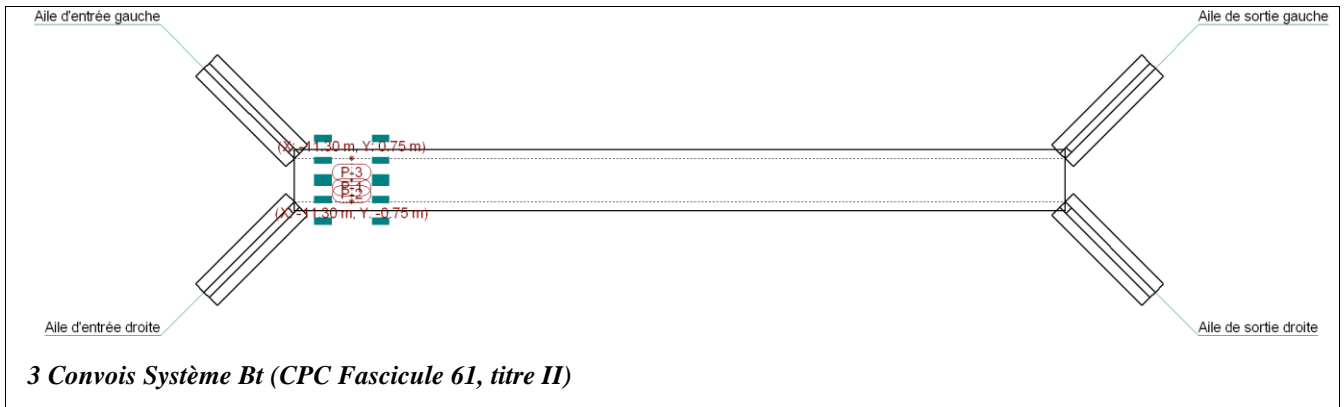
CHARGES EN BANDE

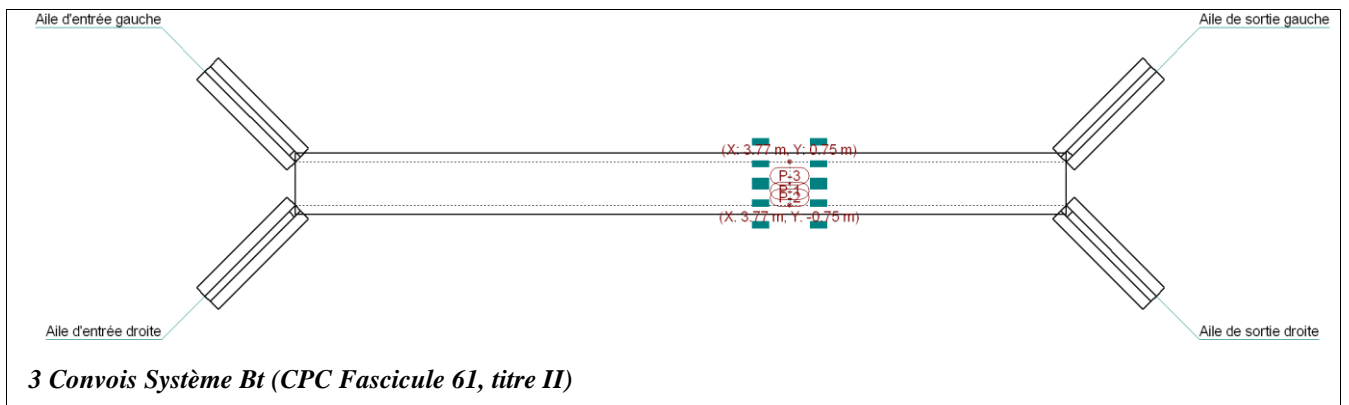
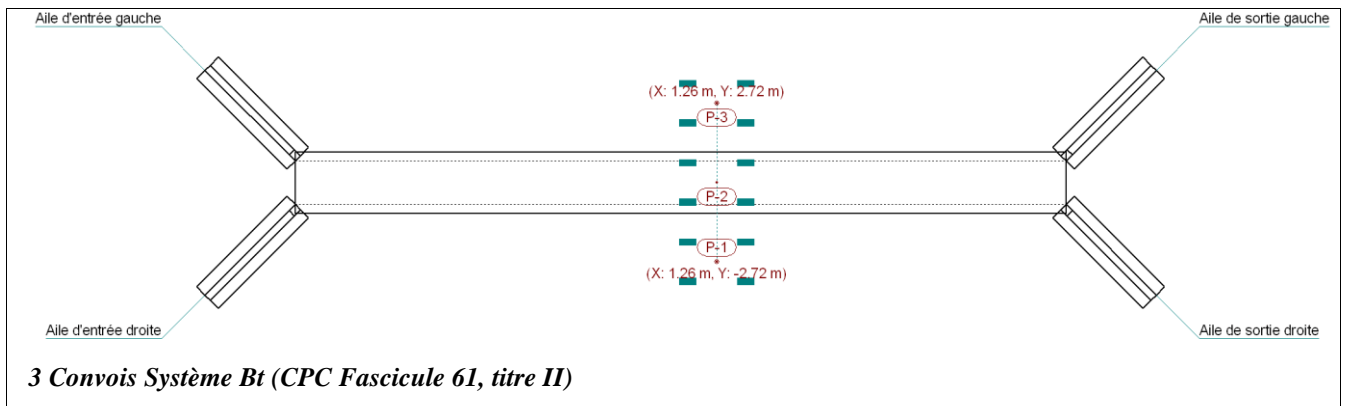
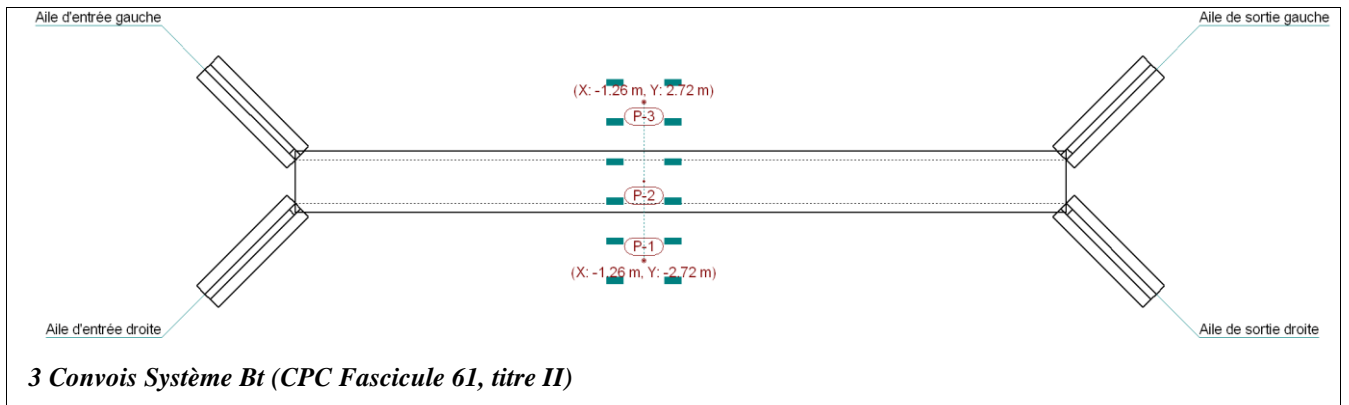
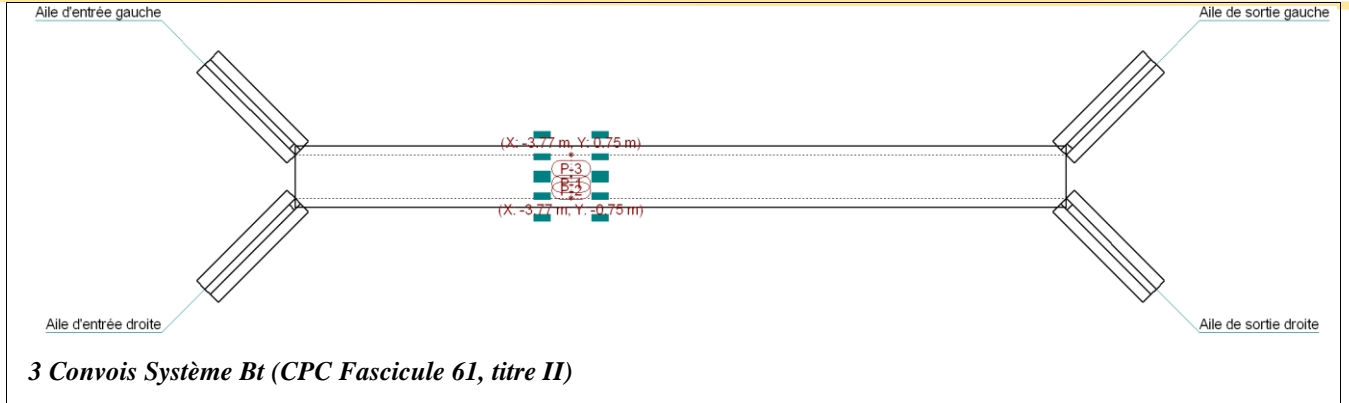


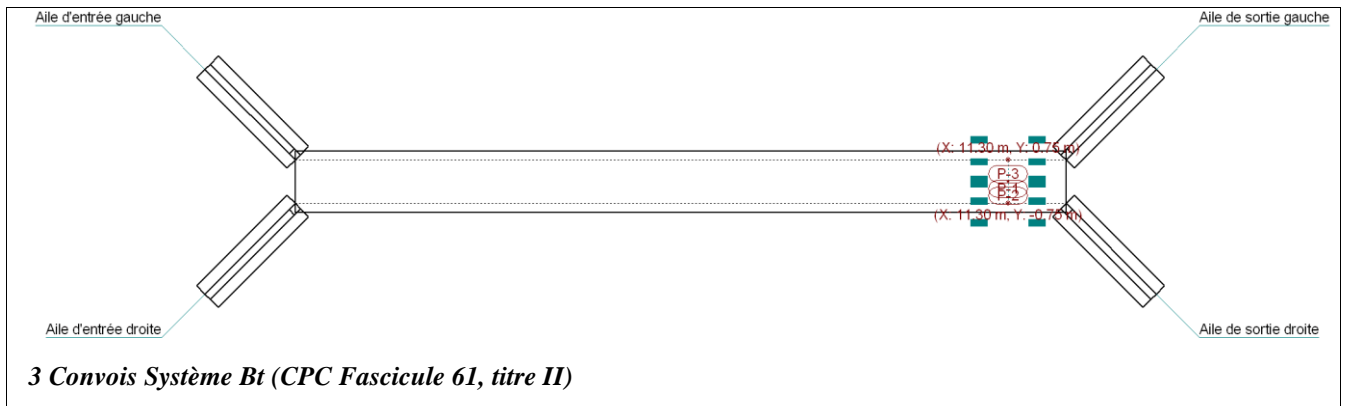
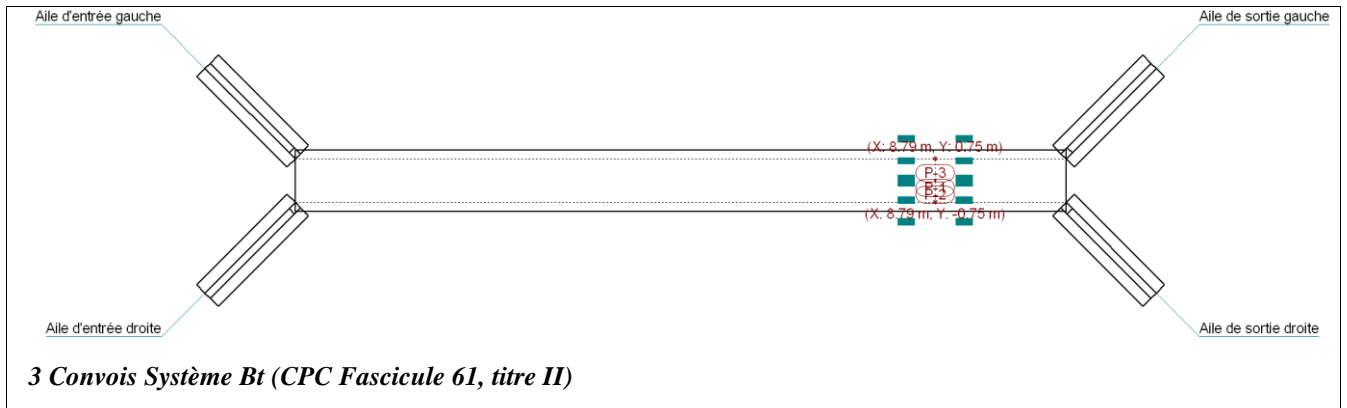
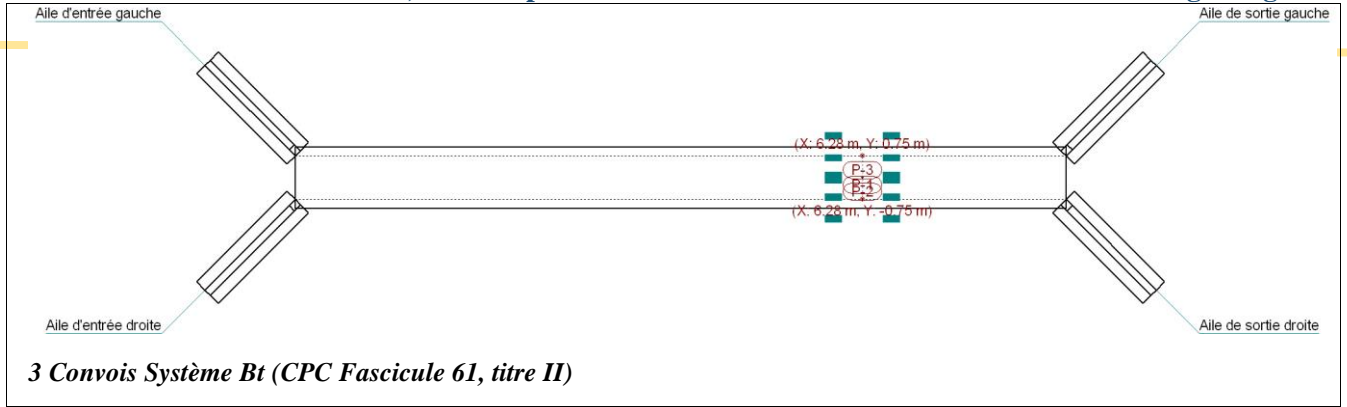
Largeur: 0.85 m, Charge: 9.81 kN/m²



CONVOI DE CHARGE







3.- QUANTITATIF

Résumé des quantitatifs (pertes d'acier incluses)

Élément	Fe E500 (kg)			Béton (m ³)
	HA10	HA12	Total	
Référence: Mur en aile d'entrée gauche	61.66	130.84	192.50	3.24
Référence: Mur en aile d'entrée droite	61.66	130.84	192.50	3.24
Référence: Module	1354.63	1645.41	3000.04	57.46
Référence: Mur en aile de sortie gauche	61.66	130.84	192.50	3.24

Élément	Fe E500 (kg)			Béton (m³)
	HA10	HA12	Total	B25
Référence: Mur en aile de sortie droite	61.66	130.84	192.50	3.24
Total	1601.27	2168.77	3770.04	70.41

Recapitulatif des dalots 3 et 4 = 1x100x100

1.- NORME ET MATÉRIAUX

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

Béton: B25

Acier des barres: Fe E500

Enrobage extérieur: 3.5 cm

Enrobage intérieur: 3.5 cm

2.- ACTIONS

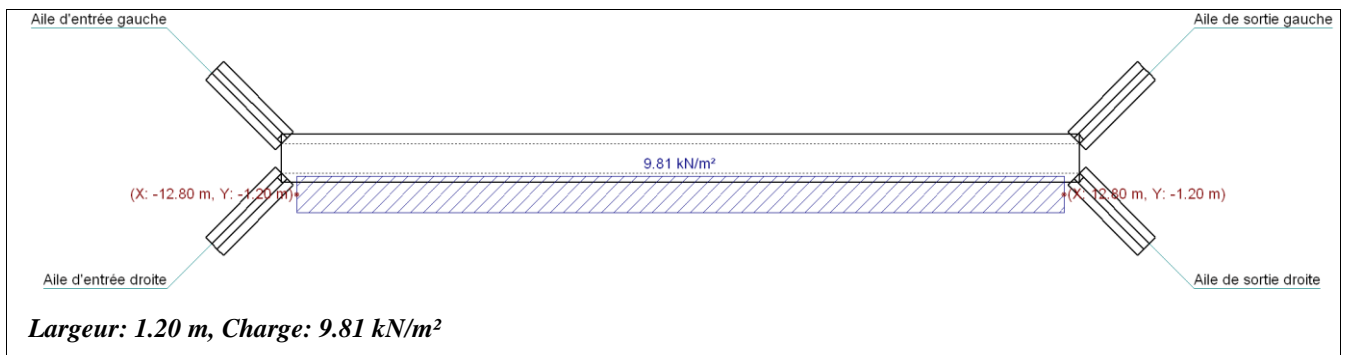
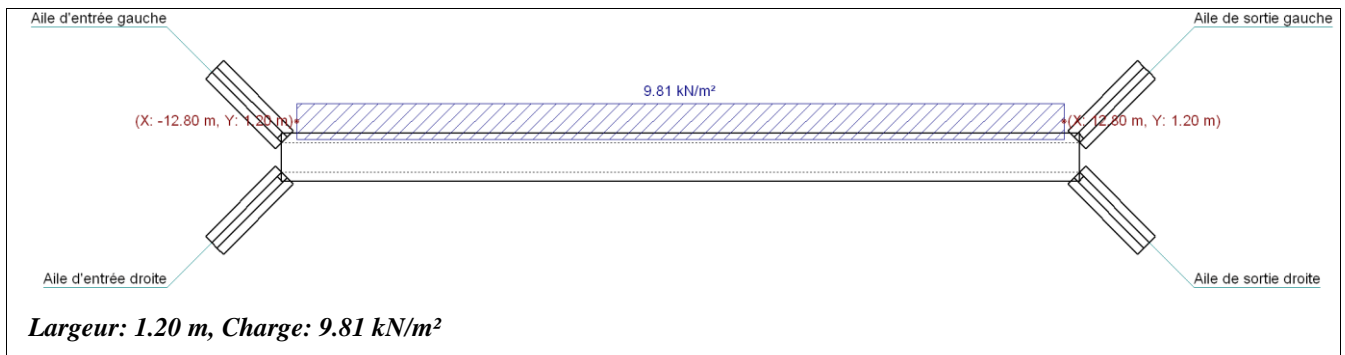
Surcharge uniforme supérieure: 10.00 kN/m²

Sans surcharge inférieure

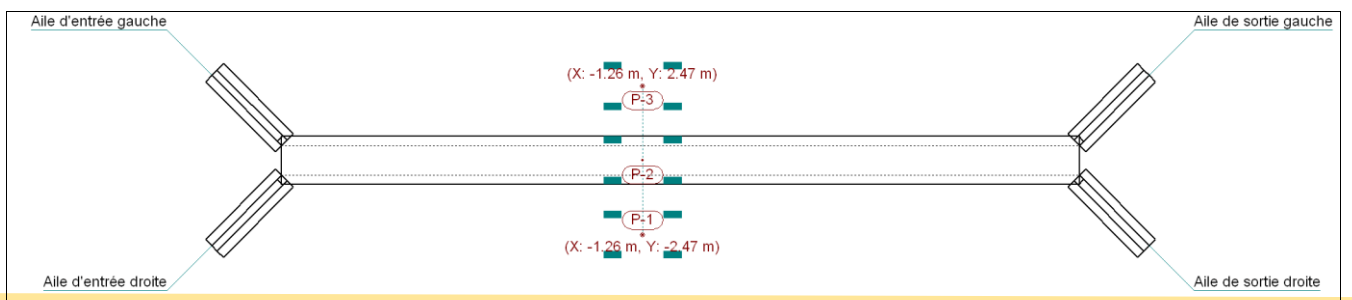
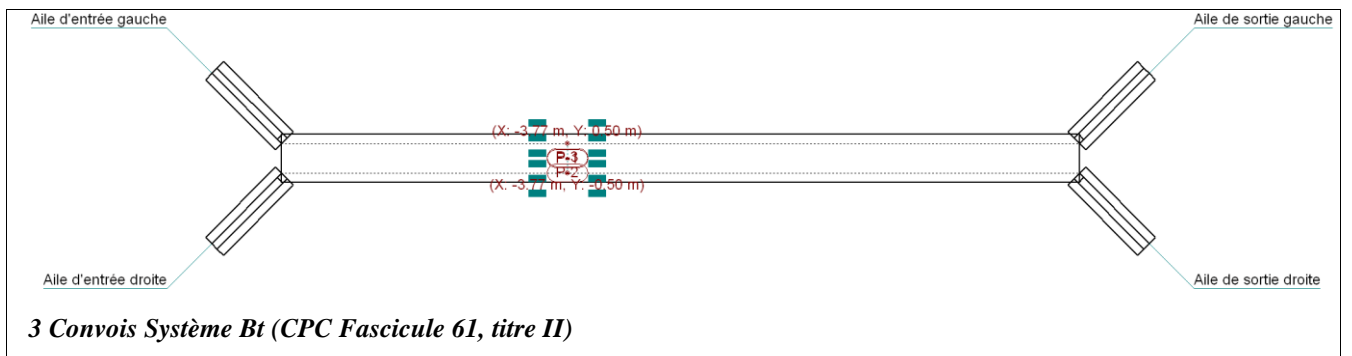
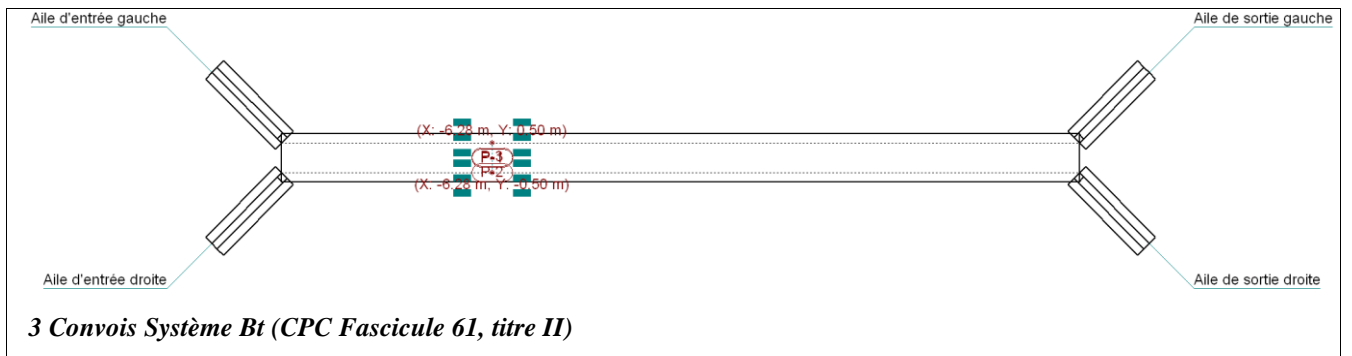
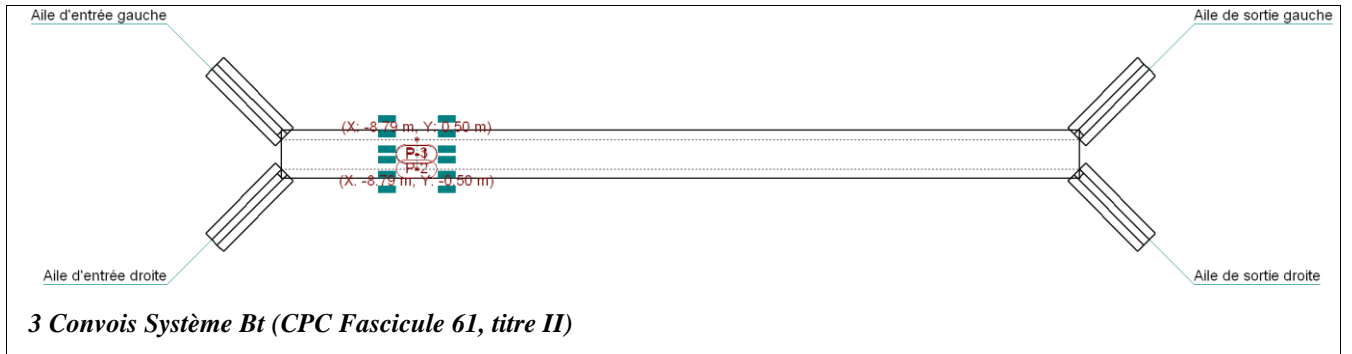
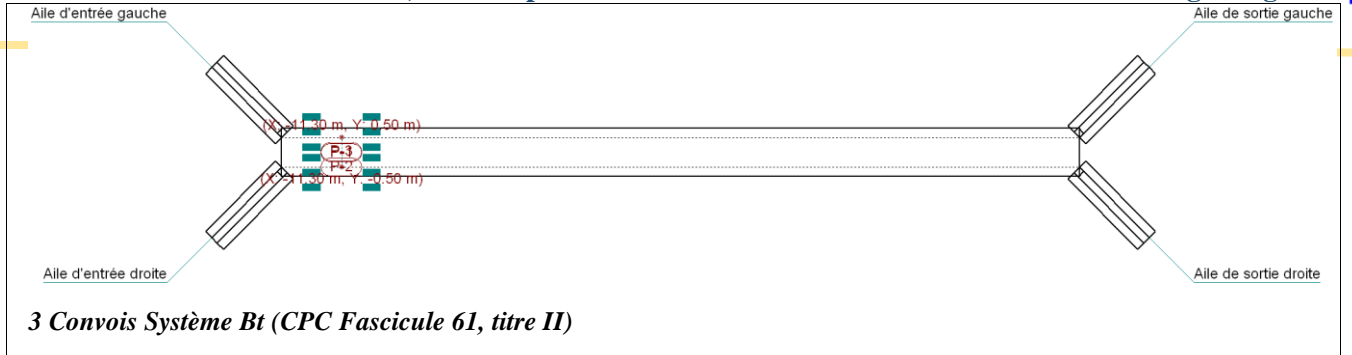
Avec charge hydraulique:

- Plan de la surface libre de l'eau: Par tirant d'eau (0.70 m)

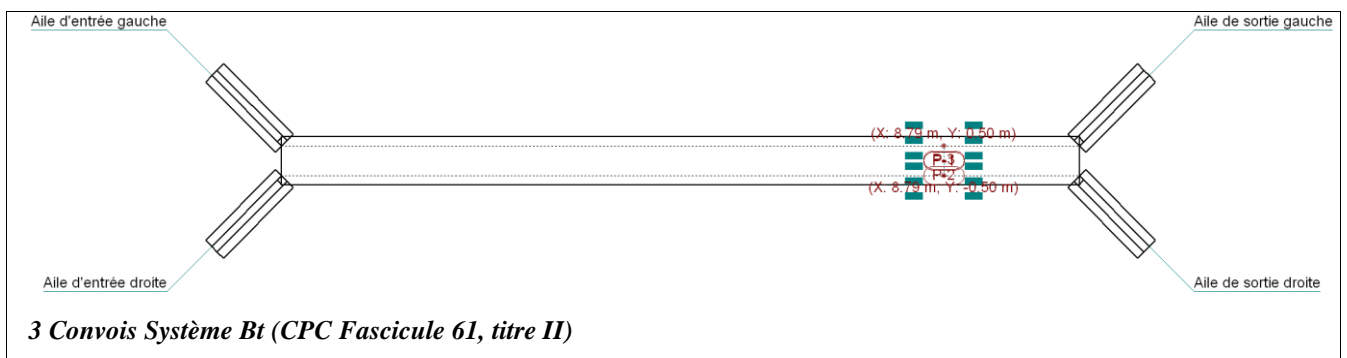
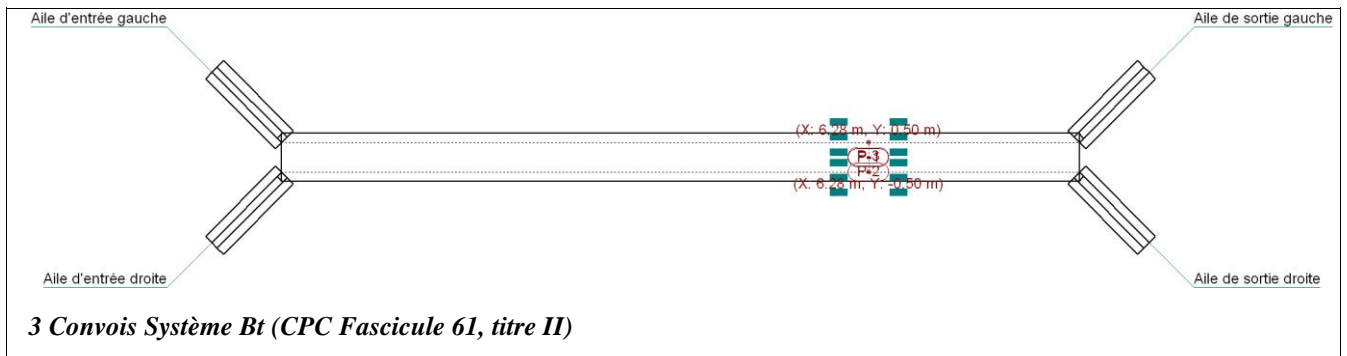
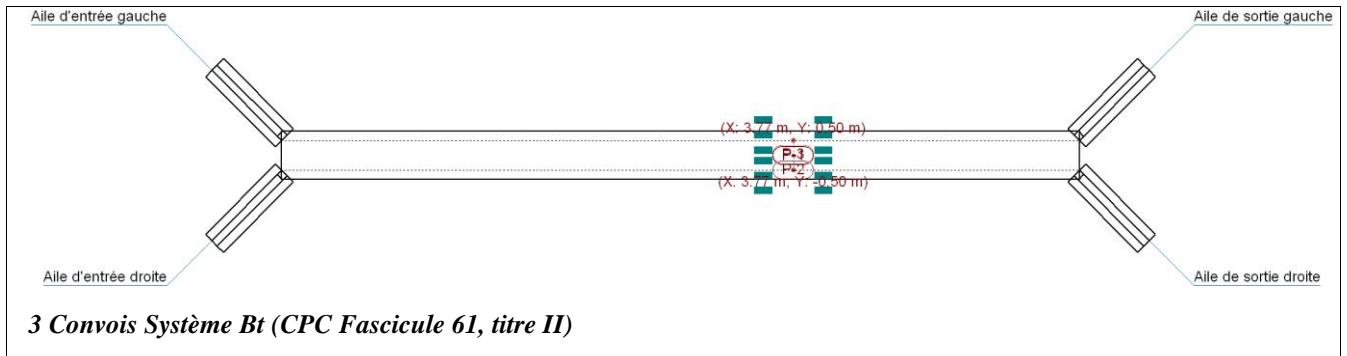
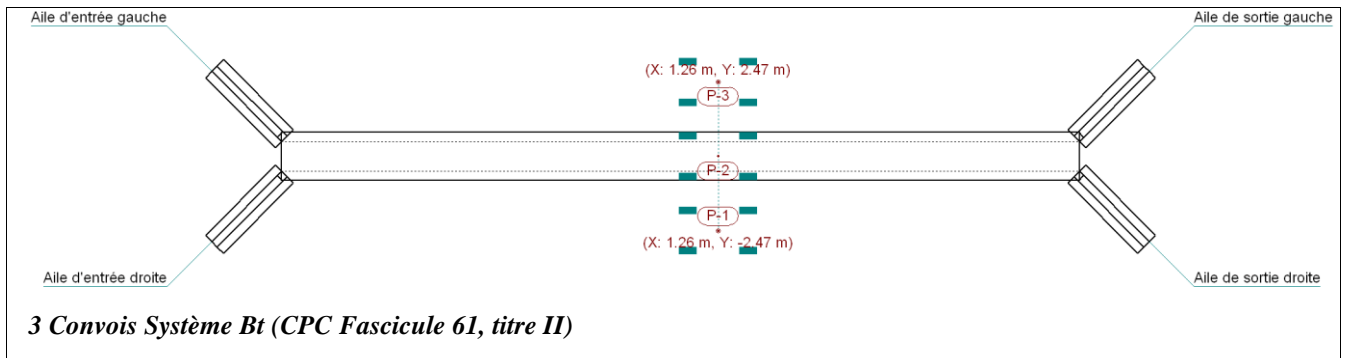
CHARGES EN BANDE

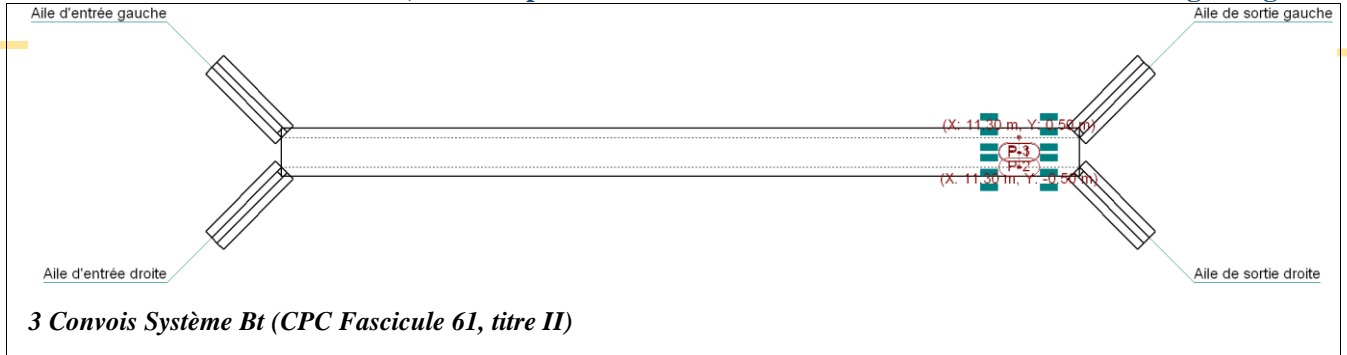


CONVOI DE CHARGE



3 Convois Système Bt (CPC Fascicule 61, titre II)





Recapitulatif des dalots 2 = 3x400x200

1.- NORME ET MATÉRIAUX

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

Béton: B25

Acier des barres: Fe E500

Enrobage extérieur: 3.5 cm

Enrobage intérieur: 3.5 cm

2.- ACTIONS

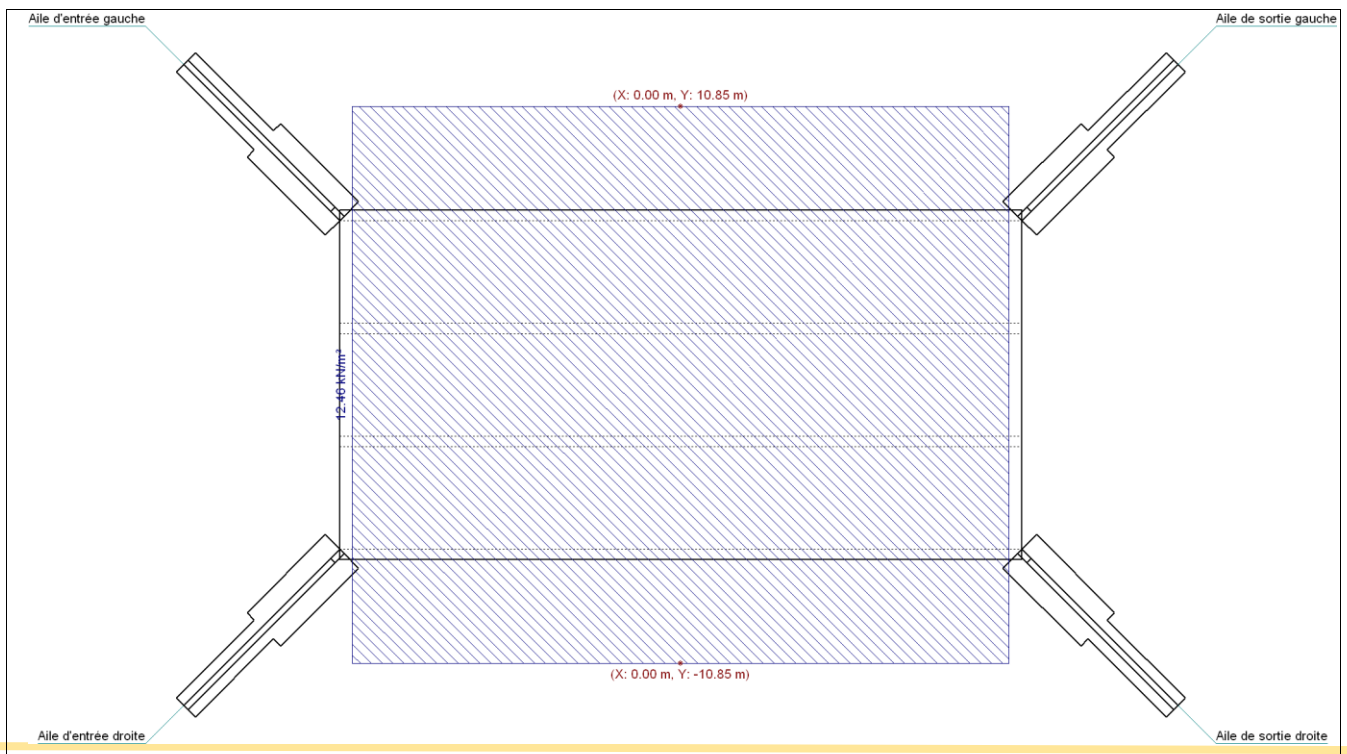
Sans surcharge supérieure

Sans surcharge inférieure

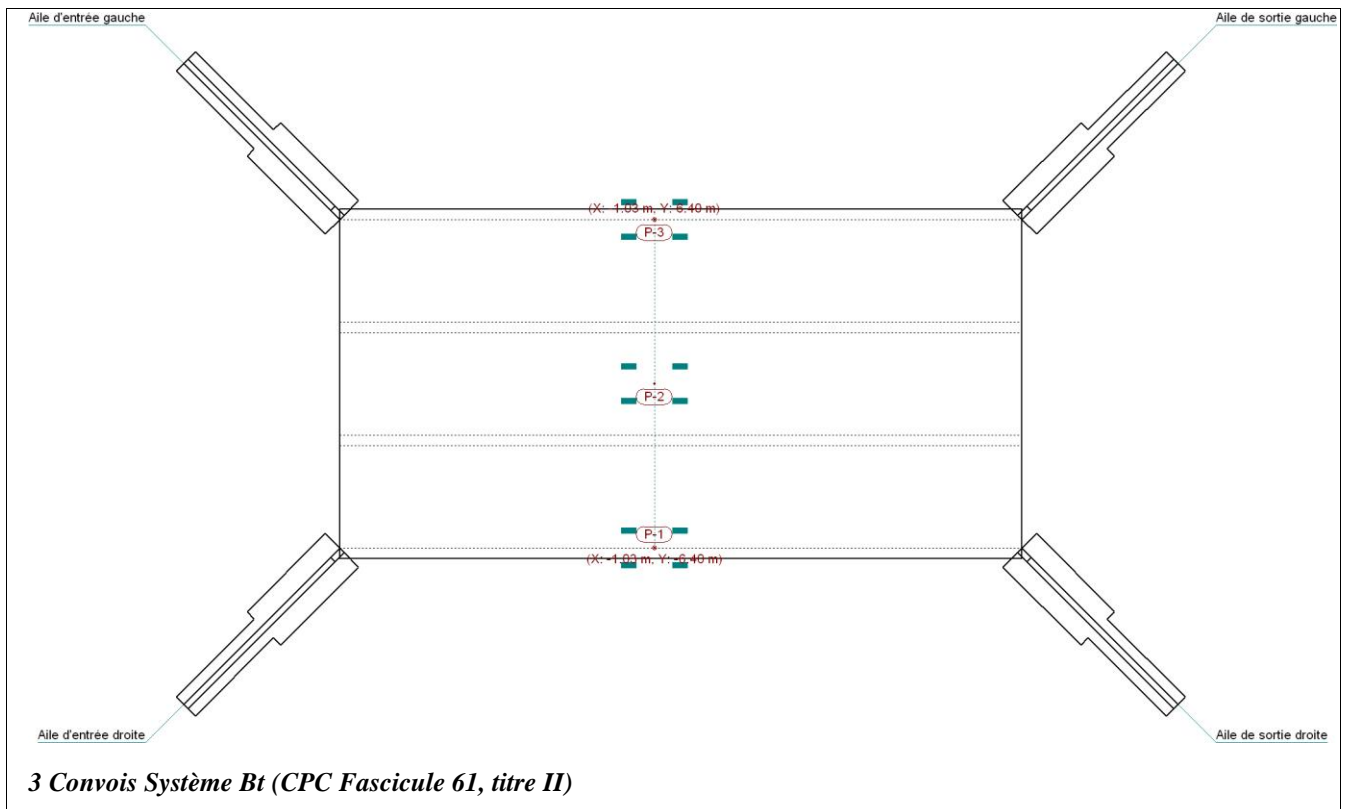
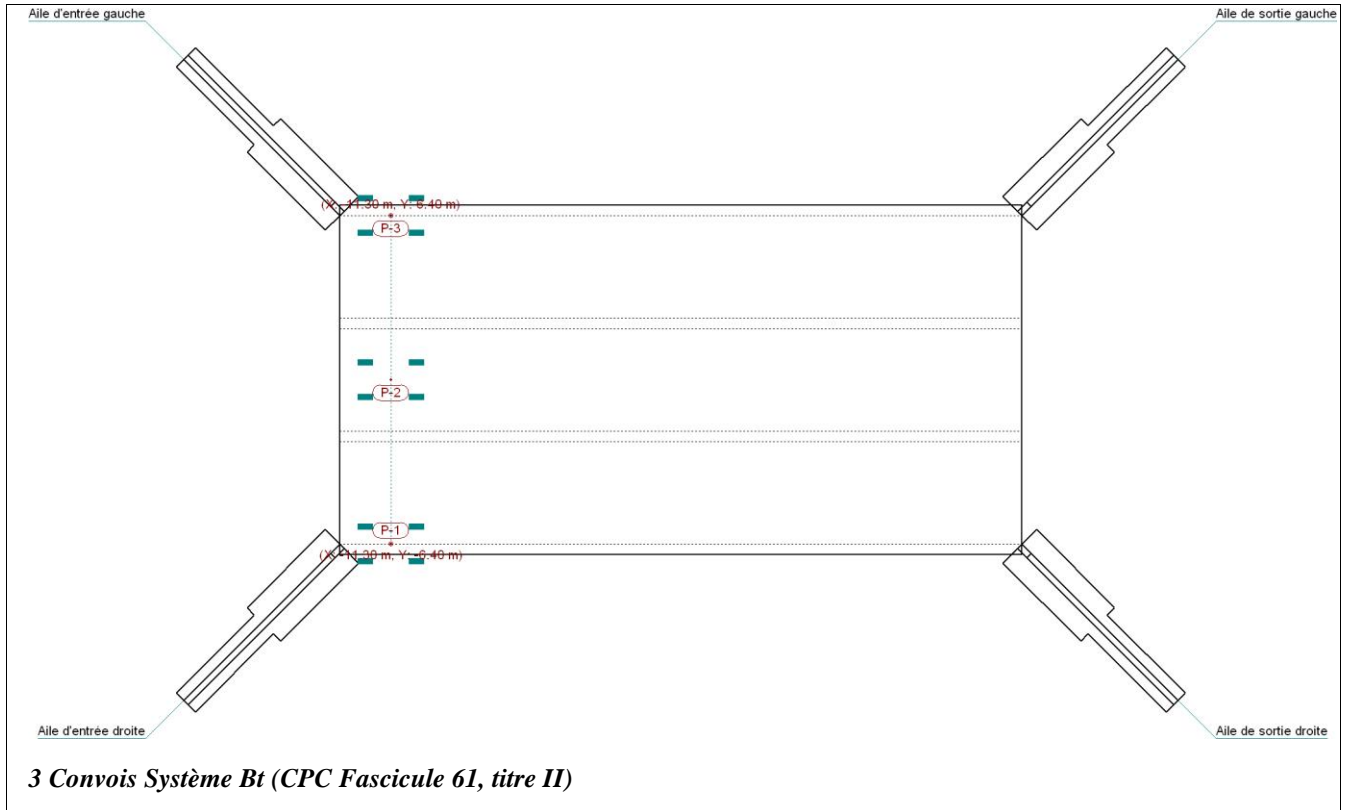
Avec charge hydraulique:

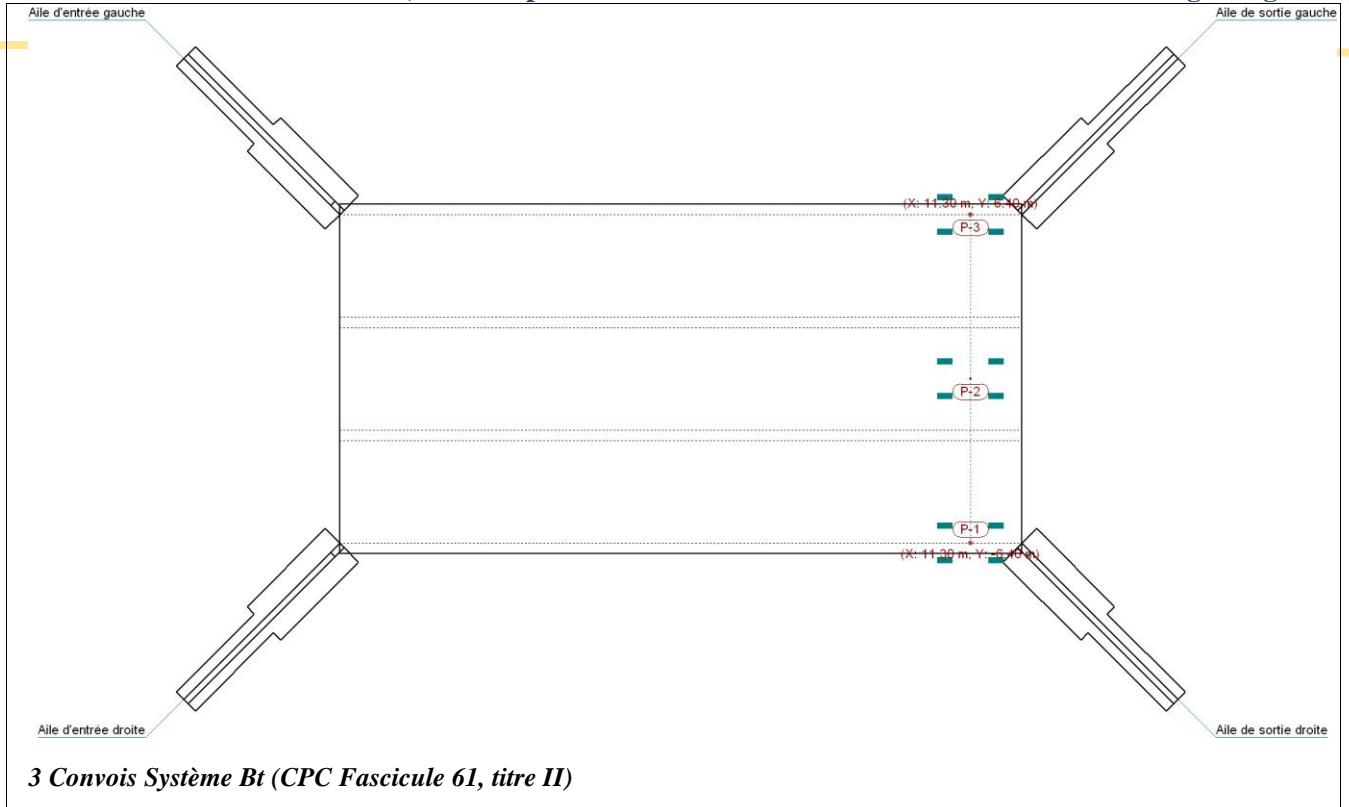
- Plan de la surface libre de l'eau: Par tirant d'eau (1.00 m)

CHARGES EN BANDE



CONVOI DE CHARGE





Résumé des quantitatifs (pertes d'acier incluses)

Élément	Fe E500 (kg)				Béton (m³)
	HA10	HA12	HA14	Total	
Référence: Mur en aile d'entrée gauche	175.59	320.48		496.07	8.86
Référence: Mur en aile d'entrée droite	175.59	320.48		496.07	8.86
Référence: Module		18266.90	2655.88	20922.78	446.88
Référence: Mur en aile de sortie gauche	175.59	320.48		496.07	8.86
Référence: Mur en aile de sortie droite	175.59	320.48		496.07	8.86
Total	702.36	19548.82	2655.88	22907.06	482.32

Recapitulatif des dalots 6 = 3x170x160+2x100x160

1.- NORME ET MATÉRIAUX

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

Béton: B25

Acier des barres: Fe E500

Enrobage extérieur: 3.5 cm

Enrobage intérieur: 3.5 cm

2.- ACTIONS

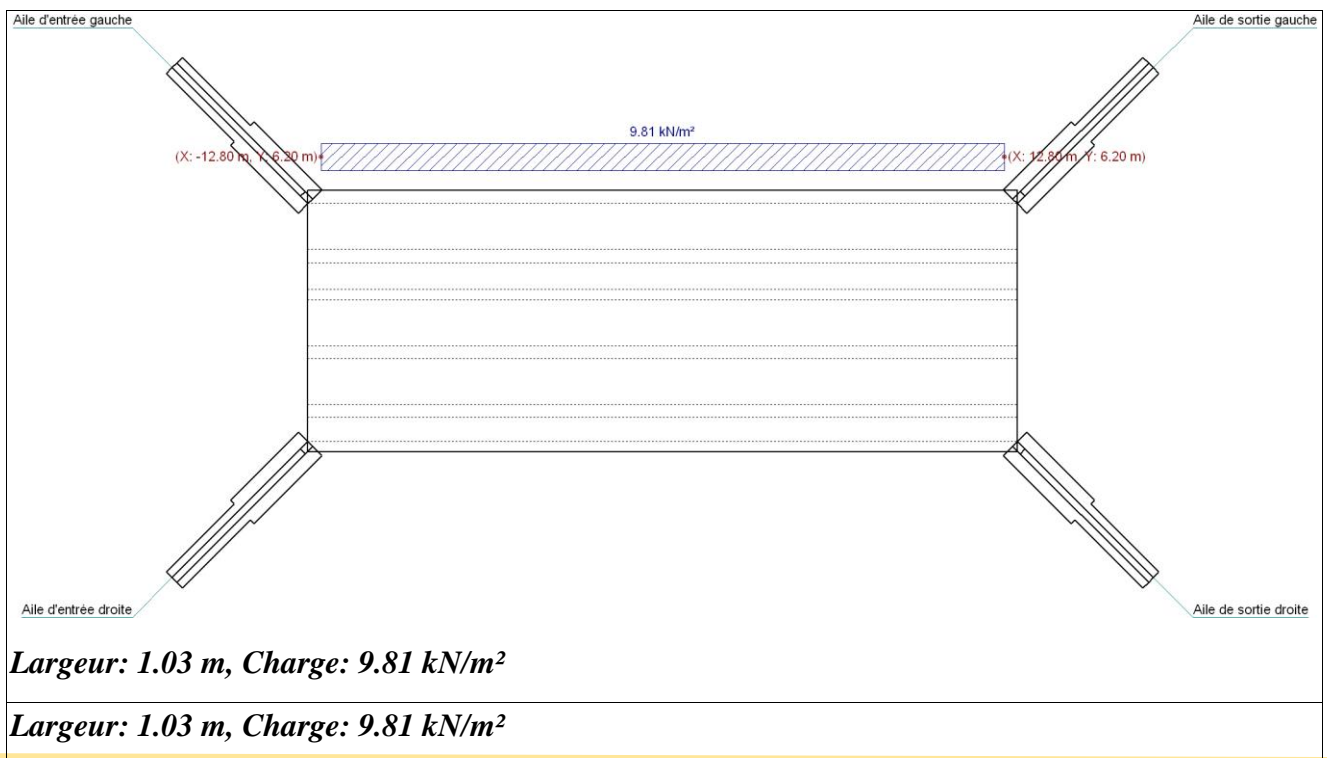
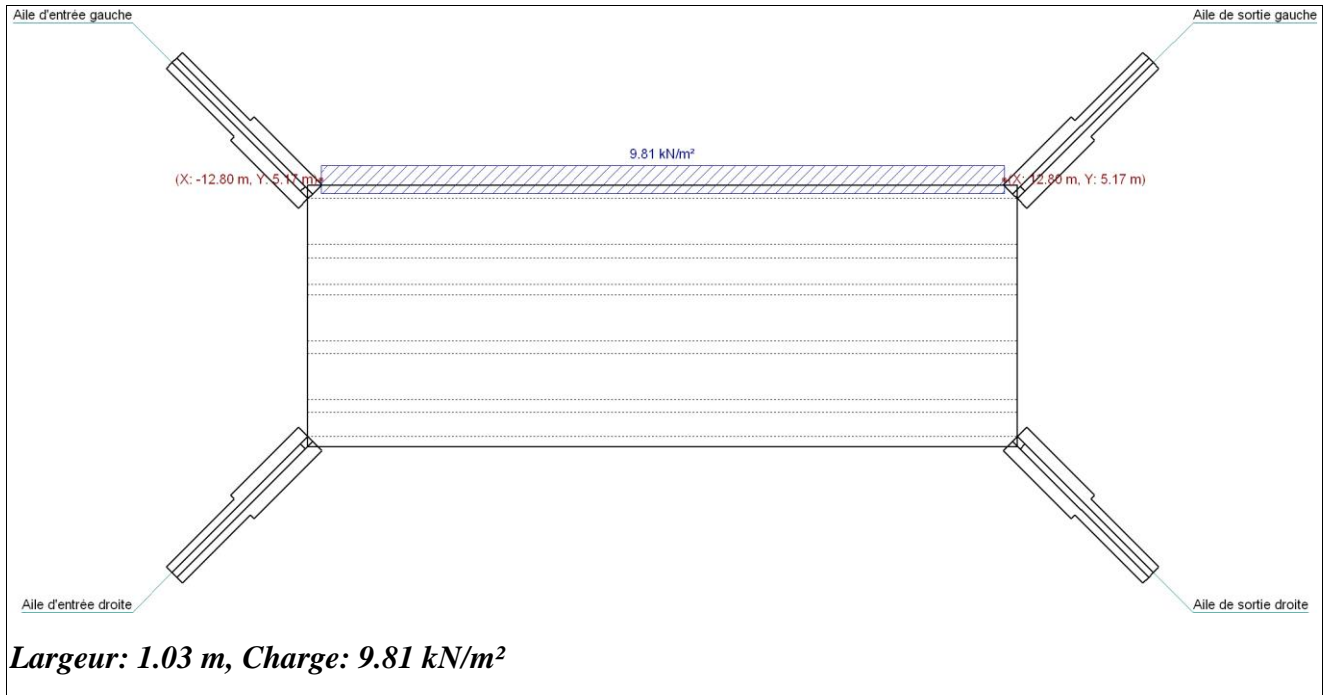
Surcharge uniforme supérieure: 10.00 kN/m²

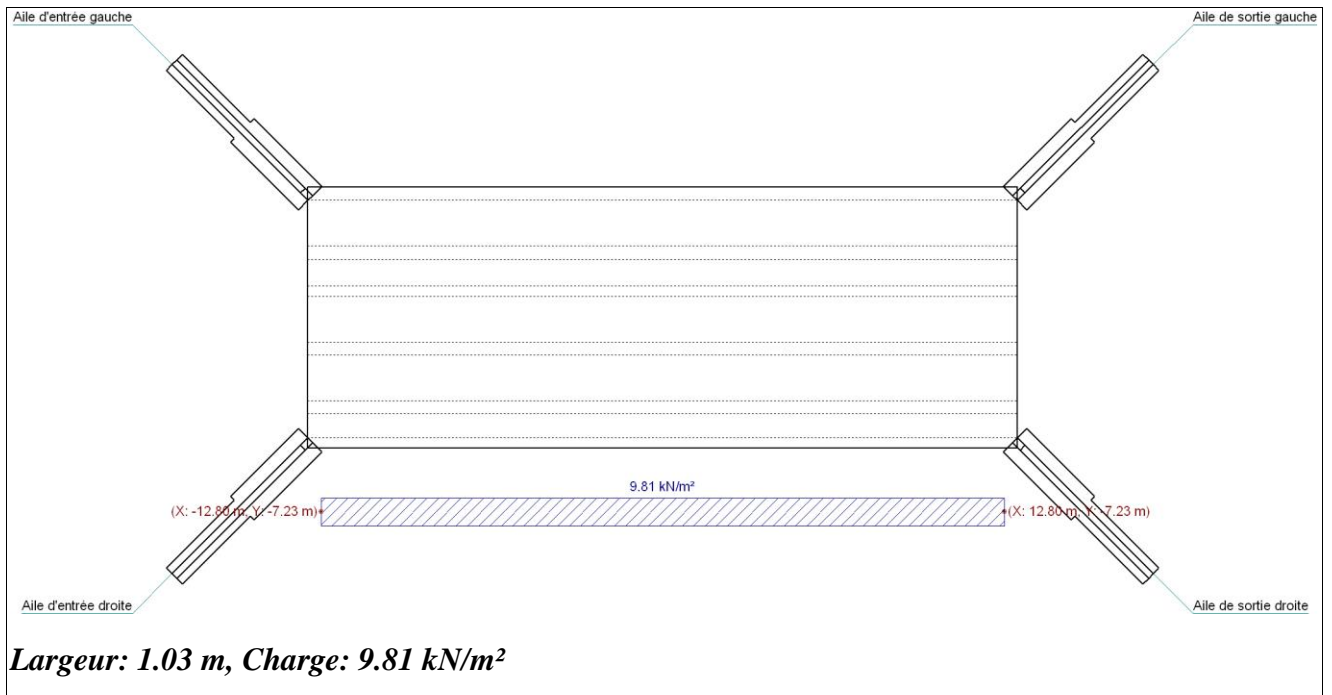
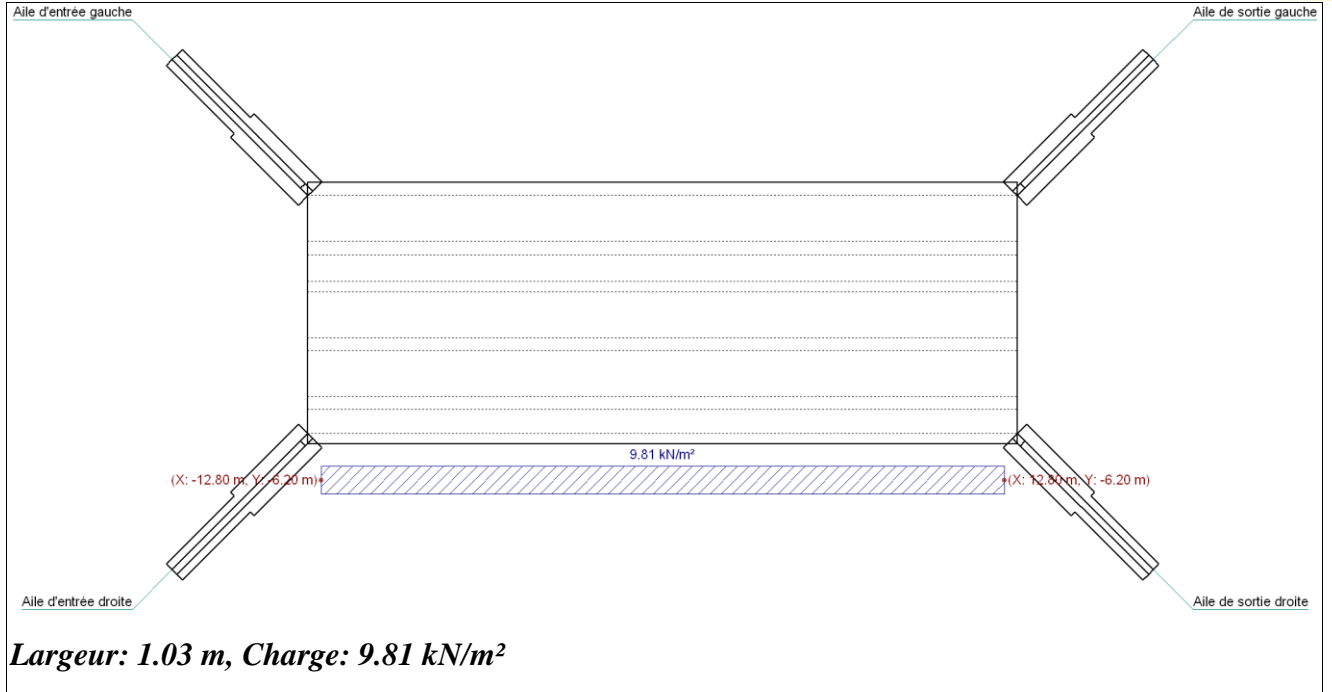
Sans surcharge inférieure

Avec charge hydraulique:

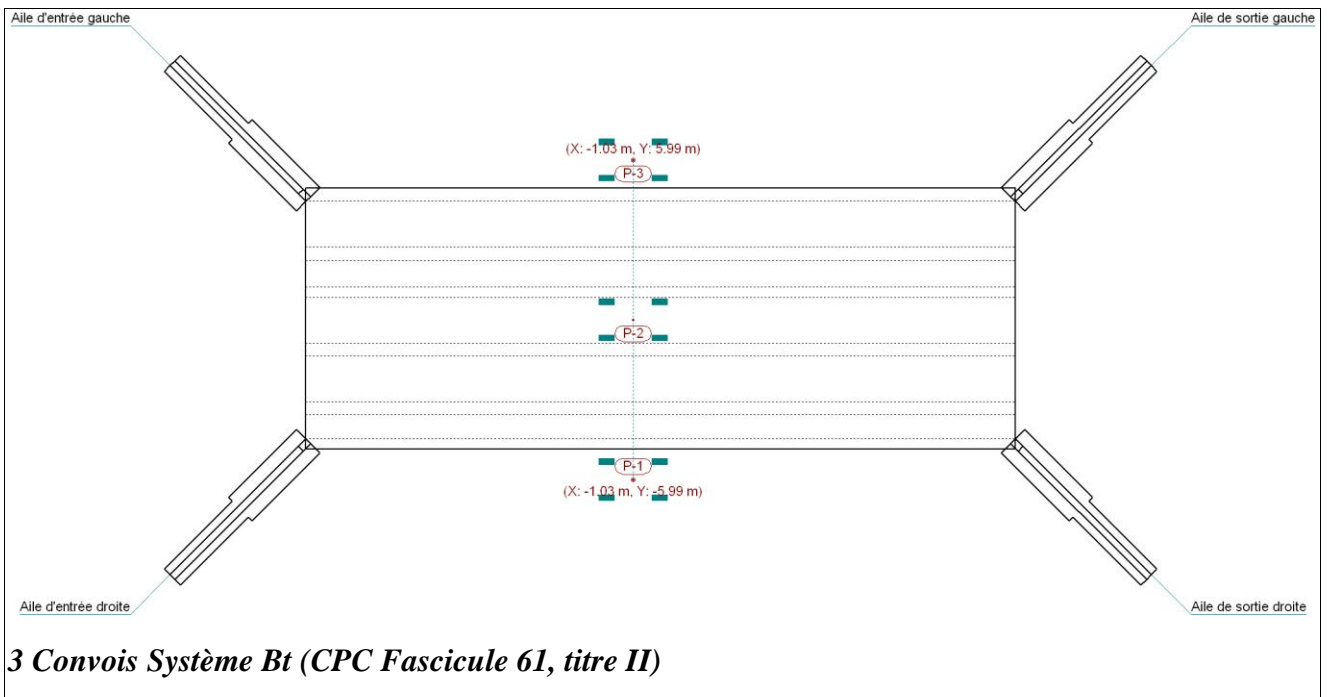
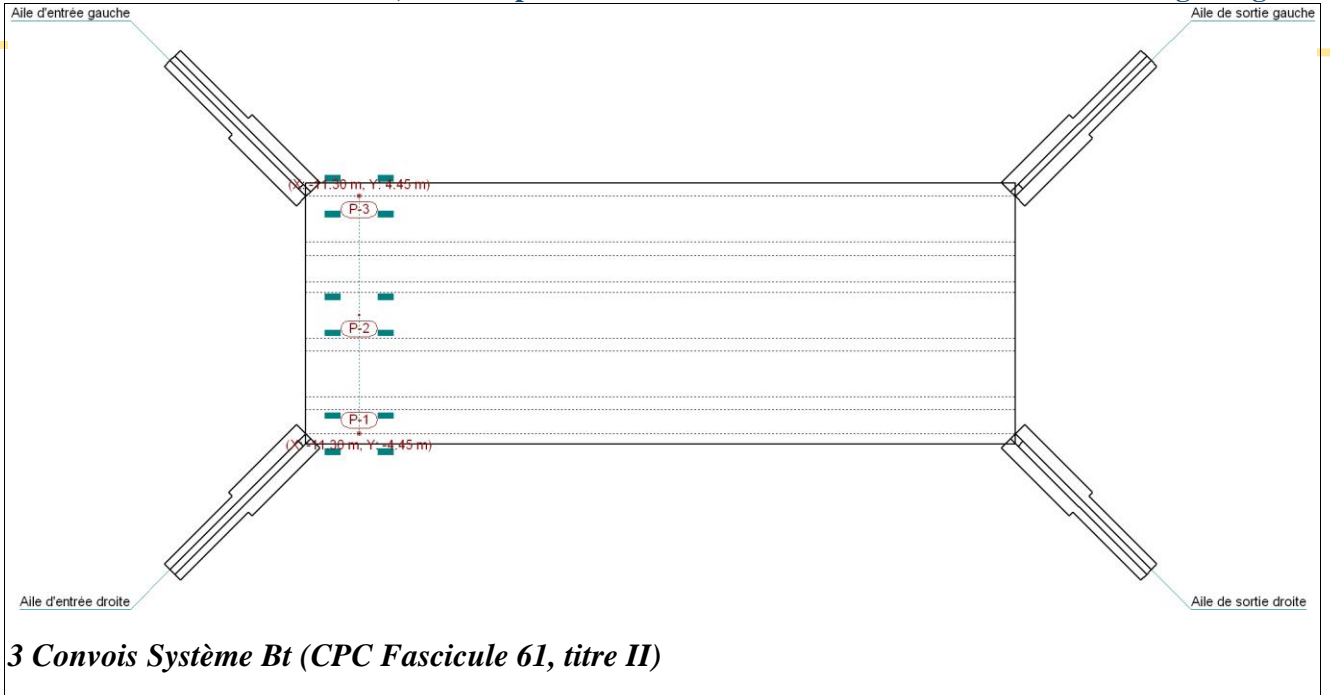
- Plan de la surface libre de l'eau: Par tirant d'eau (1.00 m)

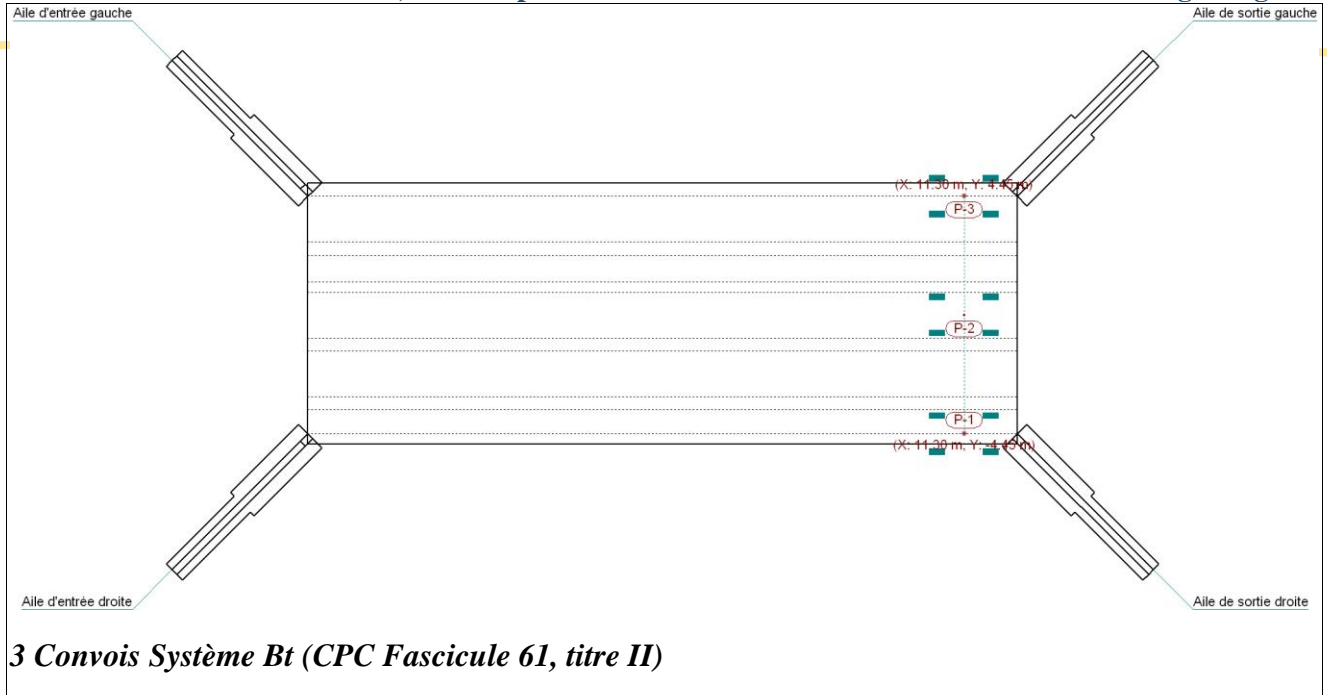
CHARGES EN BANDE





CONVOI DE CHARGE





Résumé des quantitatifs (pertes d'acier incluses)

Élément	Fe E500 (kg)				Béton (m ³)	
	HA10	HA12	HA14	Total	B25	
Référence: Mur en aile d'entrée gauche	108.27	216.21		324.48	5.65	
Référence: Mur en aile d'entrée droite	108.27	216.21		324.48	5.65	
Référence: Module		17295.23	1143.52	18438.75	379.85	
Référence: Mur en aile de sortie gauche	108.27	216.21		324.48	5.65	
Référence: Mur en aile de sortie droite	108.27	216.21		324.48	5.65	
Total	433.08	18160.07	1143.52	19736.67	402.46	

1.- ACTIONS

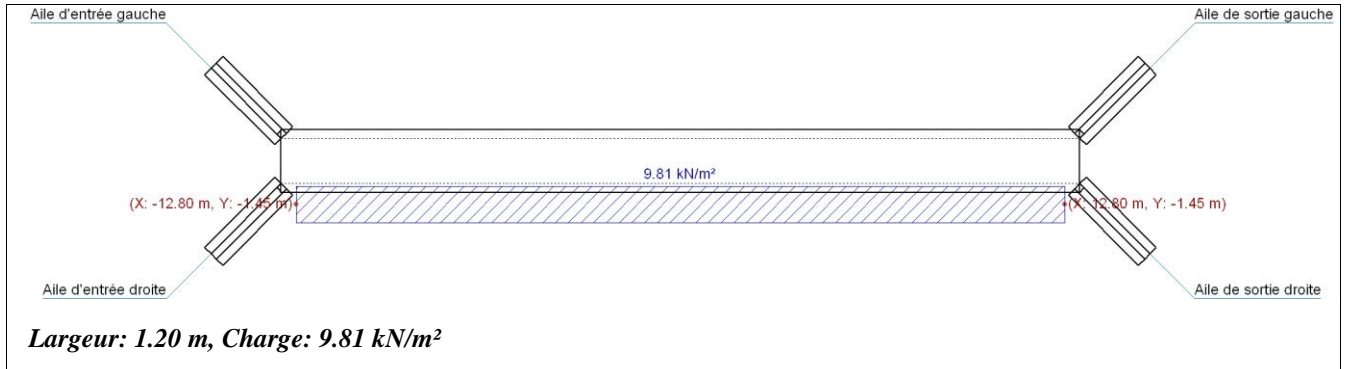
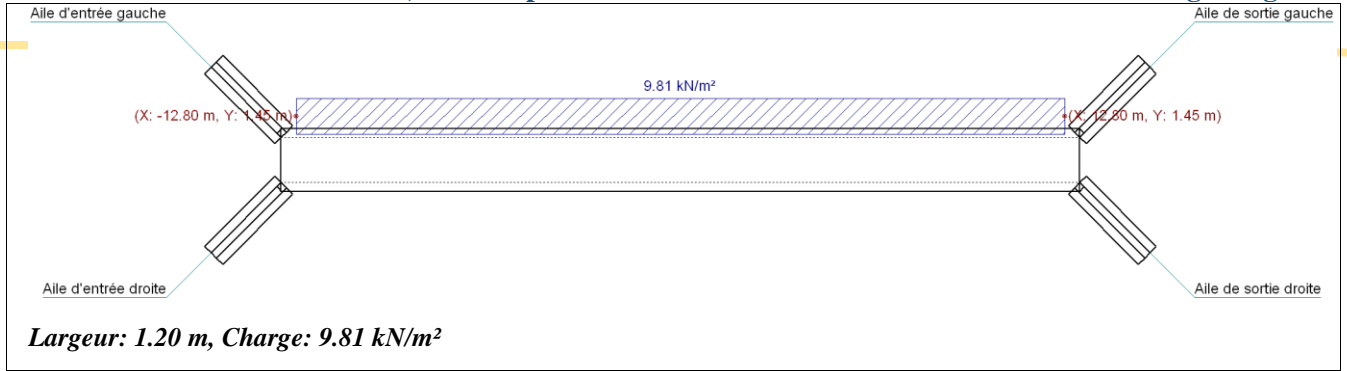
Surcharge uniforme supérieure: 10.00 kN/m²

Sans surcharge inférieure

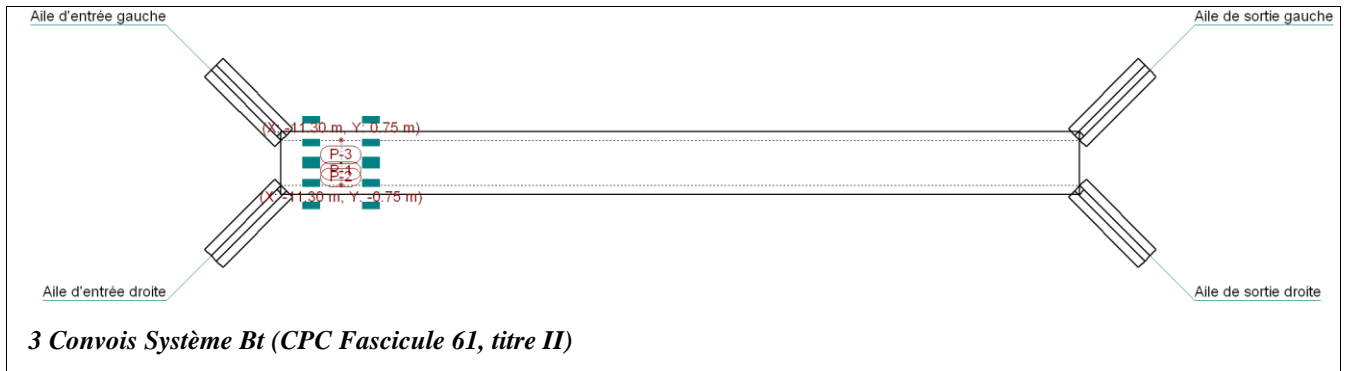
Avec charge hydraulique:

- Plan de la surface libre de l'eau: Par tirant d'eau (0.50 m)

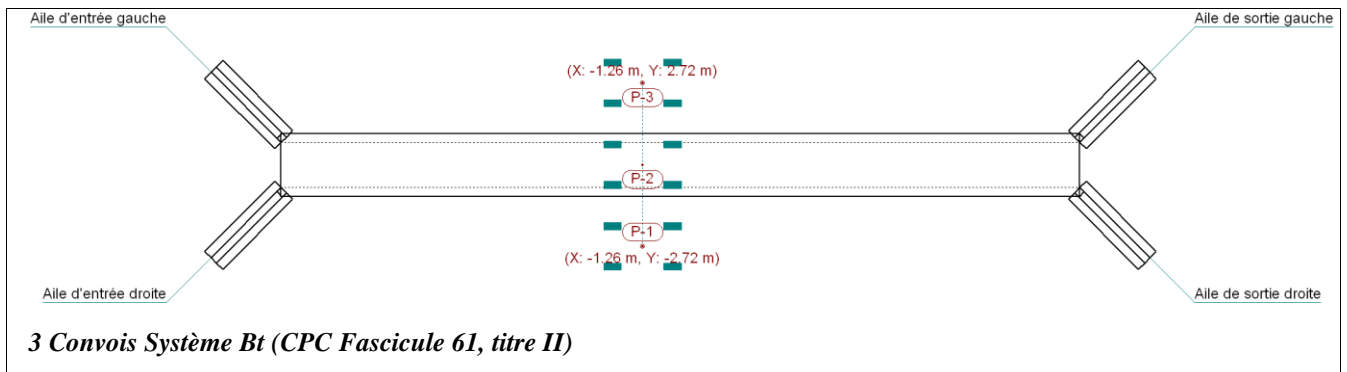
CHARGES EN BANDE



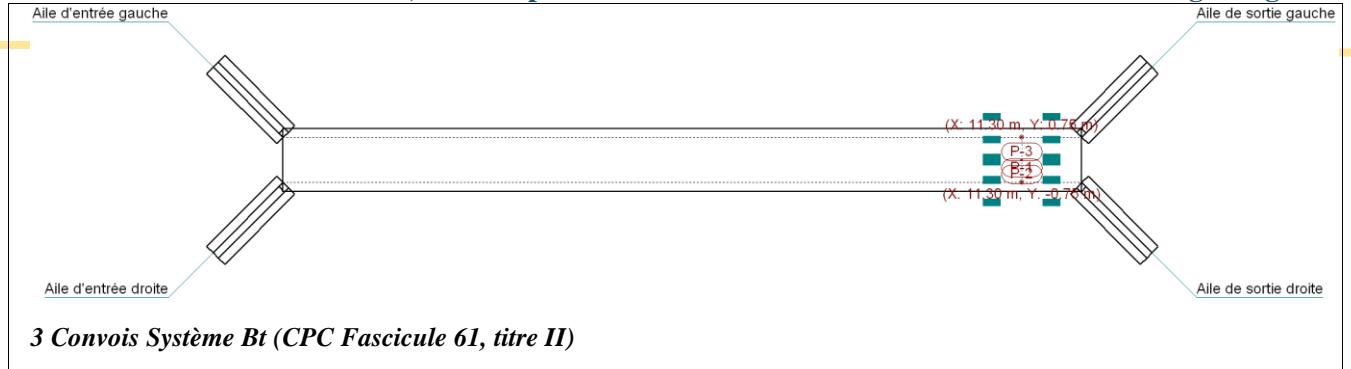
CONVOI DE CHARGE



3 Convois Système Bt (CPC Fascicule 61, titre II)



3 Convois Système Bt (CPC Fascicule 61, titre II)



2.- QUANTITATIF

Résumé des quantitatifs (pertes d'acier incluses)

Élément	Fe E500 (kg)			Béton (m ³)
	HA10	HA12	Total	B25
Référence: Mur en aile d'entrée gauche	35.51	81.51	117.02	1.91
Référence: Mur en aile d'entrée droite	35.51	81.51	117.02	1.91
Référence: Module	1138.21	1429.95	2568.16	49.48
Référence: Mur en aile de sortie gauche	35.51	81.51	117.02	1.91
Référence: Mur en aile de sortie droite	35.51	81.51	117.02	1.91
Total	1280.25	1755.99	3036.24	57.11

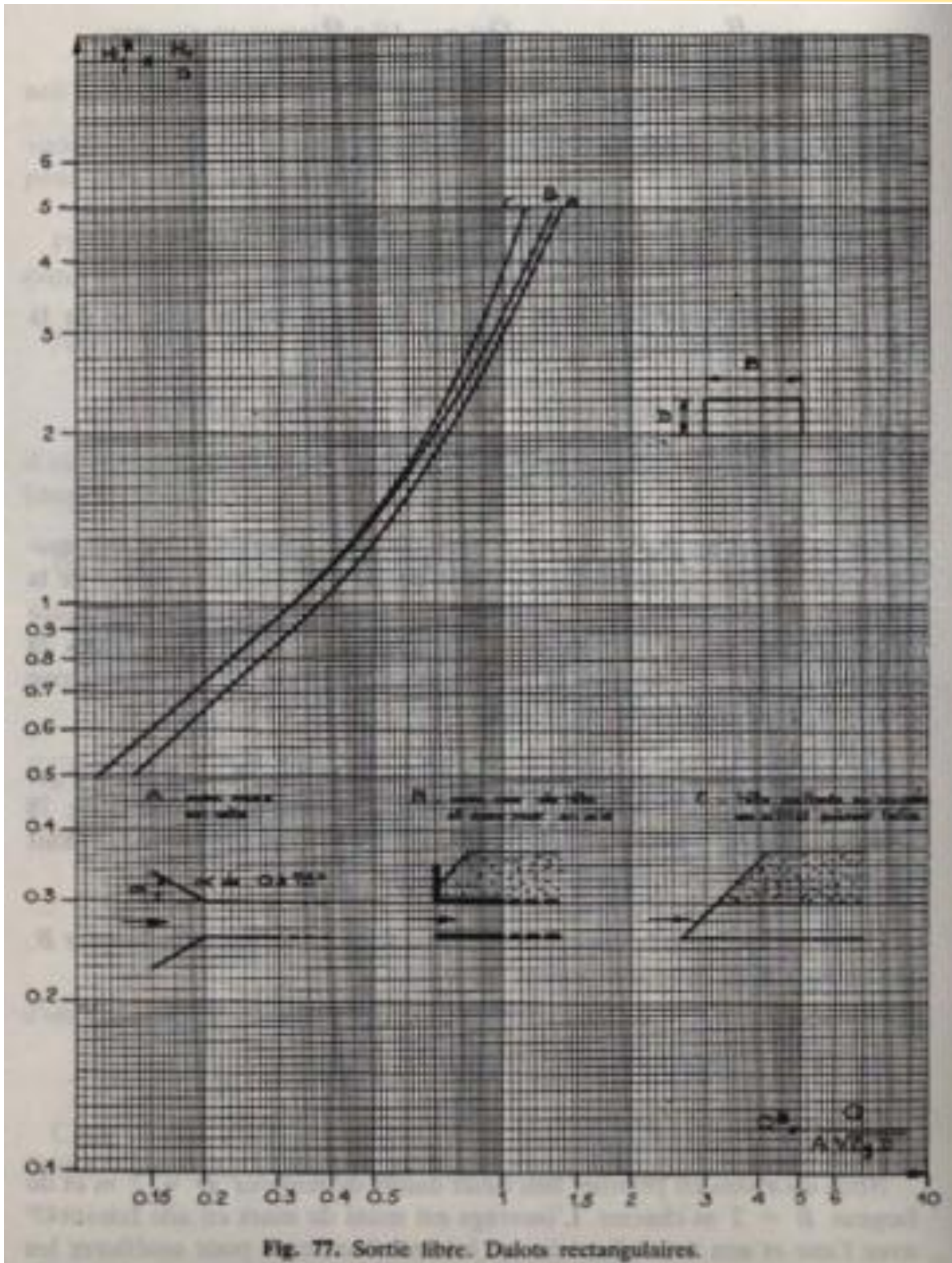


Figure 39 : Hauteur d'eau en fonction du débit

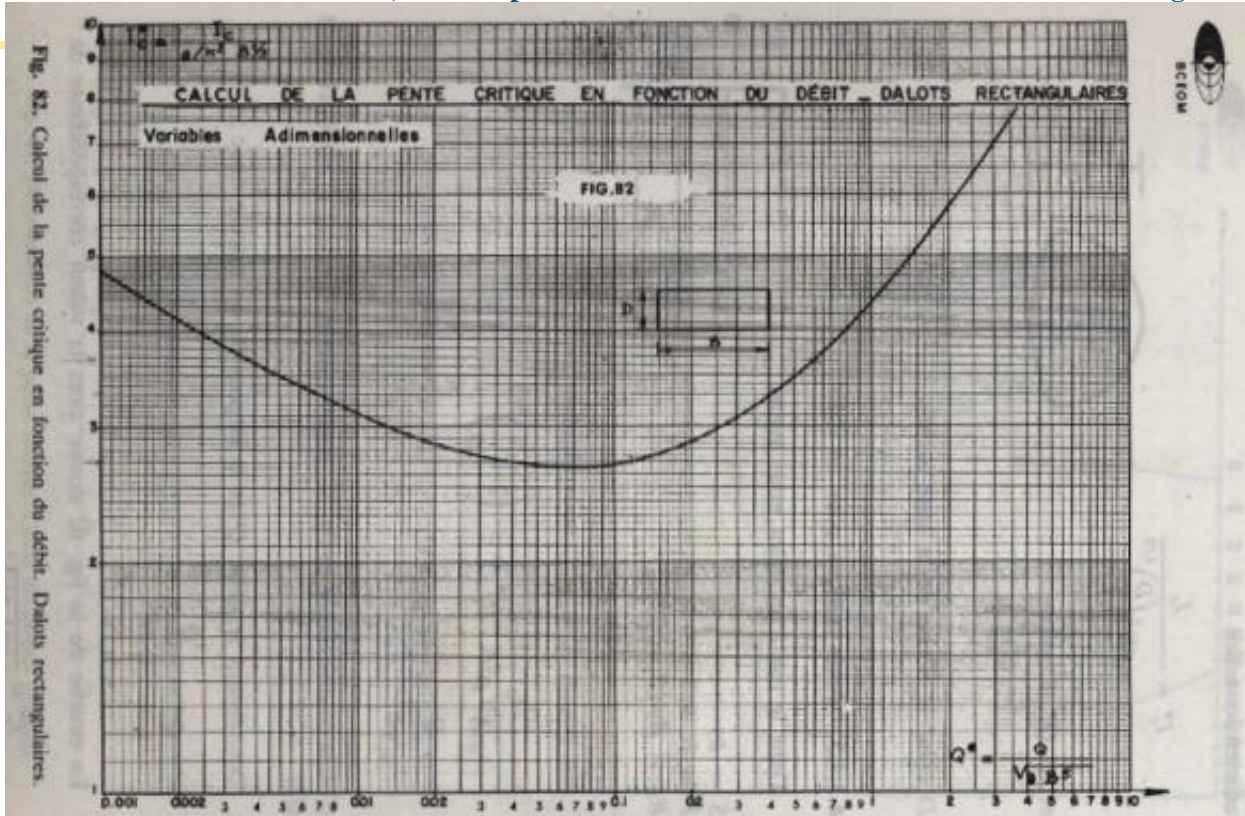


Figure 40 : Pente critique en fonction du debit

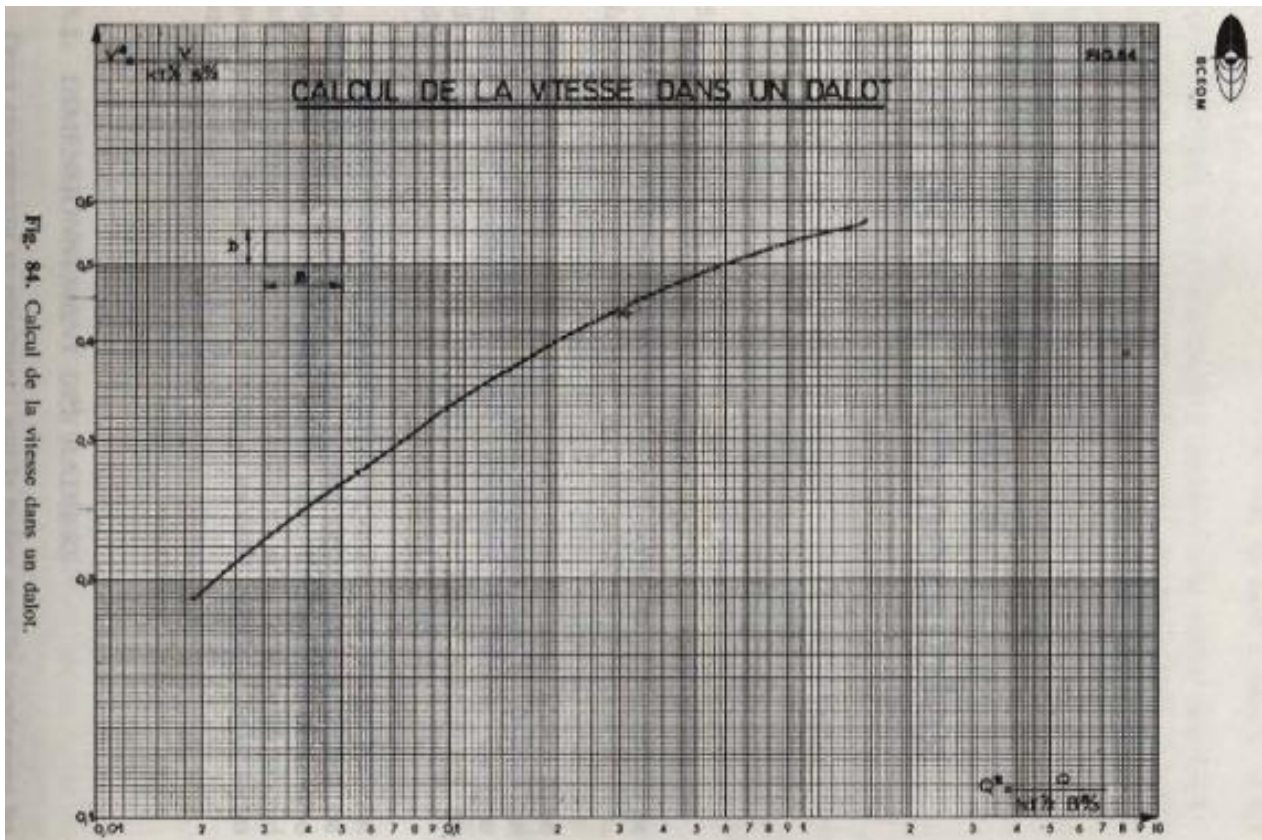


Figure 41 : Calcul de la vitesse dansle dalot

Annexe 14 : Etude financière

N	DESCRIPTION DES OURAGES	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (FCFA)	PRIX TOTAL HTVA (FCFA)
I INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER					
1	Installation du chantier	Forfaitaire	-	50 000 000	50 000 000
2	Etablissement des plans d'assurance qualité et de gestion environnementale et sociale	Forfaitaire	-	30 000 000	30 000 000
3	Etude d'exécution et élaboration du dossier de récolement	Forfaitaire	-	20 000 000	20 000 000
4	Entretien des déviations et des pistes de service	Forfaitaire	-	20 000 000	20 000 000
5	Repli de chantier	Forfaitaire	-	10 000 000	10 000 000
6	Création d'aménagements, de déviation de pistes de services	Km	9	1 979 000	17 613 100
7	TOTAL INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER				147 613 100
II DEGAGEMENT DES EMPRISES					
1	Nettoyage du terrain	m2	321 840	190	61 149 600
2	Abattage des arbres	u	75	28 000	2 100 000
3	Démolition d'ouvrages en béton armé existants	m3	239	66 000	15 781 920
4	Démolition des habitations existentes	m3	7 500	20 600	154 500 000
5	TOTAL DEGAGEMENT DES EMPRISES				233 531 520
III TERRASSEMENTS GENERAUX					
1	Decapage de la terre végétale	m3	268 200	400	107 280 000
2	Déblai du revêtement existant	m2	62 580	4 200	262 836 000
3	Déblai rocheux	m3	354	18 000	6 372 000
4	Déblais totaux	m3	93 645	4 700	440 131 500
5	Remblais totaux	m3	47 907	4 400	210 790 800
6	Ouverture de fossés au bull	Km	18	202 000	3 611 760
7	Reprofilage léger	Km	9	47 000	420 180
8	TOTAL TERRASSEMENT GENERAUX				1 031 442 240
IV EXECUTION DE LA CHAUSSEE ET AMORCE					

1	Couche de fondation en matériaux latéritique naturel 25 cm	m3	36 379	5 900	214 638 165	
2	Couche de base en grave bitume GB2 15 cm	m3	48 506	33 000	1 600 691 400	
3	Béton bitumineux 5 cm	m3	12 126	204 000	2 473 795 800	
4	Impréation au bitume fluidifié ou Cut back 01	m2	242 529	2 600	630 575 400	
5	Remblai du terre-plein central	m3	22 529	4 200	94 620 960	
6	Mise en forme de la plateforme	Km	9	125 000	1 117 500	
7	Mise en œuvre de pavé autobloquant de 10cm d'épaisseur pour accotements	m2	3 576	20 000	71 520 000	
8	TOTAL CHAUSSÉE				5 086 959 225	
V	ASSAINISSEMENT					
1	Dalots		Ferrailage Kg	Prix unitaire	Béton m3	Prix unitaire
2	Dalot1 / 1*150*150		3 494	1 250	35,91	250000
3	Dalot2 / 3*400*200		22 908	1 250	212,8	250000
4	Dalot3 / 2*100*100		2 674	1 250	39,9	250000
5	Dalot4 / 2*100*100		2 674	1 250	39,9	250000
6	Dalot5 / 3*450*200		25 864	1 250	219,45	250000
7	Dalot6 / 3*170*160 et 2*100*160		19 740	1 250	229,026	250000
8	Dalot7 / 1*150*100		3 033	1 250	27,93	250000
9	Dalot8 / 1*200*100		4 081	1 250	31,92	250000
10	Dalot9 / 1*200*100		4 081	1 250	31,92	250000
11	Dalot10 / 1*150*100		3 033	1 250	27,93	250000
12	Dalot11 / 1*200*100		4 081	1 250	31,92	250000
13	Béton de propreté dalots Q150	m3	2 260	57 000	128 816 352	
14	Aménagement amont et aval des dalots en perrés maçonnés 0,1m	m3	28	2 600	73 632	

15	Total des dalots dosé à 400 kg/m3					480 620 434
16	Caniveaux préfabriqués					
17	Caniveaux bétonné 80*80	ml	8 940	78 000		697 320 000
18	Dalette caniveaux bétonné 80*80	ml	8 940	38 000		339 720 000
19	3 Caniveaux bétonné 80*80	ml	3 806	78 000		296 868 000
20	3 Dalette caniveaux bétonné 80*80	ml	3 806	38 000		144 628 000
21	2 Caniveaux bétonné 100*100	ml	2 537	90 000		228 330 000
22	2 Dalette caniveaux bétonné 100*100	ml	2 537	33 000		83 721 000
23	Caniveaux bétonné 120*100	ml	1 120	84 000		94 080 000
24	Dalette Caniveaux betonné 120*100	ml	1 120	36 000		40 320 000
25	1 Caniveaux bétonné 120*120	ml	986	95 000		93 670 000
26	Dalette Caniveaux bétonné 120*120	ml	986	38 800		38 256 800
27	1 Caniveaux bétonné 200*120	ml	341	138 000		47 058 000
28	Dalette Caniveaux betonné 200*120	ml	341	50 000		17 050 000
29	1 Caniveaux bétonné 250*150	ml	150	140 000		21 000 000
30	2 Caniveaux bétonné 250*150	ml	150	53 000		7 950 000
31	Dallettes en béton armé pour caniveaux	m2	447	32 000		14 304 000
32	Béton de propreté caniveaux	m2	1 788	57 000		101 916 000
33	Dalot de traversé	m3	378	190 000		71 820 000
34	Total des caniveaux			2 338 011 800		
35	TOTAL ASSAINISSEMENT					2 818 632 234
VI	SIGNALISATION-SECURITE-ECLAIRAGE					
1	Glissières de sécurité au niveau des dalots et peinture	ml	71	35 900		2 541 720
2	Peintures sur ralentisseurs	ml	336	3 900		1 310 400
3	Ligne séparatrice de voies T1 2u discontinue et lignes continue 2u	ml	6	8 582 400		51 494 400
4	Marquage identification d'ouvrages	u	22	11 700		257 400

5	Feux tricolores	u	20	120 000	2 400 000
6	Lampadaires (éclairage)	u	169	200 000	33 800 000
7	Panneau de localisation	u	1	139 000	139 000
8	Panneaux de prescription	u	51	127 000	6 477 000
9	Ralentisseurs en béton	ml	112	94 000	10 528 000
	Installation de bordures de défense	ml	17 880	16 000	286 080 000
	Installation de bordures GSS2	ml	17 880	40 000	715 200 000
10	Installation de bordures T2CS2	ml	17 880	18 000	321 840 000
11	TOTAL SIGNALISATION-SECURITE-ECLAIRAGE				1 432 067 920
VI	MESURE SOCIALE ET ENVIRONNEMENTALES				
1	Indemnisation des expropriés	Forfaitaire/unité	50	15 000 000	750 000 000
2	Lotir et viabiliser de nouveaux sites (léger reprofilage)	ff/Km	4	160 000	640 000
3	Plantation d'arbres à chaque 500m de part et de la route	u	36	8 800	316 800
4	Planter des arbres décoratifs	u	8 940	8 800	78 672 000
5	Campagne de sensibilisation sur les maladies	Forfaitaire	-	50 000 000	50 000 000
6	Signalisation provisoire	Forfaitaire	-	4 600 000	4 600 000
7	TOTAL MESURE SOCIALE ET ENVIRONNEMENTALES				884 228 800
Total GENERAL HTVA FCFA					12 115 095 473
TVA (impôts indirects) 18%					2 180 717 185
Impôts indirects 2%					242 301 909
MONTANT TOTAL TTC FCFA					14 538 114 568