Etude et dimensionnement d'ouvrages hydrauliques dans le cadre du projet d'aménagement et de bitumage de la route Biankouma – Sipilou et des bretelles Kabakouma et Sokourala : cas des ouvrages du tronçon Biankouma – Kabakouma (Côte d'Ivoire)

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

MASTER

SPECIALITE Génie Civil – Bâtiment et Travaux Publics

Présenté et soutenu publiquement le 21 Juillet 2026 par

Tiangbogo Bakary KONE (2022 1030)

Encadrant : M. Amadou SIMAL, Enseignant, Directeur des Services Généraux Institut 2iE.

Maître de stage : M. KOFFI Alex, Ingénieur de techniques en Travaux publics / Directeur des Opérations des travaux routiers.

Structure d'accueil du stage : SNEDAI GROUPE, Pole BTP / OMNI TRAVAUX

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr. Babakar LEYE

Membres : M. Issa MADOUGOU

M. Flavien KABORE

Promotion 2025- 2026

Dédicace

Je dédie ce présent mémoire à mes très chers parents pour leur engagement sans faille ainsi qu'à la grande famille Gnôh N'golo pour leur bénédiction, socle de toute réussite.

Remerciements

La rédaction de ce présent mémoire qui témoigne des activités menées lors de notre stage de fin d'étude n'aurait été possible sans l'implication des personnes indispensables. Elles n'ont pas hésité à nous offrir le cadre idéal y compris le nécessaire afin de la réussir.

Alors nous exprimons notre reconnaissance en adressant nos sincères remerciements à :

+ La direction de l'Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (**2iE**) à savoir Monsieur le Directeur Général de la Fondation 2iE et ses collaborateurs, l'administration ainsi que les professeurs, pour leur engagement dans le processus de la recherche de stage ;
+ Monsieur **Amadou SIMAL**, Directeur des Services Généraux à 2iE pour sa disponibilité, son soutien et sa patience dont il a fait preuve dans notre suivi et encadrement ;
+ Monsieur **DIABATE BOUBACAR**, Directeur Général de OMNI TRAVAUX qui n'a pas hésité à accorder un intérêt particulier à ma candidature en me permettant d'effectuer mon stage dans de meilleures conditions ;
+ Monsieur **KOFFI Alex**, Ingénieur de techniques/ Directeur des Opérations des travaux routiers OMNI TRVAUX, qui m'a chaleureusement accueilli en tant qu'encadrant sans toutefois hésiter à s'intéresser à mes préoccupations malgré son calendrier quotidien ;
+ Mes remerciements vont également à l'endroit de Monsieur **VE Clovis**, Directeur Travaux et Responsable des travaux de construction, pour engagement et son soutien constant sans faille sur tous les angles.

Résumé

Cette étude s'inscrit dans le programme de développement du réseau routier national de l'État de Côte d'Ivoire, qui a identifié plusieurs axes prioritaires dans la région du Tonkpi. Elle porte sur le projet d'aménagement et de bitumage de la route Biankouma–Sipilou, longue de 65 km, ainsi que sur les bretelles de Kabakouma et de Sokourala, d'une longueur de 8 km chacune. Situé à l'ouest du pays, ce projet vise à améliorer les conditions de circulation, l'accessibilité des localités desservies et les échanges socioéconomiques. Le mémoire est centré sur la conception d'ouvrages hydrauliques capables d'assurer une évacuation efficace des eaux pluviales et de préserver durablement les infrastructures routières. La méthodologie adoptée repose sur la collecte de données, les investigations de terrain et l'analyse des paramètres hydrologiques, hydrauliques et géotechniques. Ces études ont permis d'identifier douze bassins versants et un sous-bassin versant influençant directement le tracé de la route. Les débits de crue ont été déterminés à l'aide des méthodes CIEH, ORSTOM et rationnelle, choisies selon les caractéristiques propres à chaque bassin. À partir des résultats obtenus, plusieurs ouvrages de drainage et de franchissement en béton armé ont été dimensionnés. Les aménagements retenus comprennent des dalots multicellulaires ainsi qu'un caniveau couvert de section 1,00 × 1,05 m² sur une longueur de 140 m. Les vérifications structurales réalisées sur un dalot de type 4 × 4,00 m × 4,00 m et sur le caniveau ont confirmé leur aptitude à supporter les charges d'exploitation prévues. Les résultats montrent que les solutions proposées satisfont aux exigences de sécurité, de durabilité et de performance hydraulique. Le coût total des ouvrages est estimé à 193 570 413 FCFA TTC. L'étude présente également les impacts environnementaux et sociaux du projet ainsi que les mesures recommandées pour garantir une mise en œuvre durable et responsable.

Mots-clés

- ✓ Caniveau
- ✓ Dalot
- ✓ Drainage
- ✓ Infrastructure
- ✓ Ouvrages

Abstract

This study forms part of the Ivorian Government's national road network development program, which has identified several priority road corridors, particularly in the Tonkpi Region. It focuses on the upgrading and paving project of the Biankouma–Sipilou road (65 km), together with the Kabakouma and Sokourala access roads, each 8 km long. Located in western Côte d'Ivoire, the project aims to improve traffic conditions, enhance accessibility to the served communities, and promote socioeconomic development. The study specifically addresses the design of hydraulic structures capable of ensuring efficient stormwater drainage and preserving the long-term durability of the road infrastructure. The methodology adopted was based on data collection, field investigations, and the analysis of hydrological, hydraulic, and geotechnical parameters. These studies led to the identification of twelve catchment areas and one sub-catchment directly influencing the road alignment. Flood discharges were estimated using the CIEH, ORSTOM, and Rational methods, selected according to the characteristics of each watershed. Based on the results obtained, several reinforced concrete drainage and crossing structures were designed. The proposed facilities include multicell box culverts and a covered drainage Channel with a cross-section of 1.00 × 1.05 m² and a total length of 140 m. Structural checks performed on a 4 × 4.00 m × 4.00 m box culvert and on the covered channel confirmed their ability to withstand the expected operational loads. The results indicate that the proposed solutions meet the requirements of safety, durability, and hydraulic performance. The total cost of the hydraulic structures is estimated at CFA Francs 193,570,413, including all taxes. The study also highlights the project's main environmental and social impacts and proposes appropriate mitigation measures to ensure its sustainable and responsible implementation.

Keywords

- ✓ Channel
- ✓ Culvert
- ✓ Drainage
- ✓ Infrastructure
- ✓ Structures

Abréviations et sigles

AGEROUTE	: Agence de Gestion des Routes
ANDE	: Agence Nationale de l'Environnement
APD	: Avant-Projet Détaillé
BA	: Béton Armé
BCEOM	: Bureau Central d'Études pour les Équipements d'Outre-Mer
BNETD	: Bureau National d'Études Techniques et de Développement
CEBTP	: Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics
CIEH	: Comité Interafricain d'Études Hydrauliques
EIES	: Étude d'Impact Environnemental et Social
ELS	: État Limite de Service
ELU	: État Limite Ultime
HSE	: Hygiène, Sécurité et Environnement
ICTA	: Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement
LBTP	: Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics
LCPC	: Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
MEER	: Ministère de l'Équipement et de l'Entretien Routier
OH	: Ouvrage Hydraulique
ORSTOM	: Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
PGES	: Plan de Gestion Environnementale et Sociale
PK	: Point Kilométrique
PND	: Plan National de Développement
PSR	: Plan Succinct de Réinstallation
SETRA	: Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes
SFI	: Société Financière Internationale
TDR	: Termes De Références
UEMOA	: Union Économique et Monétaire Ouest-Africaine

Table des matières

Dédicace i

Remerciements ii

Résumé iii

Abstract iv

Abréviations et sigles v

Table des matières vi

Liste Des Figures ix

Liste Des Tableaux x

Introduction générale 1

Chapitre I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET 3

Introduction 3

I.1. Présentation de la structure d'accueil 3

I.1.1. Historique 3

I.1.2. Siège social et coordonnées 4

I.1.3. Mission et domaines d'intervention 5

I.1.4. Organigramme général OMNI TRAVAUX : section route 6

I.2. Présentation du projet 7

I.2.1. Contexte général et justification du projet 7

I.2.2. Situation géographique et caractéristiques de la zone 7

1.2.1. Objectifs visés par le projet 9

1.2.1. Acteurs impliqués (source : BS_RAPPORT APD vol1 v0h) 10

Conclusion partielle 10

Chapitre II. SYNTHESE DES ETUDES TECHNIQUES 11

Introduction 11

II.1. Étude géométrique 11

II.2. Étude géotechnique et structure de chaussée 12
II.3. Études hydrauliques (ouvrages d'assainissement) 12
II.4. Choix techniques majeurs retenus 13
Conclusion partielle 14
Chapitre III. ETUDES DE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'OUVRAGES HYDRAULIQUES 15
Introduction 15
III.1. Etude hydrologique 15
III.1.1. Identification des fils d'eau et délimitation des bassins versants 15
III.1.2. Caractérisation des bassins versants 17
III.1.3. Méthodes d'estimation des débits 18
III.2. Estimation des débits de crues et résultats 21
III.2.1. Débits de crue par la méthode CIEH 21
III.2.2. Débits de crue par la méthode ORSTOM 25
III.2.3. Débit moyen de crue (méthodes CIEH et ORSTOM) 25
III.2.4. Débit de crue par la méthode rationnelle 25
III.3. Études hydrauliques 26
III.3.1. Ouvrages transversaux 26
III.3.2. Ouvrages longitudinaux 29
III.4. Etudes structurales 30
III.4.1. Normes et règlements d'études 31
III.4.2. Hypothèses de calculs béton armé 31
III.4.3. Étude structurale des ouvrages transversaux 34
III.4.4. Étude structurale des ouvrages longitudinaux 43
III.5. Évaluation financière et quantitative des matériaux 47
III.5.1. Évaluation financière 47
III.5.2. Évaluation quantitative des matériaux 48

III.5.3. Plans d'exécutions et plannings des travaux 49
III.6. Signalisation et sécurité routière en rase campagne 49
III.6.1. La signalisation provisoire ou temporaire de chantier 49
III.6.2. La signalisation définitive ou permanente 50
III.6.3. La sécurité routière 50
III.6.4. L'éclairage public 50
Conclusion partielle 51
Chapitre IV. APERÇU D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL(EIES) 52
IV.1. Aperçu d'impact environnemental et social (EIES) 52
IV.1.1. Contexte et justification de l'étude d'impact environnemental et social 52
IV.1.2. Cadre politique, juridique et institutionnel 52
IV.1.3. Zone d'influence du projet 53
IV.1.4. État initial de la zone 53
IV.1.5. Impacts potentiels du projet 53
IV.1.6. Analyse des risques environnementaux et sociaux 54
IV.1.7. Mesures d'atténuation et de bonification 55
IV.1.8. Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES) 55
IV.1.9. Plan Succinct de Réinstallation (PSR) 56
IV.1.10. Participation et consultation publique 57
Conclusion partielle 57
Conclusion générale 58
Recommandations et perspectives 59
Annexes I

Liste Des Figures

Figure I-1: Organigramme fonctionnel de OMNI TRAVAUX 6

Figure I-2:Localisation de la zone du Projet (sources BS_RAPPORT APD vol1 voh et CNTIG,2026 WGS 84/Zone 29) 8

Figure III-1 : Délimitation de bassins versants OH1 16

Figure III-2 : Délimitation de sous-bassins versants 16

Figure III-3 : Organigramme méthodologique de prédimensionnement de dalot 29

Figure III-4: Dimensions des goussets d'angles supérieurs en fonction des ouvertures 36

Figure III-5: Dimensions des goussets d'angles supérieurs en fonction des ouvertures 36

Figure III-6: Coupe transversale du dalot (détails géométriques de conception) 36

Figure III-7 : Coupe longitudinale de la structure du dalot 37

Figure III-8: Représentation des charges permanentes sur le dalot OH1 39

Figure III-9: Déformations et moments maximaux en travée et aux appuis du dalot à l'ELS. 42

Figure III-10: Schéma de configuration d'un caniveau couvert 44

Figure III-11: Représentation des charges s'exerçant sur les piédroits 45

Figure III-12: Répartition des différentes charges sur la structure de caniveau 46

Liste Des Tableaux

Tableau III-1: Caractéristiques des bassins versants 17
Tableau III-2: Paramètres exposants des équations CIEH choisies..... 19
Tableau III-3 : Coefficient de ruissellement C (Méthode rationnelle) 21
Tableau III-4 : Résultat de calcul de débit par la méthode CIEH..... 24
Tableau III-5: Résultat de calcul de débit par la méthode ORSTOM 25
Tableau III-6:Débit moyen de crue des bassins versants 25
Tableau III-7:Résultats de calcul de débit par la méthode rationnelle 25
Tableau III-8:Caractéristiques hydrauliques du dalot OH1..... 28
Tableau III-9: Classes d'exposition liées aux caractéristiques environnementales 32
Tableau III-10: Classe et formulation du béton en fonction de la classe d'exposition 32
Tableau III-11: Choix d'enrobage minimal en fonction de la classe d'exposition..... 33
Tableau III-12: Classe de l'ouvrage en fonction de la largeur roulable..... 38
Tableau III-13 : Résultats de calcul des charges permanentes du dalot 39
Tableau III-14: Valeurs du coefficient a1 en fonction de la classe et du nombre de voies chargées de l'ouvrage..... 40
Tableau III-15: Valeurs de V0 en fonction de la classe du dalot 40
Tableau III-16: Résultats de calculs des différentes surcharges routières..... 41
Tableau III-17: Résultats de l'étude structurale du dalot OH1 42
Tableau III-18: Choix d'aciers du dalot OH1..... 43
Tableau III-19: Actions et Moments fléchissant de la dallette..... 44
Tableau III-20: Actions et Moments fléchissant du voile 45
Tableau III-21: Actions et Moments fléchissant du radier..... 46
Tableau III-22: Récapitulatif du dimensionnement structural du caniveau (1.00 x 1.05)..... 47
Tableau III-23: Récapitulatif évaluation financière..... 47
Tableau III-24: Quantitatif béton armé et ratio d'aciers du OH1 48
Tableau III-25: Quantitatif béton de propreté (BP) du OH1 49
Tableau IV-1 : Cadre politique, juridique et institutionnel 52
Tableau IV-2: Description de la nature du milieu..... 53
Tableau IV-3: Impacts potentiels du projet et qualification..... 54
Tableau IV-4: Mesures d'atténuation et de bonification..... 55
Tableau IV-5: Composantes du plan de Gestion Environnemental et Social..... 56
Tableau IV-6: Plan Succinct de Réinstallation (PSR)..... 56
Tableau IV-7: Synthèse des avis recueillis..... 57

Introduction générale

Le développement des infrastructures routières constitue un levier essentiel de croissance économique et sociale, particulièrement en milieu rural où l'accès aux marchés, aux services sociaux de base et aux opportunités économiques demeure limité. En Côte d'Ivoire, l'amélioration du réseau routier dans ces zones représente un enjeu stratégique pour le désenclavement des localités, la fluidité des échanges et la promotion du développement local. C'est dans cette dynamique que s'inscrit le projet de bitumage entrepris dans la commune de Biankouma, située dans la région du Tonkpi dans l'Ouest montagneux du pays. Le relief accidenté et les conditions climatiques marquées par une forte pluviométrie constituent autant de défis techniques et organisationnels qui rendent ce projet particulièrement intéressant à étudier.

Ce mémoire se justifie par la nécessité de mener une étude hydraulique afin de mettre en place des ouvrages capables d'assurer un bon drainage des eaux pluviales en toute sécurité et également de faciliter l'usage de la nouvelle route à réaliser à travers les ouvrages de franchissement.

Le cas de Biankouma constitue un cadre pertinent pour analyser les contraintes spécifiques d'un chantier en milieu rural et proposer des approches adaptées.

L'objectif général de ce travail est de mener une étude technique relative à l'hydraulique routière pouvant conduire à opérer des choix optimaux liés aux types d'ouvrages hydrauliques. Pour ce faire, les objectifs spécifiques se déclinent comme suit :

- Étudier le contexte physique, géologique et géotechnique de la zone d'étude ;
- Étudier le contexte hydrologique du milieu et dégager les bassins versants ;
- Concevoir des ouvrages de qualité et durable ;
- Opter pour des matériaux de qualité pouvant concilier sécurité et durabilité en fonction des conditions climatiques.

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre d'un stage réalisé au sein de **l'entreprise OMNI TRAVAUX, filiale du groupe SNEDAI**. Dans ce cadre, les missions confiées au stagiaire ont porté principalement sur la vérification des études d'ouvrages hydrauliques. Cependant, la portée de ce travail reste limitée par certains facteurs tel que la durée du stage.

Pour atteindre les objectifs fixés, la méthodologie adoptée repose sur une combinaison de trois approches complémentaires :

- Une **analyse documentaire** portant sur les textes, normes et références techniques applicables aux projets routiers ;
- Des **observations de terrain** réalisées sur le chantier de Biankouma ;
- La **collecte et le traitement de données techniques** (hydrologiques et hydrauliques), permettant de mener à bien les études.

Chapitre I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET

Introduction

Tout travail académique réalisé dans le cadre d'un stage doit s'appuyer sur une bonne connaissance du milieu d'accueil et du contexte dans lequel s'inscrit le projet étudié. En effet, comprendre l'organisation, les missions et le fonctionnement de la structure partenaire permet de mieux situer les responsabilités confiées au stagiaire et de mesurer l'importance du projet qui lui est associé.

Ainsi, ce premier chapitre est consacré à la présentation de la structure d'accueil et du projet de bitumage mené dans la commune de Biankouma. Il s'articule autour de deux grandes parties : la première est consacrée à l'historique, à l'organisation et aux principales activités de la structure, la seconde met en lumière les caractéristiques du projet, ses objectifs, son envergure ainsi que les acteurs impliqués dans sa réalisation.

I.1. Présentation de la structure d'accueil

I.1.1. Historique

Le **Groupe SNEDAI** (Société Nationale d'Édition de Documents Administratifs et d'Identification) a été créé en **2007** en Côte d'Ivoire. À l'origine, ses activités étaient essentiellement centrées sur les **nouvelles technologies**, notamment la conception et la gestion de solutions d'identification sécurisée. À travers sa filiale SNEDAI CI, l'entreprise a développé une expertise reconnue dans la délivrance de documents administratifs et biométriques (passeports, visas, cartes sécurisées), contribuant ainsi à la modernisation de l'administration ivoirienne. [1]

Fort du succès rencontré dans ce domaine, le Groupe a entamé une stratégie de **diversification sectorielle**, motivée par la volonté d'accompagner le développement socio-économique du pays. C'est ainsi qu'il a progressivement investi dans des secteurs stratégiques tels que le **transport lagunaire**, l'**énergie**, les **mines**, la **distribution pétrolière** et surtout le **BTP et l'immobilier**.

Ainsi en 2017, l'ex SARL OMNI TRAVAUX fut racheter par le Groupe SNEDAI qui la transforme en une Société Anonyme (**SA**) avec Conseil d'Administration. Initialement basée

sur les projets routiers et d'ouvrages d'arts, elle intervient désormais dans le secteur du bâtiment et de l'immobilier.

Ayant acquis une expérience dans la gestion de projets complexes à grande échelle, elle fut l'attributaire du marché dans le cadre de l'organisation de la Coupe d'Afrique des Nations (CAN 2023) de football. L'Etat ivoirien lui donne la charge de la construction des infrastructures sportives et d'hébergements du stade de San-Pedro, le renforcement et le bitumage de 651 km de routes ainsi que l'électrification rurale de la commune de Touba.

Persuadé par ses services de qualités, l'Etat ivoirien lui renouvelle sa confiance dans le cadre des travaux de bitumage de la route **Biankouma – Sipilou**, longue de 65 km ainsi que la réalisation des bretelles de **Kabacouma** (8 km) et de **Sokourala** (8 km). Pour la bonne marche des processus d'étude et d'exécution, OMNI TRAVAUX engage la structure étatique qu'est l'Agence de Gestion Routière (AGEROUTE) pour les études notamment celles de l'impact environnemental et social (EIES).

I.1.2. **Siège social et coordonnées**

La SNEDAI Groupe qui porte en son sein toutes ses filiales a son principal siège à Abidjan dans la commune de Cocody plus précisément au 2 Plateaux-Vallon non loin de l'école de police.

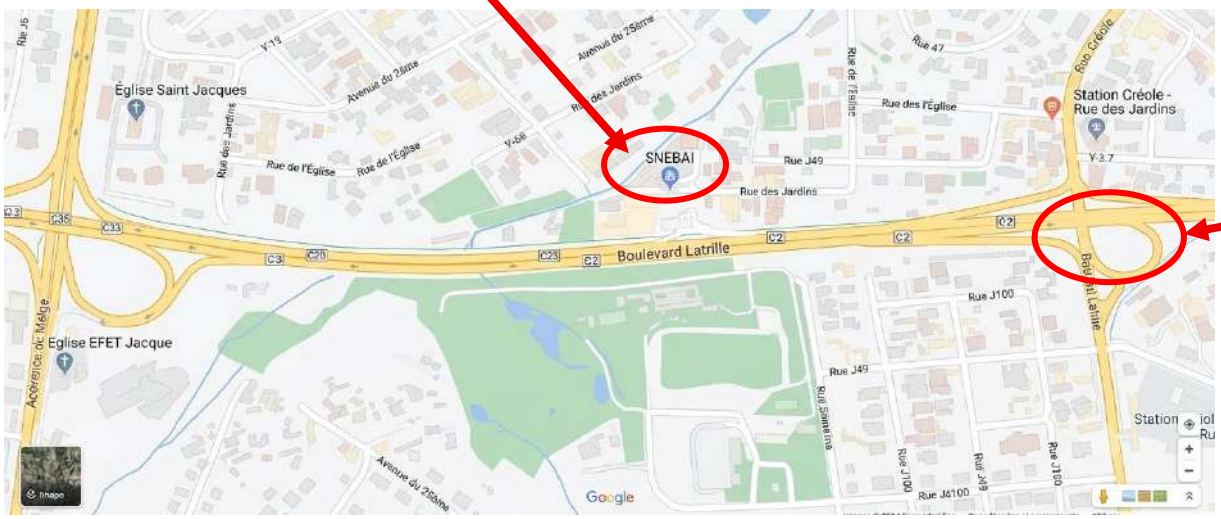
E-mail : contact@snedai.com

Site web : www.snedai.com

Tel : +225 27 22 510 808

Adresse : BP222 CIDEX 5, Abidjan

Localisation : SNEDAI GROUPE



Échangeur école de Police

I.1.3. **Mission et domaines d'intervention**

OMNI TRAVAUX intervient principalement dans le secteur de **bâtiment et travaux publics**, avec un champ d'action très diversifié :

- **Construction et réhabilitation d'établissements de formation professionnelle** : elle a notamment pris en charge la rénovation de plusieurs lycées techniques à Abidjan (Cocody, Yopougon, lycée professionnel commercial de Yopougon) dans le cadre d'un programme d'urgence national ;
- **Travaux routiers, assainissement et ouvrages d'art** : OMNI TRAVAUX se spécialise également dans ces domaines techniques essentiels à l'infrastructure ;
- **Projets majeurs d'infrastructures nationales** : un exemple marquant est le **Stade Olympique de San Pedro** (20 000 places, cité CAN, villas, terrains d'entraînement), réalisé en groupement avec l'entreprise chinoise CCECCC.

I.1.4. **Organigramme général OMNI TRAVAUX : section route**

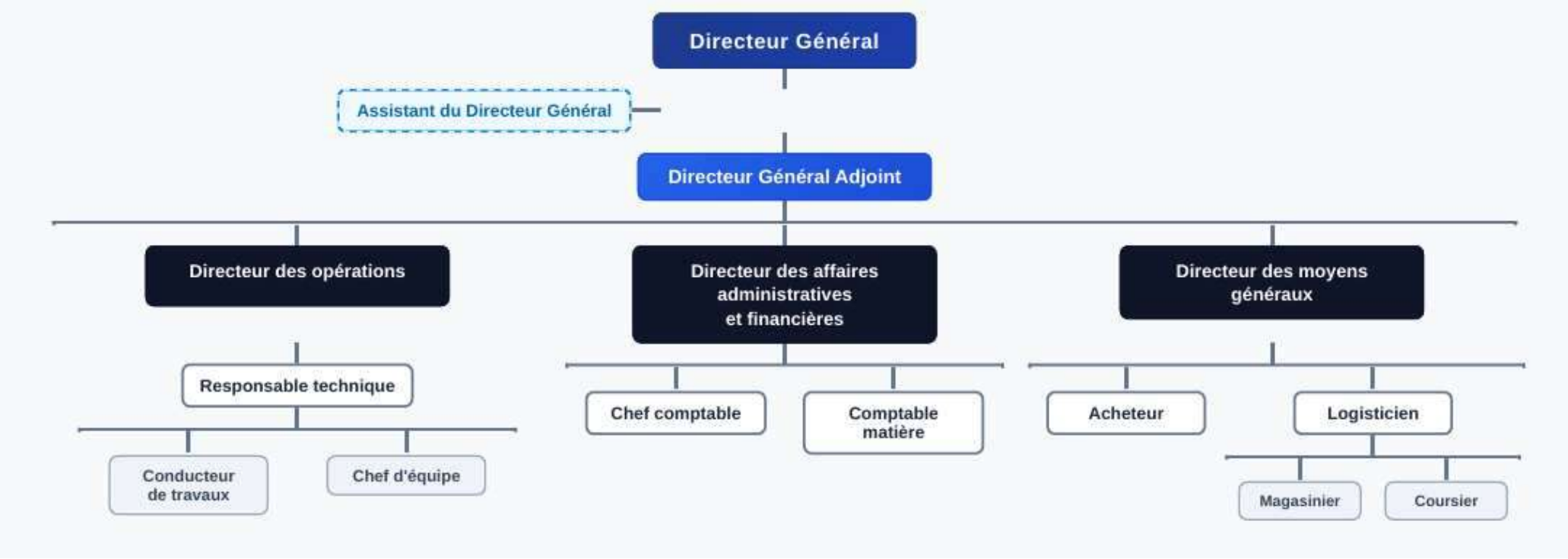


Figure I-1: Organigramme fonctionnel de OMNI TRAVAUX

I.2. Présentation du projet

I.2.1. Contexte général et justification du projet

Dans le cadre de la mise en œuvre de son Plan National de Développement (PND) 2021-2025, l'État de Côte d'Ivoire a réaffirmé sa volonté de moderniser et renforcer les infrastructures de transport, considérées comme un levier essentiel de la croissance inclusive et du développement durable. L'accent est mis sur la réhabilitation et le développement du réseau routier afin d'assurer une meilleure connectivité des territoires, et de soutenir les activités économiques, notamment en zones rurales.

À cet effet, plusieurs axes routiers prioritaires ont été identifiés, dont l'axe **Biankouma – Sipilou** (65 km) dans la région de Tonkpi dans l'ouest montagneux. Cette zone, bien que riche en potentialités agricoles et touristiques, reste confrontée à un enclavement limitant l'écoulement des productions et l'accès aux services sociaux de base.

Dans ce contexte, le Ministère de l'Équipement et de l'Entretien Routier (MEER), à travers l'Agence de Gestion des Routes (AGEROUTE), a engagé des études techniques, économiques et environnementales en vue de l'aménagement et du bitumage de cet axe.

Ainsi, l'entreprise OMNI TRAVAUX dotée de qualification en aménagement routier est chargée d'exécuter le bitumage de la route **Biankouma – Sipilou**, ainsi que la réalisation des bretelles de **Kabakouma** (8 km) et de **Sokourala** (8 km)

I.2.2. Situation géographique et caractéristiques de la zone

I.2.2.1. Situation géographique

La route Biankouma-Sipilou ainsi que les bretelles de Kabakouma et de Sokourala sont situées à l'ouest dans la région du Tonkpi en Côte d'Ivoire.

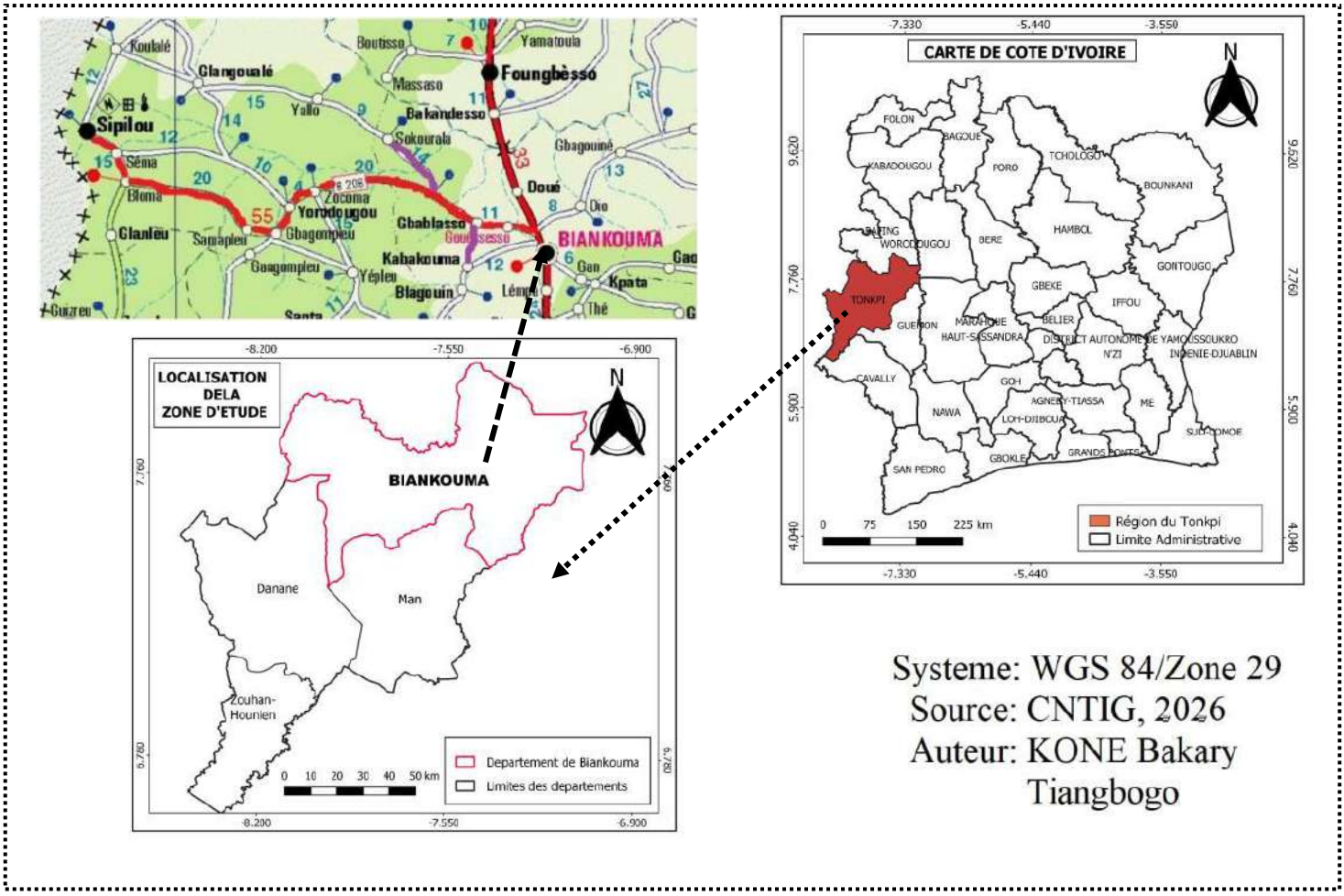


Figure I-2 : Localisation de la zone du Projet (sources BSRP, CNTIG, Données vectorielles SIG, WGS 84 Zone 29)

I.2.2.2. **Données physiques de la zone du projet : Région du Tonkpi**

✓ Végétation

Dans cette zone du projet, la végétation apparaît très dégradée. La zone est en grande partie occupée par des jachères de seconde régénération et des zones cultivées. On y trouve encore des reliques de forêt naturelle correspondant à des forêts sacrées ou à des forêts galeries. La forêt de l'ouest montagneux est spécifique à cette région. A l'analyse, l'on constate que la végétation est dominée par des jachères, et rarement des forêts de type secondaire.

✓ Relief

C'est un relief à l'image de Man, très accidenté avec un paysage montagneux, comprenant les principaux sommets de la Région que sont le mont TONKPI, la DENT de Man, etc. Les vallées,

collines et buttes constituent des éléments statiques structurants du paysage. Leur qualité peut s'apprécier en fonction de leur volume, de leur forme et de leur couleur.

✓ Nature des sols

Tout le long du tracé, on distingue deux types de sols : des sols ferralitiques fortement dessaturés, issus de granites à hypersthène et des sols ferralitiques fortement et moyennement dessaturés, issus de granites.

I.2.2.3. **Données climatiques de la zone du projet**

✓ Saisons

Elle correspond à la pénéplaine qui borde le flanc sud de la région montagneuse dominée par le mont Nimba. Le climat est de type guinéo-soudanien à deux (2) saisons bien différenciées :

- L'une sèche, de novembre à mars, avec des précipitations inférieures à cinquante (50) millimètres d'eau ;
- L'autre pluvieuse, d'avril à octobre, marquée par une moyenne de 1600 millimètres d'eau. La situation géographique en bordure de la chaine montagneuse (mont Nimba) confère au département une plus grande pluviosité que les autres situées à la même latitude.

✓ Pluviométrie

Le calcul des hauteurs de pluies maximales journalières décennales et des hauteurs de pluies annuelles s'est fait à travers une analyse fréquentielle. Les données obtenues auprès de la SODEXAM ont fait objet d'un traitement statistique par l'application de la loi de GUMBEL et la loi de GAUSS. Pour l'ensemble des trois régions qui constituent la zone d'étude, les données couvrent la période allant de 1966 à 2016 comme indiqué en **ANNEXE 1** [2]

1.2.1. Objectifs visés par le projet

Selon le RAPPORT de l'étude APD, ce projet vise principalement à :

- Améliorer les conditions de circulation en désenclavant certaines zones de la commune de Biankouma ;
- Faciliter l'écoulement des produits agricoles en reliant les zones de production aux marchés ;
- Renforcer la sécurité routière en réduisant les risques liés à l'état dégradé des pistes ;

- Contribuer au développement socio-économique local, grâce à des infrastructures routières modernes et durables.

Donc, l'objectif global est bien le désenclavement et la valorisation du potentiel économique de Biankouma à travers la réalisation d'infrastructures routières adaptées.

1.2.1. Acteurs impliqués (source : BS_RAPPORT APD vol1 v0h)

La réalisation du projet de bitumage dans la commune de Biankouma mobilise plusieurs acteurs institutionnels, techniques et communautaires, chacun jouant un rôle spécifique dans le processus de mise en œuvre. Les détails sur ces acteurs sont donnés en **ANNEXE 1**: Acteurs du projet

Conclusion partielle

L'analyse de ce chapitre a permis de mettre en lumière l'appartenance, l'origine et la raison de la création de la société OMNI TRAVAUX sans toutefois omettre de souligner son organisation et ses champs de mission.

Par ailleurs, à travers la situation géographique de la zone du projet, les données physiques et climatiques ont pu être récoltées. La prise en compte de ces données est indispensable pour l'étude technique routière.

Chapitre II. SYNTHESE DES ETUDES TECHNIQUES

Introduction

Ce chapitre présente la synthèse des principales études techniques réalisées dans le cadre du projet de bitumage de la route Biankouma-Sipilou. Ces études, indispensables à la conception et à l'exécution des travaux, concernent aussi bien les aspects géométriques que géotechniques, hydrauliques et structurels. Leur analyse permet de mettre en évidence les choix techniques retenus afin de garantir la faisabilité, la durabilité et la performance de l'ouvrage projeté.

II.1. Étude géométrique

En rase campagne, le tracé épouse majoritairement l'itinéraire existant, avec quelques rectifications ponctuelles destinées à améliorer la visibilité et le confort des usagers. Il se compose principalement d'alignements droits raccordés par des courbes, garantissant un tracé tendu et fluide. La vitesse de référence adoptée est de 80 km/h, ce qui impose un rayon minimal de 240 m et un dévers compris entre 2,5 % et 7 %. [3] [2] [4]

En traversée d'agglomération (notamment à Yorodougou), la vitesse de référence retenue est de 60 km/h. Le tracé a été conçu de manière à s'adapter aux contraintes de l'emprise disponible tout en respectant les normes de sécurité et de confort. [4]

Le profil en long est une courbe continue composée de droites et de raccordements paraboliques. Il a été dimensionné de manière à assurer :

- Une déclivité maximale de 6 % ;
- Un bon écoulement des eaux pluviales (pente minimale de 0,2 % en zone de déblais et 0,5 % en zone plate) ;
- Des rehaussements ponctuels pour éviter les zones inondables et caler correctement les ouvrages hydrauliques.

Concernant le profil en travers, la section courante en rase campagne présente une plateforme de **11 à 12 m**, comprenant une chaussée de **7,40 m** (2 voies de 3,70 m), des accotements de **1,50 m** de part et d'autre, avec bandes de guidage et dispositifs de sécurité. En traversée d'agglomération, la largeur de la plateforme varie entre **12 et 15,80 m**, intégrant des trottoirs de **2,00 m** pour la circulation des piétons.

Ainsi, l'ensemble des dispositions géométriques adoptées vise à concilier sécurité, confort de conduite et durabilité de l'ouvrage.

II.2. Étude géotechnique et structure de chaussée

Les investigations géotechniques ont été réalisées par le Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics (LBTP), dans le but de caractériser les sols de la zone d'étude et de dimensionner la structure de chaussée à retenir.

Elles ont porté sur :

- L'étude des plateformes (remblais et déblais) afin d'évaluer la portance des sols en place;
- La recherche de gîtes de matériaux (sables, graveleux, roches massives) destinés à l'exécution des différentes couches de chaussée ;
- L'étude géotechnique des fondations des ouvrages hydrauliques ;
- Le dimensionnement de la structure de chaussée adaptée aux conditions de trafic et de climat de la zone.

Du point de vue pédologique, la zone est constituée de sols ferralitiques désaturés, issus de formations granitiques. Ces sols présentent une portance moyenne à faible, nécessitant des couches de fondation renforcées pour assurer la stabilité et la durabilité de la chaussée.

En l'absence de résultats définitifs au moment de l'APD, un prédimensionnement a été proposé sur la base des normes et guides techniques reconnus (SETRA, LCPC, CEBTP) [5] [6] [7]. La structure type préconisée comprend :

- Couche de roulement : 05 cm Béton bitumineux ;
- Couche de base : 20 cm Grave non traitée (0/31,5) ;
- Couche de Fondation : 25 cm graveleux stabilisé à 3%.

Ce dimensionnement provisoire sera ajusté en fonction des résultats complets des essais géotechniques et des disponibilités locales en matériaux.

II.3. Études hydrauliques (ouvrages d'assainissement)

La maîtrise du drainage constitue un enjeu majeur pour la durabilité de l'infrastructure routière. En effet, l'accumulation d'eau dans la structure de chaussée ou à proximité des talus entraîne des désordres rapides et coûteux. Les études hydrauliques réalisées dans le cadre du projet ont donc porté une attention particulière à la collecte et à l'évacuation des eaux pluviales.

Dans un premier temps, un diagnostic des ouvrages existants a été effectué. Il a permis d'identifier la présence de buses en béton et métalliques, de dalots, de passages à gué et de fossés, dont l'état de fonctionnement est très variable. Certains ouvrages sont colmatés ou dégradés et nécessitent une réhabilitation ou un remplacement. [2]

Ensuite, une étude hydrologique des bassins versants traversés par la route a été conduite. Elle s'est appuyée sur la méthode rationnelle et la loi de Montana pour déterminer les coefficients de ruissellement, les intensités pluviométriques et les débits de projet. Ces paramètres ont servi de base au dimensionnement des ouvrages.

Le dimensionnement des ouvrages hydrauliques projetés a conduit aux dispositions suivantes :

- La mise en place de buses en béton armé de diamètres variés (Ø 1000 mm, Ø 1200 mm et plus), selon l'importance des débits ;
- La construction de dalots rectangulaires en béton armé, pouvant atteindre des sections de 6,00 x 5,00 m, pour les franchissements de cours d'eau majeurs ;
- La réalisation de fossés et caniveaux maçonnés en traversée d'agglomération, afin d'assurer la collecte des eaux pluviales et la protection des accotements.

Ces dispositions permettent de garantir la continuité hydraulique des écoulements naturels tout en protégeant la chaussée et ses fondations contre les effets néfastes de l'eau.

II.4. Choix techniques majeurs retenus

Les études techniques ont conduit à un certain nombre de choix structurants destinés à garantir la faisabilité et la durabilité du projet.

En premier lieu, le tracé a été calé dans la mesure du possible sur l'itinéraire existant, ce qui permet de limiter les coûts d'expropriation et de réduire les impacts environnementaux. Quelques rectifications ponctuelles ont néanmoins été opérées afin d'améliorer la visibilité et la sécurité des usagers.

Le dimensionnement géométrique de la route a été établi conformément aux prescriptions de l'ICTA/UEMOA et au Règlement n°14/2005/CM/UEMOA. La vitesse de référence retenue est de 80 km/h en rase campagne et 60 km/h en traversée d'agglomération, avec des profils en travers intégrant une chaussée bidirectionnelle de 7,40 m, des accotements latéraux et, en milieu urbain, des trottoirs pour les piétons. [2] [3] [4]

En ce qui concerne la structure de chaussée, le choix s'est porté sur une solution souple reposant sur l'utilisation combinée de matériaux locaux (latérites) et de graves concassées, surmontées

d'un revêtement en béton bitumineux. Cette solution présente l'avantage d'allier performance mécanique, adaptation aux conditions climatiques de la région et optimisation des coûts. [2]

Le volet hydraulique a fait l'objet d'une attention particulière. Des buses de différents diamètres, des dalots rectangulaires en béton armé ainsi que des fossés et caniveaux maçonnés ont été prévus pour assurer une évacuation efficace des eaux pluviales et protéger les fondations de la chaussée.

Enfin, les études ont intégré les contraintes environnementales et sociales. Des surélévations ponctuelles du profil en long ont été prévues pour éviter les zones inondables, tandis que l'aménagement de trottoirs en traversée d'agglomération vise à renforcer la sécurité et le confort des usagers, notamment les piétons.

Ces différents choix techniques traduisent une volonté de concilier exigences de qualité, contraintes locales et durabilité de l'ouvrage.

Conclusion partielle

Ce deuxième chapitre a permis de présenter la synthèse des études techniques qui ont servi de base à la conception du projet de bitumage de l'axe Biankouma-Sipilou. Les analyses géométriques ont défini un tracé adapté aux contraintes topographiques et aux exigences normatives, garantissant la sécurité et le confort de circulation. Les études géotechniques ont mis en évidence les caractéristiques des sols locaux et conduit à la proposition d'une structure de chaussée souple, dimensionnée selon les guides techniques de référence et adaptée au trafic projeté. Les études hydrauliques, quant à elles, ont souligné l'importance du drainage pour la durabilité de l'infrastructure et conduit à la définition d'ouvrages appropriés (buses, dalots, fossés, caniveaux) destinés à assurer l'évacuation des eaux pluviales. Enfin, les choix techniques majeurs retenus traduisent une volonté de concilier performance technique, optimisation des coûts et prise en compte des réalités locales, en privilégiant notamment l'utilisation de matériaux disponibles sur place.

Chapitre III. ETUDES DE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'OUVRAGES HYDRAULIQUES

Introduction

La réussite de tout projet routier nécessite la combinaison de plusieurs ouvrages élémentaires dont les ouvrages hydrauliques qui jouent un rôle très important pour le système de drainage des eaux pluviales. Ainsi, il convient d'affecter une étude technique à ceux-ci afin d'opérer des choix optimaux.

Ce chapitre sera consacré à l'étude des dalots sur l'axe Biankouma – Kabakouma et des caniveaux de la bretelle de Kabakouma du tronçon PK0+00 au PK0+140. Elle mettra en lumière les études indispensables au choix et justification des ouvrages à projetés.

III.1. Etude hydrologique

Cette étude a pour but d'estimer le débit d'eau qui sollicitera chacun des ouvrages à réaliser au niveau de la route. Elle consiste à identifier les réseaux hydrographiques qui rencontrent l'axe de la route et à délimiter les surfaces suivant les lignes de partages des eaux jusqu'à l'exutoire [8].

III.1.1. Identification des fils d'eau et délimitation des bassins versants

Il s'agira de repérer les lignes de courant d'eau pluviale qui rencontre l'axe du tracé routier et de définir leurs limites géographiques respectives. Cette délimitation se fera à l'aide de l'axe du tracé routier et de la combinaison des logiciels tels que Global Mapper, Google earth et Arcgis. Alors il en découle douze (12) bassins versants pour le tronçon Biankouma – Kabakouma dont le plus grand est représenté sur la figure III-1 avec un (01) sous bassin versant pour les caniveaux de la bretelle Kabakouma long de 140 m.

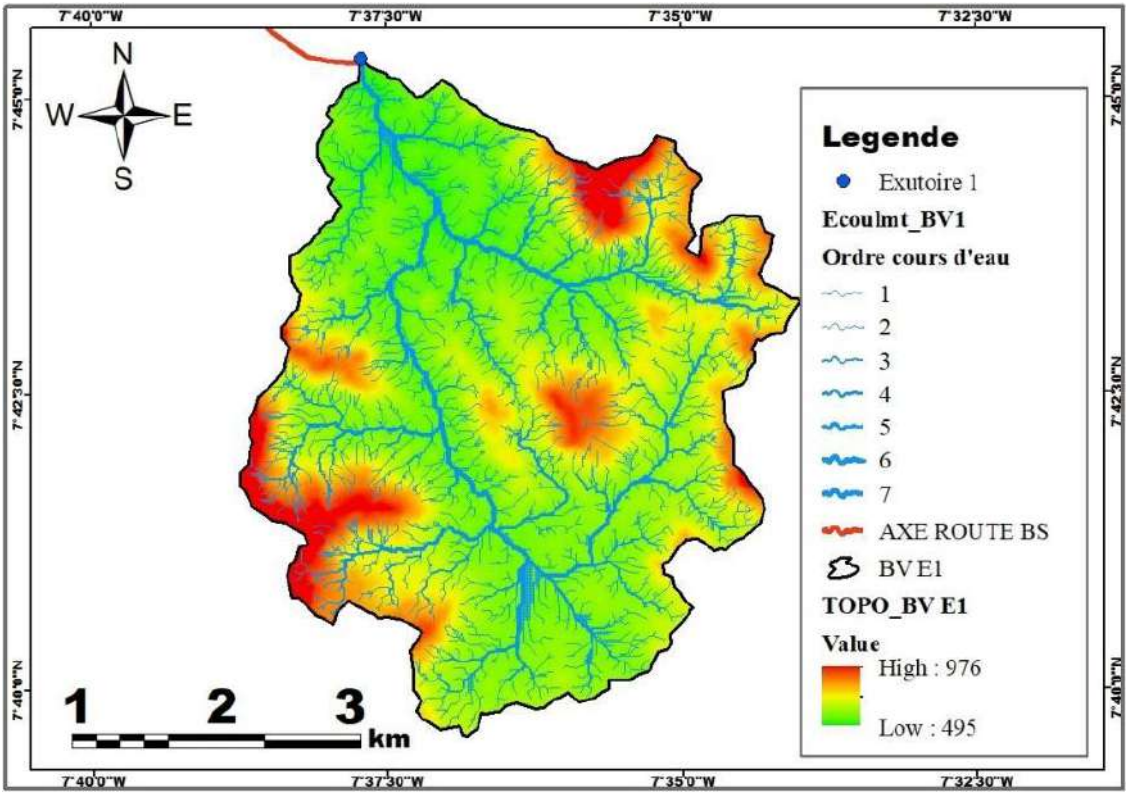


Figure III-1 : Délimitation de bassins versants H

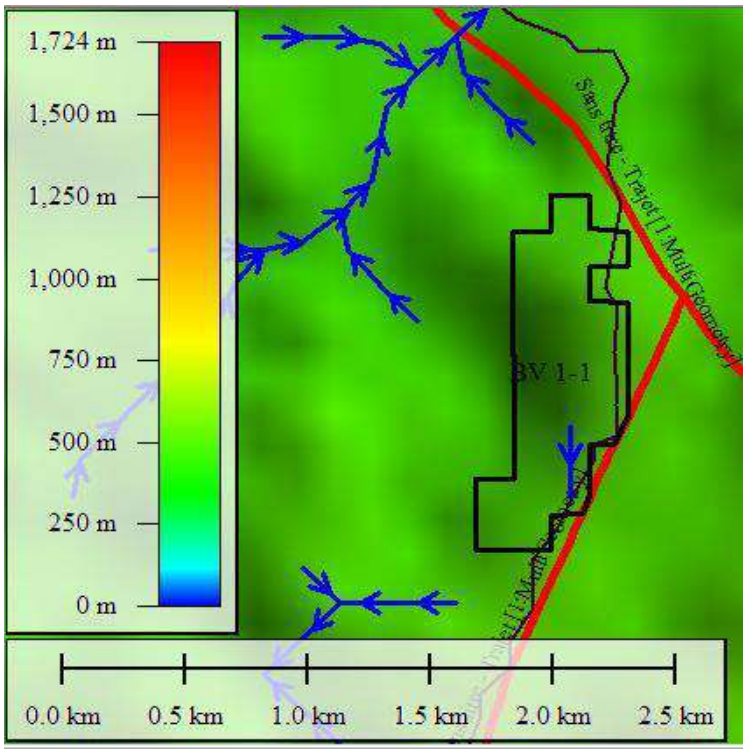


Figure III-2 : Délimitation de sous-bassins versants

III.1.2. Caractérisation des bassins versants

Pour donner suite à la délimitation des bassins versants précédemment, il faudra alors procéder à leur caractérisation. Celle-ci consiste à déterminer à l'aide de ArcGIS, les principales caractéristiques nécessaires pour l'étude hydrologiques à savoir : la superficie, Le périmètre, les altitudes maximales et minimales, la pente moyenne et la longueur d'écoulement. Le tableau III-1 présente les bassins versants étudiés ainsi que leurs caractéristiques.

Tableau III-1 : Caractéristiques des bassins versants

Caractéristiques des bassins versants							
Dénomination	**P [Km]**	**S [Km²]**	**Z max [m]**	**Z min [m]**	**Pente moyenne pmoy [%]**	**Longueur du plus long cours d'eau (km)**	**Méthode utilisée**
BV1-1	4,16	0,03	528	496	18,48	0,35	Rationnelle
BV1	38,66	58,22	976	495	6,30	15,26	CIEH , Orstom
BV2	26,19	22,32	946	490	9,65	9,45	CIEH , Orstom
BV3	4,27	0,90	532	496	3,80	1,89	CIEH , Orstom
BV4	2,39	0,32	529	497	5,66	1,13	CIEH , Orstom
BV5	2,16	0,28	532	495	6,95	1,07	CIEH , Orstom
BV6	9,96	5,08	787	481	13,58	4,51	CIEH , Orstom
BV7	7,43	2,05	756	489	18,67	2,86	CIEH , Orstom
BV8	25,39	21,73	946	496	9,65	9,32	CIEH , Orstom
BV9	14,03	5,96	659	494	6,76	4,88	CIEH , Orstom
BV10	8,17	3,37	659	519	7,63	3,67	CIEH , Orstom
BV11	7,85	3,28	620	514	5,86	3,62	CIEH , Orstom
BV12	13,31	8,72	945	517	14,49	5,91	CIEH , Orstom

III.1.3. **Méthodes d'estimation des débits**

Le choix de méthodes d'estimation de débit est relatif à la superficie des bassins versants unitaires et également des paramètres climatiques, morphologiques, topographiques et de la couverture végétale [9].

Les méthodes utilisées pour la détermination de débits des différents bassins versants sont entre autres la méthode rationnelle pour les petits bassins versants (superficie inférieure à 4 km²). Il s'agit du BV1-1 rattaché au caniveau. Pour les bassins versants considérés comme grands et rattachés aux ouvrages de franchissement, les méthodes CIEH et ORSTOM sont les plus appropriées. [8] [9]

III.1.3.1. **Méthode CIEH**

C'est une méthode statique développée par Puech et Chabi-Gonni en 1983 issue d'une expérimentation sur 162 bassins versants en Afrique (zone sahélienne et tropicale sèche). Elle est valable pour les bassins dont la superficie est comprise entre 10 et 1500 km² et intègre les facteurs tels que la Superficie du basin (S), la Pente globale du bassin (Ig), la pluie annuelle (Pan), la densité de drainage (Dd), le facteur de ruissèlement (Kr) [8]. Par ailleurs, elle est utilisée pour le calcul des débits de crue décennale (Q_{10}) à travers l'équation paramétrique de la formule générale :

$$Q_{10} = a \times S^s \times \bar{P}_{an}{}^p \times I_g{}^i \times K_{r10}{}^k P_{m10}{}^r \times D_d{}^d \quad [8]$$

Où S, est la superficie du bassin [km²] ; $\bar{P}_{an}$, la pluie moyenne annuelle [mm] ; Ig, indice global de pente [m/km] ; Kr10, le coefficient de ruissèlement décennal [%] ; Dd, la densité de drainage [km^{-1}].

Les paramètres $a, s, p, i, k, r \; et \; d$ sont les coefficients fonction du découpage par zone selon l'application de la formule [10]. Ils sont déterminés en se référant au tableau des exposants CIEH en **ANNEXE 2**.

Ainsi, il convient d'opter pour les équations 25,26 et 27 relatifs au découpage par pays ou groupe de pays et les équations 34,35,36,37,38 qui sont propres au contexte ivoirien. Les paramètres correspondants selon les critères sont renseignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III-2 : Paramètres exposants des équations retenues

		Exposants des paramètres						
Équations	Contexte	a	s	p	i	k	r	d
25	Découpage par pays ou groupe de pays Afrique de l'Ouest (de10°Eà10°W)	1,41	0,542	0	0	0,511	0	0
26		146	0,479	0	0	0,457	-0,969	0
27		0,56	0,619	0	0,279	0,51	0	0
34	Côte d'Ivoire	4,86	0,562	0	0	0	0	0
35		2,29	0,651	0	0,216	0	0	0
36		0,000174	0,645	0	0	0	2,149	0
37		0,38	0,586	0	0	0,805	0	0
38		0,275	0,618	0	0,099	0,798	0	0

III.1.3.2. **Méthode ORSTOM**

C'est une méthode développée par Auvray et Rodier en 1965 dans le manuel « Crues et apports FAO ». Elle est utilisée pour évaluer la crue décennale sur les bassins versants sahéliens et de la zone tropicale sèche en Afrique de l'Ouest. Elle est valable pour les bassins dont la superficie se situe entre quelques dizaines d'hectares et plus de 1500 km² [8]. L'expression du débit de pointe décennales correspondant au ruissellement superficiel de la crue décennale (Qr_{10}) se définit de la manière suivante :

$Qr_{10} = \frac{A \times P_{10} \times Kr_{10} \times \alpha_{10} \times S}{Tb_{10}}$ [8]

Avec :

- Qr_{10} : Le débit de crue décennale ;
- A : le coefficient d'abattement ;
- P_{10} : Hauteur de pluie journalière décennale ;
- Kr_{10} : coefficient de ruissellement correspondant à la crue décennale ;
- α_{10} : Coefficient de pointe correspondant à la crue décennale.
- S : Superficie du bassin versant ;
- Tb_{10} : Temps de base correspondant à la crue décennale.

A l'exception de α_{10} qui est considéré comme une constante et prise égale à 2,6 ; les autres paramètres sont déterminés à l'aide d'abaques ou de formules [8].

III.1.3.3. **Méthode rationnelle**

Cette méthode est appropriée aux bassins versants de superficie inférieure à 4 km² [8] . Elle permet d'estimer le débit maximal de crue à l'exutoire d'un réseau hydraulique en particulier en milieu urbain. La formule suivante est celle utilisée pour estimer le débit de pointe Qp à l'exutoire. L'expression de calcul de débit par la méthode rationnelle est donnée par la formule suivante :

$Q_p = 0{,}278 \times C \times I \times A$

Avec :

Qp : le débit de pointe [m^3/s] ;

- C : le coefficient de ruissellement moyen du sous bassin. Il est fonction de la nature du sol [-];
- I : intensité de la pluie [mm/h] ;
- A : la superficie du bassin versant [ha]

(i) Détermination des différents paramètres caractéristiques de l'équation

- Coefficient de ruissellement C

Ce coefficient est relatif à la nature de la couverture végétale, de la superficie du bassin et de sa pente longitudinale. Le bassin étant situé en zone forestière avec une superficie de 25 hectares et une pente de 6,40%, alors en se référant au tableau ci-dessous, la valeur du coefficient de ruissellement du sous bassin versant est de 0,20 comme indiqué dans le tableau III-3.

Tableau III-3 : Coefficient de ruissellement C (Méthode rationnelle)

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

III.2. Estimation des débits de crues et résultats

L'estimation de débit de crue est relative à la période dite période de retour. Selon le TDR des études, une période de retour de 20 ans est considérée pour l'étude des bassins versants. Par ailleurs, les méthodes CIEH et ORSTOM appliquées permettent d'obtenir deux (02) résultats dont la moyenne arithmétique fournit les résultats de débits optimaux.

III.2.1. Débits de crue par la méthode CIEH

Le tableau III-4 présente les résultats d'estimation de débits de crue par la méthode CIEH dont le détail de calcul est à l'**ANNEXE 2**.

Tableau III-4 : Résultat de calcul de débit par la méthode CIEH

Calcul du débit décennal Q10 par la méthode CIEH												
Paramètres de base	Bassins versants											
	BV1	BV2	BV3	BV4	BV5	BV6	BV7	BV8	BV9	BV10	BV11	BV12
S (km²)	58	22	0,896	0,3195	0,2837	5,0794	2,0459	21,7298	5,9614	3,3687	3,2754	8,7222
Pan (mm)	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000
Igcor (m/km)	42	78	135	40	47	77	91	51	31	54	42	137
kr10	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
P10 (mm)	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156
Dd (km/km²)	0,07	0,07	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07
Application des équations élémentaires												
Équations	$Q_{10}(mm) = aS^s \times Pan^p \times Ig^t \times kr10^k \times Pm^r \times Dd^d$											
25	49,38	29,37	5,14	2,94	2,76	13,17	8,04	28,94	14,36	10,54	10,38	17,65
26	25,72	16,25	3,48	2,13	2,01	8,00	5,17	16,04	8,63	6,57	6,48	10,36
27	75,93	49,87	7,94	2,98	2,90	19,85	11,85	43,61	16,97	13,97	12,80	32,56
34	47,71	27,84	4,57	2,56	2,39	12,11	7,27	27,42	13,26	9,62	9,47	16,42
35	72,40	44,34	6,15	2,41	2,31	16,85	9,67	39,79	15,34	11,96	11,13	27,13
36	123,61	66,61	8,37	4,31	3,99	25,63	14,26	65,46	28,42	19,67	19,32	36,33
37	34,67	19,77	3,00	1,64	1,53	8,30	4,87	19,46	9,12	6,53	6,42	11,40
38	40,61	23,88	3,46	1,62	1,53	9,55	5,53	22,53	9,63	7,16	6,86	14,12
Q10moy(mm)	**58,75**	**34,74**	**5,26**	**2,57**	**2,43**	**14,18**	**8,33**	**32,91**	**14,47**	**10,75**	**10,36**	**20,74**

III.2.2. **Débits de crue par la méthode ORSTOM**

Les résultats d'estimation de débits de crue par la méthode ORSTOM sont consignés dans le tableau III-5 ci-dessous et les détails de calculs sont à l'**ANNEXE 2**.

Tableau III-5: Résultat de calcul de débit par la méthode ORSTOM

Calcul du débit décennal Q_{10} par la méthode ORSTOM

$$Qr_{10} = A \cdot P_{10} \cdot Kr_{10} \cdot \alpha_{10} \cdot S / Tb_{10}$$

Paramètres	Unités	Bassins versants											
		BV1	BV2	BV3	BV4	BV5	BV6	BV7	BV8	BV9	BV10	BV11	BV12
S	km²	58,22	22,32	0,90	0,32	0,28	5,08	2,05	21,73	5,96	3,37	3,28	8,72
P	km	38,66	26,19	4,27	2,39	2,16	9,96	7,43	25,39	14,03	8,17	7,85	13,31
P10	mm	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156
Pan	mm	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000
Altmax	m	976	946	532	529	532	787	756	946	659	659	620	945
Altmin	m	495	490	496	497	495	481	489	496	494	519	514	517
Alt5%	m	780	820	840	526	530	670	650	710	585	595	588	810
Alt95%	m	510	500	520	500	502	490	495	500	505	525	550	520
Sli	km	4,27	1,56	0,05	0,02	0,02	0,38	0,14	1,50	0,35	0,19	0,23	0,64
It	m/km	91,63	176,91	65,44	46,16	48,60	102,98	130,93	114,65	65,58	84,67	70,46	213,42
Qret10	m3/s	1,76	0,96	0,16	0,06	0,05	0,51	0,26	0,95	0,58	0,38	0,37	0,54
Q10	**m3/s**	**36,95**	**20,26**	**3,34**	**1,23**	**1,10**	**10,70**	**5,56**	**20,05**	**12,09**	**8,00**	**7,85**	**11,27**

III.2.3. Débit moyen de crue (méthodes CIEH et ORSTOM)

Le tableau III-6 présente les résultats des moyennes arithmétiques des différents débits de crue obtenus par les deux (02) méthodes précédentes. Ils seront alors utilisés pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques. Par ailleurs, le temps de retour étant de 20 ans, alors le Tableau 1 : Valeurs de a en fonction des temps de retour T en **ANNEXE 2** sera utilisé pour déterminer le débit Qp20 du projet.

Tableau III-6: Débit moyen de crue des bassins versants

Débit de projet : Axe Biankouma - Kabakouma								
Dénomination	P [km]	S [km²]	Q10 [m3/s] : CIEH	Q10 [m3/s] : ORSTOM	Temps de retour T [ans]	Q10 [m3/s]	Qp20 [m3/s]	Qp50 [m3/s]
BV1	38,66	58,22	58,75	36,95	20	47,85	59,82	76,57
BV2	26,19	22,32	34,74	20,26		27,50	34,38	44,00
BV3	4,27	0,90	5,26	3,34		4,30	5,38	6,88
BV4	2,39	0,32	2,57	1,23		1,90	2,38	3,04
BV5	2,16	0,28	2,43	1,10		1,76	2,20	2,82
BV6	9,96	5,08	14,18	10,70		12,44	15,55	19,91
BV7	7,43	2,05	8,33	5,56		6,95	8,68	11,12
BV8	25,39	21,73	32,91	20,05		26,48	33,10	42,36
BV9	14,03	5,96	14,47	12,09		13,28	16,60	21,24
BV10	8,17	3,37	10,75	8,00		9,38	11,72	15,00
BV11	7,85	3,28	10,36	7,85		9,10	11,38	14,56
BV12	13,31	8,72	20,74	11,27		16,01	20,01	25,61

III.2.4. Débit de crue par la méthode rationnelle

Le tableau ci-dessous renseigne les résultats de calcul par usage de la méthode rationnelle et les détails seront donnés en **ANNEXE 2**

Ce débit servira au dimensionnement des caniveaux de la ville rurale de Kabakouma.

Tableau III-7: Résultats de calcul de débit par la méthode rationnelle

Bassins versants de superficie inférieure ou égale à 400 Ha : Méthode rationnelle											
Dénomination	P [Km]	S [Km²]	Z max [m]	Z min [m]	p [%]	Cr [-]	Tc [mins]	Coef. Montana : T = 20 ans		I [mm/h]	Q20 [m3/s]
								a	b		
BV1-1	4,51	0,207	528	496	7,04	0,2	15,33	1939,7	-0,8	243,64	**2,80**

III.3. Études hydrauliques

Cette étude porte sur le choix des ouvrages à mettre en place et qui seront capables de faire transiter les débits de crue en toute sécurité. Ces ouvrages sont entre autres les ouvrages transversaux (Buses, Dalots, etc…) et les ouvrages longitudinaux (Caniveaux, Fossés, etc...) qui servent respectivement d'ouvrages de franchissement de cours d'eaux et d'assainissement dans le cadre d'un projet routier [9].

III.3.1. Ouvrages transversaux

Plusieurs critères justifient le choix de mettre en place un dalot ou une buse. Ces critères sont d'ordres techniques, économiques et environnementaux. En effet, le choix de buses notamment en béton est dépendant :

- De la hauteur de remblai au-dessus qui est au minimum 0,8m ;
- Du diamètre qui est compris entre 0,8 et 1,20 m afin de minimiser le poids et faciliter la mise en œuvre ;
- Du débit à évacuer : il convient d'opter pour les dalots pour les débits élevés, supérieurs à $10m^3/s$. [9]

Cependant, même si les critères sont réunis pour choisir une buse, les dalots en particulier les dalots cadres sont reconnus pour leur rigidité et peuvent favoriser la circulation à même la dalle avec une épaisseur suffisante sans toutefois nécessiter un remblai au-dessus. [9]
Ainsi, il convient de réaliser des dalots sur le tronçon concerné pour faire transiter les débits d'eau pluviale provenant des bassins versants respectifs afin d'assurer un assainissement parfait au droit de l'axe routier. Ces ouvrages seront étudiés suivant les hypothèses et les critères ci-dessous :

- Le type des dalots sera cadre en béton armé ;
- L'écoulement dans les cellules se fera en surface libre ;
- La vitesse admissible de l'écoulement dans l'ouvrage sera comprise entre 0,6 et 4 m/s [9] [11], afin de garantir l'auto-curage et d'éviter l'érosion du béton due à une vitesse élevée ;
- Les dalots fonctionneront en sortie libre ;
- Les murs en ailes feront un angle de 23° par rapport à l'axe de l'ouvrage (relativement à la vitesse d'écoulement) ;

- La détermination des sections hydrauliques de l'ouvrage se fera suivant une méthodologie basée sur le manuel BCEOM (hydraulique routière) [9] comme suit :

Partant de ces sous hypothèses :

- ✓ la hauteur d'eau en amont dépend principalement du débit réduit Q* et de la hauteur réduite H*, on se fixe une section (BxD) en fonction du débit à transiter et de la valeur de la vitesse maximale admissible. Ainsi, on détermine le débit réduit selon la formule :

$$Q^* = \frac{q}{A \times \sqrt{2gD}} \quad \text{où} \quad q = \frac{Q}{n}$$

et on en déduit la valeur de la hauteur réduite par projection sur la courbe A de la figure 77 page 248 (BCEOM) [9]. voir **Figure 2 Détermination de H*$_1$ en fonction (Q*)**

- ✓ Connaissant la hauteur réduite H*, on peut alors déterminer la hauteur d'eau H_1 en amont à travers la formule :

$H_1 = D \times H^*$, en se rassurant que ces conditions suivantes soient satisfaisantes :

$\frac{H_1}{B} \leq 1{,}25$ et $H_1 \leq B$ [9]

Avec Q* : le débit d'eau réduit[m^3/s] ; H* : la hauteur réduite [m] ; Q : débit du projet [m^3/s] ; q : débit d'un module [m^3/s] ; B : la largeur intérieure du dalot[m] ; D : la hauteur intérieure du dalot [m] ; A : la section d'un module [m²] ; H : la hauteur d'eau en amont [m] ; g : accélérateur de pesanteur [m/s²]

Pour se rassurer de la condition relative à la vitesse limite (v=4 m /s) de l'eau dans le dalot, il faut procéder par :

- ✓ Déterminer le débit Q* par la formule suivante : $Q^* = \frac{q}{\sqrt{gB^5}}$
- ✓ Déterminer I*c par graphiquement sur la courbe de la figure 82 page 258 (BCEOM)

voir **Figure 3: Détermination de I*c en fonction (Q*)**

- ✓ Connaissant I*c, on détermine la pente critique Ic selon la formule :

$$I_c = \frac{I^*c \times g}{K^2{}_s \times B^{\frac{1}{3}}} \text{ [9]}$$

Où Ks est le coefficient de rugosité [-]

Il s'ensuit le calcul et la vérification de la vitesse de l'écoulement de l'eau dans l'ouvrage par :

- ✓ $Q^* = \frac{q}{Ks \times I_c^{\frac{1}{2}} \times B^{\frac{8}{3}}}$ [9]
- ✓ Par abaque, déterminer V* en fonction de Q* (Courbe de la figure 84 page 262 BCEOM). Voir **Figure 4: Détermination de V* en fonction de Q***
- ✓ Connaissant V*, on peut alors calculer la vitesse d'écoulement par la relation :

$V_c = V^* \times Ks \times Ic^{\frac{1}{2}} \times B^{\frac{2}{3}}$ [9] et doit être comprise entre 0,6 et 4 m/s.

Ainsi, les sections hydrauliques retenues pour les différents dalots sont renseignées dans le tableau III-8 ci-dessous.

Tableau III-8 : Caractéristiques hydrauliques du dalot BVOH

Dénomination	PK [km]	P [km]	S [km²]	Débits projet Q20 (m3/s)	DIMENSIONS			Vitesse d'écoulement (m/s)
					Nbre cellules	Largeur B (m)	Hauteur D (m)	
BVOH1	0+154	38,66	58,22	59,82	4	4	4	3,22
BVOH2	0+920	26,19	22,32	34,38	2	4	3	3,52
BVOH3	1+595	4,27	0,90	5,38	1	2	2	2,96
BVOH4	2+206	2,39	0,32	2,38	1	2	1	2,37
BVOH5	2+620	2,16	0,28	2,20	1	2	1	2,37
BVOH6	3+060	9,96	5,08	15,55	2	2	2	3,40
BVOH7	3+264	7,43	2,05	8,68	1	2	1,5	3,62
BVOH8	3+820	25,39	21,73	33,10	3	3	3	3,14
BVOH9	3+900	14,03	5,96	16,60	2	2	2	3,48
BVOH10	4+920	8,17	3,37	11,72	2	2	2	3,02
BVOH11	5+540	7,85	3,28	11,38	2	2	2	2,99
BVOH12	6+760	13,31	8,72	20,01	2	3	3	3,08

L'organigramme résumant la méthodologie de calcul est présenté à la figure III-3 et le détail de calculs est à l'**ANNEXE 2**.

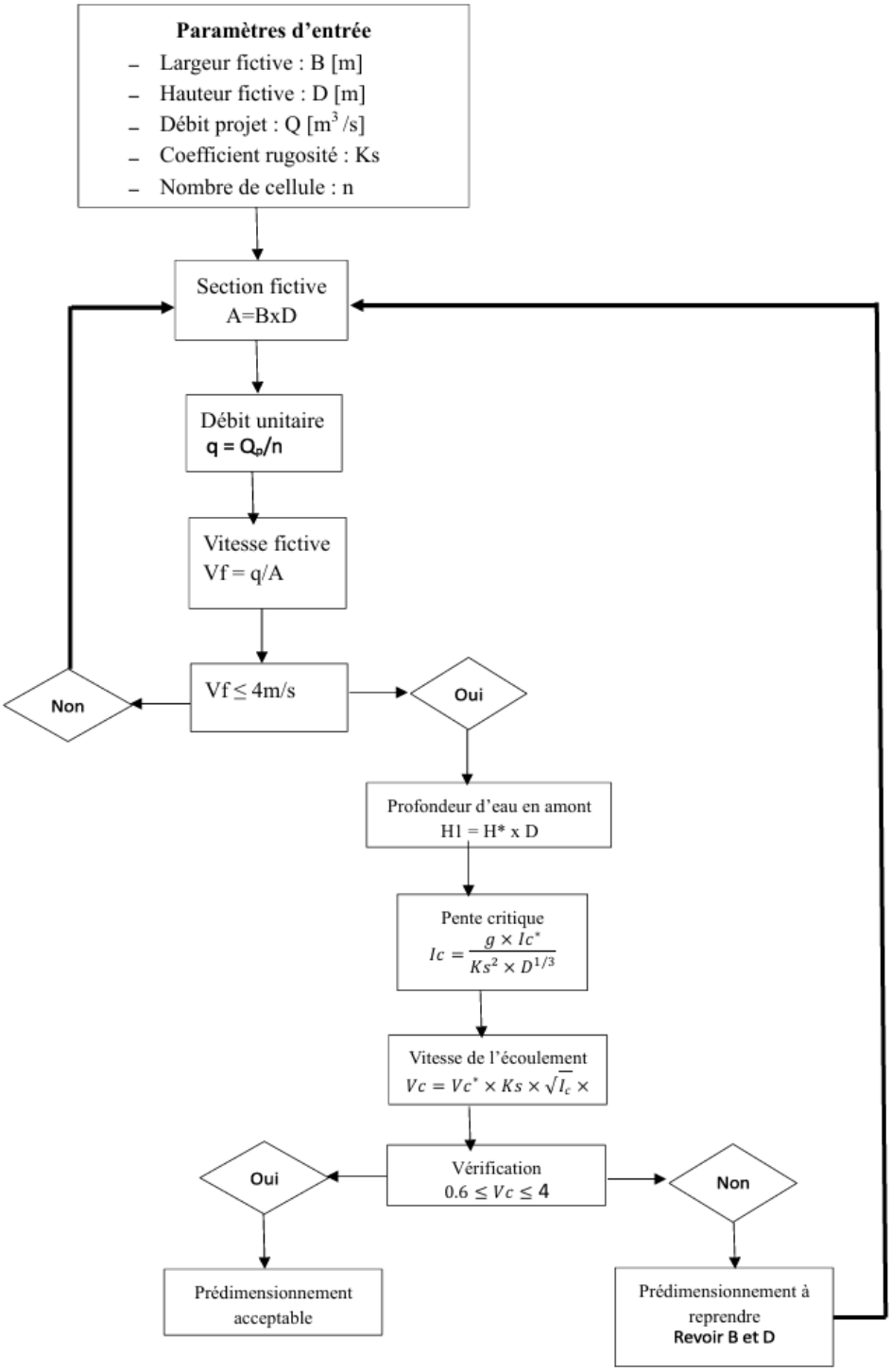


Figure III-3 : Organigramme méthodologique de pré dimensionnement de dalot

III.3.2. **Ouvrages longitudinaux**

Ces ouvrages sont disposés parallèlement au profil longitudinal de la route et permettent de collecter et de drainer les eaux provenant de la chaussée et des surfaces environnantes. Le choix

de type d'ouvrage longitudinal est relatif au milieu où il doit être réalisé selon qu'il est en agglomération ou en rase campagne. Ainsi, il sera adopté un ouvrage de type caniveau vu que le tronçon concerné par cette étude se trouve en agglomération. En supposant une section économique (section hydrauliquement favorable) et que l'écoulement se fera en surface libre, les paramètres du caniveau seront déterminés à travers le débit d'eau estimé avec pour objectif de minimiser la surface et le périmètre mouillés [12]. La section du caniveau sera de forme rectangulaire ou carrée en béton armé car ces formes sont les plus courantes avec une simplicité de conception et une facilité de mise en œuvre. La méthode de la débitance (D) basée sur la formule de Manning Strickler sera utilisée pour les calculs hydrauliques avec pour expression originelle : $Q_P = K_S \times S \times {R_H}^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$ [13].

Avec :

- Qp : le débit de pointe à évacuer [m^3/s] ;
- Ks : coefficient de rugosité de Manning-Strickler. Ks = 70 pour un canal en béton [14] ;
- S = by [m^2] : la surface mouillée ;
- P = b+2y : le périmètre mouillé [m] ;
- R_h = S/P [m] : le rayon hydraulique ;
- I [%] : la pente longitudinale du canal. Elle sera prise égale à 1% ou 0,01.

De façon itérative, la largeur « b » est fixée et en variant le tirant d'eau « y » de sorte à faire tendre la quantité K vers 0 ou plus petite que 0. K= D-Q/I^1/2 ;

- D : la débitance. $D = K_S \times S \times {R_H}^{\frac{2}{3}} = \frac{Q}{I^{\frac{1}{2}}}$
- r : la revanche [m] sera prise égale à 0,15m ;
- V = Q/S [m/s] :la vitesse d'écoulement. Elle doit être inférieure ou égale à la vitesse maximale adoptée Vad = 3.5 m /s ;
- $F_r = \frac{U}{\sqrt{g y_m}}$: le nombre de Froude, permet de définir le type d'écoulement ;
- m : le fruit de berge [-]. Pour canal à section rectangulaire, m = 0 [12]

Ainsi, la section retenue pour le caniveau à réaliser est : **1.00x1.05m²**

III.4. Etudes structurales

Dans cette section, il sera question de faire une analyse structurale, hypothèses afin de déterminer les sections de béton et faire ressortir les plans d'exécution. Ces plans seront conçus

relativement aux règlements et normes en vigueurs en faisant une analyse des charges qui sollicitent l'ouvrage.

III.4.1. **Normes et règlements d'études**

Les documents ci-dessous cités justifieront tous les calculs effectués :

- Ponts-cadre en béton armé : Programme de calcul PICF-EL (SETRA 1991) [15]
- Guide de conception des ponts cadres et portiques (SETRA 1992) [16]
- Fascicule 61 (Titre II), Conception, Calcul et épreuves des ouvrages d'arts [17]
- Fascicule 62 (Titre V), Règles techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de Génie civil [18]
- BAEL 91 mod 99 [19]

III.4.2. **Hypothèses de calculs béton armé**

Les hypothèses à émettre seront axés essentiellement sur les matériaux notamment le béton, l'acier et le sol d'assise.

III.4.2.1. **Béton**

Il constitue l'une des matières essentielles et indispensables à la résistance d'un ouvrage face aux différentes épreuves de sollicitations d'autant plus qu'il sert de protection aux aciers qui lui sont associés. Alors, il est d'une importance capitale de porter une analyse relative au choix du type de béton à adopter afin de tenir compte de sa durabilité dans le temps suivant certains aspects tels que :

- ✓ La classe du béton et sa formulation qui sont caractérisées par l'environnement dans lequel se situe l'ouvrage.

Le tableau III-9 ci-dessous met en lumière l'analyse de l'environnement de l'ouvrage (le dalot OH1) aboutissant au choix de la classe d'exposition **XC3** (Modérément humide).

Tableau III-9 : Classes d'exposition liées aux caractéristiques environnementales

Classe d'exposition		Caractéristiques de l'environnement
Pas de risque d'attaque ni de corrosion	X0	Très sec, taux d'humidité très faible
Carbonatation provoquant la corrosion du béton	XC1	Toujours sec ou humide
	XC2	Plus souvent humide, quelques fois sec
	XC3	Modérément humide
	XC4	Alternativement humide ou sec
Exposition au gel/dégel avec ou sans agent de déverglaçage	XF1	Faible exposition au gel sans agents antigel
	XF2	Faible exposition au gel avec agents antigel
	XF3	Forte exposition au gel sans agents antigel
	XF4	Forte exposition au gel avec agents antigel

A partir de cette classe, il convient de déterminer celle du béton ainsi que d'autres paramètres complémentaires comme indiqués dans le tableau ci-dessous.

Tableau III-10 : Classe et formulation du béton en fonction de la classe d'exposition

	X0	XC1/XC2	XF1, XC3, XC4, XD1	XF2	XF3	XF4
Eeff/liant éq, maxi	-	0,65	0,6	0,55	0,55	0,45
Résistance mini	-	C20/25	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37
Liant éq, mini	150	260	280	300	315	340
Air mini	-	-	-	4	4	4
Additions maxi	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Nature ciment	-	-	-	-	-	-

- ✓ L'enrobage des aciers

L'enrobage des aciers est un indicateur de la durabilité d'un ouvrage selon le type. Ne pouvant être fixé, il se doit d'être calculé afin de garantir la durée de vie à prévoir et d'optimiser le coût de réalisation. Cependant, « des spécifications types vis-à-vis de la corrosion des armatures en fonction du type d'environnement et de la durée de vie exigée » [20] basées sur des expériences de classes de durabilités potentielles ont permis de proposer des valeurs minimales règlementaires comme l'indique le tableau III-11 [20]

Tableau III-16 : Enrobage minimal en fonction de la classe d'exposition

> 120 ans ouvrages dits exceptionnels Niveau 5	100 - 120ans Grands ouvrages Niveau 4	50 - 100 ans bâtiment & ouvrage d'art Niveau 3	30 - 50 ans Bâtiment Niveau 2	< 30 ans Niveau 1	Durée de vie exigée Catégorie d'ouvrage Niveau d'exigence	Type d'environnement	
Peau < 9 Kgaz < 10	Peau < 12 Kgaz < 100	P eau < 14	Peau < 16	Peau < 16	Sec et très sec (HR<65%) ou humide en permanence	1	Corrosion induite par carbonatation (e = 30 mm)
Peau < 9 Kliq < 0,01	Peau < 12 Kgaz < 100	P eau < 14	Peau < 16	Peau < 16	Humide (HR>80%)	2	
Peau < 9 Kgaz < 10 Kliq < 0,01	Peau < 9 Kgaz < 10	P eau < 12 Kgaz < 100	Peau < 14	Peau < 15	Modérément humide (65< HR< 80%)	3	
Peau < 9 Dapp < 1 Kgaz < 10 Kliq < 0,01	Pea < 9 Kgaz < 10 Kliq < 0,01	Peau < 12 Kliq < 0,1	Peau < 14	Peau < 16	Cycles fréquents d'humidification - séchage	4	
Peau < 9 Dapp < 1 Kgaz < 10 Kliq < 0,01	Peau < 12 Dapp < 20 Kliq < 0,1	Peau < 14	Peau < 15	Peau < 16	Exposition aux sels marins ou de déverglaçage	5	Corrosion induite par les chlorures (e = 50 mm)
Peau < 9 Dapp < 1 Kgaz < 10 Kliq < 0,01	Peau < 9 Dapp < 1 Kgaz < 10 Kliq < 0,01	Peau < 11 Dapp < 2 Kliq < 0,1	Peau < 11	Peau < 14			
Peau < 9 Dapp < 1	Peau < 12 Dapp < 5	Peau< 13 Dapp < 7	Peau < 13	Peau < 15	Immersion dans l'eau contenant des chlorures	6	
Peau < 9 Dapp < 1 Kgaz < 10 Kliq < 0,01	Peau < 10 Dapp < 20 Kgaz < 100 Kliq < 0,05	Peau < 11 Dapp < 3 Kliq < 0,1	Peau < 11	Peau < 14	Zone de marnage	7	

10/09/2024 Durabilité des ouvrages

L'ouvrage étant dans un environnement de classe XC3, il convient de retenir une valeur minimale d'enrobage de 3cm ; ce qui confèrera une durabilité potentielle élevée comprise entre 50 et 100 ans.

- ✓ Les caractéristiques mécaniques du béton

Caractéristiques	Paramètres	Unités	Formules	Valeur
la résistance caractéristique à la compression à 28 jours	fc28	Mpa		25
la résistance caractéristique à la traction à 28 jours	ft28	MPa	$0,6 + 0,06fc28$	2,1
le module d'élasticité instantanée	Ei	MPa	$11000 \times fc28^{\frac{1}{3}}$	32164,20
le module d'élasticité différée	Ev	MPa	$\frac{Ei}{3}$	10721,40
le diamètre du plus gros des granulats	Cg	mm		25
le coefficient de sécurité du béton	γb	-		1,5
la contrainte admissible à l'ELS	σbc	MPa	$0,6 \times fc28$	15

III.4.2.2. **Acier**

- ✓ Type HA FeE 500 ;

- ✓ Coefficient de sécurité : $\gamma_s = 1{,}15$;
- ✓ Coefficient d'adhérence : $\eta = 1{,}6$
- ✓ Contrainte limite des aciers à l'ELS : $\bar{\sigma}_{st} = min\left\{\frac{2}{3}fe\,;Max\left(\frac{1}{2}fe\,;110\sqrt{\eta \times ftj}\right)\right\}$

On obtient $\bar{\sigma}_{st} = 250\ MPa$

III.4.2.3. **Sol d'assise**

- ✓ La contrainte admissible du sol sera prise égale à 15 000 kPa (cas défavorable) ;
- ✓ Le poids volumique du remblai sera pris $\gamma_r = 21kN/(m\text{^}3\ \ )$;
- ✓ Le coefficient de poussée de terre au repos Ka = 0,33 ;
- ✓ Le module d'élasticité du sol $E_{sol} = 150\ MPa$ (en supposant sable normalement consolidé) [16]

III.4.3. **Étude structurale des ouvrages transversaux**

L'ouvrage transversal dont il est question est un dalot de caractéristiques géométriques 4x4,00x4,00 c'est-à-dire 4 ouvertures de dimension unitaires largeur 4m et hauteur 4m, disposé de façon perpendiculaire et centré par rapport à l'axe de la chaussée. Il sera conçu selon les règlementations et prescriptions en vigueurs et les calculs seront faits d'une part manuellement et d'autre part avec le logiciel Robot Structural Analysis (RSA) afin d'avoir une précision nette des résultats obtenus. Les plans d'exécution seront générés directement avec le logiciel RSA puis affinés avec le logiciel Autocad Structural Detailing (ASD) en tenant compte des mesures de dispositions constructives.

III.4.3.1. **Prédimensionnement**

Le prédimensionnement consiste à déterminer les épaisseurs des éléments suivants :

- ✓ La traverse supérieure (le tablier) : e_1 ;
- ✓ La traverse inférieure (le radier) : e_2 ;
- ✓ Les piédroits : e_3.

Étant donné que le dalot recevra un remblai sur le tablier (Hr = 0,62 m selon le profil en travers courant), les épaisseurs seront calculées selon les formules suivantes :

- ✓ $e = \frac{l}{15}$ (1) ; où « l » est la largeur de la cellule hydraulique [21]

- ✓ $e = \frac{l}{10} - 5\ (2)$ car $H_r < 2m$ [21]

L'épaisseur à retenir $e = Max\{e(1)\ ; e(2)\}$. Ainsi, après calcul, $e = 35cm$

En pratique et de façon générale, $e_1 = e_2 = e_3$ [16]. Cependant, l'ouvrage étant sous remblai, afin d'optimiser le ferraillage pour des questions économiques, les épaisseurs des traverses subiront une majoration en s'appuyant sur la formule mentionnée dans l'annexe 1 du guide de conception des ponts-cadre et portiques [16] :

- ✓ $E_i = Ei_0 \times \sqrt{1 + \frac{H \times d^2}{2000 \times Ei_0}}$ [16]

Où :

- Ei = épaisseur majorée de la traverse [m] ;
- Ei_0 = épaisseur de la traverse supposée sans remblai [m] ;
- H = hauteur du remblai [m] ;
- d = l'ouverture de l'ouvrage [m] ;

Nous retiendrons pour les traverses, **E = 40 cm et 35** cm pour les piédroits.

Les détails de calculs sont donnés en **ANNEXE 3**.

III.4.3.2. **Conception géométrique règlementaire**

L'accent sera mis sur l'ouvrage transversal : Dalot

- La géométrie finale d'un pont - cadre (dalot) de plusieurs cellules obéit aux principes de dispositions constructives et esthétiques. Afin d'améliorer l'encastrement entre les traverses et les piédroits, de résorber les concentrations de contraintes et à atténuer les effets des pics de moments, il est indispensable d'intégrer des goussets dans les différents angles du cadre [15]. Les dimensions conventionnelles de ces goussets sont relatives à l'ouverture de cellule comme indiqué sur les figures ci-dessous.

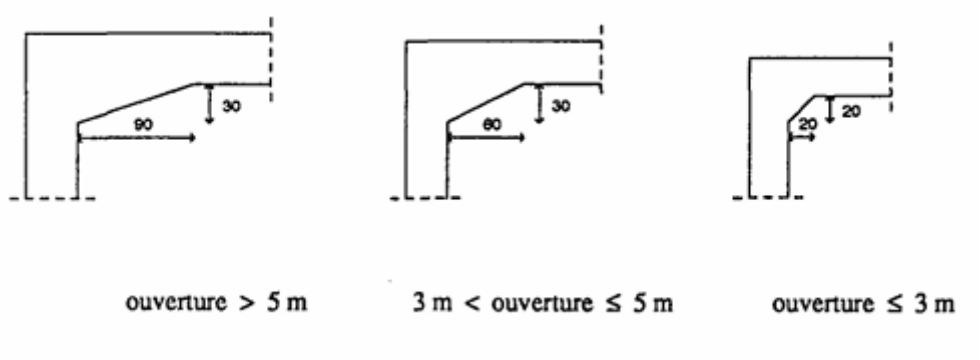


Figure III-4 Dimensions des goussets d'angles supérieurs en fonction des ouvertures

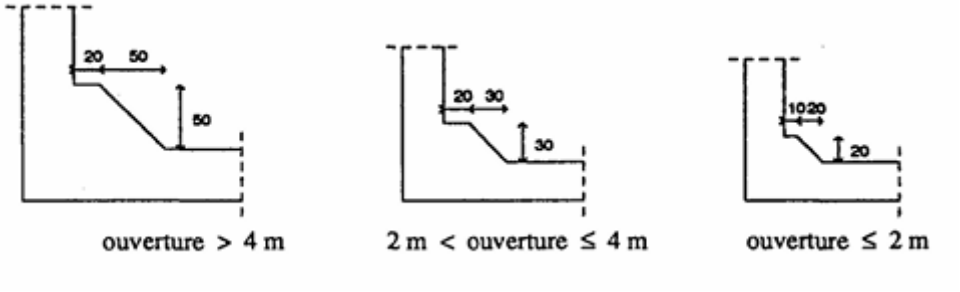


Figure III-5 Dimensions des goussets d'angles supérieurs en fonction des ouvertures

Ainsi seront adoptés les goussets appropriés à l'ouvrage OH1 d'ouverture 4,00 m dont les détails sont représentés sur la figure III-5 ci-après.

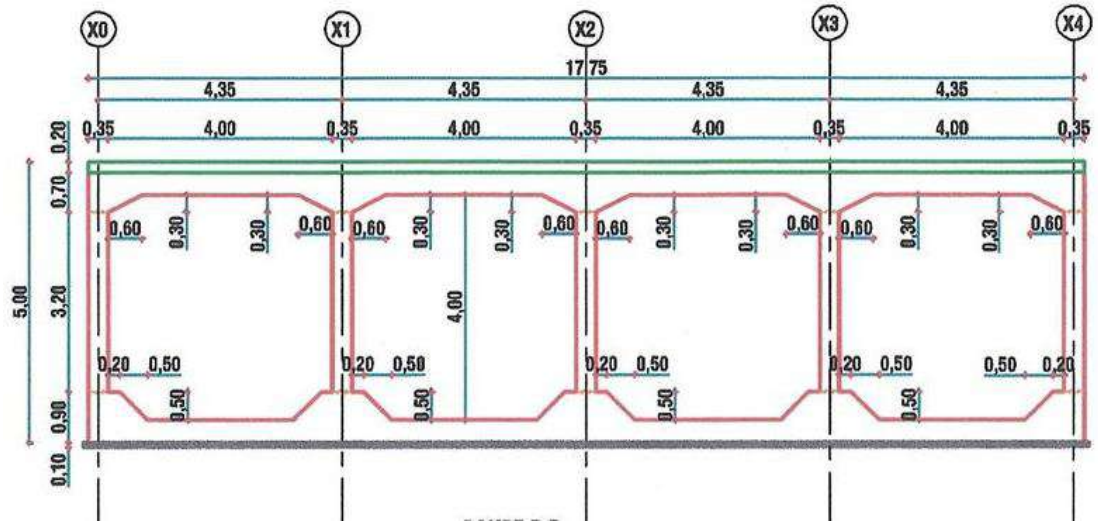


Figure III-6: Coupe transversale du dalot (détails géométriques de conception)

- Le dalot ne pouvant résister à lui seul aux différentes conditions hydrauliques, il est indispensable de lui associer des parafouilles que sont les bêches amont et aval de section transversale 0,25x1 ,00m², sur les radiers têtes. Elles permettent d'assurer :
  - ✓ Un bon ancrage et une bonne stabilité de l'ouvrage ;
  - ✓ Une bonne protection contre l'érosion.
- Le radier de la partie tête n'étant pas sollicité au même titre que celui du corps du dalot, son épaisseur sera réduite de 10 cm par rapport à celui du corps.
- Une jonction particulière sera observée entre les radiers de tête et radier corps

La figure III-4 présente la coupe longitudinale de l'ouvrage.

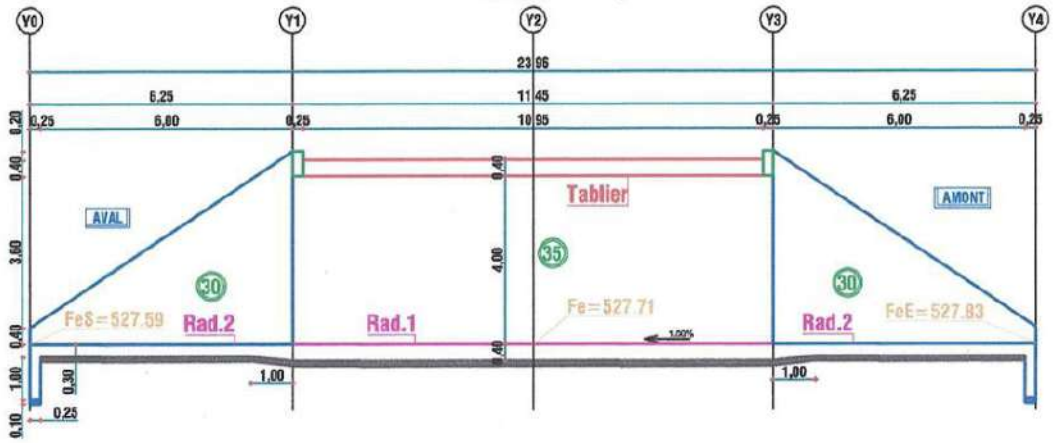


Figure III-7 : Coupe longitudinale de la structure du dalot

III.4.3.3. **Principes et paramètres de dimensionnement**

Il est indispensable de définir la classe de l'ouvrage en fonction de la largeur roulable avant d'engager tout calcul. La chaussée étant une 1 x 2 voie avec une largeur totale de 7,40 m (largeur d'une voie égale 3,70m) prise entre guide roue :

- ✓ La largeur roulable (Lr) sera égale à la largeur chargeable (Lch) égale à 7,40m ;
- ✓ L'ouvrage étant un dalot cadre qui appartient à la famille des ponts, sa classe sera déterminée en se référant au tableau III-13 extrait du fascicule 61 Titre II qui définit 3 classes de ponts-routes [17]

Tableau III-12 : Classe de l'ouvrage en fonction de la largeur roulable

Largeur roulable Lr(m)	Classe
≥ 7m	**I**
5,5m < Lr < 7m	II
≤ 5,5m	III

Ainsi, de ce qui précède, l'ouvrage est qualifié de classe I

III.4.3.4. **Détermination des charges sur l'ouvrage**

Les charges sollicitant l'ouvrage sont de deux (02) natures : les charges dites permanentes et les charges d'exploitation.

- ✓ Les charges permanentes

Ce sont les charges qui s'exercent sur l'ouvrage à tout instant de sa durée de vie. Comme indiquée sur la figure III-8, les différentes charges permanentes à prendre en compte sont les suivantes :

- **La charge permanente du tablier P1** : poids propre du tablier (P_T), poids du remblai (P_r), le poids du revêtement (P_R), le poids des guides roues (Pg) ;
- **La charge permanente du radier P2** : Poids propre du radier (Prad), poids propre des piédroits (Pp) et la charge permanente du tablier (P1) ;
- **La charge permanente des poussées de terres sur les piédroits P3 et P4** : Poussées P3 à l'altitude z_1 et P4 à z_2, surcharge du remblai (q_r).

Ainsi, le tableau III-13 présente les résultats des calculs et les détails sont en ***ANNEXE 3***

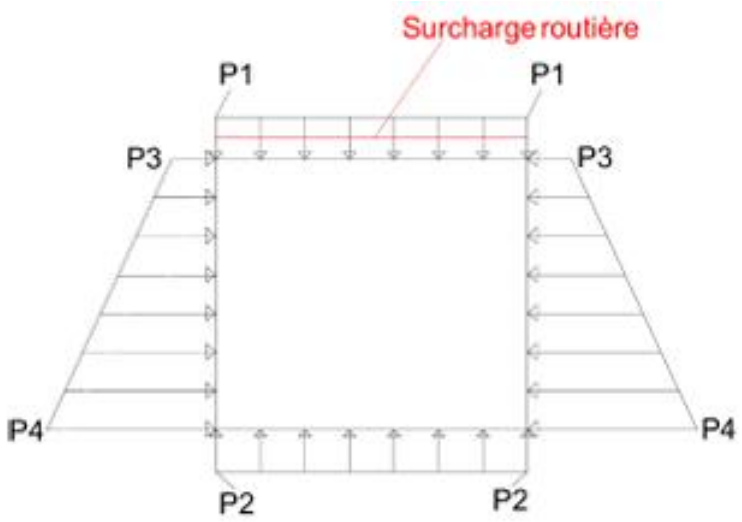


Figure III-8 : Représentation des charges permanentes sur le dalot H

Tableau III-13 : Résultats de calcul des charges permanentes du dalot

I- charge permanente du Tablier (P1) [kN/m²]	
le poids propre du tablier Pt (KN/m²)	10
le poids guide roues en béton Po (KN/m²)	5,62
le poids du remblai au-dessus du tablier Pr (KN/m²)	11,97
le poids du revêtement au-dessus du tablier Prev (KN/m²)	1,2
Poids des goussets sup (kN/m²)	1,01
P1 (KN/m²)	**29,80**
II-Charges permanentes des poussées de terre sur les voiles : Gterre [kN/m²]	
la poussée latérale à Z1;P3(KN/m²)	5,68
la poussée latérale à Z2;P4 (KN/m²)	33,40
la surcharge du remblai Pq (KN/m²)	3,3
Gterre (KN/m²)	**42,39**
Charge permanente du radier : P2 [kN/m²]	
la charge permanente du tablier :P1 (KN/m²)	29,80
le poids propre des piédroits Pd (KN/m²)	9,86
le poids propre du radier Prad (KN/m²)	10
Poids des goussets inf (kN/m²)	1,18
P2 (KN/m²)	**50,84**

- ✓ Surcharges routières

C'est l'ensemble des actions de nature variable et non permanentes liées à l'usage de l'ouvrage et susceptible d'avoir un impact fonctionnel sur celui-ci. Elles sont entre autres : la circulation des véhicules, le passage des piétons, les actions accidentelles et sismiques, etc. les différentes surcharges normatives à considérer sont [17]:

Surcharges liées aux camions : système de charges A, le système de charges B (Bt, Bc, Br) ;

Surcharges liées aux convois type militaire : système M80 (Mc80 et Me80) et système M120 (Mc120 et Me120).

- Surcharges liées aux camions

  → Le système de charges A

Il se caractérise par un chargement uniforme et reparti dont la masse A est fonction de la longueur chargée L[m]. La formule permettant de calculer cette masse est la suivante :

$A(L) = 230 + \frac{360}{L+12}$ [kG/m²] ou $A(L) = 2{,}30 + \frac{360}{L+12}$ [kN/m²]. Cette quantité est par la suite multipliée par un coefficient a_1 qui est assimilable à un coefficient de dégressivité dans le sens transversal et dépendant de la classe et du nombre de voie chargée de l'ouvrage comme indiqué dans le tableau III-15 [17].

Tableau III-14 : Valeurs du coefficient a_1 en fonction de la classe et du nombre de voies chargées de l'ouvrage

Nombre de voies chargées		1	2	3	4	> 5
Classe du pont .	Première	1	1	0.9	0.75	0.7
	Deuxième	1	0.9	»	»	»
	Troisième	0.9	0.8	»	»	»

Ainsi, l'ouvrage étant de classe 1 avec 1 voie chargée, alors $a_1 = 1$. Toutefois, pour les grandes longueurs chargées, la charge $a_1 A(L)$ est limitée par $(4 - 0{,}002L)$ [kN/m²]. de sorte que la densité de la charge effective $q(L)$ peut être mise sous la forme de :

$q(L) = Sup\{(a_1 A(L)\ ;(0{,}002L)\}$ [kN/m²] [21] . Alors, la valeur de calcul de la surcharge A devient : $Q = \gamma_q \times a_2 \times q(L)$ avec $\gamma_q = 1{,}2\ \ et\ 1{,}6$ respectivement à l'ELS et à l'ELU [21]

Le coefficient a_2 est défini par $a_2 = \frac{v_0}{v}$ où « v » est la largeur d'une voie (3,70m pour ce projet) et « v_0 » est fonction de la classe de l'ouvrage et sera déterminé en se référant au tableau III-16 ci-dessous. [21] [17]

Tableau III-15 : Valeurs de V0 en fonction de la classe du dalot

Classe du pont	V0 [m]
I	3,5
II	3
III	2,75

D'où V_0 = 3,50m et $a_2 = 0{,}95$

→ Le système de charges B

Ce système comportant trois (03) sous-systèmes (Bc, Bt et Br) laisse à accorder une analyse multidimensionnelle sur les différents types de camions inhérents lors de l'évaluation des charges. Le détail des calculs sera donné en **ANNEXE 3**

→ Le système de charges M (convoi militaire)

Contrairement aux systèmes A et B, le système M englobe quatre (04) sous-systèmes comme mentionnés plus haut. Cependant seuls deux (02) seront considérés pour les calculs car jugés plus défavorables pour les ouvrages [17]. Il s'agit du Mc80 et du Mc120. Le détail des calculs sera présenté à l'**ANNEXE 3**.

Ainsi, les résultats des différents calculs sont consignés dans le tableau III-17 ci-dessous.

Tableau III-6: Résultats de calculs des différentes surcharges routières

RECAPITULATIF DES SURCHARGES ROUTIERE				
Designation	Tablier		Radier	
	ELS (KN/m²)	ELU (KN/m²)	ELS (KN/m²)	ELU (KN/m²)
Système A(l)	16,34689984	21,79586645	16,34689984	21,79586645
Système Bt	**114,369**	**152,493**	**109,410**	**145,880**
Système Bc	53,055	70,740	52,954	70,605
Système Bc Niger	66,625	88,833	63,74	84,98
Système Mc80	60,389	80,519	58,7782	78,3709
Système Mc120	84,464	112,618	81,9691	109,2921
Cas défavorable	**114,3693974**	**152,4925298**	**109,4096913**	**145,8795884**

Afin de visualiser les déformations et les valeurs des moments en travées et aux appuis dues aux différentes sollicitations du dalot, le logiciel Pybar sera utilisé pour la modélisation mécanique de la structure. Le schéma de la figure (5) illustre bien ces déformations de la structure à l'ELS.

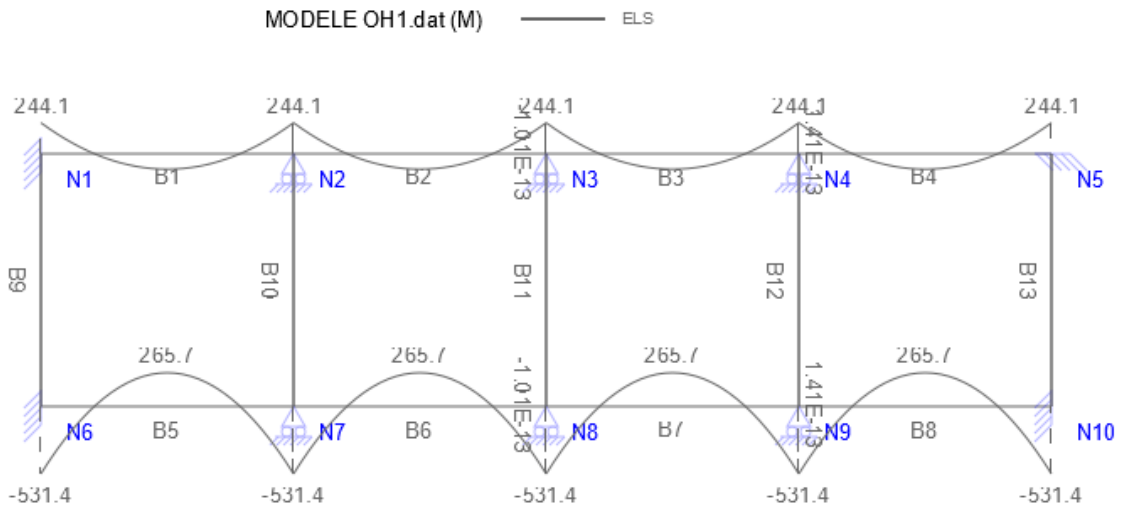


Figure III-9 : Déformations et moments maximaux en travée et aux appuis du dalot à l'ELS

Le récapitulatif des résultats de calcul à l'ELS sont présentés dans le tableau *III*-17 et la note de calcul fait avec le logiciel RSA se trouve en **ANNEXE 3**.

Tableau III-17 : Résultats de l'étude structurale du dalot H

Parties	**Sollicitations maximales**			
	Éléments	Combinaison ELS Bt		
Corps d'ouvrage	Tablier	Moment fléchissant (kN.m)	Appui	116,47
			Travée	156,96
	Radier	Moment fléchissant (kN.m)	Appui	48,48
			Travée	168,91
	Piédroits extérieurs	Moment fléchissant (kN.m)		108,97
		Effort normal (kN/m)		324,77
	Piédroits intérieurs	Moment fléchissant (kN.m)		11,39
		Effort normal (kN/m)		251,7
	Guide roue	Moment fléchissant (kN.m)		1,16
		Effort tranchant (kN.m)		314,64
Tête d'ouvrage	Radier	Moment fléchissant (kN.m)	Appui	102
			Travée	66,41
	Mur en aile	Moment fléchissant (kN.m)		1,16
		Effort normal (kN/m)		636,82
	Bêche	Moment fléchissant (kN.m)		482,66
		Effort tranchant (kN.m)		1195,7

Tableau III-8 : Choix d'aciers du dalot OH1

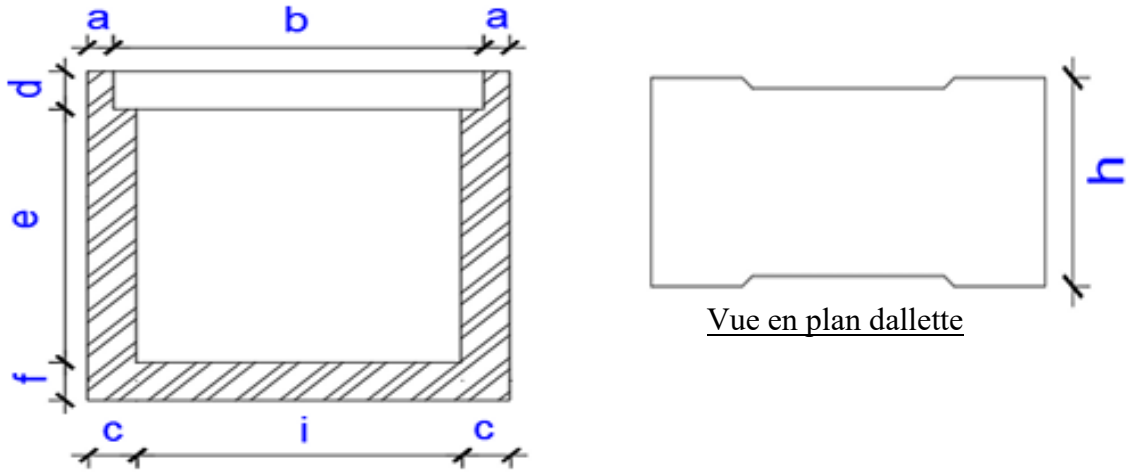
		Aciers principaux			Aciers de répartitions		
		Nappe inférieure / face tendues			Nappe supérieure / face comprimées		
Éléments		Direction	Choix /nappe ou face	Esp. (cm)	Direction	Choix /nappe ou face	Esp. (cm)
Tablier		X-	HA20	20	X+	HA14	20
		Y-	HA12	15	Y+	HA12	15
Radier		X-	HA14	20	X+	HA20	20
		Y-	HA12	15	Y+	HA12	15
Piédroits extérieurs	Face extérieure	X-	HA20	20			
		Y-	HA12	15			
	Face intérieure				X+	HA14	20
					Y+	HA12	15
Piédroits intérieurs		X-	HA16	20	X+	HA16	20
		Y-	HA12	15	Y+	HA12	15
Guide roue			4HA12	20		HA10	15
Radier		X-	HA12	15	X+	HA14	15
		Y-	HA12	15	Y+	HA14	15
Mur en aile		X-	HA12	15	X+	HA12	15
		Y-	HA12	15	Y+	HA12	15
Bêche			HA12	15		HA10	15

III.4.4. **Étude structurale des ouvrages longitudinaux**

Étant donné que ces ouvrages ont une longueur qui s'étend sur plusieurs dizaines de mètres et de kilomètres, seule une bande d'un (01) mètre linéaire sera utilisée pour les calculs. L'ouvrage longitudinal qui sera abordé dans cette partie est un caniveau rectangulaire en béton armé de section 1,00m x 1,05 m. Ce dimensionnement est fait suivant plusieurs étapes dont les résultats seront présentés et les détails de calcul en **ANNEXE 3**

III.4.4.1. **Schéma de principe**

Le schéma ci-dessous représente la configuration d'un caniveau collecteur fermé



Section transversale

Vue en plan dallette

Figure III-0 Schéma de configuration d'un caniveau couvert

Définition des paramètres géométriques

a : épaisseur de la lèvre de la feuillure ;
b : la portée de la dallette ;
c : épaisseur de voile ;
d : épaisseur de la dallette ;
e : hauteur du voile ;
f : épaisseur du radier ;
h : largeur de la dallette ;

Au vu de la portée de la dallette, elle sera dimensionnée avec la charge d'une roue isolée de 6 tonnes type Bc considérée comme la charge la plus défavorable. [17] Le tableau III-19 présente les résultats des différentes sollicitations pour le dimensionnement.

Tableau III-9 Actions et Moments fléchissant de la dallette

Poids propre de la dallette		Surcharge		
Ppd = 25x0,2x1 = 5 kN/ml		**Bc = 60 kN** **QBc =Bc/L = 60/1 = 60 kN/ml**		
Combinaison des charges				
ELU	**Pu**	**1,35 Ppd +1,5QBc**	**96,75**	**kN.m**
ELS	**Pser**	**Ppd +QBc**	**65**	**kN.m**
Moment fléchissant				
ELU	**Mu**	**17,59 kN.m**		
ELS	**Mser**	**11,76 kN.m**		

III.4.4.3. Dimensionnement des voiles : les piédroits du caniveau

Les piédroits seront dimensionnés en flexion composée à l'ELS avec la prise en compte des efforts transmis par la dallette ainsi que la poussée des terres sur les piédroits tels que présentés sur la figure III-10

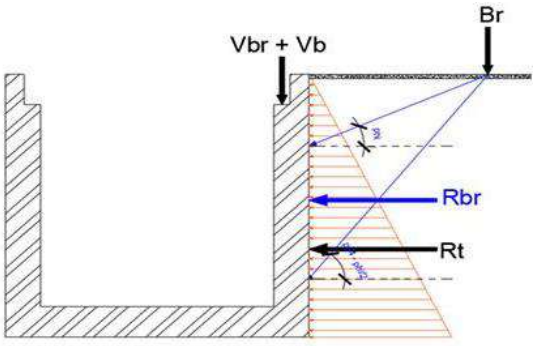


Figure III-10 : Représentation des charges s'exerçant sur les piédroits

Définition des termes

- Vbr : l'effet du poids d'une roue sur la dallette ;
- Rt : la résultante des forces de poussées de terres sur la paroi

Les résultats des calculs sont consignés dans le tableau *III-20* ci-dessous

Tableau III-20 : Actions et Moments fléchissant du voile

Poids venant de la dallette	**Pd =2,5kN/ml**
Poids propre d'un piédroit	**Ppdt = 5,40 kN/ml**
Poussée des terres	**Pt = 5,41 kN/ml**
Effort normal	
Effort normal maximal dans le piédroit	**$N_{ser_{max}}$ = ΣP = 43,56 kN/ml**
Moment fléchissant	
Moment maximal dû à la poussée des terres	**$M_{max} = \frac{Pth}{3}$ = 1,89 kN/ml**
Combinaison des moments	
Moment maximal d'encastrement au bas du piédroit : **Mser = 4,16 kN.m**	

III.4.4.4. Dimensionnement du radier

Le radier étant le socle de l'uni de la structure et en contact permanent avec le sol support, alors celui-ci à une influence sur lui qui se résume en une réaction notée **Rsol** et ne doit pas être négligée. La figure III-11 présente l'ensemble des efforts sollicitant une structure de caniveau.

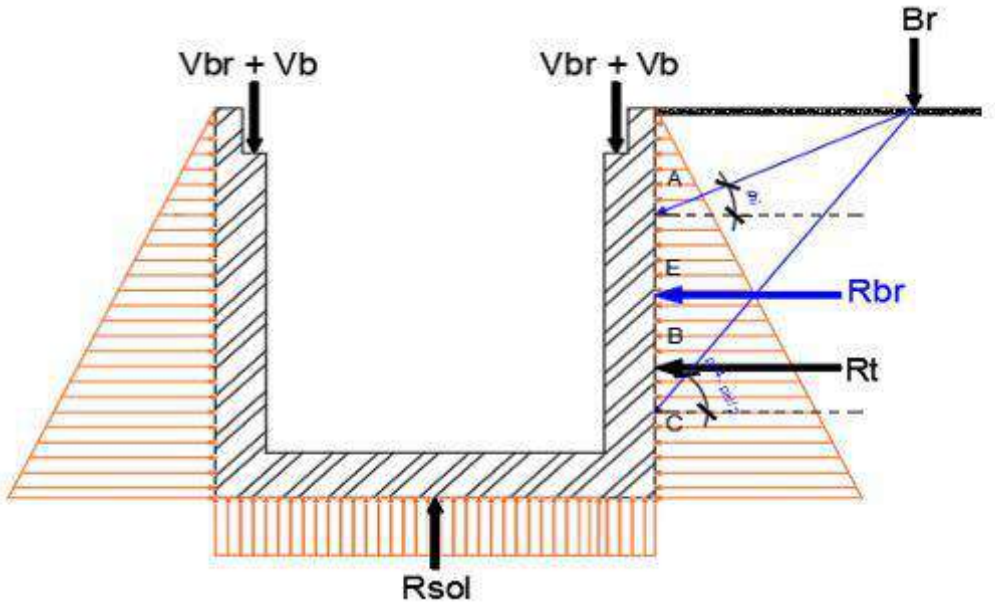


Figure III-21 : Répartition des différentes charges sur la structure de caniveau

Le calcul du radier marque la dernière étape du dimensionnement de caniveau, d'où l'intérêt pour nous de faire un récapitulatif des différents éléments calculés après avoir établi celui du radier proprement dit.

Tableau III-21 : Actions et Moments fléchissant du radier

Poids de la dallette	**Pd =5kN/ml**
Poids des piédroits	**Ppdt = 10,80 kN/ml**
Poids propre du radier	**Prad = 5 kN/ml**
Surcharge Bc	**P_{Br} = 75 kN/ml**
Poids de l'eau	**Pe = 10,50 kN/ml**
Réaction du sol	**Rsol = ΣP =106,30 kN/ml**
Moment de flexion	
Moment maximal dû à la poussée des terres sous le radier	**M = $\frac{Ptr^2}{8}$ =**
Combinaison des moments	
Moment maximal du radier : **Mser = 13,29 kN.m**	

Tableau III-22 : Récapitulatif du dimensionnement structural du caniveau 04

Parties du caniveau	Dallette		Dallette		Piédroits
Paramètres géométriques	b = 100 cm ; h = 20cm		b = 100 cm ; h = 20cm		a = 20 cm ; b = 100 cm ; h = 105 cm
Aciers	Nappe supérieure	Nappe inférieure	Nappe supérieure	Nappe inférieure	/ face
Aciers principaux	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8
Espacement	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm
Aciers de répartition	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8	5HA8
Espacement	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm

III.5. Évaluation financière et quantitative des matériaux

III.5.1. Évaluation financière

Elle constitue l'étape clé dans le cadre d'une étude technique de tout projet en BTP car elle permet de statuer sur sa viabilité économique dans son ensemble. Il est essentiel de recenser toutes les phases d'activités et de les renseigner dans un cadre quantitatif détaillé et préalablement établi mentionnant les libellés, les unités, les quantités élémentaires ; lesquelles seront affectées d'un prix unitaire relativement à un bordereau de prix raisonnable et applicable au projet afin d'obtenir son coût global. Le calcul des quantités élémentaires constitue la phase de métré grâce auquel l'évaluation économique est élaborée et fait l'objet du devis estimatif comme présenté dans le tableau III-23. Les détails de calcul sont donnés en **ANNEXE 3**.

Tableau III-23 : Récapitulatif évaluation financière

RECAPITULATIF	
DESIGNATION	**MONTANT**
SECTION 100- TRAVAUX PREPARATOIRES	10 000 000
SECTION 200- TERRASSEMENT GENERAUX	13 697 000
SECTION 400- ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE	140 345 723
TOTAL HTVA	**164 042 723**
TOTAL TVA (18%)	**29 527 690**
TOTAL TTC	**193 570 413**

Le montant total hors taxes est estimé à cent soixante-quatre millions quarante-deux mille sept cent vingt-trois (**164 042 723**) **Francs CFA.** Le pourcentage du TVA qui est de 18 % a permis

de calculer un montant de vingt-neuf millions cinq cent vingt-sept mille six cent quatre-vingt-dix (**29 527 690**) Francs CFA, ce qui donne un coût global de cent quatre-vingt-treize millions cinq cent soixante-dix mille quatre cent treize (**193 570 413**) **Francs CFA** y compris la TVA.

III.5.2. Évaluation quantitative des matériaux

Dans cette section, nous nous contenterons de présenter les quantités des matériaux (béton, acier), pour les différentes parties d'ouvrage notamment celles du dalot. Ces quantitatifs permettront non seulement d'assurer un suivi rigoureux afin d'éviter les gaspillages de matériaux mais aussi de faciliter les décomptes pour les attachements liés à l'avancement des travaux. Par ailleurs, afin d'optimiser la quantité d'aciers proportionnellement à la quantité unitaire du cubage du béton, un intervalle de **ratio (kg/m^3)** ou **densité** définit par Quantité d'acier sur Quantité de béton est imposé par la mission de contrôle afin d'éviter les exagérations. Le ratio minimal imposé est de 100 kg/m^3, ce qui requiert un minimum de diamètre d'aciers. Tout plan devant être soumis pour la phase d'exécution doit être approuvé par la mission de contrôle qu'est le BNETD. Les tableaux ci-dessous présentent les quantitatifs relatifs aux différentes parties du dalot.

Tableau III-20 : Quantitatif béton armé et ratio d'aciers du OH1

OH 1 4X 4.00X4.00	PARTIES D'OUVRAGE	NBRE	SURFACE	EPAISSEUR	VOLUME	ACIERS PAR PARTIES	RATIO PAR PARTIES	TOTAL BETON m3	TOTAL ACIER kg	RATIO kg/m3
TETE D'OUVRAGE	MUR EN AIL	4	17,54	0,3	21,048	3454,37	164,12	115,10	17514,04	152,16
	RADIER TETE	2	130,76	0,3	78,456	12317,9	157,00			
	GOUSSET INF	0	0	0	0	0	0			
	jonction radier tete - corps	2	0,05	17,75	1,775	0	0			
	beche	2	24,1	0,25	12,05	1361,71	113,00			
	GUIDE ROUE	2	3,55	0,25	1,775	377,05	212,42			
CORPS	RADIER	1	203,24	0,4	81,296	15442,86	161,72	271,71	33472,68	123,19
	TABLIER	1	203,24	0,4	81,296	9997,06	89,18			
	GOUSSET INF ext	2	0,4	11,45	9,16	0	0			
	GOUSSET INF int	3	0,63	11,45	21,6405	0	0			
	GOUSSET SUP ext	2	0,2	11,45	4,58	0	0			
	GOUSSET SUP int	3	0,28	11,45	9,618	0	0			
	PIEDROITS INT	3	36,64	0,35	38,472	3174,86	82,52			
	PIEDROITS EXT	2	36,64	0,35	25,648	4857,9	189,41			

Tableau III-25: Quantitatif béton de propreté (BP) du OH1

BP	PARTIES D'OUVRAGE	NBRE	SURFACE	EPAISSEUR	VOLUME	TOTAL
TETE D'OUVRAGE	RADIER	2	44,88	0,1	8,976	8,98
CORPS	RADIER	1	205,53	0,1	20,553	20,55

III.5.3. Plans d'exécutions et plannings des travaux

Les différents plans conçus conformément à l'étude structurale réalisée seront donnés en **ANNEXE 5** ainsi que planning de réalisation en **ANNEXE 6** avec un délai de 45 jours.

III.6. Signalisation et sécurité routière en rase campagne

D'une manière générale, la signalisation routière est l'ensemble des signaux conventionnels disposés sur une route afin de règlementer la circulation et d'assurer la sécurité des usagers en fournissant des informations à caractères variés. Ces signaux sont permanents après les travaux et temporaires pendant la phase de travaux avec une couleur indicative particulière. Seule la signalisation en phase de travaux sera l'objet de ce chapitre.

III.6.1. La signalisation provisoire ou temporaire de chantier

C'est un groupe de panneaux tout comme les autres, de fond jaune avec signes inscrits à l'intérieur. Ils sont utilisés généralement de façon provisoire lors des travaux de chantier pour attirer l'attention des usagers sur les dangers de certaines zones ponctuelles. Dans le cadre des travaux de bitumage de l'axe Biankouma – Sipilou, le système de signalisation mise en place pour réguler la circulation est le suivant :

III.6.1.1. Les panneaux physiques de signalisation

Ils englobent les indications telles que :

- ✓ Les flèches de déviation (de la voie habituelle de déplacement) ;
- ✓ Indication de limitation de vitesse (30km/h dans les zones de travaux et de forte pente) ;

- ✓ Indication de sortie de camions ;
- ✓ Indication de l'état de la route (Chaussée glissante, chute de pierres) ;
- ✓ Indication de dangers particuliers ;
- ✓ Indication d'interdiction de faire dépassement.

III.6.1.2. **La signalisation gestuelle**

Vu la particularité de la zone du projet, les panneaux à eux seuls sont insuffisants pour prévenir un éventuel drame. D'où la nécessité de déployer du personnel relativement à la mission HSE afin de contribuer à la sécurité des usagers temporairement à travers des gestes utiles pendant les travaux. L' **ANNEXE 4** renseigne quelques panneaux de signalisation.

III.6.2. **La signalisation définitive ou permanente**

Cette signalisation est installée de façon définitive à la fin des travaux pour informer les usagers sur les exigences sécuritaires de la route. Il existe deux (02) grandes familles de signalisions permanentes :

- La signalisation verticale ;
- La signalisation horizontale.

Dans le cadre du présent projet, le choix de ces derniers sera opéré par appréciation in situ après les travaux (avant la mise en service) avec un comité d'experts en matière de sécurité routière.

III.6.3. **La sécurité routière**

Outre les exigences sécuritaires de conception géométriques, celle-ci regorge l'ensemble des dispositifs conçus et mis en place pour un usage ne compromettant pas la sécurité des usagers ou visant à minimiser les dégâts liés à d'éventuels accidents routiers. Les différents types de dispositifs adoptés pour le projet sont : les garde-corps, les ralentisseurs et les balises (lors des travaux).

III.6.4. **L'éclairage public**

Pour tenir compte des réalités nocturnes, un système d'éclairage public adapté sera mis en place en traversée d'agglomérations afin d'assurer la sécurité des populations.

Conclusion partielle

Ce chapitre entièrement consacré à l'étude des ouvrages hydrauliques afin de produire les plans d'exécution a été traité essentiellement en trois (03) parties :

- ✓ Dans un premier temps, une étude hydrologique a été projetée sous plusieurs angles. Celle-ci a permis de faire une analyse des données pluviométriques récoltées, de les traiter et ensuite de les joindre aux paramètres morphologiques et hydrologiques des différents bassins versants afin d'aboutir à la détermination des débits de pointe pour le dimensionnement. La détermination de ces débits a associé des méthodes conventionnelles spécifiques telles que les méthodes ORSTOM, CIEH et rationnelle relativement à la période de retour fixée par le projet (20 ans) ;
- ✓ Sous la base de ces débits de pointe obtenus, une étude hydraulique a permis de déterminer les caractéristiques géométriques des différents ouvrages tout en respectant les dispositions règlementaires de transit d'eau à l'intérieur de ces ouvrages. Toutefois, des méthodes ont été utilisées afin d'analyser les conditions d'écoulement admissible et de vérifier la capacité des ouvrages à transiter l'eau en leur sein en toute sécurité.
- ✓ Pour terminer, les différents ouvrages ont été soumis à une étude structurale visant à vérifier leur stabilité et leur résistance vis-à-vis des actions mises en exergue. Cette étude à permis de valider les choix opérés conduisant ainsi à la production des plans bétons exploitables.
- ✓ La présentation des quantitatifs de matériaux constitue un outil essentiel pour le suivi et la maîtrise des travaux, en garantissant une utilisation rationnelle du béton et des aciers. Le respect des ratios prescrits et la validation des plans par la mission de contrôle assurent la conformité normative des ouvrages et contribuent à la qualité et à la fiabilité de l'exécution du dalot. Par ailleurs, l'analyse de la sécurité routière en rase campagne pendant les travaux met en évidence la nécessité de mesures spécifiques pour réduire les risques d'accidents liés à la cohabitation entre usagers et chantier. Les principaux dangers concernent la modification de la circulation, la présence d'engins et la faible visibilité. Ainsi, une signalisation adaptée, un balisage efficace et la sensibilisation des usagers sont indispensables pour assurer la sécurité des travailleurs et des riverains, et maintenir un niveau de sécurité acceptable tout au long des travaux.

Le chapitre suivant abordera la question de l'étude environnementale et sociale liée au projet

Chapitre IV. APERÇU D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL(EIES)

IV.1. Aperçu d'impact environnemental et social (EIES)

Le projet de bitumage vise l'amélioration durable de la mobilité et du développement socio-économique local. Toutefois, sa mise en œuvre génère des impacts environnementaux et sociaux à différentes phases (aménagement, construction, exploitation). L'EIES permet d'identifier, d'évaluer et de proposer des mesures de gestion appropriées afin d'assurer la durabilité du projet.

IV.1.1. Contexte et justification de l'étude d'impact environnemental et social

L'EIES est réalisée conformément au **décret n°2024-595 du 26 juin 2024**, afin d'anticiper les effets du projet sur l'environnement biophysique et humain et d'assurer la conformité aux exigences nationales et internationales. Elle constitue une condition préalable à l'obtention de l'autorisation environnementale

IV.1.2. Cadre politique, juridique et institutionnel

Le cadre politique, juridique et institutionnel définit l'ensemble des références réglementaires et organisationnelles applicables à la mise en œuvre du projet. Le tableau ci-après présente les principaux textes et institutions compétentes encadrant le projet.

Tableau IV: Cadre politique,juridique et institutionnel

Cadre	Références	Description / pertinence
Politique internationale	Normes de performance SFI (1 à 8)	Gestion des risques E&S, biodiversité, réinstallation, patrimoine culturel
Politique nationale	PND, PNE	Intégration de l'environnement dans le développement
Cadre juridique	Code de l'Environnement (2023), Code de l'Eau (2023)	Protection des ressources naturelles
Institutionnel	ANDE, MINEDD	Validation, suivi et contrôle de l'EIES

IV.1.3. **Zone d'influence du projet**

La zone d'influence couvre essentiellement :

- ✓ L'axe routier principal ;
- ✓ Les bretelles (kabakouma et sokourala) ;
- ✓ Les bases chantier ;
- ✓ Les localités riveraines susceptibles d'être affectées directement ou indirectement par les travaux.

IV.1.4. **État initial de la zone**

Le tableau V-2 renseigne l'état initial de la zone du projet

Tableau IV-2 Description de la nature du milieu

Composantes	**Description**
Climat	Tropical de type Aw, pluviométrie 1300–2400 mm/an
Milieu physique	Températures 20–35 °C, sols latéritiques
Bruit	Dépassements ponctuels des normes nationales
Milieu humain	Habitat rural, activités agricoles et commerciales

IV.1.5. **Impacts potentiels du projet**

Les impacts liés au projet sont de plusieurs ordres comme mentionné dans le tableau ci-après

Tableau IV.3 Impacts potentiels du projet et qualification

Type d'impact	Qualification de l'impact	Nature de l'impact	Phase du projet	Intensité	Durée
Socio-économique	Bénéfique direct	Amélioration de la mobilité et de l'accessibilité	Exploitation	Forte	Longue
	Bénéfique direct	Désenclavement des localités traversées	Exploitation	Forte	Longue
Économique	Bénéfique direct	Création d'emplois directs et indirects	Construction	Moyenne	Temporaire
	Bénéfique indirect	Dynamisation des activités économiques locales	Exploitation	Forte	Longue
Social	Bénéfique indirect	Amélioration de l'accès aux services sociaux de base	Exploitation	Moyenne à forte	Longue
Sécurité routière	Bénéfique direct	Réduction des accidents et amélioration du confort de circulation	Exploitation	Forte	Longue
Environnemental	Bénéfique indirect	Réduction des émissions de poussières par rapport à une piste non bitumée	Exploitation	Moyenne	Longue
	Défavorable direct	Dégradation temporaire de la qualité de l'air (poussières, gaz)	Construction	Moyenne	Temporaire
	Défavorable direct	Augmentation du bruit et des vibrations	Construction	Moyenne	Temporaire
	Défavorable direct	Risques de pollution des sols et des eaux	Construction	Moyenne	Temporaire
Social	Défavorable indirect	Perturbation temporaire des activités socio-économiques	Construction	Moyenne	Temporaire
	Défavorable direct	Acquisition de terres et pertes de biens	Aménagement / Construction	Forte	Permanente
Santé et sécurité	Défavorable direct	Risques professionnels pour les travailleurs	Construction	Moyenne à forte	Temporaire
	Défavorable direct	Risques d'accidents pendant les travaux	Construction	Moyenne	Temporaire
Paysager	Défavorable indirect	Modification temporaire du paysage	Construction	Faible à moyenne	Temporaire

IV.1.6. **Analyse des risques environnementaux et sociaux**

Le projet de bitumage présente des risques environnementaux et sociaux principalement liés à la sécurité des travailleurs, aux accidents de chantier et aux risques d'intrusion. Ces risques surviennent essentiellement durant les phases d'aménagement et de construction, du fait de

l'utilisation d'engins et de la proximité des populations riveraines. L'analyse des risques professionnels réalisée montre que ces risques sont temporaires et maîtrisables. Leur gestion repose sur l'application stricte des mesures prévues dans le Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES).

IV.1.7. **Mesures d'atténuation et de bonification**

Les différentes mesures proposées en fonction des impacts énumérés sont consignées dans le tableau ci-dessous

Tableau IV-4 : Mesures d'atténuation et de bonification

Impact identifié	Mesures proposées (atténuation / bonification)
Dégradation de la qualité de l'air (poussières, émissions des engins)	Arrosage régulier des pistes et zones de travaux ; entretien périodique des engins ; limitation de la vitesse des véhicules sur le chantier
Nuisances sonores et vibrations	Respect des horaires de travail ; entretien des équipements ; utilisation d'engins conformes aux normes ; information préalable des riverains
Risques d'accidents de chantier	Mise en place d'un balisage et d'une signalisation adaptés ; formation du personnel ; respect strict des consignes de sécurité
Risques professionnels pour les travailleurs	Fourniture et port obligatoire des EPI ; formation en hygiène, santé et sécurité ; suivi médical du personnel
Pollution des sols et des eaux (hydrocarbures, déchets)	Aménagement d'aires de stockage étanches ; gestion appropriée des déchets ; mise en place de kits anti-déversement
Perturbation des activités socio-économiques locales	Organisation des travaux pour limiter les gênes ; maintien des accès aux habitations et commerces ; information et concertation avec les populations
Acquisition de terres et pertes de biens	Application du Plan de Réinstallation (PSR) ; indemnisation juste et préalable des personnes affectées ; accompagnement social
Risques d'intrusion, de vols et de vandalisme	Clôture et sécurisation des chantiers ; mise en place d'un système de gardiennage ; contrôle des accès
Insécurité routière pendant les travaux	Mise en place d'une signalisation temporaire ; sensibilisation des usagers ; gestion du trafic aux abords du chantier
Impacts paysagers temporaires	Réhabilitation des sites après travaux ; remise en état des zones dégradées
Création d'emplois locaux (impact positif)	Priorisation de la main-d'œuvre locale ; renforcement des capacités et formation du personnel
Dynamisation économique locale (impact positif)	Recours aux fournisseurs et prestataires locaux ; facilitation des activités commerciales le long de l'axe routier

IV.1.8. **Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES)**

Le Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) constitue l'outil opérationnel permettant d'assurer la prise en compte effective des préoccupations environnementales et

sociales tout au long de la mise en œuvre du projet. Il vise à prévenir, réduire ou compenser les impacts environnementaux et sociaux négatifs identifiés, tout en renforçant les impacts positifs du projet. Le PGES définit également les responsabilités institutionnelles, les mesures de suivi et de contrôle ainsi que les ressources nécessaires à son exécution, conformément aux exigences de l'Agence Nationale de l'Environnement (ANDE).

Tableau IV.5 Composantes du plan de Gestion Environnemental et Social

Composante du PGES	Description synthétique
Gestion des impacts environnementaux et sociaux	Mesures d'atténuation des impacts négatifs et de bonification des impacts positifs du projet
Cadre institutionnel et responsabilités	Définition des rôles et des responsabilités du maître d'ouvrage, des entreprises, des services techniques et de l'ANDE
Plan d'hygiène, de santé et de sécurité (HSS)	Prévention des risques professionnels et protection des travailleurs et des populations riveraines
Gestion des déchets et des pollutions	Prévention et contrôle des pollutions de l'air, de l'eau et des sols et gestion appropriée des déchets
Communication, consultation et gestion des plaintes	Information et participation des parties prenantes et mécanisme de gestion des doléances
Suivi et surveillance environnementale et sociale	Indicateurs, méthodes et fréquence de suivi pour évaluer l'efficacité des mesures
Calendrier de mise en œuvre et budget du PGES	Programmation des actions et estimation des coûts nécessaires à l'exécution du PGES

IV.1.9. **Plan Succinct de Réinstallation (PSR)**

Un plan succinct de réinstallation est prévu pour les **personnes affectées par le projet (PAP)** avec indemnisation juste et préalable, conformément à la norme SFI 5 et à la Constitution ivoirienne.

Tableau IV.6: Plan Succinct de Réinstallation (PSR)

PAP	Type de perte	Compensation prévue
Propriétaires fonciers	Perte partielle de terrain	Indemnisation financière à la valeur de remplacement
Exploitants agricoles	Destruction de cultures et plantations	Indemnisation financière basée sur l'évaluation des cultures
Occupants sans titre	Perte d'usage de terrain	Compensation financière ou mesures d'accompagnement social
Commerçants riverains	Perturbation temporaire des activités	Indemnisation compensatoire pour pertes de revenus
Propriétaires de biens légers	Destruction ou dégradation de biens	Indemnisation financière ou reconstruction à l'identique
Populations vulnérables (le cas échéant)	Pertes de biens ou de moyens de subsistance	Mesures spécifiques d'assistance et d'accompagnement

A titre indicatif :

- Les indemnisations sont justes, équitables et préalables au démarrage des travaux.
- Les compensations sont calculées sur la base de la valeur de remplacement des biens affectés.

- Le processus d'indemnisation est conduit avec la participation des autorités locales et des PAP.
- Un mécanisme de gestion des plaintes est mis en place pour traiter toute réclamation liée au PSR.

IV.1.10. **Participation et consultation publique**

Des consultations publiques ont été menées avec les parties prenantes locales. Les avis recueillis ont été intégrés au projet et consignés dans les procès-verbaux validés par l'ANDE.

Tableau IV-7 : Synthèse des avis recueillis

Parties prenantes	Avis exprimés	Intégration dans le projet
Autorités locales et services techniques	Respect de la réglementation environnementale et sociale	Élaboration de l'EIES, du PGES et dispositif de suivi
Chefferies et populations riveraines	Préoccupation foncière et nuisances liées aux travaux	Mise en œuvre du PSR et mesures d'atténuation
Populations riveraines	Sécurité et circulation pendant les travaux	Balisage, signalisation et mesures de sécurité
Jeunes et acteurs locaux	Priorité à l'emploi local	Intégration de la main-d'œuvre locale
Ensemble des parties prenantes	Information et concertation continues	Plan de communication et mécanisme de plaintes

Conclusion partielle

L'analyse portée sur ce chapitre a permis de mettre en lumière les évaluations méthodiques du volet environnemental d'une part et du suivi lié à l'exécution du dalot d'autre part :

- ✓ L'évaluation environnementale et sociale du projet a permis d'identifier l'ensemble des impacts significatifs susceptibles d'être générés aux différentes phases du cycle de vie du projet. Les impacts négatifs identifiés, notamment sur la qualité de l'air, le climat sonore, la sécurité et la santé des travailleurs ainsi que sur le milieu socio-économique, sont essentiellement temporaires et réversibles, et peuvent être maîtrisés par l'application stricte des mesures de gestion prévues. Le Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES), complété par le Plan de Réinstallation (PSR), constitue le principal outil opérationnel de prévention, d'atténuation, de compensation et de suivi des impacts. La mise en œuvre effective de ces plans, assortie d'un dispositif de surveillance environnementale et sociale conforme aux exigences de l'ANDE et aux normes de performance de la SFI, garantit la conformité réglementaire du projet. Ainsi, d'un point de vue technique et environnemental, le projet est jugé faisable, acceptable et compatible avec les principes du développement durable.

Conclusion générale

Ce travail a permis de mener une étude complète de conception et de dimensionnement d'ouvrages hydrauliques dans le cadre du projet de bitumage de la route Biankouma–Sipilou et des bretelles de Kabakouma et de Sokourala dont la longueur totale est de 81 km. L'analyse du contexte physique, climatique et hydrologique de la zone d'étude a mis en évidence l'importance d'un système de drainage performant pour garantir la durabilité de l'infrastructure routière.

Les études hydrologiques ont permis d'identifier douze (12) bassins versants et d'évaluer les débits de crue à l'aide des méthodes CIEH, ORSTOM et rationnelle. Les résultats obtenus ont fait suite à une étude hydraulique, laquelle a permis de ressortir différentes sections de dalots en béton armé de huit (08) types (4 x 4,00 x 4,00 ; 2 x 4,00 x 3,00 ; 1 x 2,00 x 2,00 ; 1 x 2,00 x 1,00 ; 2 x 2,00 x 2,00 ; 1 x 2,00 x 1,50 ; 3 x 3,00 x 3,00 ; 2 x 2,00 x 2,00 ; 2 x 3,00 x 3,00) et un caniveau couvert de 1,00x1.05 m² repartie sur un linéaire de 140 m, capables d'assurer le transit sécurisé des eaux de ruissellement.

Les vérifications structurales portant sur le dalot 4x4,00x4,00 et du caniveau de 1,00x1,05m² ont confirmé la résistance et la stabilité des ouvrages sous les différentes sollicitations de service et de circulation avec pour objectif d'établir les plans d'exécution détaillés. Le coût relatif aux ouvrages de cette étude est évalué à un montant total de cent quatre-vingt-treize millions cinq cent soixante-dix mille quatre cent treize (**193 570 413**) **Francs CFA** toutes taxes comprises (TTC).

Par ailleurs, l'étude a montré que la prise en compte des aspects environnementaux et sociaux demeure indispensable pour assurer une mise en œuvre durable du projet. Les impacts négatifs identifiés restent globalement maîtrisables grâce aux mesures prévues dans le Plan de Gestion Environnementale et Sociale.

Ainsi, les solutions techniques retenues répondent aux exigences de sécurité, de fonctionnalité, de durabilité et d'intégration environnementale. Leur réalisation contribuera à la protection de la chaussée contre les effets de l'eau, à l'amélioration des conditions de circulation et au développement socio-économique des localités desservies.

Recommandations et perspectives

- Renforcer la collecte et l'actualisation des données hydrologiques afin d'améliorer la précision des estimations de débits de crue.
- Intégrer davantage les effets potentiels du changement climatique dans les futures études hydrologiques et hydrauliques.
- Assurer un entretien périodique des ouvrages de drainage et de franchissement pour éviter leur colmatage et préserver leurs performances hydrauliques.
- Mettre en place un dispositif de suivi des phénomènes d'érosion aux abords des ouvrages hydrauliques.
- Veiller au strict respect des prescriptions du PGES durant les phases de construction et d'exploitation.
- Renforcer la signalisation routière et les dispositifs de sécurité dans les zones sensibles et aux abords des ouvrages.
- Privilégier l'utilisation de matériaux locaux conformes aux spécifications techniques afin d'optimiser les coûts et de favoriser le développement local.
- Réaliser un suivi post-construction des ouvrages afin d'évaluer leur comportement réel en période de fortes pluies et d'alimenter les retours d'expérience pour les futurs projets.
- Développer des outils numériques de suivi et de gestion des ouvrages hydrauliques pour faciliter leur maintenance à long terme.

Bibliographie

[1] «snedai groupe,» [En ligne]. Available: snedai.com.

[2] B. A. v. v0h, «ETUDES TECHNIQUES, ECONOMIQUES ET D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL POUR LE BTUMAGE DE LA ROUTE BIANKOUMA-SIPILOU ET BRETELLES,» Mars 2021.

[3] M. 2. 2. p. ICTAVRU : Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines – CERTU. [En ligne].

[4] *Règlement n°14/2005/CM/UEMOA relatif aux normes techniques harmonisées de conception et de dimensionnement des routes dans l'espace UEMOA.*

[5] *SETRA. (1994). *Guide technique de conception et dimensionnement des chaussées.*

[6] *CEBTP. (1980). *Guide pratique de dimensionnement des chaussées en pays tropicaux.*

[7] *LCPC-SETRA. (1981). *Catalogue des structures types de chaussées neuves.*

[8] B. F. d. e. de, *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,* Rome, 1996.

[9] N. V. TUU, *Hydrailique Routière,* 1981.

[10] L. Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques (CIEH) avec ORSTOM, <<*Étude des pluies journalières de fréquence rare dans les pays membres du CIEH >>,* CEMAGEF/ENGREF, BUNASOLS, 1984.

[11] SETRA collection "les outils", *Guide technique Assainissement routier,* Octobre 2006.

[12] Dr Lawani A. MOUNIROU, Enseignant-Chercheur, Hydraulique et hydrologie appliquée, *ESSENTIEL d'Hydraulique à Surface Libre,* Edition Septembre 2 021.

[13] A. A. L'HUISSIER, *« L'assainissement des eaux pluviales en milieu urbain tropical subsaharien »,* Abidjan: CERGRENE pour le PNUD, 1996.

[14] K. B. e. M. Damien, *« LE DIMENSIONNEMENT DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT DES AGGLOMERATIONS » ,* (C.E.T.E. NORD - PICARDIE), (DDE 80).

[15] SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES, *PONTS-CADRES EN BETON ARME : PROGRAMME DE CALCUL PICF-EL,* Centre des Techniques d'Ouvrages d'Art, Décembre 1991.

[16] SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES, *Ponts - cadres et portiques : Guide de conception,* Centre des Techniques d'Ouvrages d'Art, Décembre 1992.

[17] MINISTÈRE DE L´ÉQUIPEMENT ET DU LOGEMENT/ MINISTÈRE DE L´ÉCONOMIE ET DES FINANCES, *FASCICULE N° 61 : CONCEPTION, CALCUL ET ÉPREUVES DES OUVRAGES D´ART; TITRE II. - PROGRAMMES DE CHARGES ET ÉPREUVES DES PONTS-ROUTES,* Paris: Commission centrale des marchés. Groupe permanent d´étude des marchés de travaux.

[18] MINISTÈRE DE L´ÉQUIPEMENT, DU LOGEMENT ET DES TRANSPORTS, *FASCICULE N° 62 - Titre V / <<RÈGLES TECHNIQUES DE CONCEPTION ET DE CALCUL DES FONDATIONS DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL>>,* 1993.

[19] Règles BAEL 91 révisées 99, *Fascicule 62, titre 1er du CCTG - Travaux section 1 : béton armé,* CD-DTU V2 - Edition 150, Décembre 2007.

[20] Pr. Adamah MESSAN,, *SUPPORT DE COURS : << Durabilité des ouvrages>>,* Ouagadougou: Dpt GC-BTP, 2iE, 2024.

[21] Prof Adamah MESSAN, *HYDRAULIQUE ROUTIÈRE PARTIE 2: OUVRAGE D'ART-CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES PETITS OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT ROUTIER,* Ouagadougou: ouvrage d'art-fondation 2ie, 2021.

Annexes

ANNEXE 1 : SYNTHESE DES ETUDES APD II

ANNEXE 2: ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE VII

ANNEXE 3: ÉTUDES STRUCTURALES DES OUVRAGES HYDRAULIQUES XXIV

ANNEXE 4: SIGNALISATION ROUTIERE LIII

ANNEXE 5 : PLANS D'EXECUTIONS DES OUVRAGES LIV

ANNEXE 6 : PLANNING D'EXECUTIONS DES OUVRAGES LV

ANNEXE 1 : SYNTHESE DES EDUDES APD

1. Données pluviométriques

- Hauteurs de pluie maximale journalière de la station de l'aéroport de Man

STATION	ANNEE	PLUIE MAX JOURN / AN
MAN-AERO	1966	102,4
MAN-AERO	1967	71,4
MAN-AERO	1968	60,5
MAN-AERO	1969	45,9
MAN-AERO	1970	45,6
MAN-AERO	1971	102
MAN-AERO	1972	47,8
MAN-AERO	1973	70
MAN-AERO	1974	60,1
MAN-AERO	1975	140,8
MAN-AERO	1976	81
MAN-AERO	1977	115,7
MAN-AERO	1978	86,1
MAN-AERO	1979	80,1
MAN-AERO	1980	97,5
MAN-AERO	1981	86,3
MAN-AERO	1982	121,9
MAN-AERO	1983	86,3
MAN-AERO	1984	92,9
MAN-AERO	1985	90,9
MAN-AERO	1986	79,8
MAN-AERO	1987	75,8
MAN-AERO	1988	87,2
MAN-AERO	1989	70,6
MAN-AERO	1990	66,7
MAN-AERO	1991	80,1
MAN-AERO	1992	78,5
MAN-AERO	1993	364
MAN-AERO	1994	71,5
MAN-AERO	1995	76,4
MAN-AERO	1996	121,2
MAN-AERO	1997	104
MAN-AERO	1998	98,6
MAN-AERO	1999	60
MAN-AERO	2000	79
MAN-AERO	2001	110,9
MAN-AERO	2002	116,4
MAN-AERO	2015	50,6
MAN-AERO	2016	77,6

- Pluies annuelles de Man

STATION	ANNES	MOIS												TOTAL
		JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	
MAN-AERO	1994	0,8	113,6	96,4	244,2	200,4	93,7	291,3	232,3	343,8	256,4	28,2	0	1901,1
	1995	0	28,3	159	140,2	158,9	191,1	328,2	395,8	355,7	148	39,3	66,6	2011,1
	1996	0,5	59,6	87,2	99,2	117,5	292,3	265,6	341,7	309,1	170,2	36,9	25,9	1805,7
	1997	77,9	2,2	164,2	47,2	117	159,6	151,2	392	200,1	131,6	83,8	0	1526,8
	1998	16,4	8,9	39,9	318,3	128,2	218	198,2	286,1	364,8	150,5	27,8	26,8	1783,9
	1999	67,9	76,1	131,8	50,9	206,4	266,8	279,6	214,4	290,3	274,5	205,7	0	2064,4
	2000	87,8	17,1	51,8	98,5	270,6	191,7	140,3	265,6	228,4	191,2	41,8	10	1594,8
	2001	0	0	141,8	90	135,2	161,8	296,7	372,3	237,3	69,3	103,9	0	1608,3
	2002	30,1	43,6	133,7	133,8	58,2	254,8	203,3	405,7	147,5	270,4			1681,1
	2016	2,4	2,2	60,5	2,2	51,4	392	213,1	388,2	360,7	208,3	38,4	0	1719,4

- Moyenne des hauteurs des pluies annuelles de Man

	Station de MAN région du TONPKI
$P_{an\ moy}$	1769.66

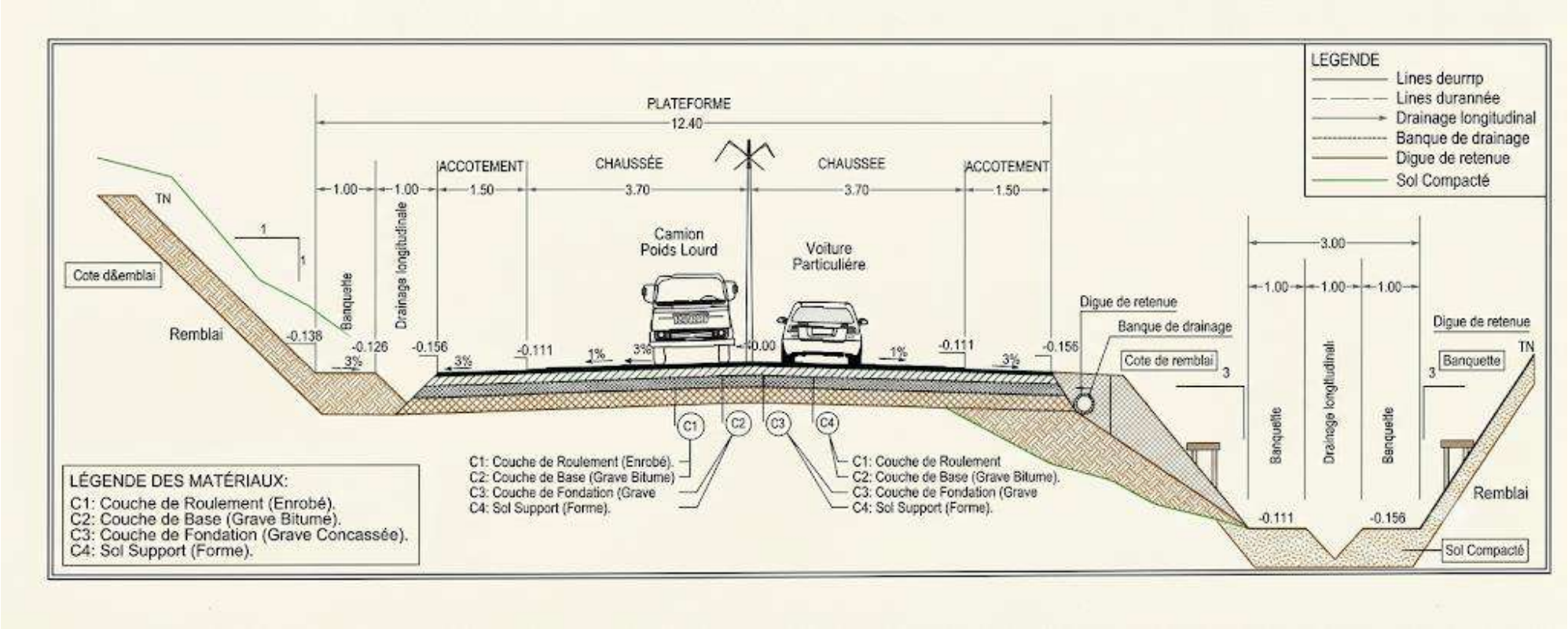
2. Acteurs du projet

Acteurs	Rôle	Missions principales
État de Côte d'Ivoire / Ministère de l'Équipement et de l'Entretien Routier (MEER)	Maître d'ouvrage	- Assurer la maîtrise d'ouvrage du projet
		- Mobiliser le financement et coordonner les actions institutionnelles
		- Garantir la planification générale et le suivi administratif
BNETD (Bureau National d'Études Techniques et de Développement)	Maître d'œuvre	- Réaliser et valider les études techniques
		- Assurer le suivi et le contrôle de la qualité des travaux
		- Veiller au respect des normes et standards en vigueur
SNEDAI Groupe / OMNITRAVAUX	Entreprise exécutante	- Exécuter les travaux de bitumage et d'aménagement

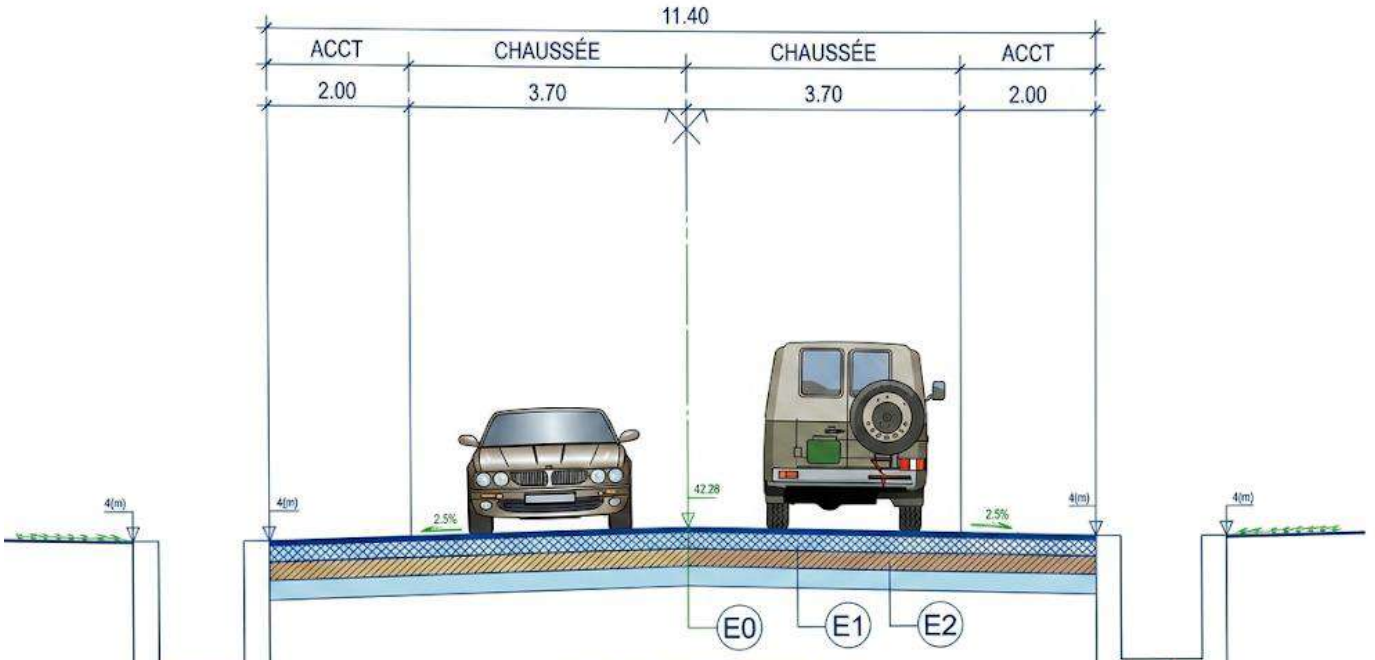
		- Mobiliser les moyens humains, techniques et matériels nécessaires
		- Respecter les délais contractuels et garantir la qualité des ouvrages
Collectivities locales (Commune de Biankouma) et populations bénéficiaires	Beneficiaries / partenaires sociaux	- Faciliter la mise en œuvre du projet (libération des emprises, collaboration avec les équipes)
		- Participer à l'appropriation et à la valorisation des infrastructures réalisées

3. Géométrie routière

- Profil en travers type en section courante



- Profil en travers type en agglomération



STRUCTURE DE CHAUSSEE NEUVE

	TRAFIC T1			
	STRUCTURE 1		STRUCTURE 2	
DESIGNATION	EPAISSEUR	NATURE	EPAISSEUR	NATURE
E0	5	BB	5	BB
E1	25	GLC	25	GNT
E2	25	GLN	20	GNT

SIGLE	SIGNIFICATION
BB	Béton Bitumineux
GLC	Graveleux Latéritique Stocilisé au Ciment
GNT	Grave Noe Traté
GLN	Graveleux Latéritique Naturel

LOI DE VARIATION DES DEVERS		
CHAUSSEE	D	
ACCOTEMENTS	EXTERIEUR	D1
	INTERIEUR	D2
D1 = 4% S/D < 4%		
D1 = 2% S/D > 4%		
D2 = 4% S/D < 4%		
D2 = 2% S/D > 4%		

ANNEXE 2 : HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE

I. Étude hydrologique

1. Caractéristiques des bassins versants

Caractéristiques des bassins versants							
Dénomination	**P [Km]**	**S [Km²]**	**Z max [m]**	**Z min [m]**	**Pente moyenne pmoy [%]**	**Longueur du plus long cours d'eau (km)**	**Méthode utilisée**
BV1-1	4,16	0,03	528	496	18,48	0,35	Rationnelle
BV1	38,66	58,22	976	495	6,30	15,26	CIEH , Orstom
BV2	26,19	22,32	946	490	9,65	9,45	CIEH , Orstom
BV3	4,27	0,90	532	496	3,80	1,89	CIEH , Orstom
BV4	2,39	0,32	529	497	5,66	1,13	CIEH , Orstom
BV5	2,16	0,28	532	495	6,95	1,07	CIEH , Orstom
BV6	9,96	5,08	787	481	13,58	4,51	CIEH , Orstom
BV7	7,43	2,05	756	489	18,67	2,86	CIEH , Orstom
BV8	25,39	21,73	946	496	9,65	9,32	CIEH , Orstom
BV9	14,03	5,96	659	494	6,76	4,88	CIEH , Orstom
BV10	8,17	3,37	659	519	7,63	3,67	CIEH , Orstom
BV11	7,85	3,28	620	514	5,86	3,62	CIEH , Orstom
BV12	13,31	8,72	945	517	14,49	5,91	CIEH , Orstom

2. Paramètres morphométriques des bassins versants

Cas du plus grand bassin versant

- Indice de compacité : Icomp

Cet indice permet de caractériser la forme du bassin, de savoir le comportement de l'eau en écoulement à travers le bassin, donc d'évaluer l'efficacité de cet écoulement. Il est calculé à travers cette formule :

$Icomp = 0{,}282 \times \frac{P}{\sqrt{S}}$; $Icomp = 0{,}282 \times \frac{38{,}66}{\sqrt{58.22}}$; $\boldsymbol{Icomp = 1{,}43}$

Cette valeur indique que le bassin a une forme allongée. [8]

- Longueur du rectangle équivalent : Leq

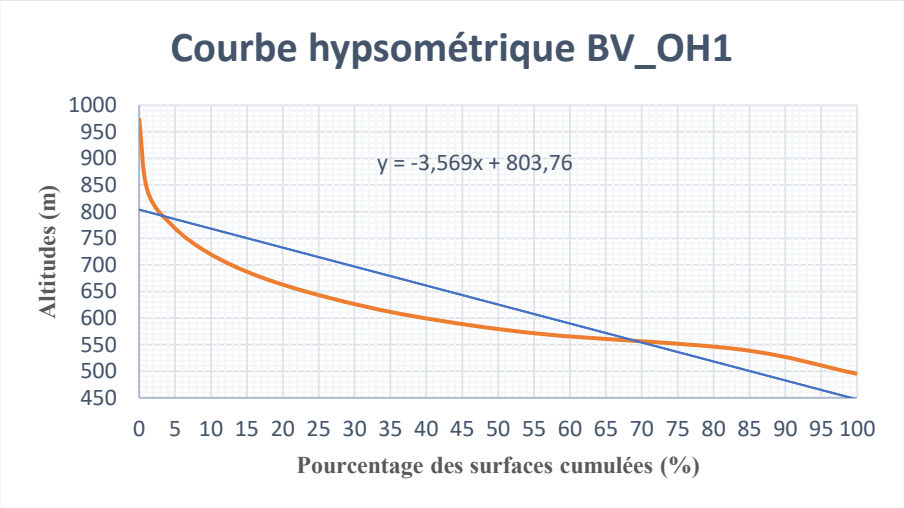
Cette longueur assimilée au plus long parcours hydraulique est affectée à ce rectangle ayant la même superficie, le même indice de compacité, et la même distribution hypsométrique que les bassins versants. Elle est calculée selon la formule suivante :

$$Leq = \sqrt{S} \times \left(\frac{Icomp}{1{,}128}\right) \times \sqrt{1 + \left(1 - \frac{1{,}128}{Icomp}\right)^2} \; ;$$

$$Leq = \sqrt{58{,}22} \times \left(\frac{1{,}43}{1{,}128}\right) \times \sqrt{1 + \left(1 - \frac{1{,}128}{1{,}43}\right)^2} \quad ; \quad \boldsymbol{Leq = 9{,}89km}$$

- Indice global de pente Ig

$Ig = \frac{D}{Leq}$, avec D : le dénivelé entre les altitudes d'environ 5% et 95% de surface du bassin au-dessus d'elle. La courbe hypsométrique issue du bassin versant permet de lire ces altitudes.



Alt5% (m)	Alt95% (m)
510	**780**

BVOH1

ALTITUDE(m)	SURFACE	SURFACE CUMULEES	%SURF CUMULEES
976	0	0	0,00
840	0,6691022	0,6691022	1,15
773	2,0513134	2,7204156	4,67
722	2,9227581	5,6431737	9,70
678	4,0858603	9,729034	16,72
639	5,5002832	15,2293172	26,17
603	7,1048861	22,3342033	38,38
570	10,2590408	32,5932441	56,01
541	16,0657234	48,6589675	83,61
495	9,5357971	58,1947646	100,00

3. Analyse pluviométrique des pluies de la station de Man-AERO

✓ Résultats d'ajustement des pluies journalières maximales par la loi de GUMBEL

Analyse pluviométrique Ouest montagneux (GUMBEL)

Results of the fitting

Gumbel (Method of moments)

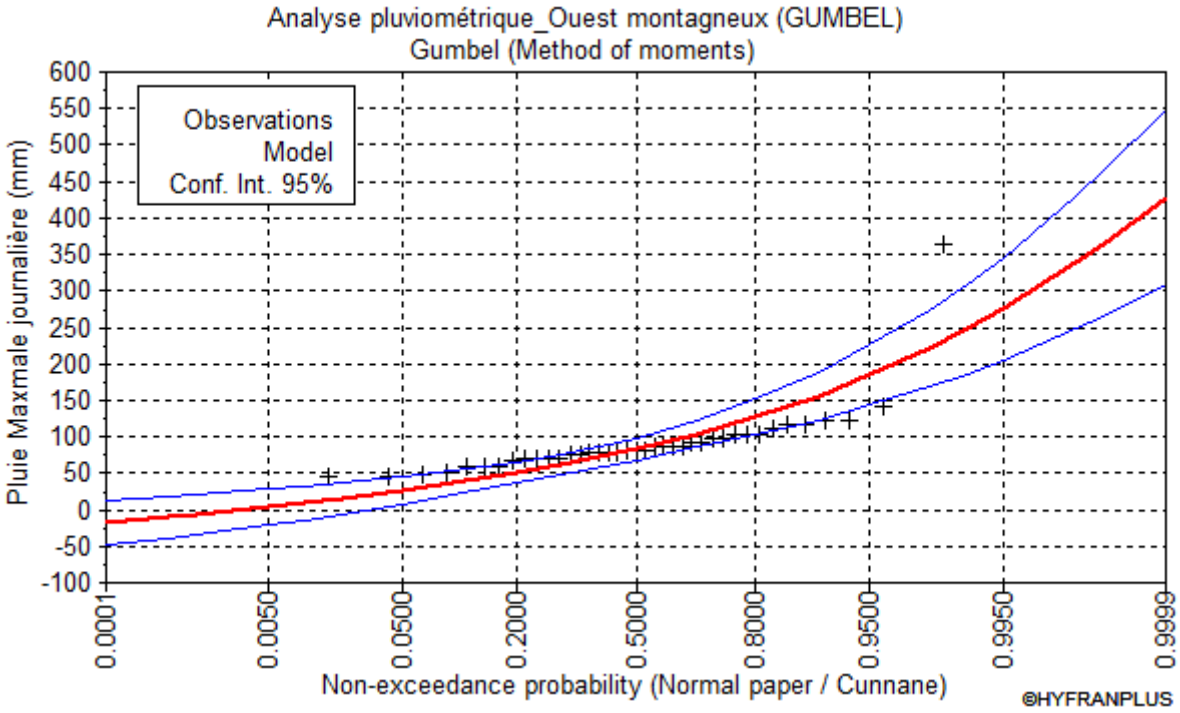
Number of observations 39

Parameters

u	68.607811
alpha	39.020006

Quantiles
q = F(X) : non-exceedance probability
T = 1/(1-q)

T	q	XT	Confidence interval (95%)	
10000.0	0.9999	428	308	548
2000.0	0.9995	365	266	465
1000.0	0.9990	338	247	429
200.0	0.9950	275	205	346
100.0	0.9900	248	186	310
50.0	0.9800	221	168	274
20.0	0.9500	185	143	226
10.0	**0.9000**	**156**	**124**	**189**
5.0	0.8000	127	103	151
3.0	0.6667	104	85.5	122
2.0	0.5000	82.9	68.5	97.3
1.4286	0.3000	61.4	48.1	74.6
1.2500	0.2000	50.0	35.9	64.1
1.1111	0.1000	36.1	19.8	52.4
1.0526	0.0500	25.8	7.29	44.3
1.0204	0.0200	15.4	-5.67	36.4
1.0101	0.0100	9.02	-13.7	31.7
1.0050	0.0050	3.55	-20.7	27.8
1.0010	0.0010	-6.80	-33.9	20.3
1.0005	0.0005	-10.5	-38.7	17.7
1.0001	0.0001	-18.0	-48.4	12.4



✓ Résultats de l'analyse pluviométrique des pluies annuelles de la station de Man-AERO par loi de GAUSS

Analyse pluviométrique Ouest montagneux (Loi de GAUSS)

Results of the fitting

Normal (Maximum Likelihood)

Number of observations 10

Parameters

mu	1769.660000
sigma	179.476419

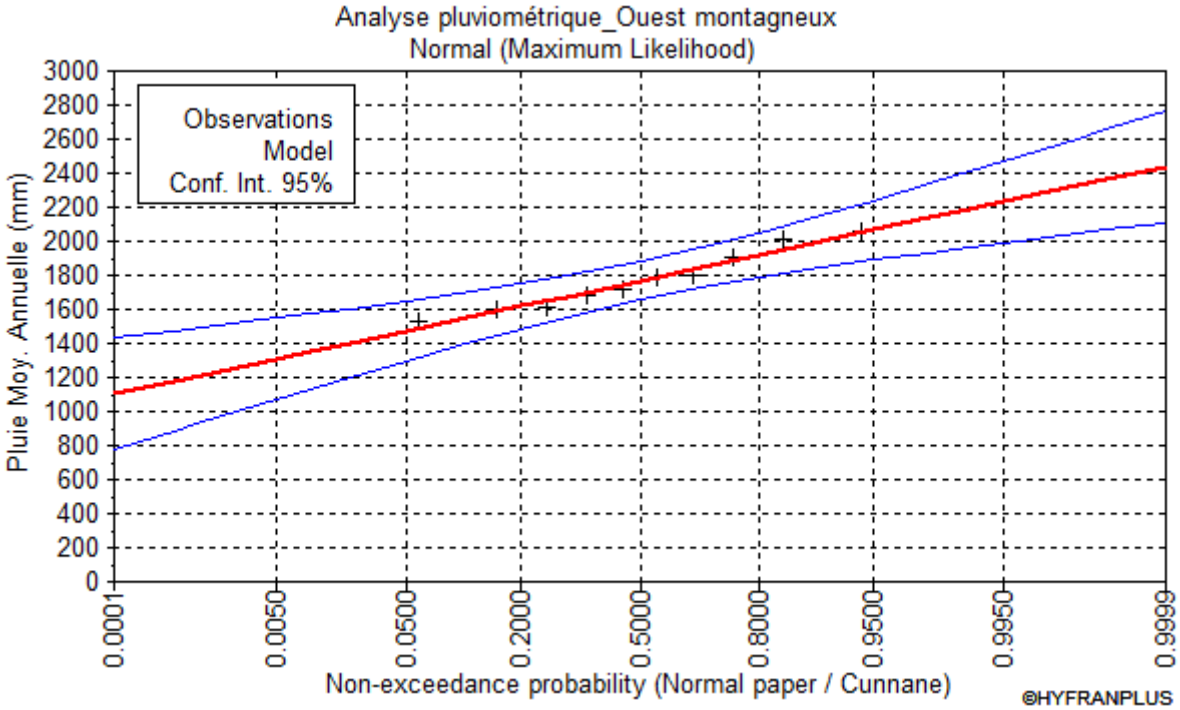
Quantiles

q = F(X) : non-exceedance probability

T = 1/(1-q)

T	q	XT	Confidence interval (95%)	
10000.0	0.9999	2440	2110	2770
2000.0	0.9995	2360	2070	2650
1000.0	0.9990	2320	2040	2600
200.0	0.9950	2230	1990	2470
100.0	0.9900	2190	1960	2410

50.0	0.9800	2140	1930	2340
20.0	0.9500	2060	1890	2240
10.0	**0.9000**	**2000**	**1850**	**2150**
5.0	0.8000	1920	1790	2050
3.0	0.6667	1850	1730	1960
2.0	0.5000	1770	1660	1880
1.4286	0.3000	1680	1560	1800
1.2500	0.2000	1620	1490	1750
1.1111	0.1000	1540	1390	1690
1.0526	0.0500	1470	1300	1650
1.0204	0.0200	1400	1200	1600
1.0101	0.0100	1350	1130	1570
1.0050	0.0050	1310	1070	1550
1.0010	0.0010	1210	936	1490
1.0005	0.0005	1180	884	1470
1.0001	0.0001	1100	774	1430



De ces analyses, il convient de relever une pluie moyenne annuelle **Pan = 2000mm** et une pluie maximale journalière décennale **P10 = 156mm**

4. Méthode de détermination de débit de pointe pour dimensionnement d'ouvrages

   ✓ **Méthode CIEH**

Le débit de pointe par la méthode CIEH est obtenu à travers la formule suivante : $Q_{10} = a \times S^s \times \bar{P}_{an}{}^p \times I_g{}^i \times K_{r10}{}^k P_{m10}{}^r \times D_d{}^d$ [8] et le tableau ci-après permet d'extraire les exposants des paramètres en fonction des zones.

Tableau : Exposants des paramètres CIEH

N°	Description	Echantillon	Correlation		Constante	Exposants des paramètres de l'équation 4.1					
		n	r²	r	a	S	Ig	Pan	PM10	Kr10	Dd
	DECOUPAGE CLIMATIQUE SANS KR10										
	avec S et Ig										
1	0-400 mm	71	0.760	0.874	2.83	0.624	0.491				
2	400-800 mm	128	0.570	0.755	2.03	0.590	0.588				
3	1200-1600 mm	87	0.579	0.761	1.33	0.596	0.457				
	avec S, Ig et Dd										
4	0-400 mm	33	0.629	0.793	2.43	0.583	0.506				0.320
5	400-800 mm	69	0.598	0.773	1.83	0.620	0.618				0.121
6	800-1200 mm	87	0.591	0.769	2.01	0.549	0.066				0.824
	DECOUPAGE CLIMATIQUE AVEC KR10										
	avec S et Kr10										
7	0-400 mm	66	0.758	0.870	0.553	0.555				0.802	
8	400-800 mm	116	0.736	0.858	0.461	0.540				0.941	
	avec S, Ig et Kr10										
9	0-400 mm	65	0.847	0.920	0.167	0.745	0.731			0.475	
10	400-800 mm	116	0.806	0.898	0.0833	0.596	0.953			0.534	
	DECOUPAGE POUR LA ZONE Pan < 1000 mm										
	Tous les bassins										
11	S, Kr10	180	0.716	0.846	0.410	0.524				0.982	
12	S, Ig, Kr10	176	0.795	0.892	0.095	0.643	0.406			1.038	
	Longitude < 10° Ouest (seulement au Sénégal et en Mauritanie)										
13	S,Ig	21	0.569	0.754	1.78	0.557	0.805				
14	S, Ig, PM10	21	0.581	0.762	55.0	0.462	0.667		-0.652		
15	S, Ig, Kr10	20	0.722	0.850	0.224	0.540	0.622			0.767	
16	S, Kr10	20	0.645	0.803	0.661	0.375				0.910	
	Longitude comprise entre 10° Ouest et 10° Est										
17	S, Kr10, PM10	117	0.764	0.874	30.2	0.492			-0.972	0.948	
18	S, Ig, Kr10	117	0.788	0.888	0.0678	0.661	0.412			1.105	
	Longitude supérieure à 10° Est (seulement au Tchad et au nord Cameroun)										
19	S, PM10	46	0.646	0.804	0.00372	0.605			1.778		
20	S, Ig	45	0.645	0.803	2.72	0.626	0.360				
21	S, Ig, PM10	45	0.679	0.824	0.00638	0.694	0.305		1.411		
22	S, Kr10	39	0.77	0.877	0.610	0.523				0.908	
23	S, Ig, Kr10	39	0.821	0.906	0.134	0.678	0.374			0.940	
24	S, PM10, Kr10	39	0.805	0.897	0.00243	0.608			1.263	0.882	
	DECOUPAGE PAR PAYS OU GROUPES DE PAYS										
	Afrique de l'Ouest (de 10°E à 10°W)										
25	S,KR10	295	0.628	0.792	1.41	0.542				0.511	
26	S,Kr10,PM10	295	0.654	0.809	146	0.479			-0.969	0.457	
27	S,Kr10,Ig	288	0.650	0.806	0.560	0.619	0.279			0.510	
	Afrique centrale										
28	S,KR10	50	0.738	0.859	0.521	0.625				0.876	
29	S,Kr10,IG,PM10	49	0.815	0.903	893	0.773	0.567		-2.051	0.923	
30	S,Kr10,Ig	49	0.778	0.882	0.109	0.771	0.419			0.887	
	Sénégal + Mauritanie										
31	S, PM10	40	0.563	0.750	5450000	0.215			-2.830		
32	S Kr10	35	0.843	0.918	0.288	0.405				1.117	
33	S Kr10 Ig	35	0.851	0.922	0.195	0.471	0.239			1.046	
	Côte d'Ivoire										
34	S	37	0.713	0.844	4.83	0.562					
35	S Ig	34	0.729	0.854	2.29	0.651	0.216				
36	S, PM10	36	0.706	0.840	0.000174	0.645			2.149		
37	S Kr10	31	0.791	0.889	0.380	0.586				0.805	
38	S Kr10 Ig	28	0.787	0.887	0.275	0.618	0.099			0.798	
	Burkina Faso										
39	S Kr10	61	0.818	0.904	0.410	0.425				0.923	
40	S Kr10 Ig	60	0.824	0.908	0.254	0.462	0.101			0.976	
	Burkina Faso + Mali + Niger										
41	S Kr10	137	0.688	0.829	0.407	0.532				0.941	
42	S Kr10 Ig	133	0.755	0.869	0.0912	0.643	0.399			1.019	
43	S A*P10	133	0.589	0.767	35600	0.342			-1.808		
44	S, Kr10 PM10	133	0.757	0.870	203	0.459			-1.301	0.813	
45	S, Ig PM10	130	0.592	0.769	22400	0.363	0.059		-1.748		
	Tchad + Nord Cameroun (Pan <1000 mm)										
46	S Ig	55	0.638	0.799	1.28	0.412	0.739				
47	S Kr10	49	0.838	0.915	0.525	0.530				0.950	
48	S Kr10 Ig	48	0.884	0.940	0.105	0.709	0.432			0.949	

✓ Méthode ORSTOM

– Détermination du coefficient de ruissèlement Kr

Kr est déterminé en référence au tableau ci-dessous en fonction de la couverture végétale et de la pente longitudinale.

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

– Détermination du temps de base Tb

Vu la particularité de la zone d'étude avec des coefficients de Montana exceptionnels (fournis par la SODEXAM), le temps de base sera déterminé graphiquement en fonction de la superficie(S) du bassin et de la classe (Ri)du bassin.

- Abaque de détermination du temps de base en fonction de S et R

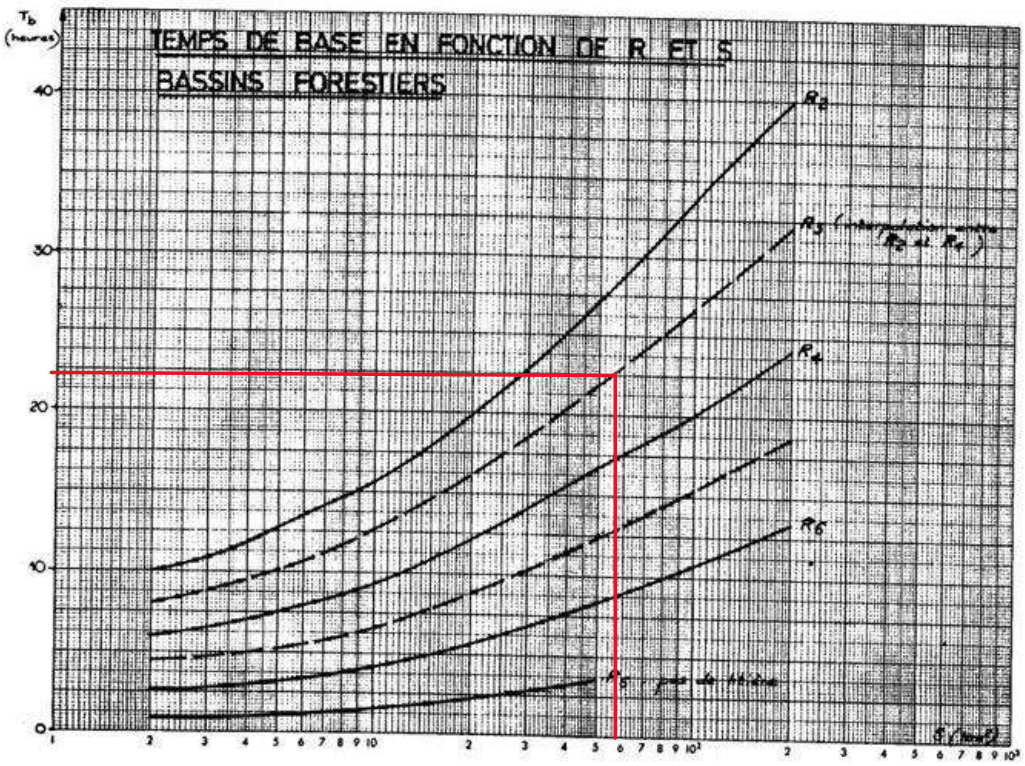


Figure 1: Détermination du temps de base en fonction S et R

- Estimation du débit de crue du projet Qp20 (ouvrage de franchissement)

Ce débit est relatif au temps de retour qui est de 20 ans pour ce projet. Il est obtenu en faisant la moyenne des débits décennaux des méthodes ORSTOM et CIEH. Ainsi, le débit du projet est déterminé par usage des coefficients d'extrapolation de Noel CRES à travers la formule suivante :

$Q_p = a \times Q_{10}$ [8]

Avec :

Qp : le débit du projet pour le temps de retour [m^3/S];

a: coefficient d'extrapolation (passage de Q10 à Qp) [-] ;

Q10 : le débit décennal estimé [m^3/s].

Le tableau ci-dessous donne les différentes valeurs de a selon certains temps de retour.

Tableau 1 : Valeurs de a en fonction des temps de retour T

T (années)	Rapport Q(T)/Q(T=10 ans)
1	0,45
2	0,57
5	0,80
10	1
20	1,25
50	1,60
100	2,0

Tableau 2 : Calcul de débits par la méthode ORSTOM

Calcul du débit décennal Q10 par la méthode ORSTOM

$$Qr_{10} = A \cdot P_{10} \cdot Kr_{10} \cdot \alpha_{10} \cdot S \,/\, Tb_{10}$$

Désignation	Paramètres	Untés	Formules	Bassins versants											
Paramètres de base				BV1	BV2	BV3	BV4	BV5	BV6	BV7	BV8	BV9	BV10	BV11	BV12
Superficie du bassin versant	S	km²		58,22	22,32	0,90	0,32	0,28	5,08	2,05	21,73	5,96	3,37	3,28	8,72
Périmètre du bassin versant	P	km		38,66	26,19	4,27	2,39	2,16	9,96	7,43	25,39	14,03	8,17	7,85	13,31
Pluie journalière maximale décennale	P10	mm		156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156
Pluie moyenne annuelle	Pan	mm		2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000
Altitude Max	Altmax	m		976	946	532	529	532	787	756	946	659	659	620	945
Altitude Min	Altmin	m		495	490	496	497	495	481	489	496	494	519	514	517
Altitude 5%	Alt5%	m		780	820	840	526	530	670	650	710	585	595	588	810
Altitude 95%	Alt95%	m		510	500	520	500	502	490	495	500	505	525	550	520
Longueur totale des cours d'eau	Sli	km		4,27	1,56	0,05	0,02	0,02	0,38	0,14	1,50	0,35	0,19	0,23	0,64
Pente transversale	It	m/km		91,63	176,91	65,44	46,16	48,60	102,98	130,93	114,65	65,58	84,67	70,46	213,42
Calcul de KG, L,I,It,Ig															
Indice de forme ou indice de compacité de Gravelius	KG		$K_G = 0{,}28\frac{P}{\sqrt{S}}$	1,42	1,55	1,26	1,18	1,13	1,24	1,45	1,53	1,61	1,25	1,21	1,26
Densité de drainage	Dd	km/km²	$D_d = \frac{\sum Li}{S}$	0,07	0,07	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07
La longueur du rectangle équivalent	Leq	km	$L_{eq} = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16S}}{4}$	15,60	11,08	1,56	0,79	0,62	3,55	3,04	10,66	6,03	2,94	2,72	4,86
Indice global de pente	Ig	m/km	$I_g = \frac{Alt_{5\%} - Alt_{95\%}}{Leq}$	17,31	28,88	205,15	33,02	45,05	50,75	50,95	19,71	13,28	23,79	13,98	59,70
Indice global de pente corrigé	Igcor	m/km	$I_{gcor} = \frac{(n-1)Ig + It}{n}$	42,08	78,22	158,58	37,40	46,23	68,16	77,61	51,35	30,71	44,09	32,80	110,94
Dénivelée spécifique	Ds	m	$D_s = Igcor \times \sqrt{S}$	321,12	369,58	150,11	21,14	24,62	153,62	111,01	239,39	74,98	80,92	59,37	327,64
Pente longitudinale	I	m/km	$I = \frac{0{,}026}{\sqrt{S}}$	3,41	5,50	27,47	46,00	48,82	11,54	18,18	5,58	10,65	14,17	14,37	8,80
Coefficient d'abattement	A		$A = 1 - \frac{161 - 0{,}042Pan}{1000} \times Log(S)$	0,86	0,90	1,00	1,04	1,04	0,95	0,98	0,90	0,94	0,96	0,96	0,93
Détermination de Kr10 et Tb10 par abaque (source)															
Coefficient de ruisselement decennal (Puech_Chabi_Goni)	Kr10	%		14,13	14,13	14,13	14,13	14,13	14,13	14,13	14,13	14,13	14,13	14,13	14,13
Temps de base décennal	Tb10	h	Conf. Figure 42 BCEOM Hyd. Routière	22,8	16,5	4,5	4,5	4,5	7,5	6	16,25	7,75	6,75	6,7	12
Calcul de debit Qret et Q10															
Coefficient de pointe correspondant à la crue décennale	α_10		CRUES ET APPORTS; Check-List 2b (LA SUPERFICIEEST COMPRISE ENTRE 15 ET 60 km2)	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Débit retardé décennal	Qret10	m3/s		1,76	0,96	0,16	0,06	0,05	0,51	0,26	0,95	0,58	0,38	0,37	0,54
Débit de pointe décennal	Q10	m3/s		36,95	20,26	3,34	1,23	1,10	10,70	5,56	20,05	12,09	8,00	7,85	11,27

✓ **Méthode rationnelle**

Le débit se calcule par la formule : $Q_p = 0{,}278 \times C \times I \times A$

« I » est dépendant des paramètres de Montana (a et b) et du temps de concentration Tc.
Ainsi :

– Pour la zone du projet les paramètres de Montana sont renseignés ci-dessous

Coef Montana	
a	b
1939,73	-0,76

Le temps de concentration est la moyenne des temps de concentration par la méthode Kirpich et Passini.

▪ *Formulation de Kirpich*

$$T_c = \frac{1}{52} \times \frac{L^{1.15}}{H^{0.38}}$$

▪ *Formulation de Passini*

$$T_c = 0.108 \times \frac{(A \times L)^{1/3}}{I^{1/2}}$$

Avec :

- Tc[min] : Temps de concentration ;
- H [m] : Dénivelée entre la plus haute et la plus basse altitude du bassin versant ;
- L [m]: Longueur du cheminement hydraulique le plus long: $L = 2\sqrt{S[m^2]}$;
- A [Km²] : Superficie du bassin versant ;
- I [m/m] : Pente moyenne du bassin versant.

Paramètres		Kirpich	Passini
C [-]	0,13		
S (Km²)	0,25		
L (m)	1000		
Z max	528		
Z min	496		
H (m)	32		
p [-]	0,064		
Tc (h)			0,269
Tc (mins)		14,52	16,14
Moyenne Tc (min)		15,33	

II. Étude hydraulique

1. Dimensionnement hydraulique du caniveau

Ce dimensionnement est basé sur la méthode de débitance et le calcul est itératif. Il a pour objectif de trouver la hauteur minimale d'eau (y) dans le canal.

y(m)	Ks	largeur b(m)	Surface mouillée S(m²)	Périmètre mouillé P(m)	Révanche r(m)	Pente I	Débits Q(m3/s)	Débitance D	Q.(I)^0,5	Erreur (<=5%)	Vitesse (m/s)	Vérification (0,5≤v≤3,5)
0,5			0,5	2				13,29448381		52,51970068	5,60	Non vérifiée
0,6			0,6	2,2				16,90616485		39,62083982	4,67	Non vérifiée
0,7			0,7	2,4				20,62674541		26,33305211	4,00	Non vérifiée
0,8			0,8	2,6				24,42919835		12,75286304	3,50	Non vérifiée
0,9			0,9	2,8				28,29482187		1,052935256	3,11	vérifiée
1	67	1	1	3	0,15	0,01	2,8	32,2102404	28	15,03657287	2,80	Non vérifiée
1,1			1,1	3,2				36,16562369		29,16294175	2,55	Non vérifiée
1,2			1,2	3,4				40,15357964		43,40564155	2,33	Non vérifiée
1,3			1,3	3,6				44,16843954		57,74442694	2,15	Non vérifiée
1,4			1,4	3,8				48,20578185		72,16350661	2,00	Non vérifiée
1,5			1,5	4				52,26210605		86,65037876	1,87	Non vérifiée

SECTION HYDRAULIQUE DU CANIVEAU	
Largeur b(m)	1
Profondeur y(m)	1,05

2. Dimensionnement hydraulique des dalots

Ce dimensionnement consiste à déterminer les différentes sections hydrauliques des différents ouvrages transversaux. Il se fait à travers les caractéristiques des bassins versants et des abaques extraits du document hydraulique routière (BCEOM) en suivant une méthodologie réglementaire.

- ✓ Abaque de dimensionnement hydraulique d'un dalot

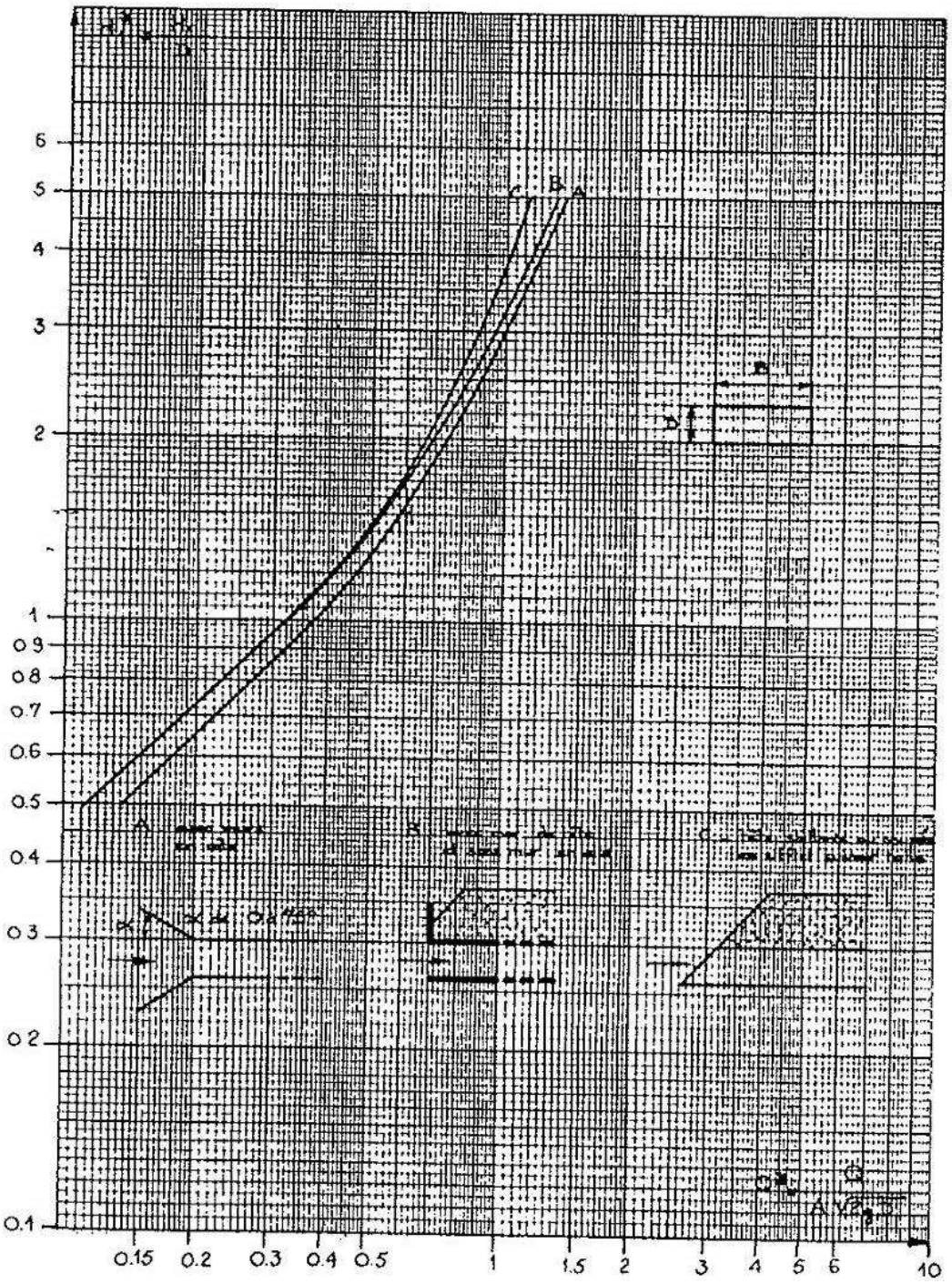


Figure 2 : Détermination de H 1 en fonction de Q

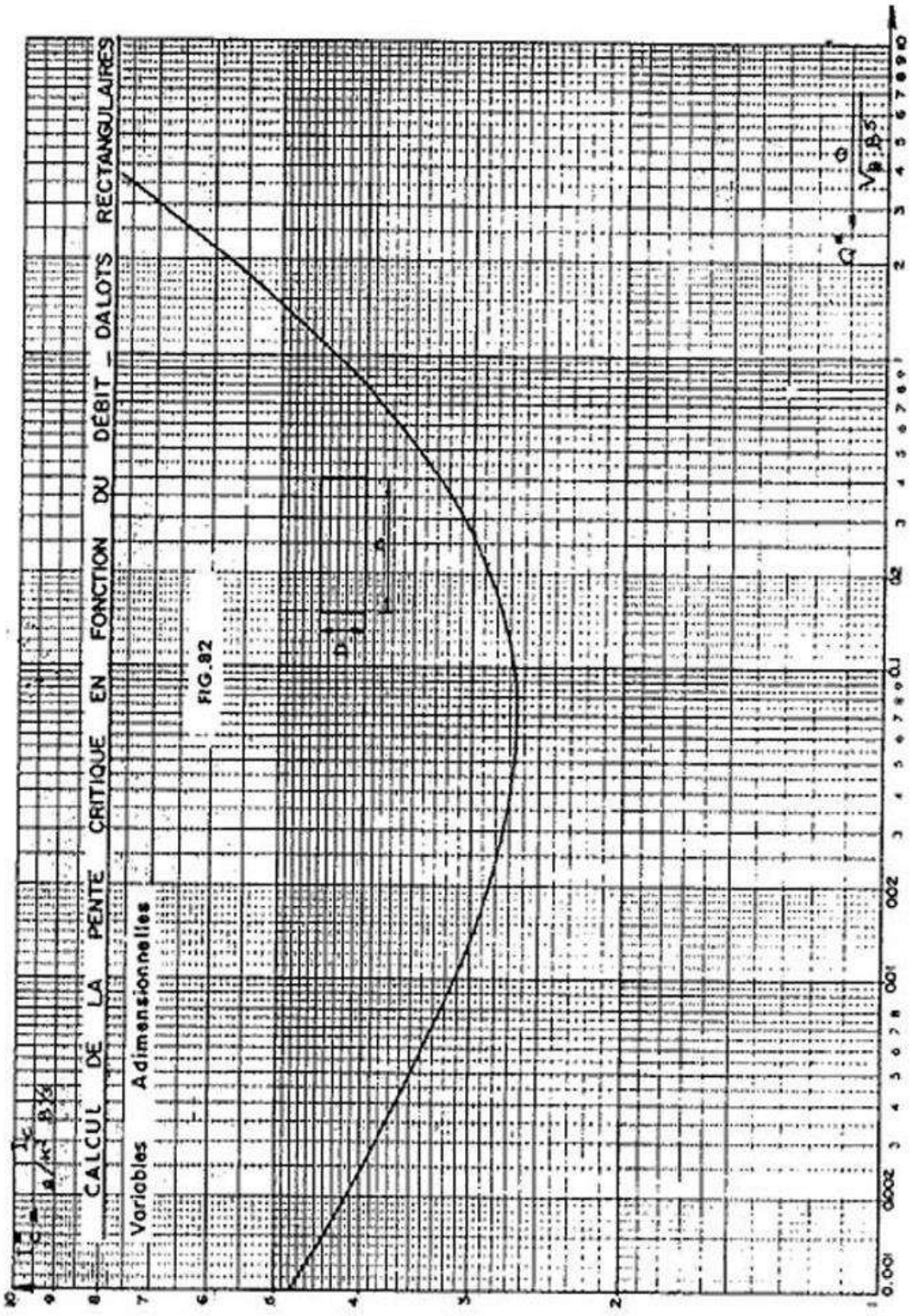


Figure 3 : Détermination de Ic en fonction de Q

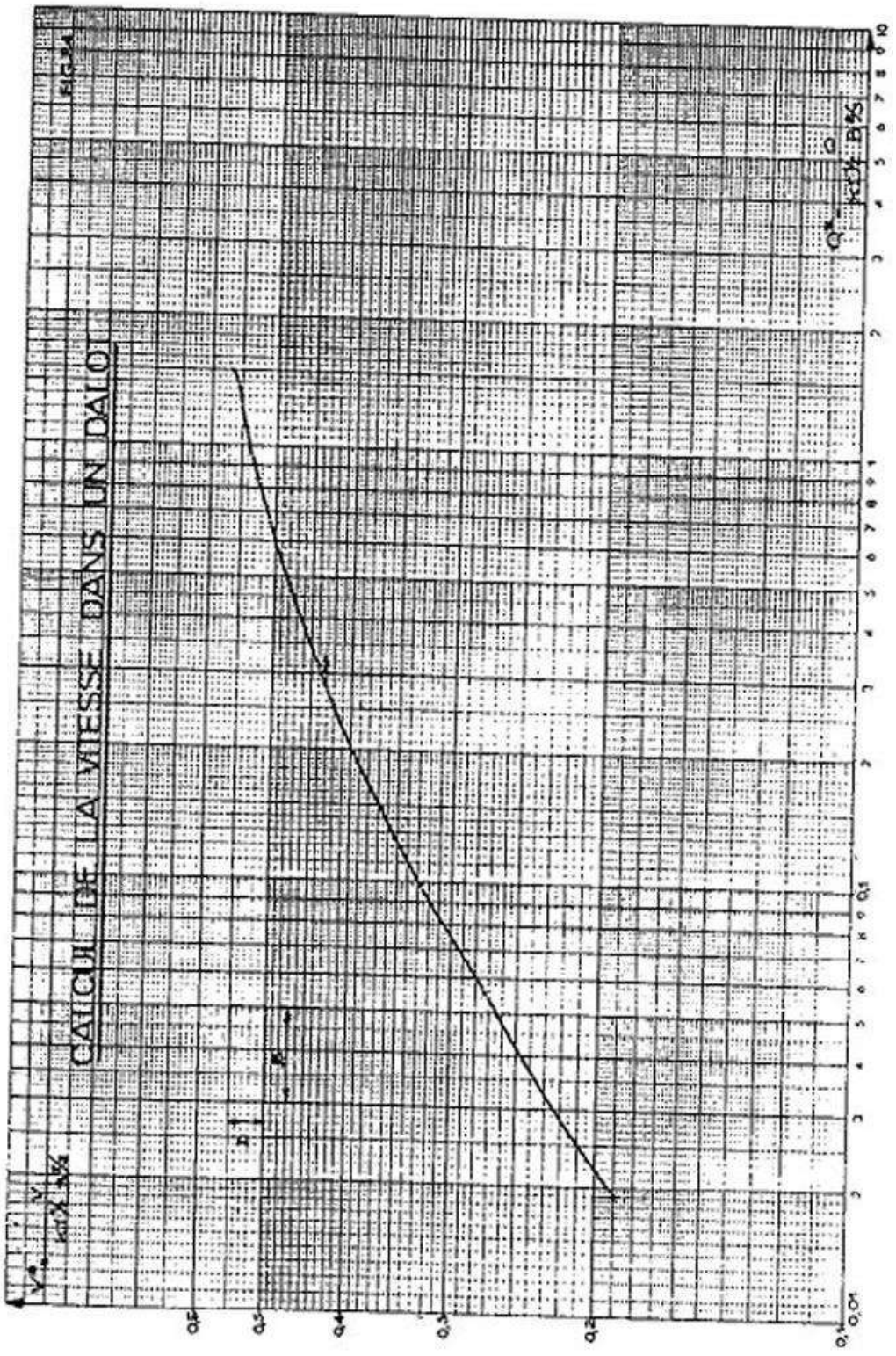


Figure 4 : Détermination de V en fonction de Q

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE DES OUVRAGES

Etapes	Désignations	Paramètres	Formules	Unités	BV1	BV2	BV3	BV4	BV5	BV6	BV7	BV8	BV9	BV10	BV11	BV12
1	**Paramètres d'entrée**				Dalot OH1	Dalot OH2	Dalot OH3	Dalot OH4	Dalot OH5	Dalot OH6	Dalot OH7	Dalot OH8	Dalot OH9	Dalot OH10	Dalot OH11	Dalot OH12
	Largeur fictive	B		m	4	4	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3
	Hauteur fictive	D		m	4	3	2	1	1	2	1,5	3	2	2	2	3
	Section fictive	A	BxD	m²	16	12	4	2	2	4	3	9	4	4	4	9
	Nbre de cellules	n	-	u	4	2	1	1	1	2	1	3	2	2	2	2
	Ac. Pésanteur	g	-	m/s²	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
	Coefficient rugosité	Ks	-		67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
2	**Détermination de la hauteur d'eau H1 en amont de l'ouvrage**															
	Détermination des variables additionnelles Q* et H1*															
	Débit projet	Qp		m³/s	59,82	34,38	5,38	2,38	2,20	15,55	8,68	33,10	16,60	11,72	11,38	20,01
	Débit unitaire	q	$\frac{Qp}{n}$	m³/s/cel.	14,95	17,19	5,38	2,38	2,20	7,78	8,68	11,03	8,30	5,86	5,69	10,00
	Vitesse fictive	Vf	$\frac{q}{A}$	m/s	0,93	1,43	1,34	1,19	1,10	1,94	2,89	1,23	2,07	1,47	1,42	1,11
					Poursuivre	Poursuivre	Poursuivre	Poursuivre	Poursuivre	Poursuivre	Poursuivre	Poursuivre	Poursuivre	Poursuivre	Poursuivre	Poursuivre
	Débit réduit lié à H1*	Q*	$\frac{q}{A \times \sqrt{2gD}}$	m³/s	0,106	0,187	0,215	0,269	0,249	0,311	0,534	0,160	0,331	0,234	0,227	0,145
	Hauteur réduite	H1*	lecture sur abaque fig 2	m	0,5	0,62	0,68	0,8	0,73	0,88	1,35	0,54	0,89	0,72	0,72	0,54
	Profondeur en amont	H1	H1*x D	m	2,00	1,86	1,36	0,80	0,73	1,76	2,03	1,62	1,78	1,44	1,44	1,62
	Vérification															
	Rapport H1/B		H1/B ≤ 1,25		**Vérifiée**	**Vérifiée**	**Vérifiée**	**Vérifiée**	**Vérifiée**	**Vérifiée**	**Vérifiée**	**Vérifiée**	**Vérifiée**	**Vérifiée**	**Vérifiée**	**Vérifiée**
3	**Détermination de la pente critique Ic**															
	Détermination des variables additionnelles Q* et Ic*															
	Débit réduit lié à Ic*	Q*	$\frac{q}{\sqrt{gB^5}}$	m³/s	0,149	0,172	0,304	0,134	0,124	0,439	0,490	0,226	0,469	0,331	0,321	0,205
	Pente critique réduite	Ic*	Lecture sur abaque fig 3	%	2,75	2,8	3,1	2,7	2,7	3,35	3,45	2,9	3,5	3,05	3	2,8
	Pente critique	Ic	$\frac{g \times Ic^*}{Ks^2 \times D^{1/3}}$	%	0,0038	0,0042	0,0054	0,0059	0,0059	0,0058	0,0066	0,0044	0,0061	0,0053	0,0052	0,0042
4	**Détermination de la vitesse réelle d'écoulement**															
	Détermination des variables additionnelles Q* et Vc*															
	Qébit réduit lié à Vc*	Q*	$\frac{q}{Ks \times Ic^{0,5} \times B^{8/3}}$	m³/s	0,090	0,098	0,172	0,073	0,067	0,240	0,252	0,133	0,250	0,189	0,185	0,123
	Vitesse critique	Vc*	Lecture sur abaque fig. 4	m/s	0,31	0,32	0,38	0,29	0,29	0,42	0,42	0,34	0,42	0,39	0,39	0,34
	Vitesse réelle d'écoulement	Vc	$Vc^* \times Ks \times \sqrt{I_c} \times B^{2/3}$	m/s	3,22	3,52	2,96	2,37	2,37	3,40	3,62	3,14	3,48	3,02	2,99	3,08
5	**Vérification de la vitesse de l'écoulement**															
	Vitesse minimale	Vmin		m/s	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	Vitesse maximale	Vmax		m/s	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Condition vitesse admissible	Vc			ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT
Section retenue (N x B x D)					**4 x 4 x 4**	**2 x 4 x 3**	**1 x 2 x 2**	**1 x 2 x 1**	**1 x 2 x 1**	**2 x 2 x 2**	**1 x 2 x 1,5**	**3 x 3 x 3**	**2 x 2 x 2**	**2 x 2 x 2**	**2 x 2 x 2**	**2 x 3 x 3**

ANNEXE 3 : ÉTUDES DE CAS DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

I. Dalot

1. Caractéristiques des matériaux utilisés

Hypothèses

- ❖ Béton :

Le béton pour l'ensemble des éléments en béton armé aura pour classe de résistance caractéristique à la compression du béton à 28 jours d'âge est C25/30. C'est-à-dire $fc28 = 25\ Mpa$;

Densité du béton : $25\ kN/m3$;

La résistance à la traction du béton à 28 jours d'âge : $ft28 = 0{,}6 + 0{,}06 \times fc28$

Fissuration jugée préjudiciable (calcul mené à l'ELS)

- ➢ Contrainte du béton :

Coefficient de sécurité du béton : $\gamma_b = 1{,}5$

La fissuration est jugée préjudiciable.

- A l'ELU : $f_{bu} = 0{,}85 \times \frac{fcj}{\theta \times \gamma_b} = \frac{0{,}85 \times 25}{1 \times 1{,}5} = 14{,}17\ MPa$

Avec :

θ : coefficient fonction de la durée « t » d'application des charges. Il est pris égale à :

- $1, pour\ t \geq 24\ heures$;
- $0.9, pour\ 1 \leq t \leq 24\ heures$;
- $0.85, pour\ t \leq 1\ heure$;

➢ A l'ELS, la contrainte de calcul du béton en compression est :

$\overline{\sigma_{bc}} = 0{,}6 \times fcj = 0{,}6 \times 25 = 15\ MPa$

➢ La contrainte de traction du béton est :

$f_{tj} = 0{,}6 + 0{,}06 \times f_{cj} = 2{,}1\ MPa$

➢ Module de déformation instantanée (c'est-à-dire à court terme):

$E_{ij} = 1000\sqrt[3]{fcj} = 32\,164{,}20\ MPa$

➢ Module de déformation différée (c'est-à-dire à long terme) :

$E_{vj} = \frac{1}{3} E_{ij} = 10\,721{,}40\ MPa$

- ❖ Acier
- ➢ Nuance : acier à haute adhérence (HA) $FeE500$;
- ➢ Limite d'élasticité $fe = 500\ MPa$;

- Coefficient de sécurité : $\gamma_s =$ (1,15 en situation normale et 1 en situation accidentelle);
- Coefficient d'adhérence : $\eta = 1{,}6$ (acier HA)
- Contrainte limite des aciers à l'ELU :

$f_{su} = \frac{fe}{\gamma_s} = 434{,}78\ MPa$ (en situation normale)

- Contrainte limite des aciers à l'ELS :

$\bar{\sigma}_{st} = min\left\{\frac{2}{3}fe\ ; Max\left(\frac{1}{2}fe\ ; 110\sqrt{\eta \times ftj}\right)\right\}$ On obtient $\bar{\sigma}_{st} = 250\ MPa$

- Module d'élasticité de l'acier : $E_s = 200\ 000 MPa$

Règlementation :

- ✓ Normes NFP 06-001 pour les Matériaux utilisés ;
- ✓ Fascicule 61 Titre II pour les surcharges d'exploitation

2. Prédimensionnement : Calcul des épaisseurs des éléments de structure
   - La traverse supérieure (le tablier) : e_1 ;
   - La traverse inférieure (le radier) : e_2 ;
   - Les piédroits : e_3.

Étant donné que le dalot recevra un remblai sur le tablier (Hr = 0,62 m selon le profil en travers courant), les épaisseurs seront calculées selon les formules suivantes :

- ✓ $e = \frac{l}{15} = \frac{400}{15} = 26{,}67cm$ (1) ; où « l » est la largeur de la cellule hydraulique
- ✓ $e = \frac{l}{10} - 5 = \frac{400}{10} - 5 = 35cm$ (2) car $H_r < 2m$

L'épaisseur à retenir $e = Max\{e(1)\ ; e(2)\}$. D'où $e = 35cm$

- ✓ *Epaisseur des traverses en situation de remblai*
  - $E_i = Ei_0 \times \sqrt{1 + \frac{H \times d^2}{2000 \times Ei_0}}$

$E_i = 0{,}35 \times \sqrt{1 + \frac{0{,}62 \times 4^2}{2000 \times 0{,}35}}$; $E_i = 0{,}3525m$

On prendra $E_i = 0{,}40m$ afin de minimiser les aciers

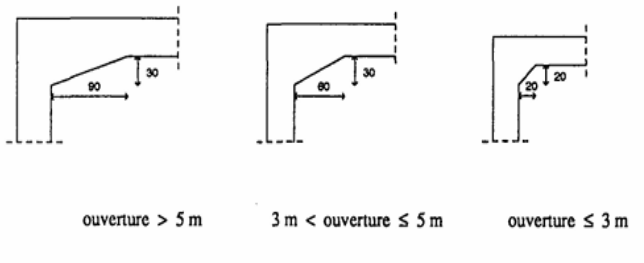
Où :

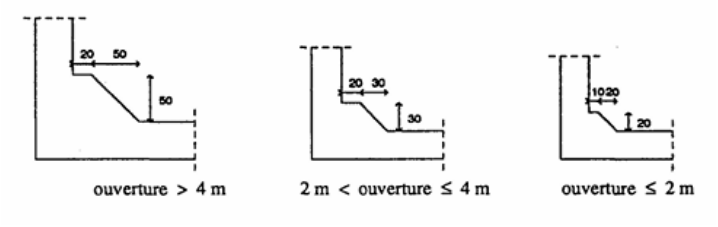
- Ei = épaisseur majorée de la traverse [m] ;

- Ei_0 = épaisseur de la traverse supposée sans remblai [m] ;
- H = hauteur du remblai [m] ;
- d = l'ouverture de l'ouvrage [m] ;

Nous retiendrons pour les traverses, **E = 40 cm et 35** cm pour les piédroits.

Pour les mesures de dispositions constructives liées à la géométrie, il est nécessaire de prendre en compte les goussets d'encastrements supérieur et inférieur comme recommandé dans le guide de conception des ponts cadres et portiques. Ainsi, les figures ci-contre illustrent respectivement ces goussets en fonction de la largeur d'ouverture de cellule hydraulique.





<u>Les charges permanentes de l'ouvrage et leurs poids nominaux</u>

- Charges permanentes structurelles et fonctionnelles :
  - Guide roue d'épaisseur 25 cm : 25 kN/m3
  - Tablier d'épaisseur 40cm : 25 kN/m3
  - Radier d'épaisseur 40cm : 25 kN/m3
  - Piédroits (rives et intermédiaires) d'épaisseur 35cm : 25 kN/m3

- Autres charges permanentes et leurs poids nominaux :
  - Revêtement sur remblai en béton bitumineux d'épaisseur 5 cm : 24 kN/m3 ;
  - Goussets supérieurs sous tablier : 25 kN/m3
  - Goussets inférieurs sur radier :25 kN/m3
  - Remblai sur tablier d'épaisseur 56 cm : 21 ; kN/m3
  - Poussée du remblai sur piédroits de rive : 21 kN/m3
- Descente de charges des différents éléments porteurs
  - Tablier
  - Piédroits
  - Radiers

la charge permanente des éléments sera évaluée en kN/m².

Tablier : P1

Poids propre du tablier : $P_{pt} = \gamma_b \times e_t = 25 \times 0{,}4 = 10 kN/m^2$;

Poids des guides roues :

$P_{gr} = \frac{\gamma_b \times b \times h \times n}{Lr+2e} = \frac{25 \times 0{,}25 \times 0{,}2 \times 2}{7{,}4+2 \times 0{,}25} = 0{,}32\ kN/m^2$;

Poids du revêtement : $P_{rev} = \gamma_{rev} \times e_{rev} = 24 \times 0{,}05 = 1{,}2\ kN/m^2$;

Poids du remblai : $P_{rem} = \gamma_{rem} \times e_{rem} = 21 \times 0{,}57 = 11{,}97\ kN/m^2$;

Poids des goussets supérieurs :

$P_{gouSup} = \gamma_b \times \frac{S_{gouSup} \times n}{4B+5ePd} = 25 \times \frac{0{,}3}{2} \times 0{,}6 \times 8 \times \frac{1}{4 \times 4+5 \times 0{,}35} = 1{,}01\ kN/m^2$;

Charge permanente totale du tablier :

$$\boldsymbol{P_1} = 10 + 0{,}32 + 1{,}2 + 11{,}97 + 1{,}01 = \boldsymbol{24{,}50\ kN/m^2}$$

Radier : P2

Charge permanente totale du tablier : $\boldsymbol{P_1 = 24{,}50\ kN/m^2}$

Poids propre du radier : $P_{prd} = \gamma_b \times e_{rd} = 25 \times 0{,}4 = 10\ kN/m^2$;

Poids propre des piédroits : $P_{Pd} = \frac{\gamma_b \times S \times n}{4 \times B+5 \times e_{Pd}} = \frac{25 \times 4 \times 0{,}35 \times 5}{4 \times 4+5 \times 0{,}35} = 9{,}86\ kN/m^2$;

Poids des goussets inférieurs :

$P_{gouSup} = \gamma_b \times \frac{S_{gouSup} \times n}{4B+5ePd} = 25 \times (0{,}2+0{,}5) \times \frac{0{,}3}{2} \times 8 \times \frac{1}{4 \times 4+5 \times 0{,}35} = 1{,}18\ kN/m^2$;

Charge permanente totale du radier :

$$\boldsymbol{P_2} = 24{,}50 + 10 + 9{,}86 + 1{,}18 = \boldsymbol{50{,}84\ kN/m^2}$$

Poussée des remblais sur un piédroits (rive) :Pt

$P_t(h) = Ka \times \gamma_{rem} \times H$

Avec $Ka = 0{,}33$: coefficient de poussée ;

H [m]: hauteur du remblai par rapport au point considéré ;

$\gamma_{rem} = 21kN/m3$: Poids volumique du remblai.

- $P_t(h = 0{,}82) = 0{,}33 \times 21 \times 0{,}82 = 5{,}68\ kN/m^2$;
- $P_t(h = 4{,}82) = 0{,}33 \times 21 \times 4{,}82 = 33{,}40\ kN/m^2$;
- La surcharge du remblai : $Pq = 0{,}33 \times 10 = 3{,}3\ kN/m^2$;

Calcul de surcharges routières à appliquer

- Hypothèses et règlementation :

Les surcharges routières à prendre en compte sont régies par le fascicule 61 Titre 2 à savoir :

- La surcharge A(l) ;
- Le système de charges B (sous-système Bc, sous-système Bt, sous-système Br) ;
- La surcharge militaire : Système Mc120.

Estimation des surcharges routières :

- ✓ Surcharge A(l)

Cette surcharge estimée en kN/m² et pondérée par les coefficients a1 et a2 se calcule de la manière suivante :

$A(L) = 2{,}30 + \frac{360}{L+12}$ avec L, la longueur chargée exprimée en [m]. L = 17,75m

$$A(L) = 2{,}30 + \frac{360}{17{,}75 + 12} = 14{,}40\ kN/m^2$$

A(l) pondérée est calculée comme suit :

$A(L) = A(l) \times a1 \times a2$

Le tableau ci-dessous permet de définir le coefficient a1

Détermination de a_1						
Nombre de voies chargées		1	2	3	4	>5
Classe du pont	Première	1	1	0,9	0,75	0,7
	Deuxième	1	0,9	---	---	---
	Troisième	0,9	0,8	---	---	---

Le dalot étant de classe 1 et de 2 voies, **a1=1**

Le coefficient a2 se détermine par :

$a2 \times \frac{v_0}{v}$ où V est la largeur d'une voie et V_0 est fonction de la classe du dalot comme indiqué dans le tableau ci-dessous

Classe du pont	V_0
I	3,5 m
II	3,0 m
III	2,75 m

Pont de classe 1, V_0 = 3,50m et V =3,70m. D'où a2 = 0,95

Alors $\boldsymbol{A(L)} = 14{,}40 \times 1 \times 0{,}95 = \mathbf{13{,}68\ kN/m^2}$

- ✓ Le système de charge B

Les différents sous-systèmes de ce système sont affectés d'un coefficient de majoration dynamique et se calculent à travers la formule suivante :

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

Avec :

- L[m] =Max(la longueur de travée ; largeur roulable) ;
- G [kN]: la charge permanente de l'élément considéré ;
- S [kN] : Poids total maximal des essieux du système possible d'être disposés sur la longueur L ;

La charge S dans les calculs est affectée d'un coefficient lié au sous-système notamment bc, bt et br

- Le sous-système Bc

Ce sous-système se compose de camions types, de poids individuel égal à 30t à l'essieu. Pour le chargement, l'on peut disposer autant de files de deux (02) camions au maximum que de voies disponibles pour la circulation. Pour tenir compte de la dégressivité, un coefficient de pondération « bc » (dégressivité transversale) est affecté à ce sous-système et est fonction à la classe de l'ouvrage et du nombre de voies chargées comme indiqué dans le tableau ci-après.

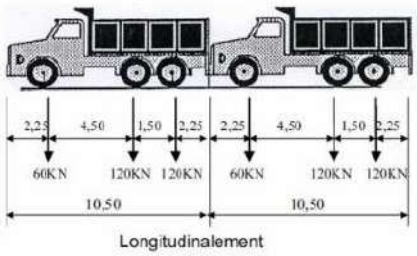
Tableau 3: Valeur du coefficient bc en fonction de la classe de l'ouvrage et du nombre de voies chargées

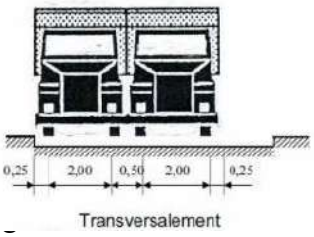
Nombre de files considérées		1	2	3	4	⩾ 5
Classe du pont	Première***	1.20	1.10	0.95	0.8	0.7
	Deuxième	1.00	1.00	–	–	–
	Troisième	1.00	0.8	–	–	–

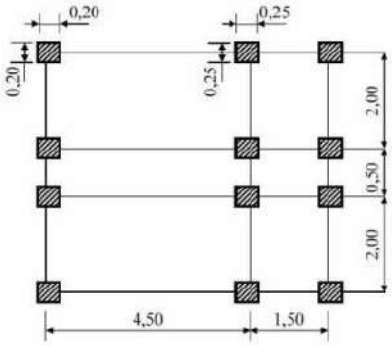
Ainsi, **bc = 1,10** relativement au projet.

La figure ci-dessous présente la configuration du sous-système Bc.

✓ sous-système Bc







Déterminat

Etant donn 2 camions

Bc sur l'ou

- La surcharge maximale Bc majorée est :

$$\boldsymbol{S} = (300 \times 2 + 240 \times 2) \times 1{,}1 = \mathbf{1\ 188\ kN}$$

- La charge permanente du tablier en kN : Gtab

$$\boldsymbol{G} = P1 \times Stab = 24{,}50 \times 11{,}45 \times 17{,}75 = \mathbf{4\ 979{,}32\ kN}$$

  - $\delta_{bctablier} = 1 + \frac{0{,}4}{1+0{,}2\times2\times3{,}7} + \frac{0{,}6}{1+4\times\frac{4979{,}32}{1188}}$; $\boldsymbol{\delta_{bctablier} = 1{,}20}$

- La charge permanente du radier en kN : Grad

$$\boldsymbol{G} = P2 \times Srad = 50{,}84 \times 11{,}45 \times 17{,}75 = \mathbf{10\ 332{,}59\ kN}$$

  - $\delta_{bcradier} = 1 + \frac{0{,}4}{1+0{,}2\times(2\times3{,}7)} + \frac{0{,}6}{1+4\times\frac{10332{,}59}{1188}}$; $\boldsymbol{\delta_{bcradier} = 1{,}18}$

✓ Le sous-système Bc Niger (espace UEMOA)

Comme représenté sur la figure 2, ce sous-système obéit au même principe que le précédent mais le poids du camion individuel est égal à 42t à l'essieu.

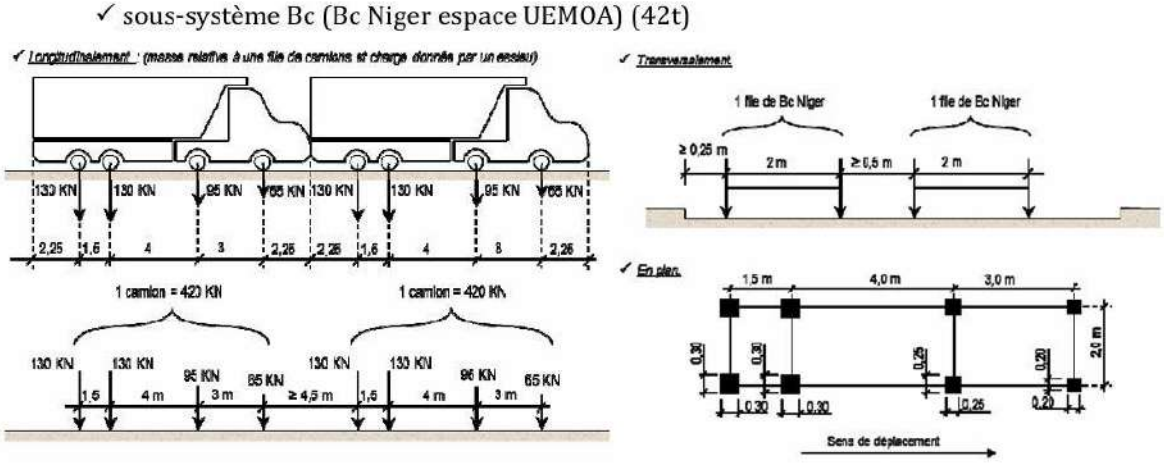


Figure 6: Disposition des camions du sous-système Bc Niger

Détermination du coefficient de majoration dynamique δ_{bc}

Tout comme le système Bc il est possible de disposer 2 files de 2 camions Bc Niger sur l'ouvrage. Ainsi :

- La surcharge maximale Bc Niger majorée est :

$$\boldsymbol{S} = (420 \times 2 + 260 \times 2) \times 1{,}1 = \mathbf{1\,496\ kN}$$

  - $\delta_{bcNgtablier} = 1 + \frac{0{,}4}{1+0{,}2\times2\times3{,}7} + \frac{0{,}6}{1+4\times\frac{4979{,}32}{1496}}$; $\boldsymbol{\delta_{bcNgtablier} = 1{,}20}$
  - $\delta_{bcNgradier} = 1 + \frac{0{,}4}{1+0{,}2\times(2\times3{,}7)} + \frac{0{,}6}{1+4\times\frac{10332{,}59}{1496}}$; $\boldsymbol{\delta_{bcNgradier} = 1{,}18}$

✓ Le sous-système Bt

Ce sous-système Bt se compose de deux (02) tandems à deux (02) essieux de quatre (04) roues chacun avec un poids de 16t par essieu. Dans le sens transversal, le nombre de camions est limité à deux (02) et est valable uniquement pour les ouvrages de première et deuxième classe. Tout comme le sous-système Bc, un coefficient de pondération est également considéré pour ce sous-système et est pris égal à **bt=1** pour la première classe et **bt= 0,9** pour la deuxième classe. Ainsi, il convient de retenir pour le projet bt=1 car ouvrage de classe 1. La figure 3 ci-dessous présente la configuration du sous-système Bt

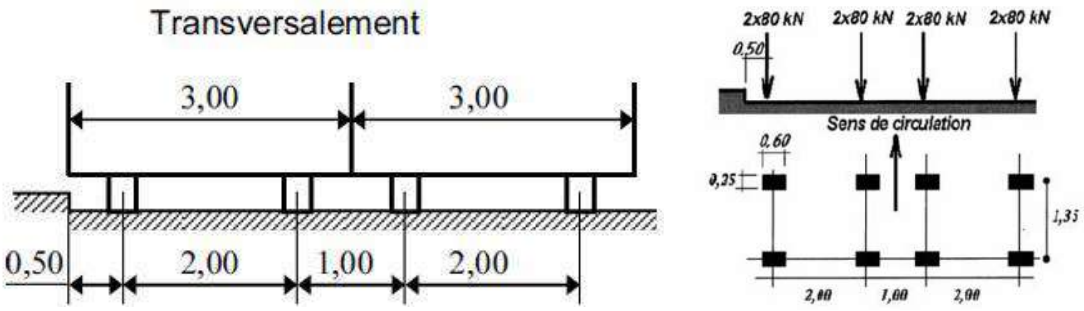


Figure 7 : Disposition des camions du sous-système Bt

Détermination du coefficient de majoration dynamique δ_{bt}

- La surcharge maximale Bt majorée est :

$$\boldsymbol{S = (160 \times 4) \times 1 = 640\ kN}$$

- $\delta_{bttablier} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2\times2\times3,7} + \frac{0,6}{1+4\times\frac{4979,32}{640}}$; $\boldsymbol{\delta_{bttablier} = 1,18}$
- $\delta_{btradier} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2\times(2\times3,7)} + \frac{0,6}{1+4\times\frac{10332,59}{640}}$; $\boldsymbol{\delta_{btradier} = 1,17}$

Selon que ce soit le sous-système Bc ou Bt, la charge de calcul vaut : $\boldsymbol{Q = \gamma_Q \times \delta \times b \times B}$

Avec :

- $b = bc\ ou\ bt$ selon le cas ;
- à l'ELS, $\gamma_Q = 1,2$ et 1,6 à l'ELU .
- B = la charge surfacique appliquée en kN/m²

Pour toutes les charges du système B, on prendra $\delta = Max(\delta_{Bc}\ ;\ \delta_{Bt})$. D'où

$\boldsymbol{\delta_{btablier} = 1,20}$ et $\boldsymbol{\delta_{bradier} = 1,18}$

- ✓ Le système de charge Br

Ce système comporte une roue isolée diffusant un effort de 10t à travers une surface d'impact de 0,6x0,3 m² (la dimension 0,6, perpendiculaire à l'axe de déplacement des véhicules, représente la surface au sol de roues jumelées). Le coefficient de majoration du sous-système Bt est également affecté au système Br. La figure 4 présente le système Br

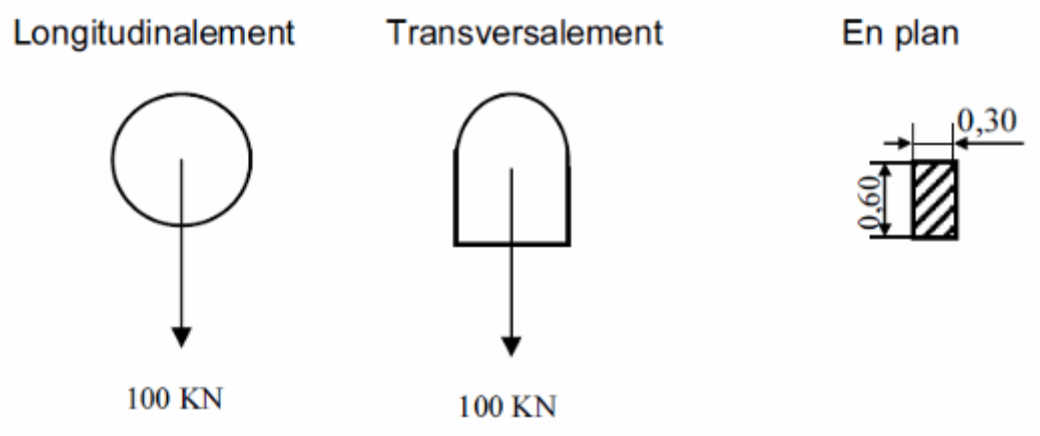


Figure 8 Le système de charge Br

Détermination du coefficient de majoration dynamique δ_{br}

Avec S=100 kN,

- $\delta_{brtablier} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2\times2\times3,7} + \frac{0,6}{1+4\times\frac{4979,32}{100}}$; $\boldsymbol{\delta_{brtablier} = 1,16}$
- $\delta_{brradier} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2\times(2\times3,7)} + \frac{0,6}{1+4\times\frac{10332,59}{100}}$; $\boldsymbol{\delta_{brradier} = 1,16}$

✓ Les sous-systèmes Mc80 et Mc120

Ils se composent d'un char militaire reposant sur deux (02) chenilles de 36t chacune pour le Mc80 et 55t pour le Mc120, repartie sur toute la largeur de la chaussée.

Les figures ci-dessous en donnent les détails respectifs.

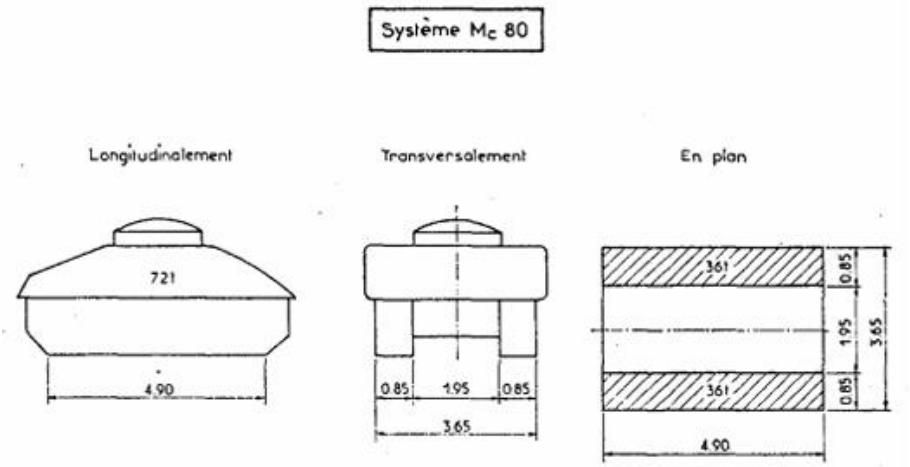


Figure 9 Le sous-système Mc80

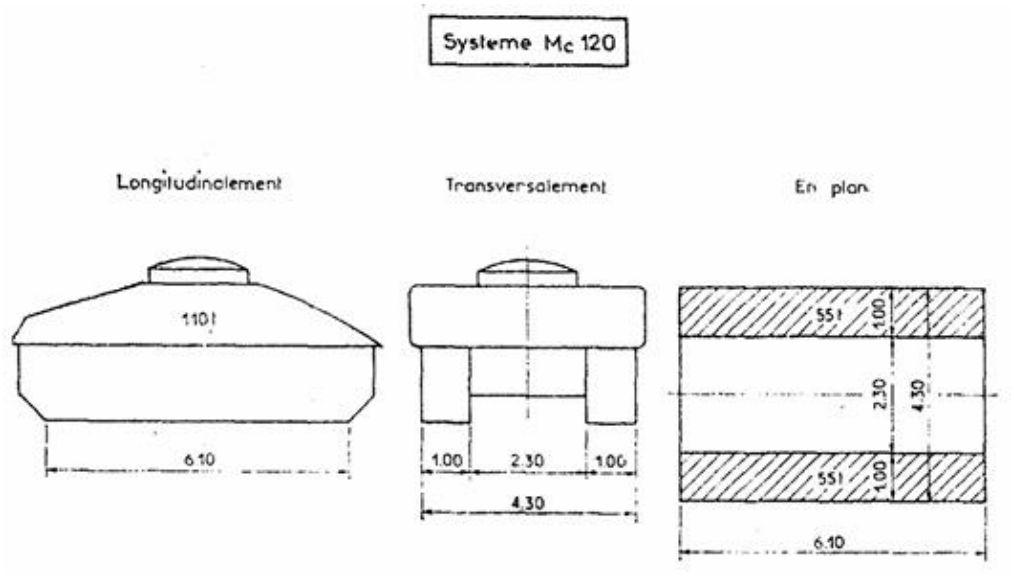


Figure 0 : Le sous-système Mc120

Pour le dimensionnement, seul la surcharge Mc120 sera utilisé car considérée comme la plus défavorable vis-à-vis de celle de Mc80 et il sera possible de disposer un seul char Mc120 sur l'ouvrage. Alors :

- $\boldsymbol{S = 550 \times 2 = 1\,100\ kN}$
- $\delta_{Mc120tablier} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2\times2\times3,7} + \frac{0,6}{1+4\times\frac{4979.32}{1100}}$; $\boldsymbol{\delta_{brtablier} = 1,19}$
- $\delta_{Mc120radier} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2\times(2\times3,7)} + \frac{0,6}{1+4\times\frac{10332,59}{1100}}$; $\boldsymbol{\delta_{brradier} = 1,17}$

Autres surcharges routières liées à l'exploitation

Selon le fascicule 61 Titre 2, vis-à-vis de l'usage de l'ouvrage, plusieurs cas de surcharges sur remblais sont à prendre en compte dont la valeur est de 10 kN/m². Il s'agit des cas de surcharges telles que :

- La surcharge droite ;
- La surcharge gauche ;
- La surcharge gauche-droite ;

Détermination des charges dimensionnantes

- Coefficients de pondérations :

En fonction de la nature des charges, un coefficient de pondération est affecté selon qu'on soit à l'ELS ou à l'ELU comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Coefficient de pondération à l'ELS et à l'ELU

Nature de charge	ELS	ELU
Charge permanente	1	1,35
Convoi normal (A,B)	1,2	1,6
Convoi militaire(M)	1	1,35
Surcharge sur remblai	1,2	1,6
Charge hydrodynamique	1	1,35

Dans la combinaison des charges, ces coefficients sont multipliés par les coefficients de majoration dynamique des différents systèmes de chargement.

- Combinaison des charges

Combinaison de charges à l'ELU

ELU surcharges	Combinaison de charge
A(L)	$1{,}35G + 1{,}6\ (A(L) + Strottoir)$
Bc	$1{,}35G + 1{,}6Strottoir + Q_{Bc}$
BcNiger	$1{,}35G + 1{,}6Strottoir + Q_{Bc\text{Nier}}$
Bt	$1{,}35G + 1{,}6\ Strottoir + Q_{Bt}$
Br	$1{,}35G + 1{,}6\ Strottoir + Q_{Br}$
Mc120	$1{,}35G + 1{,}6\ Strottoir + Q_{Mc120}$

Combinaison de charges à l'ELS

ELS surcharges	Combinaison de charge
A(L)	$G + 1{,}2\ (A(L) + Strottoir)$
Bc	$G + 1{,}2Strottoir + Q_{Bc}$
BcNiger	$G + 1{,}2Strottoir + Q_{Bc\text{Nier}}$
Bt	$G + 1{,}6\ Strottoir + Q_{Bt}$
Br	$G + 1{,}2\ Strottoir + Q_{Br}$
Mc120	$G + 1{,}2\ Strottoir + Q_{Mc120}$

4. Dimensionnent structural du dalot : usage du logiciel RSA

À la suite de la descente de charge et des différentes combinaisons manuelles et avec le logiciel RSA, la combinaison avec la surcharge Bt est visiblement défavorable à l'ouvrage, donc sera considérée pour un dimensionnement optimal et sécuritaire avec un convoi Bt de 2 files.

a. Principe de dimensionnement des différents éléments

- Le tablier

En considérant une cellule de cadre fermé, le tablier s'appuyant sur les piédroits se dimensionne en flexion simple tout comme une poutre sur deux (02) appuis de largeur b=1m.

- Le moment maximal de dimensionnement s'obtient par la formule :

$M_{max} = \frac{PL^2}{8}$ où P :la charge issue de la combinaison considérée et L : la portée du tablier

Le calcul des aciers se fait à travers la méthodologie suivante : à l'ELS

- Calcul de α_{ser}

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

- Détermination de la position de la fibre neutre : y_{ser}

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \times d$$

- Calcul du moment résistant du béton : Mserb

$$M_{serb} = \frac{1}{2}\sigma_{bc} \times b_0 \times d^2 \times \alpha_{ser}\left(1 - \frac{1}{3}\alpha_{ser}\right)$$

- Comparaison : Mser et Mserb
  - Si Mser < Mserb alors il n'y a pas d'aciers comprimés.
  - Si Mser >Mserb alors nécessité d'aciers comprimés (à disposer en partie supérieure).
- Calcul de Zser :

$$z_{ser} = d\left(1 - \frac{1}{3}\alpha_{ser}\right)$$

- Calcul de la section d'acier : Ast

$A_{st} = \frac{Mser}{Zser \times \sigma_s}$ (pour le premier cas)

$A_{sc} = \frac{Mser - Mserb}{(d-d') \times \sigma_{sc}}$ (aciers comprimés pour le second cas)

Cette section sera comparée à la section d'acier minimal requise dans le béton à travers la condition de non-fragilité (acier de fissuration)

- Condition de non-fragilité : CNF

$$A_{smin} = 0{,}23 b_0 d \frac{ft28}{fe}$$

➢ Les piédroits

Les piédroits sont de deux (02) types :

Les piédroits de rives, soumis aux efforts de compression et à un moment de flexion sous l'action du remblai sont dimensionnés en flexion composée et les piédroits intérieurs sont sollicités uniquement en compression.

- Principe de dimensionnement des piédroits extrêmes

Ils se dimensionnent comme les parois de soutènement avec un effort normal de compression et une section de bxh où b=0,35m et h=1m

- Sollicitations à l'ELS

– Effort normal transmis par le tablier : Nser

$$N_{ser} = Pp_d + Ppd_{Bc} + Pp_{dt} + P_t$$

– Moment de flexion induit par le poids du remblai et de la surcharge sur remblai : Mser

$$M_{ser} = \frac{P_t h^2}{3} + \frac{qh}{2}$$

- Calcul de l'excentricité : e_{ser}

$$e_{ser} = \frac{M_{ser}}{N_{ser}}$$

- Etat de la section comprimée :

– $si\ e < \frac{B}{6}, la\ section\ est\ dite\ entièrement\ comprimée\ (SEC)$

– $si\ e > \frac{B}{6}, la\ section\ est\ dite\ partiellement\ comprimée\ (SPC)$

Avec B=b=0,35m

- Calcul de e_A

$$e_A = e + (d - 0{,}5e1)$$

- Calcul de moment fictif : Mserf

$$M_{serf} = N_{ser} \times e_A$$

- Position de la fibre neutre : y_{ser}

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \times d$$

- Calcul du bras de levier : z_{ser}

$$z_{ser} = d\left(1 - \frac{1}{3}\alpha_{ser}\right)$$

- Calcul du moment résistant du béton : Mserb

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

Comparaison de moments :

- Si Mser < Mserb alors il n'y a pas d'aciers comprimés.
- Si Mser >Mserb alors nécessité d'aciers comprimés (à disposer en partie supérieure).
  - Calcul de la section d'acier : As

$$A_{st} = \frac{M_{serf}}{z_{ser}\sigma_s} - \frac{N_{ser}}{\sigma_s}$$

- Condition de non-fragilité : CNF

$$A_{smin} = 0{,}23 b_0 d \frac{ft28}{fe}$$

- Principe de dimensionnement des piédroits internes

Ils se dimensionnent comme un poteau en compression avec une section de bxh où b=0,35m et h=1m.

La méthodologie de dimensionnement consiste à :

- Vérifier l'élancement :λ

$\lambda = 2\sqrt{3} \times \frac{lf}{b}$ avec $lf =$

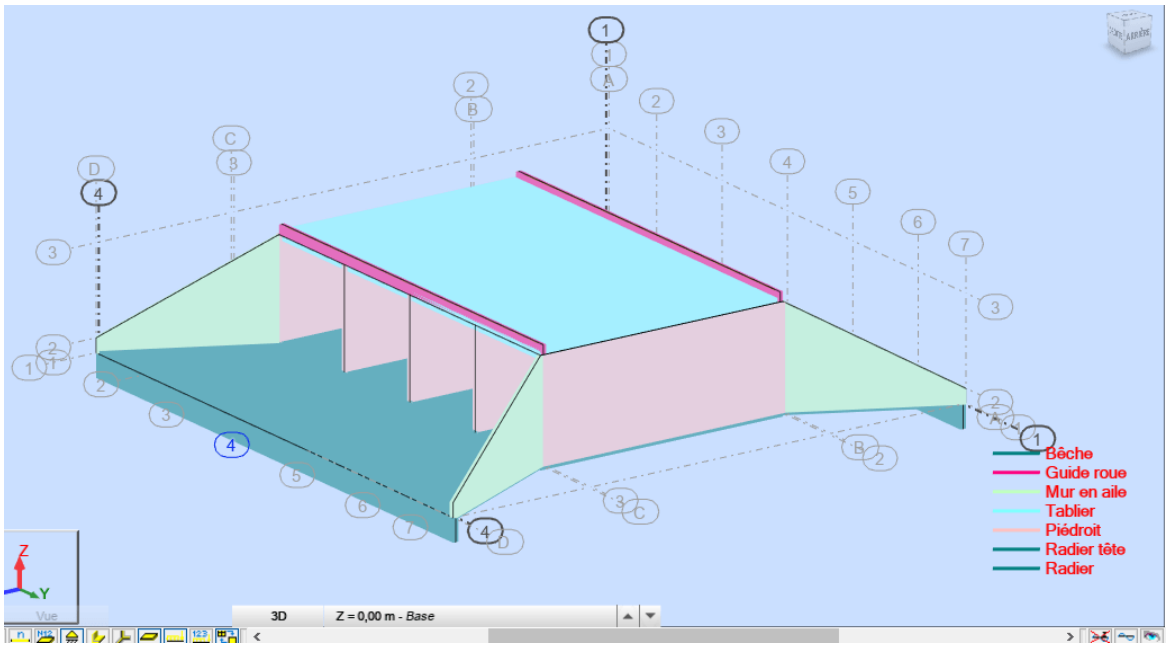
- Calculer la section théorique des aciers :A_{th}

$$A_{th} \geq \left\lceil \frac{N}{\alpha} - \frac{Brfc28}{0{,}9\gamma_b} \right\rceil \times \frac{\gamma_s}{fe}$$

- Le radier

A la différence du tablier, le radier se comporte comme un tablier inversé c'est à dire le ferraillage est disposé de façon opposée à celui du tablier, sinon il obéit au même principe de dimensionnement.

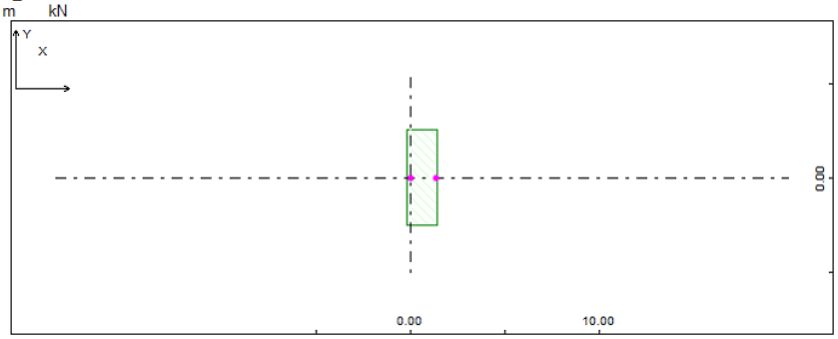
b. Modélisation de la structure de l'ouvrage



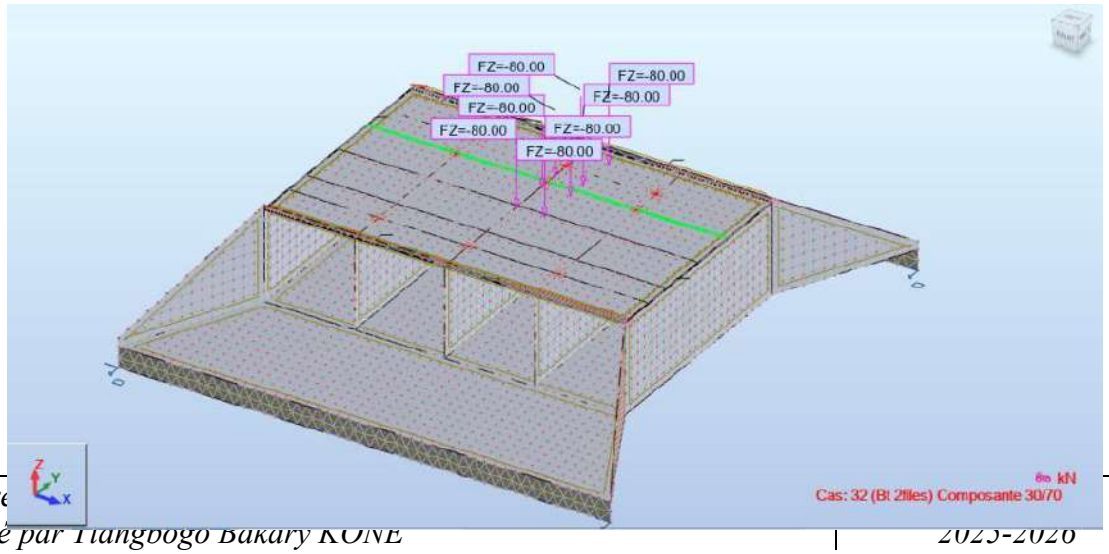
c. Chargement : charge roulante convoi Bt 2 files

Définition du convoi:

Nom: Convoi Bt 2 files
Catalogue de convois: V_No name.xml
Unités: m kN



Force concentrée	1	FZ =	80.000	X =	0.000	S =	1.000
Force concentrée	2	FZ =	80.000	X =	0.000	S =	5.000
Force concentrée	3	FZ =	80.000	X =	1.350	S =	1.000
Force concentrée	4	FZ =	80.000	X =	1.350	S =	5.000



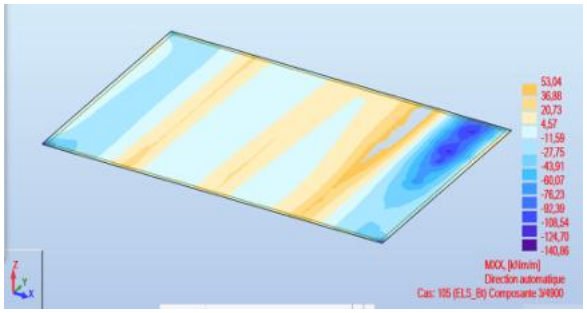
d. Visualisation des résultats

➢ Corps du dalot

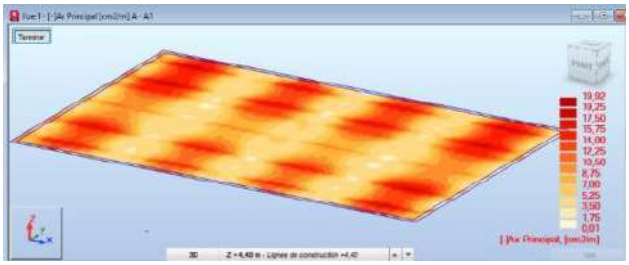
Moment dimensionnant

Section d'aciers théorique

Traverse supérieure



Tablier	MXX [kNm/m]	MYY [kNm/m]	MXY [kNm/m]
Appui			
MAX	116,47	29,57	41,63
Panneau	2	2	2
Noeud	3630	838	142
Cas	ELS_Bt/357	ELS_Bt/4123	ELS_Bt/4545
Travée			
MIN	-156,96	-82,16	-19,25
Panneau	2	2	2
Noeud	142	2826	1
Cas	ELS_Bt/4545	ELS_Bt/3977	ELS_Bt/1

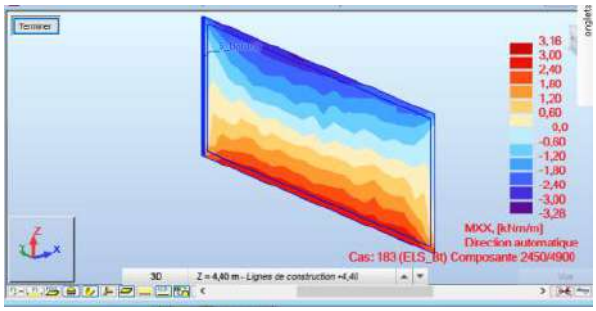


Tablier	[-]Ax Principal [cm2/m]	[-]Ay Perpendiculaire [cm2/m]	[+]Ax Principal [cm2/m]	[+]Ay Perpendiculaire [cm2/m]
MAX	19,73	10,22	14,47	6,55
Panneau	2	2	2	2
Noeud	2777	2780	1609	1612
MIN	0	0	0	0
Panneau	2	2	2	2
Noeud	7	7	7	7

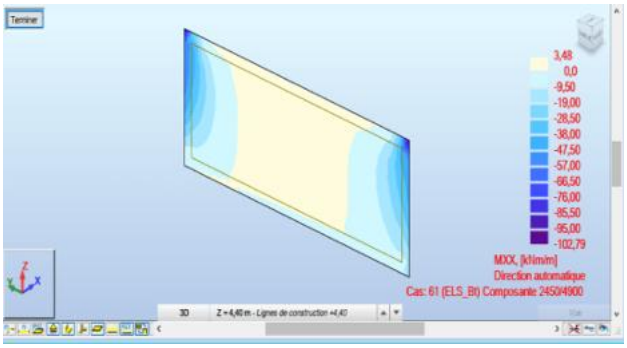
➢ Piédroits extérieurs

Moment dimensionnant

Section d'aciers théorique

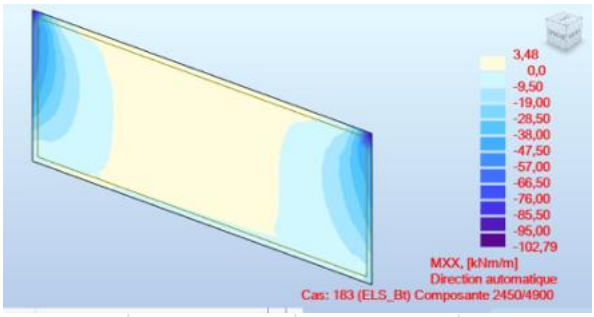


PIEDROIT EXTERIEUR	MXX [kNm/m]	MYY [kNm/m]	MXY [kNm/m]
MAX	13,51	67,37	33,22
Panneau	4	4	4
Noeud	842	646	1
Cas	ELS_Bt/4049	ELS_Bt/4545	ELS_Bt/1
MIN	-108,97	-68,72	-22,79
Panneau	4	4	4
Noeud	144	1	658
Cas	ELS_Bt/4900	ELS_Bt/1	ELS_Bt/4900



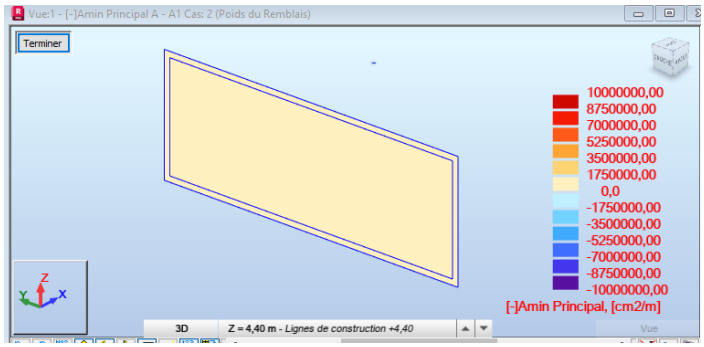
PIEDROIT EXTERIEUR	[-]Ax Principal [cm2/m]	[-]Ay Perpendiculaire [cm2/m]	[+]Ax Principal [cm2/m]	[+]Ay Perpendiculaire
MAX	32,6	12,2	9,94	13,7
Panneau	4	4	4	4
Noeud	1	1	646	838
MIN	0	0,44	0	4,52
Panneau	4	4	4	4
Noeud	677	829	535	520

Moment dimensionnant



PIEDROIT INTERIEUR	MXX [kNm/m]	MYY [kNm/m]	MXY [kNm/m]
MAX	13,45	60,37	5,53
Panneau	5	5	5
Noeud	3306	1138	1128
Cas	ELS_Bt/4117	ELS_Bt/4119	ELS_Bt/3907
MIN	-11,38	-50,7	-5,1
Panneau	5	5	5
Noeud	3306	1131	1128
Cas	ELS_Bt/2984	ELS_Bt/2983	ELS_Bt/3124

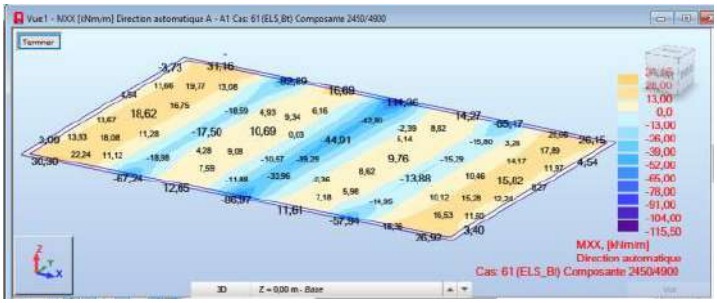
Section d'aciers théorique



PIEDROIT INTERIEUR	[-]Ax Principal [cm2/m]	[-]Ay Perpendiculaire [cm2/m]	[+]Ax Principal [cm2/m]	[+]Ay Perpendiculaire [cm2/m]
MAX	4,52	4,52	4,52	4,99
Panneau	5	5	5	5
Noeud	40	40	40	1138
MIN	0	0	0	0
Panneau	5	5	5	5
Noeud	903	901	903	901

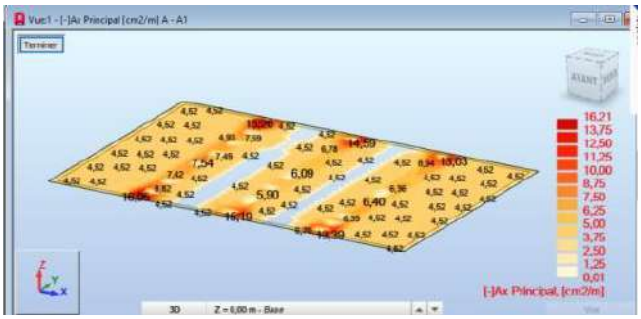
➢ Traverse inférieure

Moment dimensionnant



RADIER CORPS	MXX [kNm/m]	MYY [kNm/m]	MXY [kNm/m]
MAX	48,6	5,99	21,79
Panneau	1	1	1
Noeud	2548	1937	336
Cas	ELS_Bt/4545	ELS_Bt/4405	ELS_Bt/1137
MIN	-168,93	-121,85	-21,73
Panneau	1	1	1
Noeud	1121	1121	859
Cas	ELS_Bt/3480	ELS_Bt/3551	ELS_Bt/4545

Section d'aciers théorique



RADIER CORPS	[-]Ax Principal [cm2/m]	[-]Ay Perpendiculaire [cm2/m]	[+]Ax Principal [cm2/m]	[+]Ay Perpendiculaire [cm2/m]
MAX	16,05	14,91	10,46	4,52
Panneau	1	1	1	1
Noeud	2036	1317	2615	863
MIN	0	0	0	0
Panneau	1	1	1	1
Noeud	862	862	862	336

II. Caniveau : Surcharges routières à appliquer

1. Description du chargement
   - Le véhicule est doté d'une charge fixe de 32 t en PTAC, avec un poids de 6t par roue ;
   - La distance entre le piédroit et la roue est prise égale à 30cm
2. Hypothèses

Béton	Acier	Sol
• Fissuration considérée préjudiciable • f_{c28} = 25 MPa	• Enrobage e_n = 3 cm • L'acier utilisé est de type Fe 400	• La masse volumique du sol est supposée égale à 2 T/m³ • L'angle de frottement est fixé à 30° • Le coefficient de poussée des sols est fixé à 0.333 • La contrainte admissible du sol est de 0,15 MPa

3. Calculs préliminaires

Béton	Acier
$f_{t28} = 0.6+0.06*f_{c28} \leftrightarrow f_{t28} = 2{,}1$ Mpa $f_{bu}=\frac{0.85*f_{c28}}{1.5} \leftrightarrow f_{bu} = 14{,}17$ Mpa $\sigma_{bc} = 0.6*f_{c28} \leftrightarrow \sigma_{bc} = 15$ Mpa	$F_{ed} = \frac{f_e}{1.15} \leftrightarrow f_{ed} = 347{,}83$ Mpa $\sigma_s = 201{,}63$ Mpa

4. Normes de calculs

Les chargements à considérer sont définis par le BAEL 91mod. 99 en son fascicule 61 Titre II.

5. Cas des chargements étudiés
   - **Dallette** : assimilée à une dalle pleine portant dans un sens, elle est sollicitée par une roue isolée de 6t en stationnement ;
   - **Piédroits / voiles** : servant de points d'appuis pour la dallette, ils sont soumis aux efforts transmis par la dallette et aux poussées exercées par une roue de 10t stationnée à proximité immédiate de la paroi du piédroit ;
   - **Radier** : il est étudié sous les efforts qui lui sont transmis par les piédroits ainsi que la réaction du sol.
6. Géométrie du caniveau

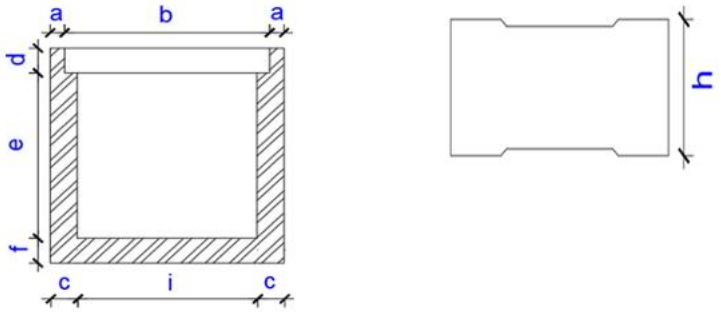
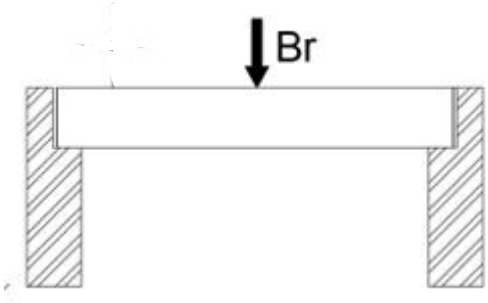


Tableau 4: Récapitulatif des paramètres géométriques du caniveau

Dimensions [m]	a	b	c	d	e	f	g=c-a	h	i
Caniveau 1,05x1,00	0,08	1,24	0,2	0,2	1,05	0,2	0,12	0,5	1

✓ **Calcul de la dallette**

Elle sera étudiée en considérant la charge d'une roue isolée de 6t du système Bc en stationnement.



1. Détermination des charges

– **Charge permanente : G**

Le poids volumique du béton : $\gamma_B = 25\ kN/m3$;

– **Charge d'exploitation : Q**

Poids total en charge d'un camion de 3 essieux (PTAC = 32t) : Bc = 60 kN

2. Evaluation des sollicitations

- Poids propre de la dallette : Ppd

$P_{Pd} = e_d \times \gamma_B \times b$; $P_{Pd} = 0{,}2 \times 25 \times 1 = \mathbf{5kN/ml}$

- Moment engendré par le poids propre de la dallette : M_{Ppd}

$MP_{Pd} = Ppd \times \frac{(b-2g)^2}{8}$; $MP_{Pd} = 5 \times \frac{(1-2\times0,12)^2}{8} = \mathbf{0,36kN.m}$

- Moment dû à la surcharge Bc : MBc

$M_{Bc} = Bc \times \frac{(b-2g)}{4}$; $M_{Bc} = 60 \times \frac{(1-2\times0,12)}{4} = \mathbf{11,40kN.m}$

- Combinaison des moments :

ELS : Mser = M_{Ppd} + M_{Bc} = 0,36 + 11,4 ;

Mser = 11,76kN.m

ELU : Mu = 1,35 M_{Ppd} + 1,5 M_{Bc} = 1,35 x0,36 + 1,5x11,4

Mu = 17,59kN.m

- Calcul de section d'acier : As
  - A l'ELU :

o Calcul de μ_u

$\mu_u = \frac{Mu}{b0d^2fbu}$; avec b_0= 1m ; d=0,9h = 0,9x0,2 = **0,18**m

$\mu_u = \frac{17,59 \times 10^{-3}}{1 \times 0,18^2 \times 14,17} = \mathbf{0,04}$

o Comparaison :

$\mu_{AB} = 0,186 > \mu_u = 0,04$, alors nous sommes en pivot A.

o Calcul de α_u

$\alpha_u = 1,25 \times \left(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}\right)$

$\alpha_u = 1,25 \times \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,04}\right) = \mathbf{0,05}$

o Calcul de z_u

$z_u = d(1 - 0,4\alpha_u)$

$z_u = 0,18(1 - 0,4 \times 0,05) = \mathbf{0,18m}$

o Section d'acier : Ast

$A_{st} = \frac{Mu}{Zu \times fsu} = \frac{17,59 \times 10}{0,18 \times 347,83} = \mathbf{2,81cm^2}$

A l'ELU, **Ast = 2,81cm²** obtenue comme section d'acier théorique qui doit être vérifiée à l'ELS afin de tirer une conclusion.

- Vérification à l'ELS

- Calcul de α_{ser}

$$\alpha_{ser} = n\frac{\sigma_{bc}}{n\sigma_{bc} + \sigma_s} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201{,}63} = \mathbf{0,527}$$

- Détermination de la position de la fibre neutre : y_{ser}

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \times d = 0{,}527 \times 0{,}18 = \mathbf{0,095m}$$

- Calcul du moment résistant du béton : Mserb

$$M_{serb} = \frac{1}{2}\sigma_{bc} \times b_0 \times d^2 \times \alpha_{ser}\left(1 - \frac{1}{3}\alpha_{ser}\right)$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times 15 \times 1 \times 0{,}18^2 \times 0{,}527\left(1 - \frac{1}{3} \times 0{,}527\right) \times 10^3 = \mathbf{110\ kN.m}$$

- Comparaison : Mser et Mserb

Mser = 11,76 kN.m < Mserb = 110 kN.m, donc il n'y a pas d'aciers comprimés.

- Calcul de Zser :

$$z_{ser} = d\left(1 - \frac{1}{3}\alpha_{ser}\right) = 0{,}18\left(1 - \frac{1}{3} \times 0{,}527\right) = \mathbf{0,15m}$$

- Calcul de la section d'acier : Ast

$$A_{st} = \frac{Mser}{Zser \times \sigma_s} = \frac{11{,}76 \times 10}{0{,}15 \times 201{,}63} = \mathbf{3,89cm^2}$$

- Condition de non-fragilité : CNF

$$A_{smin} = 0{,}23 b_0 d\frac{ft28}{fe} = 0{,}23 \times 100 \times 18 \times \frac{2{,}1}{400} = \mathbf{2,17cm^2}$$

- Récapitulatif :

$$\left.\begin{array}{l} ELU : Ast = 2{,}81cm^2 \\ ELS : Ast = 3{,}89cm^2 \\ CNF : Asmin = 2{,}17cm^2 \end{array}\right\}, alors\ il\ convient\ de\ retenir\ Ast\ \text{à}\ l'ELS\ (la\ section\ maximale).$$

$D'ou\ \boldsymbol{As = Ast\ (ELS) = 3,89cm^2}$ qui sera utilisée pour le ferraillage de la dallette.

Etant donné que l'épaisseur de la dallette fait 20cm, cette section sera départagée par face pour un ferraillage à deux (02) nappes.

Ainsi, As/face = As/2 = 1,95cm² < Asmin. Nous prendrons **As/face = 2,17cm²**

- Choix d'acier :

$$\boldsymbol{A_{réel/face} = 2{,}51cm^2\ soit\ 5HA8/ml\ espacés\ de\ 20cm}$$

- Acier de répartition par face : Ar/f

$Ar/_f = \frac{1}{3} Aréel/face$ qui sera inférieure à Asmin visiblement.

D'où Ar/**f = 2 ,51 cm² soit 5HA8/ml espacés de 20cm**

- ✓ **Calcul des piédroits (Voiles)**

Le calcul sera fait pour un (01) seul piédroit et sera affecté à l'ensemble

- Poids de la dallette sur un piédroits :

$$Pp_d = \frac{Ppd}{2} = \frac{5}{2} = 2{,}5kN/ml$$

- Action d'une roue sur le piédroit : PpBc

$$Pp_{Bc} = \frac{Bc}{2} = \frac{60}{2} = 30kN/ml$$

- Poids propre du piédroit : Ppdt

$$Pp_{dt} = \gamma_b \times (h \times e + a \times e) \times 1ml$$

$$Pp_{dt} = 25 \times (1{,}05 \times 0{,}2 + 0{,}08 \times 0{,}2) \times 1ml = 5{,}65kN/ml$$

- Poussée des terres : Pt

$$P_t = \frac{1}{2}\gamma_{sol} \times Ka \times (h + e)^2 = 0{,}5 \times 21 \times 0{,}33 \times (1{,}05 + 0{,}2)^2 = 5{,}41kN/ml$$

- Surcharge sur le remblai : q

$$q = \gamma_q \times Ka \times (h + e) = 10 \times 0{,}33 \times (1{,}05 + 0{,}2) = 4{,}13 kN/ml$$

- Calcul de sollicitations à l'ELS

– Effort normal : Nser

$$N_{ser} = Pp_d + Ppd_{Bc} + Pp_{dt} + P_t$$

$$N_{ser} = 2{,}5 + 30 + 5{,}65 + 5{,}41 = \mathbf{43{,}56\ kN/ml}$$

– Calcul de moment : Mser

$$M_{ser} = \frac{P_t h^2}{3} + \frac{qh}{2} = \frac{5{,}41 \times 1{,}05^2}{3} + \frac{4{,}13 \times 1{,}05}{2} = \mathbf{4{,}16 kN.m}$$

– Calcul de l'excentricité : e_{ser}

$$e_{ser} = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{4{,}16}{43{,}56} = \mathbf{0{,}1m}$$

– Etat de la section comprimée :

- $si\ e < \frac{B}{6}, la\ section\ est\ dite\ entièrement\ comprimée\ (SEC)$
- $si\ e > \frac{B}{6}, la\ section\ est\ dite\ partiellement\ comprimée\ (SPC)$

Avec B=b=0,2m

$$\frac{B}{6} = \frac{0{,}2}{6} = 0{,}033m < e = 0{,}1m\ , alors\ SPC$$

– Calcul de e_A

$$e_A = e + (d - 0{,}5e1) = 0{,}1 + (0{,}18 - 0{,}5 \times 0{,}2) = \mathbf{0{,}18m}$$

– Calcul de moment fictif : Mserf

$$M_{serf} = N_{ser} \times e_A = 43{,}56 \times 0{,}18 = \mathbf{7{,}84\ kN.m}$$

– Position de la fibre neutre : y_{ser}

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \times d = 0{,}527 \times 0{,}18 = \mathbf{0{,}1m}$$

– Calcul du bras de levier : z_{ser}

$$z_{ser} = d\left(1 - \frac{1}{3}\alpha_{ser}\right) = 0{,}18 \times \left(1 - \frac{0{,}527}{3}\right) = \mathbf{0,15m}$$

– Calcul du moment résistant du béton : Mserb

$$M_{serb} = \frac{1}{2}\sigma_{bc} \times b_0 \times y_{ser} \times z_{ser} = 0{,}5 \times 15 \times 1 \times 0{,}1 \times 0{,}15 \times 10^3 = \mathbf{112,5\ kN.m}$$

$M_{serb} > M_{serf}, donc\ il\ n'y\ a\ pas\ d'aciers\ comprimés$

– Calcul de la section d'acier : As

$$A_{st} = \frac{M_{serf}}{z_{ser}\sigma_s} - \frac{N_{ser}}{\sigma_s} = \left(\frac{7{,}84}{0{,}15 \times 201{,}63} - \frac{43{,}56}{201{,}63}\right) \times 10 = \mathbf{0,43cm^2}$$

o Condition de non-fragilité : CNF

$$A_{smin} = 0{,}23 b_0 d \frac{ft28}{fe} = 0{,}23 \times 100 \times 18 \times \frac{2{,}1}{400} = \mathbf{2,17cm^2}$$

On a :

Ast < Asmin, alors **As = Asmin = 2,17cm²** comme section théorique d'acier par face

Il convient de retenir $\boldsymbol{As_{réel./face} = 2,51cm^2 soit\ 5HA8/ml\ esp.20cm}$

o Les aciers de répartition seront identiques aux aciers principaux

$$\boldsymbol{Ar_{/face} = 2,51cm^2 soit\ 5HA8/ml\ esp.20cm}$$

✓ **Dimensionnement du radier**

- Calcul de charges :

– Poids de la dallette : Pd

$$P_d = e_d \times \gamma_B \times l_d = 0{,}2 \times 25 \times 1 = \mathbf{5kN/ml}$$

– Poids des piédroits : Ppdt

$$Pp_{dt} = 2 \times \gamma_B \times (f \times e + a \times e) = 2 \times 25 \times (1 \times 0{,}2 + 0{,}08 \times 0{,}2) = \mathbf{10,80kN/ml}$$

– Poids propre du radier : Prad

$$P_{rad} = e_{rad} \times \gamma_B \times l_{rad} = 0{,}2 \times 25 \times 1 = \mathbf{5kN/ml}$$

– Poids de l'eau : Pe

$$P_e = \gamma_e \times H \times 1m = 10 \times 1{,}05 \times 1 = \mathbf{10,50kN/ml}$$

– Surcharge Bc :

$$P_{Br} = \frac{Bc}{0,8} = \frac{60}{0,8} = \mathbf{75\ kN/ml}$$

– Réaction du sol : Rsol

$$R_{sol} = P_{rad} + Pp_{dt} + P_d + P_e + P_{Br}$$

$$R_{sol} = 5 + 10,80 + 5 + 10,50 + 75 = \mathbf{106,3\ kN/ml}$$

- Calcul de sollicitations

– Moment fléchissant : Mser

$$M_{ser}\ \frac{R_{sol} \times L^2}{8} = \frac{106,3 \times 1^2}{8} = \mathbf{13,29kN.m}$$

– Moment résistant du béton : Mserb

Comme vu plus haut : **Mserb = 0,11MN.m**

On a Mserb > Mser, donc il n'y a pas d'aciers comprimés.

- Calcul de section d'aciers : As

– Section d'aciers tendus : Ast

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{z_{ser}\sigma_s} = \frac{13,29}{0,15 \times 201,63} \times 10 = \mathbf{4,39cm^2}$$

$$A_{st/f} = \frac{A_{st}}{2} = \frac{4,39}{2} = \mathbf{2,20cm^2}$$

– Condition de non-fragilité : CNF

$$A_{smin} = 0,23 b_0 d \frac{ft28}{fe} = 0,23 \times 100 \times 18 \times \frac{2,1}{400} = \mathbf{2,17cm^2}$$

On a :

$A_{st/f} > A_{smin}$, donc $\boldsymbol{A_s = A_{st/f} = 2,20\ cm^2}$.

Choix d'aciers :

$\boldsymbol{A_{sréel/f} = 2,51\ cm^2 soit\ 5HA8\ /ml\ \ espacés\ de\ 20\ cm}$ et

$\boldsymbol{Ar_{/face} = 2,51 cm^2 soit\ 5HA8/ml\ esp.20cm}$

III. Evaluation financière

- Devis quantitatif et estimatif

Tableau 5 : quelques panneaux utilisés pour la signalisation temporaire

DETAILS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DALOT 4x4.00x4.00

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	P.U.	MONTANT
	S/TOTAL SECTION 00				
	SECTION 100- TRAVAUX PREPARATOIRES				
101	Débroussaillage et Décapage de la terre végétale	fft	1	7 000 000	7 000 000
102	Démolition d'ouvrage existant	fft	1	3 000 000	3 000 000
	S/TOTAL SECTION 100				**10 000 000**
	SECTION 200- TERRASSEMENT GENERAUX				
201	Déblai en toute nature mis en dépôt	m3	1 366,000	7 500	10 245 000
202	Remblai provenant des emprunts	m3	863,000	4 000	3 452 000
	S/TOTAL SECTION 200				**13 697 000**
	SECTION 400-ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE				
	A) DALOT				
	Ouvrage Principal				
401	Béton de propreté C150 (épaisseur = 0,10 m)	m2	205,53	10 500	2 158 065
402	Coffrages pour ouvrages				
402a	Coffrages plans ordinaires	m2	140,81	7 000	985 670
402b	Coffrages pour parements soignés	m2	558,76	10 000	5 587 600
403	Aciers à haute adhérence	Kg	33 471,95	1 100	36 819 150
404	Béton de qualité Q350 au ciment CPA 350	m3	271,71	125 000	33 963 750
405	Badigeonnage des parements enterrés	m2	140,58	3 500	492 030
	S/TOTAL Ouvrage Principal				**80 006 265**
	Ouvrage tête				
401	Béton de propreté C150 (épaisseur = 0,10 m)	m2	44,88	10 500	471 240
402	Coffrages pour ouvrages				
402a	Coffrages plans ordinaires	m2	198,19	7 000	1 387 330
402b	Coffrages plans soignés	m2	70,20	10 000	702 000
403	Aciers à haute adhérence	Kg	17 513,62	1 100	19 264 978
404	Béton de qualité Q350 au ciment CPA 350	m3	115,10	125 000	14 387 500
405	Badigeonnage des parements enterrés	m2	93,26	3 500	326 410
	S/TOTAL Ouvrage tête				**36 539 458**
	S/TOTAL A)				**116 545 723**
	B) CANIVEAU				
401	F/P de caniveau en béton armé				
402	Dim 100x105	ml	140,00	105 000	14 700 000
403	F/P de dallettes de caniveau en béton armé				
404	Dim 100x105	ml	140,00	65 000	9 100 000
	S/TOTAL B)				**23 800 000**
	TOTAL SECTION 400				**140 345 723**

RECAPITULATIF	
DESIGNATION	**MONTANT**
SECTION 00- INSTALLATION DU CHANTIER	-
SECTION 100- TRAVAUX PREPARATOIRES	10 000 000
SECTION 200- TERRASSEMENT GENERAUX	13 697 000
SECTION 400- ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE	140 345 723
TOTAL HTVA	**164 042 723**
TOTAL TVA	**29 527 690**
TOTAL TTC	**193 570 413**

- Quantitatif des matériaux

Ces quantitatifs permettent d'assurer un meilleur suivi afin d'éviter le budgétivore

Tableau 6 : Quantitatif de béton

OH 1 4X 4.00X4.00	PARTIES D'OUVRAGE	NBRE	SURFACE	EPAISSEUR	VOLUME	ACIERS PAR PARTIES	RATIO PAR PARTIES	TOTAL BETON m3	TOTAL ACIER kg	RATIO kg/m3
TETE D'OUVRAGE	MUR EN AILE	4	17,54	0,3	21,048	3454,37	164,12	115,10	17514,04	152,16
	RADIER TETE	2	130,76	0,3	78,456	12317,9	157,00			
	GOUSSET INF	0	0	0	0	0	0			
	jonction radier tete -corps	2	0,05	17,75	1,775	0	0			
	beche	2	24,1	0,25	12,05	1361,71	113,00			
	GUIDE ROUE	2	3,55	0,25	1,775	377,05	212,42			
CORPS	RADIER	1	203,24	0,4	81,296	15442,86	161,72	271,71	33472,68	123,19
	TABLIER	1	203,24	0,4	81,296	9997,06	89,18			
	GOUSSET INF ext	2	0,4	11,45	9,16	0	0			
	GOUSSET INF int	3	0,63	11,45	21,6405	0	0			
	GOUSSET SUP ext	2	0,2	11,45	4,58	0	0			
	GOUSSET SUP int	3	0,28	11,45	9,618	0	0			
	PIEDROITS INT	3	36,64	0,35	38,472	3174,86	82,52			

	PIEDROITS EXT	2	36,64	0,35	25,648	4857,9	189,41			

BP	PARTIES D'OUVRAGE	NBRE	SURFACE	EPAISSEUR	VOLUME	TOTAL
TETE D'OUVRAGE	RADIER	2	44,88	0,1	8,976	8,98
CORPS	RADIER	1	205,53	0,1	20,553	20,55

Tableau 7 : Quantitatif de coffrage

QUANTITATIF COFFRAGE DALOT 4X4,00X4,00						
CORPS DE L'OUVRAGE				TETE DE L'OUVRAGE		
Coffrage béton propreté						
Ordiaire	7,53	m²		Ordiaire	7,53	m²
Coffrage radier				Coffrage radier		
Ordiaire	9,16	m²		Ordiaire	22,58	m²
Coffrage tablier						
Ordiaire	23,36	m²				
Soigné	183,2	m²				
Coffrage piédroits				Coffrage mur en aile		
Ordiaire	91,6	m²		Ordiaire	70,68	m²
Soigné	366,4	m²		Soigné	70,2	m²
Coffrage guide roue				Coffrage bêche		
Ordiaire	9,16	m²		Ordiaire	97,4	m²
RECAPITULATIF COFFRAGE						
Ordiaire	140,81	m²		Ordiaire	198,19	m²
Soigné	549,60	m²		Soigné	70,20	m²

ANNEXE 4 : SIGNALISATION CHANTIER

✓ Signalisation verticale de chantier

Tableau 8 : quelques panneaux utilisés pour la signalisation temporaire

Type de panneau	Description
	**KD22** Indique la direction de déviation absolue
	**KC1** Attention, risque lié à la circulation de poids lourds
	**AK 14** Danger particulier
	**AK5** Attention travaux
	**AK4** Chaussée glissante
	**BK14** Limitation de vitesse 30 km/h
	**K10** Panneau mobile double faces

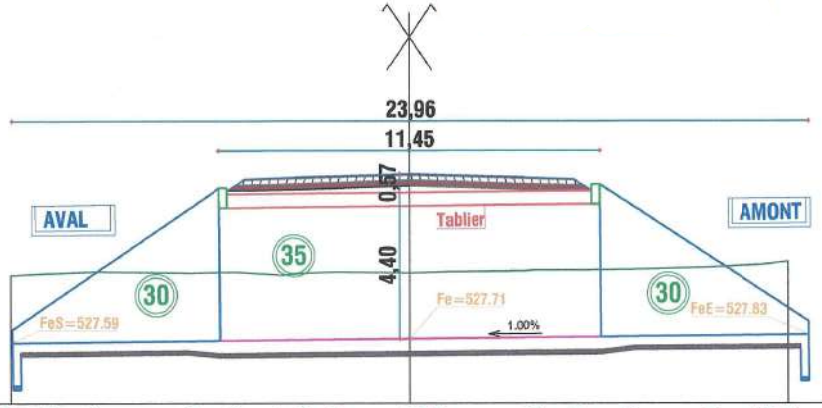
ANNEXE 5 : PLANS D'EXECUTIONS DES OUVRAGES

Axe : S1_Biankouma-Glata (1)
N° profil : P7a
Pk : 154.01m

Z Tn : 529.34
Z Projet : 532.68

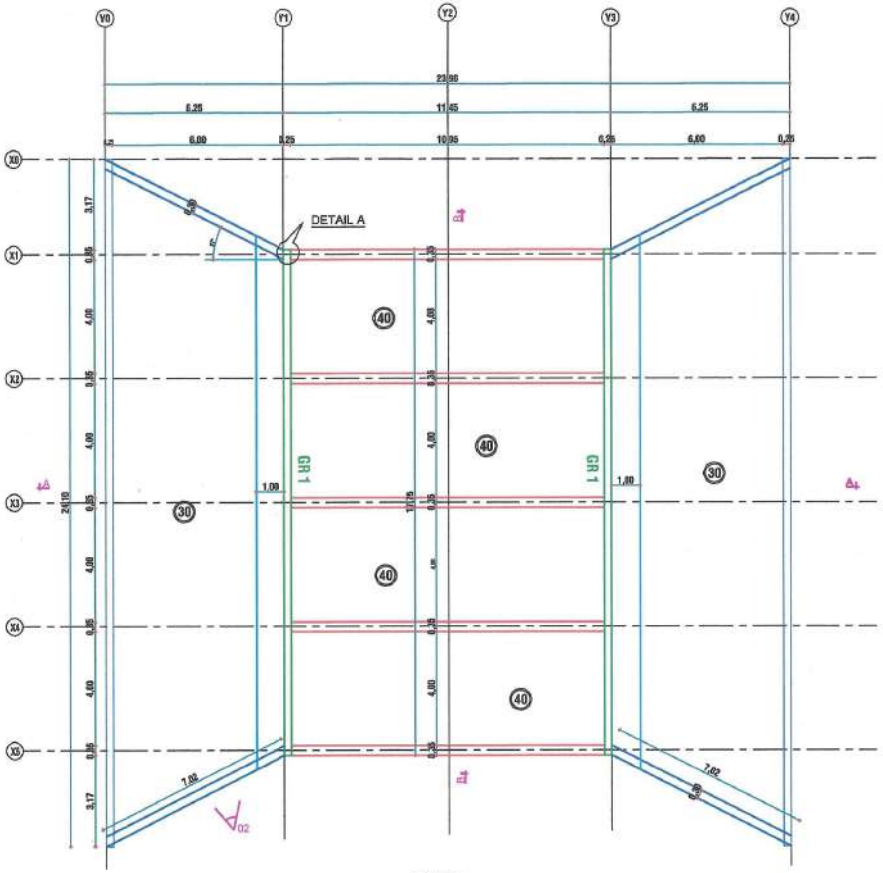
Section remblais : 41.38m2
Section déblais : 0.0m2

Echelle X : 1/200
Echelle Z : 1/200
Plan Comp : 528.2

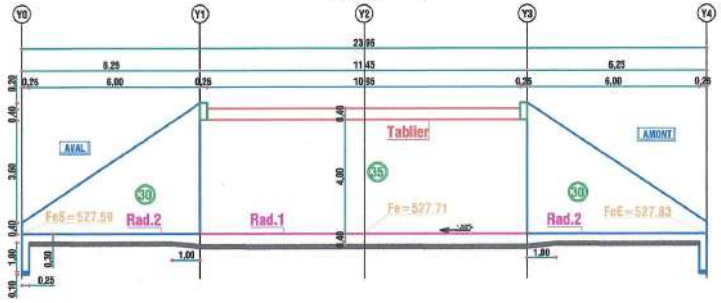


| | | |

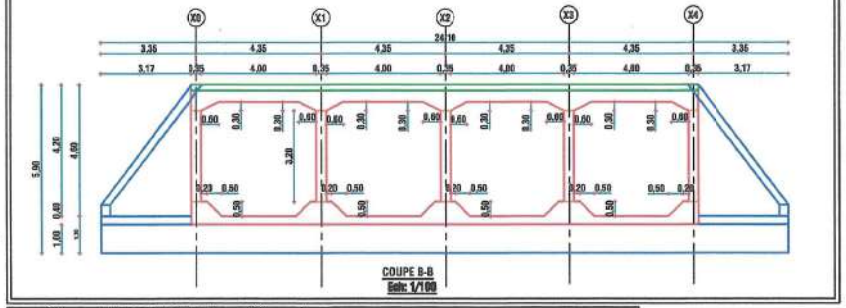
VUE EN PLAN
(ech:1/100)



COUPE A-A
Ech: 1/100

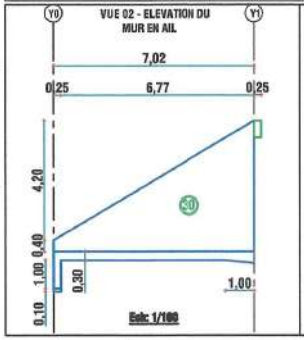


DALOT 4.00 X 4.00X4.00 OH 01
TETE DE DALOT



COUPE B-B
Ech: 1/100

VUE 02 - ELEVATION DU MUR EN AIL

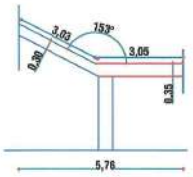


Ech: 1/100

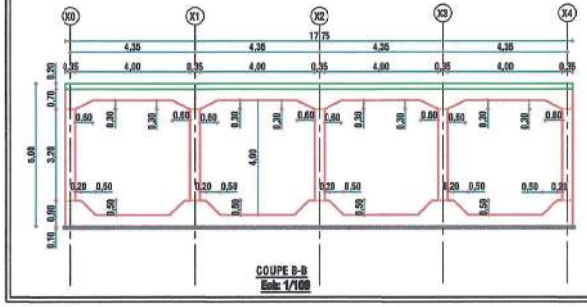
Note :

Béton de propreté : C16/20
Béton de l'ouvrage : C25/30
Enrobage : 3 cm
Acier haute adhérence Fe 500
Volume de béton
Tête
Béton de propreté : 8.98 m3
Béton pour ouvrage : 115.10 m3
Corps
Béton de propreté : 20.55 m3
Béton pour ouvrage : 271.71 m3

DETAIL A



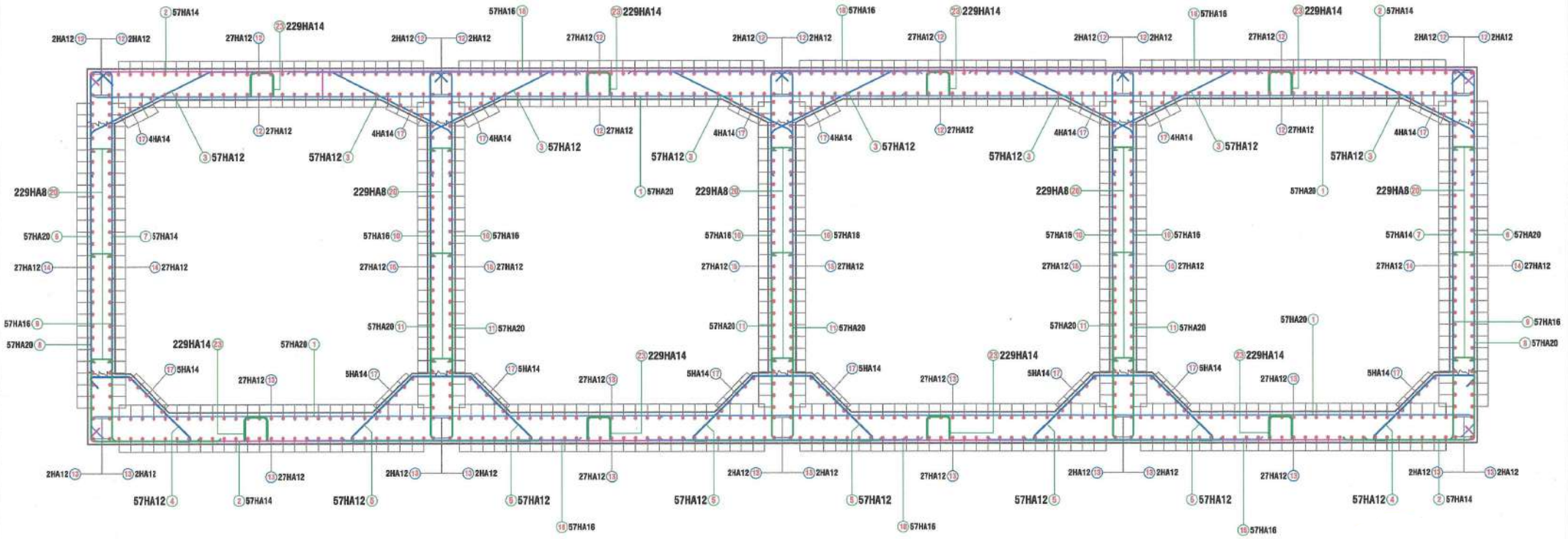
DALOT 4.00 X 4.00X4.00 OH 01
CORPS DE DALOT



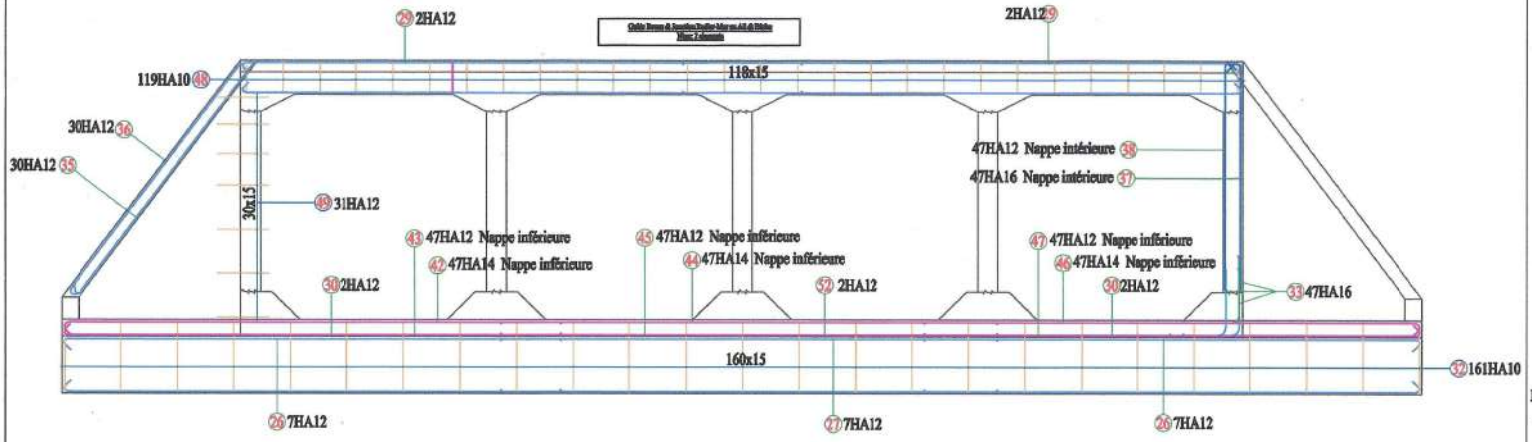
COUPE B-B
Ech: 1/100

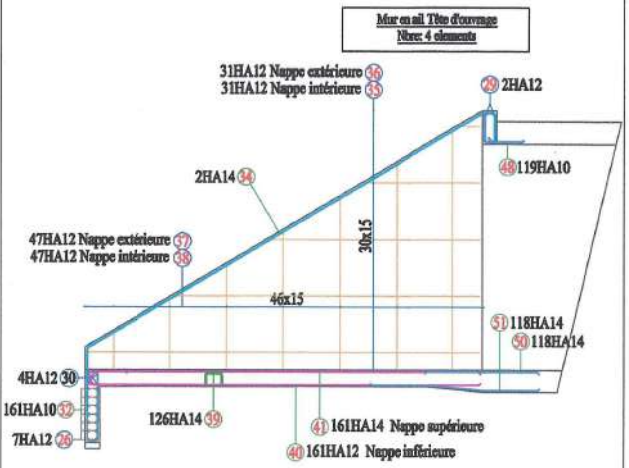
Maître de l'ouvrage REPUBLIQUE DE COTE D' IVOIRE MINISTERE DE L'EQUIPEMENT ET DE L'ENTRETIEN ROUTIER	Maître d'ouvrage délégué AGENCE DE GESTION DES ROUTES AGEROUTE	Maître d'oeuvre Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement bnetd	Entreprise OMNI-TRAVAUX	Bureau d'Etudes CFE	ETUDES TECHNIQUES POUR LES TRAVAUX DE BITUMAGE BIANKOUMA-SIPILOU 64 KM BRETELLE KABACOUMA 7 KM ET BRETELLE SOKOURALA 9 KM I D: PL_EXE_OH1_D_001 ITINERAIRE: BIANKOUMA-SIPILOU DALOT 4x4.00x4.00 1-b: PLAN DE COFFRAGE OH1	VERSION :N°01 N°Page : 02/06 ECHELLE : 1/100e PK : 0+154

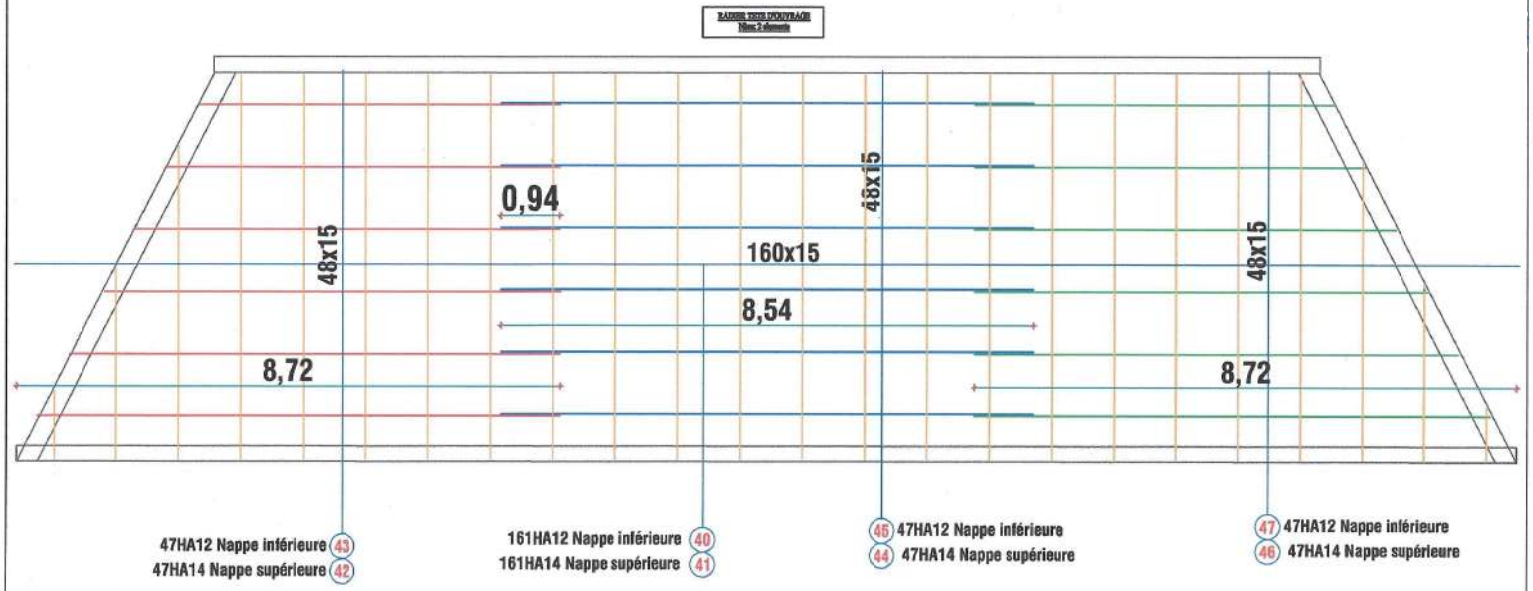
COUPE B-B
Ech: 1/100

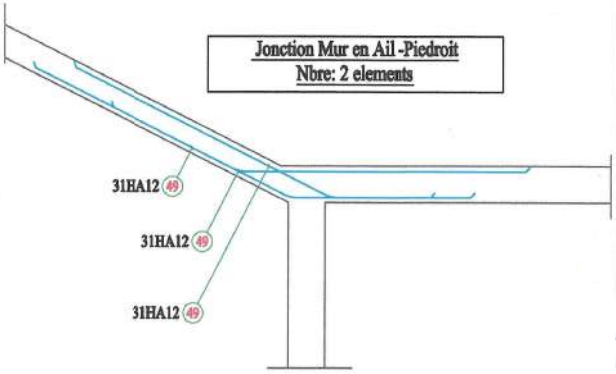


Maître de l'ouvrage REPUBLIQUE DE COTE D' IVOIRE MINISTERE DE L'EQUIPEMENT ET DE L'ENTRETIEN ROUTIER	Maître d'ouvrage délégué AGENCE DE GESTION DES ROUTES AGEROUTE	Maître d'oeuvre Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement bnetd	Entreprise OMNI-TRAVAUX	Bureau d'Etudes CFE	ETUDES TECHNIQUES POUR LES TRAVAUX DE BITUMAGE BIANKOUMA-SIPILOU 64 KM BRETELLE KABACOUMA 7 KM ET BRETELLE SOKOURALA 9 KM I D: PL_EXE_OH1_D_001 ITINERAIRE: BIANKOUMA-SIPILOU DALOT 4x4.00x4.00 1-c: PLAN DE FERRAILLAGE CORPS OH1	VERSION :N°01 N°Page : 03/06 ECHELLE : 1/100e PK : 0+154









Maître de l'ouvrage REPUBLIQUE DE COTE D' IVOIRE MINISTERE DE L'EQUIPEMENT ET DE L'ENTRETIEN ROUTIER	Maître d'ouvrage délégué AGENCE DE GESTION DES ROUTES AGEROUTE	Maître d'oeuvre Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement bnetd	Entreprise OMNI-TRAVAUX	Bureau d'études CFE	ETUDES TECHNIQUES POUR LES TRAVAUX DE BITUMAGE BIANKOUMA-SIPILOU 64 KM BRETELLE KABACOUMA 7 KM ET BRETELLE SOKOURALA 9 KM I D: PL_EXE_OH1_D_001 ITINERAIRE: BIANKOUMA-SIPILOU DALOT 4x4.00x4.00 1-d: PLAN DE FERRAILLAGE TÊTE OH1	VERSION :N°01 N°Page : 04/06 ECHELLE : 1/100e PK : 0+154

Nomenclature des aciers du Corps du Dalot OH1-RBS

Pos.	Nuance d'acier	Diamètre	Nombre dans un élément	Nombre éléments	Nombre total	Espacement (m)	Longueur (m)	Longueur totale (m)	Schéma	Longueur totale par nuance d'acier et diam. de la barre (m) HA 500 HA 8	HA 12	HA 14	HA 16	HA 20
1	HA 500	20	228	1	228	0,20	10,70	2439,60	10,40					2439,60
2	HA 500	14	228	1	228	0,20	10,59	2414,52	10,40			2414,52		
3	HA 500	12	456	1	456	0,20	2,85	1299,60	56 1,72		1299,60			
4	HA 500	12	114	1	114	0,20	1,97	224,58	1,14 51		224,58			
5	HA 500	12	342	1	342	0,20	2,06	704,52	1,14 78 16		704,52			
6	HA 500	20	114	1	114	0,20	4,14	471,96	3,84					471,96
7	HA 500	14	114	1	114	0,20	4,03	459,42	3,84			459,42		
8	HA 500	20	114	1	114	0,20	3,50	399,00	2,10 1,40					399,00
9	HA 500	16	114	1	114	0,20	3,50	399,00	2,10 1,40				399,00	
10	HA 500	16	342	1	342	0,20	4,07	1391,94	3,84				1391,94	
11	HA 500	20	342	1	342	0,20	3,50	1197,00	2,10 1,40					1197,00
12	HA 500	12	236	1	236	0,15	11,71	2763,56	11,39		2763,56			
13	HA 500	12	236	1	236	0,15	11,39	2688,04	11,39		2688,04			
14	HA 500	12	108	1	108	0,15	11,39	1230,12	11,39		1230,12			
15	HA 500	12	162	1	162	0,15	11,71	1897,02	11,39		1897,02			
17	HA 500	14	72	1	72	0,15	11,91	857,52	11,45			857,52		
18	HA 500	16	342	1	342	0,20	3,50	1197,00	3,50				1197,00	
20	HA 500	8	1145	1	1145	5/m²	0,40	458,00	28 8	458,00				
23	HA 500	14	1832	1	1832	5/m²	1,50	2748,00	30 30 30			2748,00		
Longueur par diamètres (m)										458,00	10807,44	6479,46	2987,94	4507,56
Masse unitaire de la barre (kg/m)										0,40	0,89	1,21	1,58	2,47
Poids total par diamètres (kg)										180,91	9597,01	7840,15	4720,95	11133,67
Total (kg)										33472,68				
Ratio (kg/m³)										123,19				

Nomenclature des aciers de la Tête du Dalot (OH1) - RBS

Pos.	Nuance d'acier	Diamètre	Nombre dans un élément	Nombre éléments	Nombre total	Espacement (m)	Longueur (m)	Longueur totale (m)	Schéma	Longueur totale par nuance d'acier et diam. de la barre (m) HA 500 HA 10	HA 12	HA 14	HA 16
26	HA 500	12	28	2	56	0,15	9,00	504,00	8,00		504,00		
27	HA 500	12	16	2	28	0,15	8,80	246,40	8,80		246,40		
29	HA 500	12	4	2	8	0,20	10,08	80,64	8,06		80,64		
30	HA 500	12	8	2	16	0,15	8,98	143,68	8,96		143,68		
32	HA 500	10	161	2	322	0,15	3,50	1127,00	70 1,25	1127,00			
33	HA 500	16	141	4	564	0,15	2,20	1240,80	1,20				1240,80
34	HA 500	14	2	4	8	0,24	10,09	80,72	8,72			80,72	
35	HA 500	12	30	4	120	0,15	5,38	645,60	5,37		645,60		
36	HA 500	12	30	4	120	0,15	5,27	632,40			632,40		
37	HA 500	16	47	4	188	0,15	2,67 *	501,96					501,96
38	HA 500	12	47	4	188	0,15	2,64 *	498,32			498,32		
39	HA 500	14	126	2	252	5/m²	1,38	327,60	30			327,60	
40	HA 500	12	161	2	322	0,15	5,59 *	1799,68			1799,68		
41	HA 500	14	161	2	322	0,15	5,64 *	1816,08				1816,08	
42	HA 500	14	47	2	94	0,15	7,30 *	686,20				686,20	
43	HA 500	12	47	2	94	0,15	7,25 *	681,50			681,50		
44	HA 500	14	47	2	94	0,15	8,54	802,76	8,54			802,76	
45	HA 500	12	47	2	94	0,15	8,54	802,76	8,54		802,76		
46	HA 500	14	47	2	94	0,15	7,25 *	681,50				681,50	
47	HA 500	12	47	2	94	0,15	7,19 *	675,86			675,86		
48	HA 500	10	119	2	238	0,15	2,08	495,04	55 55	495,04			
49	HA 500	12	93	4	372	0,15	3,00	1116,00	2,00		1116,00		
50	HA 500	14	118	2	236	0,15	2,00	472,00	2,00			472,00	
51	HA 500	14	118	2	236	0,15	3,01	710,36	100 1,01 100			710,36	
52	HA 500	12	4	2	8	0,15	8,80	70,40	8,80		70,40		
Longueur par diamètres (m)										1622,04	7895,54	5577,22	1742,76
Masse unitaire de la barre (kg/m)										0,62	0,89	1,21	1,58
Poids total par diamètres (kg)										1006,60	7011,24	6748,44	2753,56
Total (kg)										17514,04			
Ratio (kg/m³)										152,16			
* Longueur moyenne													

Maître de l'ouvrage: REPUBLIQUE DE COTE D' IVOIRE — MINISTERE DE L'EQUIPEMENT ET DE L'ENTRETIEN ROUTIER	Maître d'ouvrage délégué: AGENCE DE GESTION DES ROUTES — AGEROUTE	Maître d'oeuvre: Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement — bnetd	Entreprise: OMNI-TRAVAUX
Bureau d'Etudes: CFE	ETUDES TECHNIQUES POUR LES TRAVAUX DE BITUMAGE BIANKOUMA-SIPILOU 64 KM BRETELLE KABACOUMA 7 KM ET BRETELLE SOKOURALA 9 KM I D: PL_EXE_OH1_D_001 ITINERAIRE: BIANKOUMA-SIPILOU DALOT 4x4.00x4.00 1-e: NOMENCLATURE DES ACIERS OH1	VERSION :N°01 N°Page : 05/06 ECHELLE : 1/100e PK : 0+154	

Nomenclature des aciers du Radier Tête

Pos.	Nuance d'acier	Diamètre	Nombre dans un élément	Nombre éléments	Nombre total	Espacement (m)	Longueur (m)	Longueur totale (m)	Schéma	Longueur totale par nuance d'acier et diam. de la barre (m) HA 500 HA 12	HA 14	HA 16
30	HA 500	12	8	2	16	0,15	8,98	143,68	8.98	143,68		
33	HA 500	16	141	4	564	0,15	2,20	1240,80	100 2.20			1240,80
39	HA 500	14	126	2	252	5/m²	1,30	327,60	1.30		327,60	
40	HA 500	12	161	2	322	0,15	5,59 *	1799,98	a=24-6,16	1799,98		
41	HA 500	14	161	2	322	0,15	5,64 *	1816,08	a=27-8,19		1816,08	
42	HA 500	14	47	2	94	0,15	7,30 *	686,20	a=5,55-8,59		686,20	
43	HA 500	12	47	2	94	0,15	7,25 *	681,50	a=5,55-8,59	681,50		
44	HA 500	14	47	2	94	0,15	8,54	802,76	8.54		802,76	
45	HA 500	12	47	2	94	0,15	8,54	802,76	8.54	802,76		
46	HA 500	14	47	2	94	0,15	7,25 *	681,50	a=5,55-8,59		681,50	
47	HA 500	12	47	2	94	0,15	7,19 *	675,86	a=5,55-8,48	675,86		
50	HA 500	14	118	2	236	0,15	2,00	472,00	2.00		472,00	
51	HA 500	14	118	2	236	0,15	3,01	710,36	100 1.01 100		710,36	
52	HA 500	12	4	2	8	0,15	8,80	70,40	8.80	70,40		
Longueur par diamètres (m)										4174,18	5496,50	1240,80
Masse unitaire de la barre (kg/m)										0,89	1,21	1,58
Poids total par diamètres (kg)										3706,67	6650,76	1960,46
Total (kg)										12317,90		
Ratio (kg/m²)										157,00		

* Longueur moyenne

Nomenclature des aciers du Tablier Corps

Pos.	Nuance d'acier	Diamètre	Nombre dans un élément	Nombre éléments	Nombre total	Espacement (m)	Longueur (m)	Longueur totale (m)	Schéma	Longueur totale par nuance d'acier et diam. de la barre (m) HA 500 HA 12	HA 14	HA 16	HA 20
1	HA 500	20	114	1	114	0,20	10,79	1219,80	10.40				1219,80
2	HA 500	14	114	1	114	0,20	10,59	1207,26	10.40		1207,26		
12	HA 500	12	236	1	236	0,15	11,71	2763,56	11.39	2763,56			
17	HA 500	14	32	1	32	0,15	11,91	381,12	11.45		381,12		
18	HA 500	16	171	1	171	0,20	3,50	598,50	3.50			598,50	
23	HA 500	14	916	1	916	5/m²	1,50	1374,00			1374,00		
Longueur par diamètres (m)										2763,56	2962,38	598,50	1219,80
Masse unitaire de la barre (kg/m)										0,89	1,21	1,58	2,47
Poids total par diamètres (kg)										2454,04	3584,48	945,63	3012,91
Total (kg)										9997,06			
Ratio (kg)										89,18			

Nomenclature des aciers du Radier Corps

Pos.	Nuance d'acier	Diamètre	Nombre dans un élément	Nombre éléments	Nombre total	Espacement (m)	Longueur (m)	Longueur totale (m)	Schéma	Longueur totale par nuance d'acier et diam. de la barre (m) HA 500 HA 12	HA 14	HA 16	HA 20
1	HA 500	20	114	1	114	0,20	10,79	1219,80	10.40				1219,80
2	HA 500	14	114	1	114	0,20	10,59	1207,26	10.40		1207,26		
4	HA 500	12	114	1	114	0,20	1,97	224,58	1.97	224,58			
5	HA 500	12	342	1	342	0,20	2,06	704,52	2.06	704,52			
8	HA 500	20	114	1	114	0,20	3,50	399,00	3.50				399,00
9	HA 500	16	114	1	114	0,20	3,50	399,00	3.50			399,00	
11	HA 500	20	342	1	342	0,20	3,50	1197,00	3.50				1197,00
13	HA 500	12	236	1	236	0,15	11,39	2688,04	11.39	2688,04			
17	HA 500	14	40	1	40	0,15	11,91	476,40	11.40		476,40		
18	HA 500	16	171	1	171	0,20	3,50	598,50	3.50			598,50	
23	HA 500	14	916	1	916	5/m²	1,50	1374,00			1374,00		
Longueur par diamètres (m)										3617,14	3057,66	997,50	2815,80
Masse unitaire de la barre (kg/m)										0,89	1,21	1,58	2,47
Poids total par diamètres (kg)										3212,02	3699,77	1576,05	6955,03
Total (kg)										15442,86			
Ratio (kg/m²)										161,72			

Nomenclature des aciers du Piédroit Extérieur

Pos.	Nuance d'acier	Diamètre	Nombre dans un élément	Nombre éléments	Nombre total	Espacement (m)	Longueur (m)	Longueur totale (m)	Schéma	Longueur totale par nuance d'acier et diam. de la barre (m) HA 500 HA 8	HA 12	HA 14	HA 20
3	HA 500	12	114	1	114	0,20	2,85	324,90	2.72		324,90		
6	HA 500	20	114	1	114	0,20	4,14	471,96	3.84				471,96
7	HA 500	14	114	1	114	0,20	4,03	459,42	3.84			459,42	
14	HA 500	12	108	1	108	0,15	11,39	1230,12	11.39		1230,12		
20	HA 500	8	458	1	458		0,40	183,20	8 28	183,20			
Longueur par diamètres (m)										183,20	1555,02	459,42	471,96
Masse unitaire de la barre (kg/m)										0,40	0,89	1,21	2,47
Poids total par diamètres (kg)										72,36	1380,86	555,90	1165,74
Total (kg)										3174,86			
Ratio (kg/m²)										82,52			

Nomenclature des aciers du Piédroit Intérieur

Pos.	Nuance d'acier	Diamètre	Nombre dans un élément	Nombre éléments	Nombre total	Espacement (m)	Longueur (m)	Longueur totale (m)	Schéma	Longueur totale par nuance d'acier et diam. de la barre (m) HA 500 HA 8	HA 12	HA 16
3	HA 500	12	342	1	342	0,20	2,85	974,70	2.72		974,70	
10	HA 500	16	342	1	342	0,20	4,07	1391,94	3.84			1391,94
15	HA 500	12	162	1	162	0,15	11,71	1897,02	11.39		1897,02	
20	HA 500	8	687	1	687		0,40	274,80	8 28	274,80		
Longueur par diamètres (m)										274,80	2871,72	1391,94
Masse unitaire de la barre (kg/m)										0,40	0,89	1,58
Poids total par diamètres (kg)										108,55	2550,09	2199,27
Total (kg)										4857,90		
Ratio (kg/m²)										189,41		

Nomenclature des aciers du Mur de tête

Pos.	Nuance d'acier	Diamètre	Nombre dans un élément	Nombre éléments	Nombre total	Espacement (m)	Longueur (m)	Longueur totale (m)	Schéma	Longueur totale par nuance d'acier et diam. de la barre (m) HA 500 HA 12	HA 14	HA 16
34	HA 500	14	2	4	8	0,24	10,09	80,72	4.79		80,72	
35	HA 500	12	30	4	120	0,15	5,38	645,60	a=25-11,62	645,60		
36	HA 500	12	30	4	120	0,15	5,27	632,40	a=25-11,62	632,40		
37	HA 500	16	42	4	168	0,15	2,67 *	501,96	a=25-5,65			501,96
38	HA 500	12	42	4	168	0,15	2,64 *	496,32	a=25-11,62	496,32		
48	HA 500	12	93	4	372	0,15	3,00	1116,00	3.00	1116,00		
Longueur par diamètres (m)										2890,92	80,72	501,96
Masse unitaire de la barre (kg/m)										0,89	1,21	1,58
Poids total par diamètres (kg)										2590,86	97,67	790,10
Total (kg)										3467,37		
Ratio (kg/m²)										194,12		

* Longueur moyenne

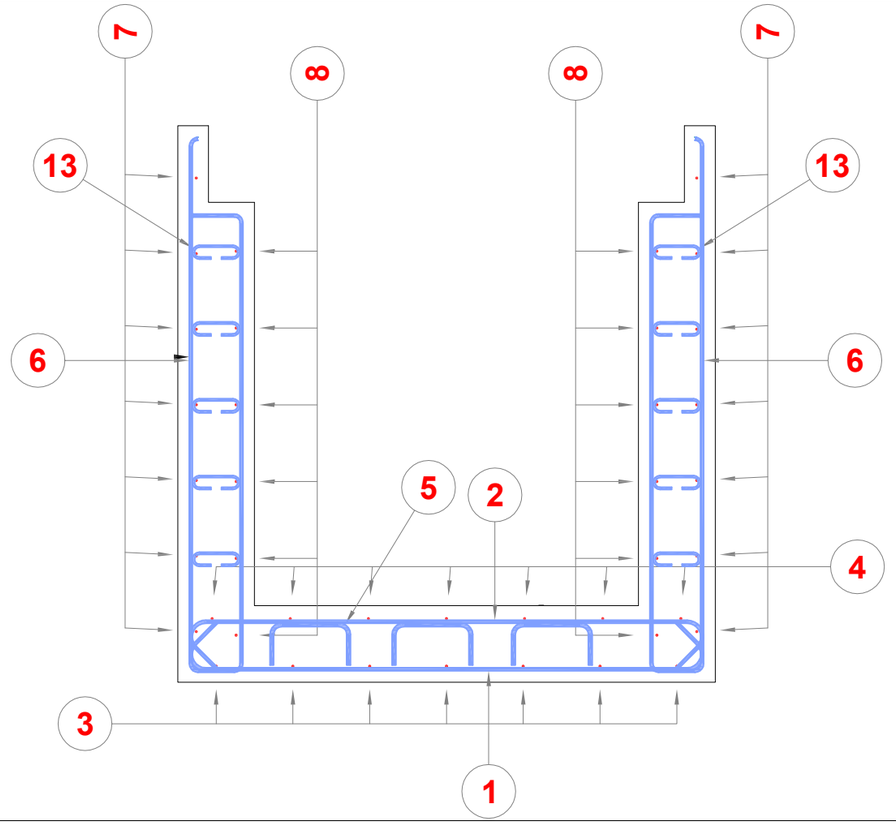
Nomenclature des aciers du Mur de tête

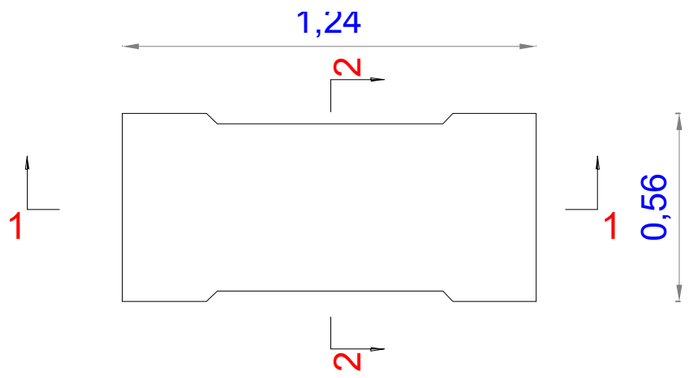
Pos.	Nuance d'acier	Diamètre	Nombre dans un élément	Nombre éléments	Nombre total	Espacement (m)	Longueur (m)	Longueur totale (m)	Schéma	Longueur totale par nuance d'acier et diam. de la barre (m) HA 500 HA 16	HA 20
25	HA 500	12	28	2	56	0,15	9,60	804,80	4.80		804,80
27	HA 500	12	14	2	28	0,15	8,60	240,40	4.80		240,40
32	HA 500	16	161	2	322	0,15	3,50	1127,00	3.50	1127,00	
Longueur par diamètres (m)										1127,00	758,40
Masse unitaire de la barre (kg/m)										0,62	0,89
Poids total par diamètres (kg)										696,36	666,36
Total (kg)										1361,71	
Ratio (kg/m²)										113,00	

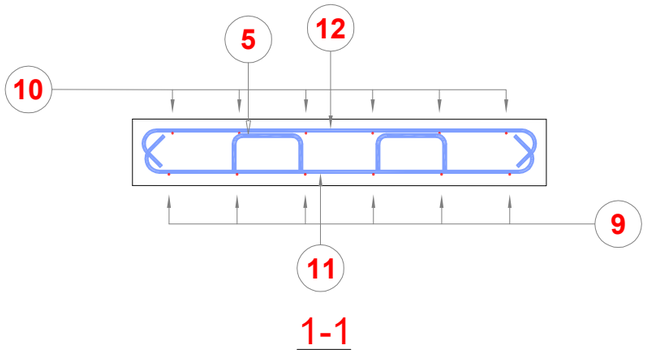
Nomenclature des aciers du Radier Tête

Pos.	Nuance d'acier	Diamètre	Nombre dans un élément	Nombre éléments	Nombre total	Espacement (m)	Longueur (m)	Longueur totale (m)	Schéma	Longueur totale par nuance d'acier et diam. de la barre (m) HA 500 HA 12	HA 14	HA 16
29	HA 500	12	4	2	8	0,20	10,08	80,64	4.80			80,64
40	HA 500	10	119	2	238	0,15	2,08	495,04	12 22,92 75	495,04		
Longueur par diamètres (m)										495,04		80,64
Masse unitaire de la barre (kg/m)										0,62		0,89
Poids total par diamètres (kg)										305,44		71,81
Total (kg)										377,85		
Ratio (kg/m²)										212,42		

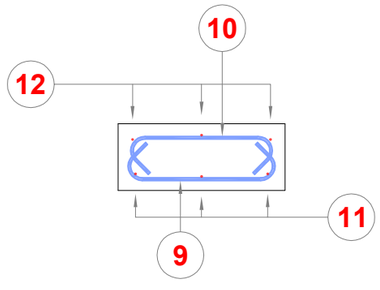
Maître de l'ouvrage: REPUBLIQUE DE COTE D' IVOIRE — MINISTERE DE L'EQUIPEMENT ET DE L'ENTRETIEN ROUTIER	Maître d'ouvrage délégué: AGENCE DE GESTION DES ROUTES — AGEROUTE	Maître d'oeuvre: Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement — bnetd	Entreprise: OMNI-TRAVAUX
Bureau d'Etudes: CFE	ETUDES TECHNIQUES POUR LES TRAVAUX DE BITUMAGE BIANKOUMA-SIPILOU 64 KM BRETELLE KABACOUMA 7 KM ET BRETELLE SOKOURALA 9 KM I D: PL_EXE_OHI_D_001 ITINERAIRE: BIANKOUMA-SIPILOU DALOT 4x4.00x4.00 1-f: RECAPITULATIF DE LA NOMENCLATURE DES ACIERS OH1	VERSION :N°01 N°Page : 06/06 ECHELLE : 1/100e PK : 0+154	







1-1



2-2

Nomenclature des aciers du caniveau

Pos.	Nuance d'acier	Diamčtre	Nombre			Espacement (m)	Longueur (m)	Longueur totale (m)	Schéma	Subtotal by steel grade (m)	Mass of a single bar (kg)	Total mass (kg)
			dans un élément	d'éléments	total					HA 400		
①	HA 400	8	7	1	7	0,20	1,60	11,20	0,12 / 1,34	11,20	0,63	4,42
②	HA 400	8	7	1	7	0,20	1,60	11,20	1,34 / 0,12	11,20	0,63	4,42
③	HA 400	8	14	1	14	0,20	1,20	16,80	0,12 / 0,94	16,80	0,47	6,64
④	HA 400	8	14	1	14	VAR	1,20	16,80	0,94 / 0,12	16,80	0,47	6,64
⑤	HA 400	10	12	1	12		0,99	11,88	0,21 / 0,30 / 0,11	11,88	0,61	7,33
⑥	HA 400	8	12	1	12		2,82	33,84	2,82	33,84	1,11	13,37
⑦	HA 400	8	14	1	14	0,20	1,20	16,80	0,94 / 0,12	16,80	0,47	6,64
⑧	HA 400	8	12	1	12	0,20	1,20	14,40	0,12 / 0,94	14,40	0,47	5,69
⑨	HA 400	8	18	1	18	0,20	0,65	11,70	0,10 / 0,44	11,70	0,26	4,62
⑩	HA 400	8	18	1	18	0,20	0,64	11,52	0,42 / 0,10	11,52	0,25	4,55
⑪	HA 400	8	9	1	9	0,20	1,38	12,42	0,10 / 1,16	12,42	0,55	4,91
⑫	HA 400	8	9	1	9	0,21	1,39	12,51	1,18 / 0,10	12,51	0,55	4,94
⑬	HA 400	6	50	1	50		0,24	12,00	0,12 / 0,05	12,00	0,05	2,66

	Mass by diameters and steel grades			Subtotal (kg)
	HA 400			
	HA 6	HA 8	HA 10	
Unit mass of a bar (kg/m)	0,22	0,40	0,62	
Subtotal (m)	12,00	169,19	11,88	
Subtotal (kg)	2,66	66,83	7,33	76,82

Maître de l'ouvrage
REPUBLIQUE DE COTE D' IVOIRE
MINISTERE DE L'EQUIPEMENT ET DE L'ENTRETIEN ROUTIER

Maître d'ouvrage délégué
AGENCE DE GESTION DES ROUTES
AGEROUTE

Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement
bnetd

Entreprise
OMNI-TRAVAUX

Bureau d'études
CFE

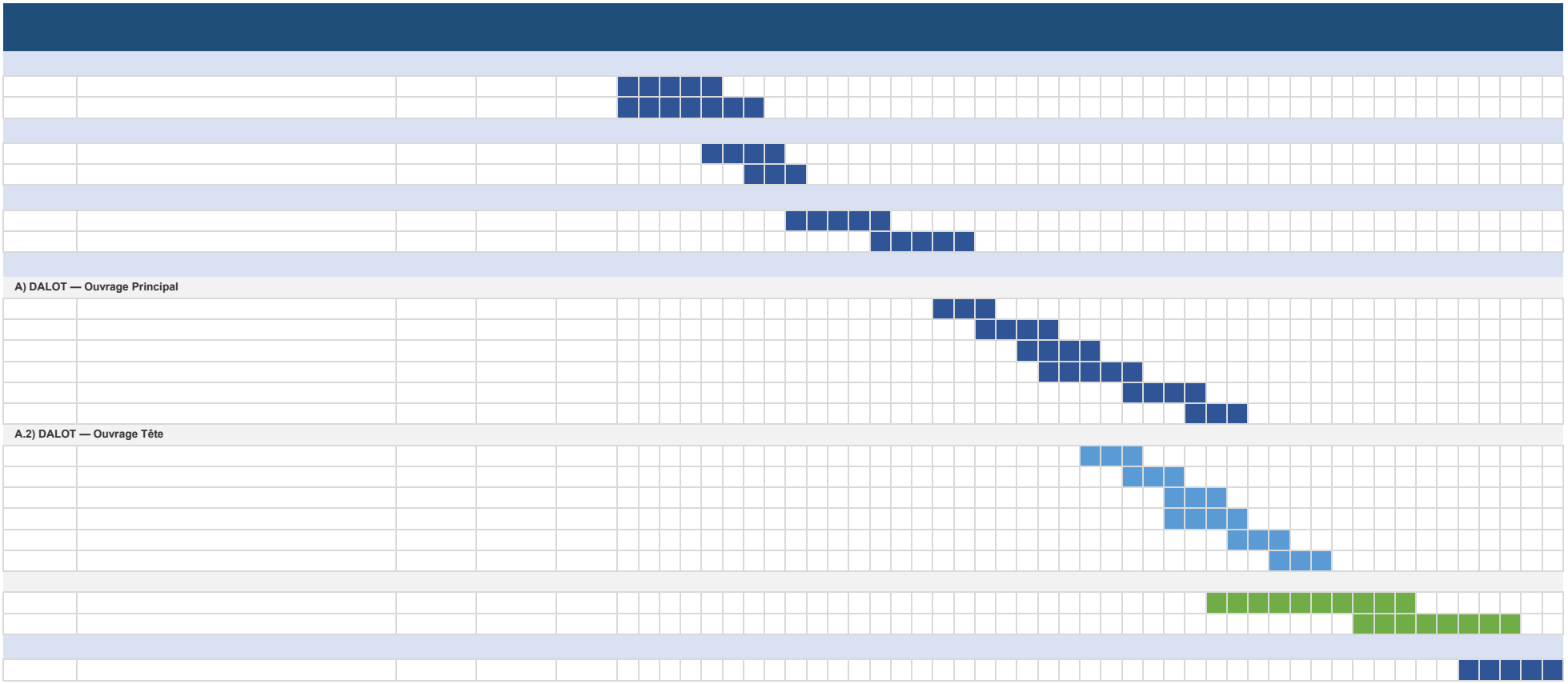
ETUDES TECHNIQUES POUR LES TRAVAUX DE BITUMAGE BIANKOUMA-SIPILOU 65 KM BRETELLE KABACOUMA 8 KM ET BRETELLE SOKOURALA 8 KM

I D: CANIVEAU

ITINERAIRE: BRETELLE KABAKOUMA
CANIVEAU 1.00x1.05
PLAN DE COFFRAGE & FERRAILLAGE

VERSION :N°...
N°Page : ...
ECHELLE : 1/100e
PK : 0+140

ANNEXE 6 : PLANNING D'EXECUTIONS DES OUVRAGES


A) DALOT — Ouvrage Principal
A.2) DALOT — Ouvrage Tête