



**ÉTUDES HYDRAULIQUES ET STRUCTURALES POUR LE REVÊTEMENT  
EN BÉTON ARMÉ D'UN CANAL DANS LA COMMUNE DE YOPOUGON  
(ABIDJAN/COTE D'IVOIRE)**

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGÉNIEUR 2IE AVEC GRADE DE  
MASTER EN GÉNIE CIVIL ET HYDRAULIQUE  
SPÉCIALISTÉ GENIE CIVIL  
OPTION BATIMENT

-----  
Présenté et soutenu publiquement le [16/01/2020] par

**Dje Yannick Hermann BESSEBRO  
20160063**

**Directeur de mémoire : Célestin OVONO MEZUI Enseignant, département Génie Civil  
et Hydraulique, 2IE**

**Maître de stage : Daouda SYLLA, Ingénieur Génie Civil, FRANZETTI-CI  
Jean Michel KASSI Ingénieur Génie Civil, FRANZETTI-CI**

FRANZETTI-CI

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr. Abdou LAWANE

Membres et correcteurs : Dr. Yasmine TRAORE  
M. Moussa LO

Promotion [Janvier 2020]

## Dédicaces

Souhaitant que le fruit de nos efforts fournis jour et nuit, nous mène vers le bonheur fleuri, je dédie ce modeste travail :

A mon très cher Père Dje Jean BESSEBRO ;

A la précieuse FOUFOUET Ahou Marie Noelle ;

A mes très chères Mamans BESSEBRO Euliane et KOUAME Honorate ;

A Mes Frères et sœurs que je garde toujours dans mon cœur ;

A mes collègues, mes frères, dit la team ;

A mon frère GBONKE Fréjus ;

A l'État de Côte d'Ivoire ;

A tous mes proches ;

A mon JESUS.

*« Ce n'est pas par la force ni la  
puissance, mais par son esprit qui  
vit en nous »*

## REMERCIEMENTS

Notre gratitude va à l'endroit de tous ceux qui d'une manière ou d'une autre ont œuvré pour l'aboutissement de ce travail et de notre formation. Plus particulièrement à :

- DIEU notre père, de qui je reçois la vie et qui permet toute chose dans ma vie ;
- L'Institut International d'Ingénierie de l'eau et Environnement (2iE) ;
- Tout le corps professoral de 2iE pour tous les efforts à nous transmettre le savoir ;
- Mon Encadreur, M. Célestin OVONO
- Mon père monsieur Dje Jean BESSEBRO mon repère, mon exemple ;
- M. MOUNIROU, enseignant au département GCH/2iE
- M. GBANDAMAN, Directeur à l'ONEP ;
- M. AKE, Directeur technique à FRANZETTI-CI ;
- M. Daouda SYLLA Ingénieur, conducteur de travaux à FRANZETTI-CI ;
- M. Jean Michel KASSI Ingénieur à FRANZETTI-CI pour son soutien dans la réalisation de cet ouvrage ;
- Toute la famille, dit « la team », un vrai soutien sans relâche, Aude N'GORAN, Marie KOUADIO, Lauriane MOBIO, Marcel KOUAME, Yannick KANGA, David KOUASSI, Mme KAGBA ;
- M. YAO Arsène, environnementaliste de TERRABO
- M. YAO Basil, responsable HSE FRANZETTI-CI
- M. DE BILLY Responsable HSE ;
- M. N'GUESSAN représentant du bureau PRICI pour ses conseils et son appui ;
- M. YOBOUET pour son appui et sont soutient ;
- M. Liforgne TRAORE pour son appui et sont soutient ;
- Tous les étudiants de l'institut 2iE ;
- Tous les membres de ma famille pour leur soutien sans limites et sans conditions

## RÉSUMÉ

La région sud de la Côte d'Ivoire étant une zone à forte pluviométrie, les écoulements des eaux occasionnent souvent des inondations et la création de grands fossés, faute d'insuffisance d'infrastructures hydrauliques. C'est ainsi que dans la commune de Yopougon situé à Abidjan, il s'est créé un grand fossé représentant un réel danger pour la population environnante. C'est donc au vu de cette situation incontrôlable que l'état ivoirien dans sa politique de développement, en collaboration avec la Banque mondiale a décidé de financer le projet de construction d'un canal en béton armé au vu de canaliser et contrôler ces eaux.

Ce projet s'inscrivant dans le programme de développement de la Côte d'Ivoire en particulier et de l'Afrique en général aura donc un volet technique, un volet économique et un volet environnemental.

Ce présent rapport porte ainsi sur le dimensionnement d'un ouvrage hydraulique.

Premièrement, il est question de faire une vérification hydraulique en utilisant la formule de Manning Strickler pour le dimensionnement de deux sections différentes, trapézoïdales et rectangulaires.

Dans un second temps, le dimensionnement de structure des différents canaux nous ont permis de déterminer les sollicitations auxquelles sont soumises les différentes parties d'ouvrage par la méthode RDM. Le calcul de ses structures nous conduit donc à la détermination des sections minimales d'armature à disposer dans ses parties d'ouvrage en vue de reprendre les efforts de sollicitations.

Ces résultats que nous obtenons par calcul nous permettent donc d'établir les différents plans de structure (ferraillage et coffrage) de l'ouvrage.

Un devis quantitatif et estimatif, à la suite d'un métré, nous permet d'estimer le coût de réalisation du projet.

Et enfin nous établirons une notice d'impact du projet sur son environnement.

### Mots Clés :

---

- 1- Hydraulique
- 2- Structure
- 3- Canal
- 4- Yopougon
- 5- Franzetti

## ABSTRACT

As the southern part of Cote d'Ivoire is an area with high rainfall, water runoff often causes flooding and the creation of a large ditch, due to lack of hydraulic infrastructure. Thus, in Yopougon commune in Abidjan, a large ditch created a real danger for the surrounding population. It is therefore in view of this uncontrollable situation that the Ivorian state in its development policy, in collaboration with the World Bank, has decided to finance the project to build a reinforced concrete canal in order to channel and control these waters.

This project, which is part of development program of the Cote d'Ivoire in particular and Africa in general will therefore have a technical component, an economic component and environmental component.

This report focuses on the design of a hydraulic structure.

First, it is a question of doing a hydraulic check using the Manning Strickler formula for sizing two different sections, trapezoidal and rectangular.

In the second step, the structural dimensioning of the different channels allowed us to determine the stresses to which the different parts of the structure are subjected by the RDM method. The calculation of its structures thus leads us to the determination of the minimal sections of reinforcement to be arranged in its parts of work in order to retake the efforts of stresses.

These results that we obtain by calculation allow us to establish the different structural plans (reinforcement and formwork) of the structure.

Finally, the quantitative and estimated quote, following a metric, allows us to estimate the cost of implementation of the project.

### Key words

---

- 1- Hydraulic
- 2- Structure
- 3- Chenal
- 4- Yopougon
- 5- Franzetti

## Liste des Sigles et Abréviations

BA :	Béton Armé ;
BAEL :	Béton Armé à l'État Limite ;
CIEH :	Comité interafricain d'Études Hydrauliques ;
DQE :	Devis Quantitatif et Estimatif ;
ELS :	État Limite de Service ;
ELU :	État Limite Ultime ;
EIES :	Étude d'Impact Environnementale et Sociale ;
EP :	Eau Pluviale ;
FP :	Fissuration Préjudiciable ;
FPP :	Fissuration Peu Préjudiciable ;
FTP :	Fissuration Très Préjudiciable ;
HA :	Haute Adhérence ;
ONAD :	Office Nationale d'Assainissement et de Drainage ;
ORSTOM :	Office de Recherche en Sciences et Techniques Outre-Mer ;
PGES :	Plan de Gestion Environnementale et Sociale ;
PRICI :	Projet de Renaissance des Infrastructures de la Cote d'Ivoire.

## Sommaire

### Table des matières

Dédicaces .....	i
REMERCIEMENTS .....	iii
RÉSUMÉ.....	iv
ABSTRACT .....	v
Liste des Sigles et Abréviations .....	vi
Sommaire .....	1
LISTE DES TABLEAUX.....	3
LISTE DES FIGURES.....	4
Avant-propos.....	5
INTRODUCTION.....	6
I. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE... 8	
1. Présentation de la structure d'accueil.....	8
1.1. Historique.....	8
1.2. Organisation et missions de l'entreprise .....	8
1.3. Organigramme de l'entreprise .....	9
2. Présentation de la zone d'étude.....	10
2.1. Localisation.....	10
2.2. Climat.....	11
2.3. Relief et sol .....	11
II. PRÉSENTATION DU PROJET .....	12
1. Objectif global.....	12
2. Objectifs spécifiques .....	13
III. ETUDES TECHNIQUES .....	14
A. VERIFICATION DE LA SECTION TRAPEZOIDALE .....	14
1. Matériels.....	14
2. Méthodes .....	14
2.1. Dimensionnement hydraulique du canal.....	14
2.2. Dimensionnement structural du canal.....	16
B. DIMENSIONNEMENT DE LA SECTION RECTANGULAIRE.....	20

1. Matériels.....	20
2. Méthodes .....	20
2.1. Dimensionnement hydraulique du canal.....	20
2.2. Dimensionnement structural du canal.....	21
IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	25
A. VERIFICATION DE LA SECTION TRAPEZOIDAL.....	25
1. Étude Hydraulique.....	25
2. Étude structurale.....	26
B. DIMENSIONNEMENT DE LA SECTION RECTANGULAIRE.....	28
1. Étude Hydraulique.....	28
2. Étude structurale.....	29
C. RECAPITULATIF DES RESULTATS .....	33
V. MÉTRÉ ET DEVIS ESTIMATIF .....	35
1. Canal trapézoïdal .....	35
2. Canal rectangulaire .....	36
VI. IMPACT POTENTIEL DU PROJET SUR SON ENVIRONNEMENT .....	37
1. Identification et analyse des impacts potentiels du projet.....	37
2. Impacts positifs des projets prioritaires.....	37
3. Impacts négatifs des projets prioritaires.....	38
4. Présentation des différentes matrices de distinction des impacts.....	40
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....	41
BIBLIOGRAPHIE .....	42
ANNEXES .....	43
Annexe 1 : Dimensionnement hydraulique .....	43
Annexe 2 : Efforts de Sollicitations.....	45
Annexe 3 : Dimensionnement structural .....	48
Annexe 4 : Méthodologies d'identification et d'évaluation des impacts du projet sur son milieu environnant.....	53
Annexe 5 : Plans d'exécution .....	58

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Récapitulatif des sollicitations maximales .....	26
Tableau 2: vérification des contraintes.....	27
Tableau 3: Récapitulatif des sollicitations maximales .....	30
Tableau 4: vérification des contraintes.....	31
Tableau 5 : Résultats du dimensionnement.....	33
Tableau 6: Devis estimation et quantitatif canal trapézoïdal .....	35
Tableau 7: Récapitulatif armature .....	35
Tableau 8 : Récapitulatif cout estimatif canal trapézoïdal .....	35
Tableau 9: Devis estimation et quantitatif canal rectangulaire .....	36
Tableau 10: Récapitulatif armature .....	36
Tableau 11: Récapitulatif cout estimatif canal rectangulaire .....	36
Tableau 12: Proposition de matrice d'identification des impacts.....	40

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: localisation de la zone d'étude( carte de la commune de Yopougon).....	10
Figure 2: tracer du canal.....	12
Figure 3: illustration canal trapézoïdal.....	17
Figure 4: illustration canal rectangulaire.....	21
Figure 5: section canal trapézoïdal.....	25
Figure 6 : Modélisation des charges du canal trapézoïdal .....	26
Figure 7: section canal rectangulaire.....	28
Figure 8: Modélisation des charges du voile : cas du canal rectangulaire .....	30
Figure 9: dimensionnement section trapézoïdale (tronçon 2) .....	43
Figure 10: dimensionnement section trapézoïdale (tronçon 1) .....	43
Figure 11: dimensionnement section rectangulaire (tronçon 1).....	44
Figure 12: dimensionnement section rectangulaire (tronçon 2).....	44

## Avant-propos

L'Institut Internationale d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) est l'une des plus grandes écoles inter état d'Afrique. Elle forme depuis plus de 50 ans des ingénieurs dans les domaines de l'environnement, du génie civil et du génie électrique et énergétique. Les formations délivrées par 2iE sont :

- Reconnues en Europe grâce au Label EUR-ACE (European Accreditation for Engineering)
- Accréditées par la Commission Française des Titres d'Ingénieurs (CTI)
- Reconnues par le Conseil Africain et Malgache de l'Enseignement Supérieur (CAMES)
- Certifiées ISO 9001/2008.

La formation à l'institut 2iE allie parfaitement la théorie et la pratique par le biais des sorties de chantier, des travaux pratiques, des stages à mi-parcours et des projets de fin d'études. En fin de cycle, nanti de connaissances théoriques et d'expériences acquises au cours des différents stages effectués, le futur ingénieur est amené à effectuer un travail de fin d'études en vue d'obtenir son diplôme d'ingénieur. Il s'agit ici pour l'élève ingénieur de faire la synthèse de ses connaissances et de réaliser un travail de recherche au vu de fournir un rapport répondant aux exigences de son thème de stage.

C'est dans cette optique qu'il nous est donné d'effectuer notre stage de fin d'études avec l'entreprise FRANZETTI-CI sur la réalisation d'un canal dans la commune de Yopougon sis à Abidjan (Côte d'Ivoire) avec pour thème principale : « Étude Hydraulique et structurale pour le revêtement en béton armé d'un drain dans la commune de Yopougon ».

## INTRODUCTION

Dans les villes des pays en développement, notamment en Afrique, l'amélioration du cadre de vie est au cœur de toute politique de développement. Enjeu clé, l'accès à l'assainissement et au service de gestion des déchets est malheureusement trop souvent délaissé par les décideurs locaux, nationaux ou internationaux.

En Côte d'Ivoire, l'assainissement, contrairement à l'approvisionnement en eau potable, a toujours été en marge des priorités dans les programmes nationaux de développement et même d'urgence.

Dans le District d'Abidjan, en particulier, l'urbanisation se poursuit, débordant les capacités des autorités urbaines à la gérer et à la maîtriser. Ainsi, on assiste à des modifications anarchiques des bâtiments sans respecter les plans d'assainissement, au non-respect des zones tampons qui sont à 80% occupées par les servitudes. Aussi, le cahier de charges dans la construction des habitats évolutifs et collectifs qui agissent sur les ouvrages de drainage des eaux usées et l'évacuation naturelle des eaux pluviales n'est ni respecté ni appliqué. À cela, s'ajoute la mauvaise utilisation du réseau d'assainissement par la population abidjanaise dont la plupart ignorent l'existence, le rôle et l'utilité même de ce réseau pour le préserver. Toutes ces situations conduisent pour la plupart du temps à des inondations qui mettent en danger la vie des populations riveraines.

C'est pour pallier à ces insuffisances que le gouvernement de Côte d'Ivoire, dans son programme de développement, a décidé de mettre en place un système d'assainissement complet pour une meilleure évacuation des eaux, favorisant la protection de l'environnement.

C'est dans ce contexte que l'entreprise Franzetti a été désignée pour la réalisation des travaux de construction d'un canal dans la commune de Yopougon.

Ce projet qui contribue à l'amélioration des conditions de vie des habitants de la commune de Yopougon a pour but principal de drainer les eaux pluviales de Yopougon KIMI jusqu'à la lagune Ebrié dans le village de Lokoua. Long de 3.5km, le canal construit en béton armé assure la liaison entre 3 dalots, dont celui de KIMI, celui de Ste Rita et celui de Lokoua.

La première phase de notre étude sera consacrée aux généralités sur le thème étudié. La seconde étape va décrire le matériel et la démarche qui nous permettra d'atteindre les objectifs fixés. La troisième étape consistera à une étude technique détaillée des différentes composantes du projet et enfin nous terminerons par la présentation des résultats obtenus. Des recommandations seront faites pour faciliter la réalisation d'autres études ou projet de même envergure.

De façon spécifique, il s'agira de :

- Déterminer les différentes sections hydrauliques du canal à partir des débits de projet ;
- Déterminer les sollicitations auxquelles sont soumises les différentes parties d'ouvrage ;
- À partir d'une étude béton armée, déterminer les armatures à mettre en œuvre dans la structure ;
- Faire une estimation des coûts de réalisation ;
- Établir une étude de l'impact du projet sur le milieu environnant et conclure.

# I. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

## 1. Présentation de la structure d'accueil

### 1.1. Historique

L'entreprise Franzetti-ci, société anonyme a été créée en 1955 sur l'initiative de certains hommes d'affaires étrangers avec à leur tête Monsieur FRANZETTI Jérôme. A l'origine, la société Franzetti-ci n'exécute que des travaux de captage et de pompage ainsi que des travaux de traitement d'eau et de canalisation.

Franzetti-ci S.A au capital de 100 000 000 F.CFA est inscrite au registre du commerce ivoirien et se situe dans la zone industrielle de Koumassi, une des communes d'Abidjan. Depuis 1997, Franzetti-ci est devenue une filiale de SADE-CGTH (Compagnie Générale des Travaux Hydraulique), elle-même filiale de la Compagnie Générale des eaux devenue VIVENDI.

Dans la sous-région, Franzetti-ci est également implantée au Bénin.

Basée sur des structures sobres, rationnelles et efficaces, l'entreprise Franzetti-ci privilégie la sous-traitance. Cette politique a pour but de développer des PME satellites et a l'avantage d'une très grande maîtrise des coûts de réalisation des projets.

Les Principaux clients sont : les Clients publics, Clients industriels et Clients privés.

### 1.2. Organisation et missions de l'entreprise

Pour son bon fonctionnement, Franzetti-ci est doté d'un conseil d'administration dont les membres sont issus des différents départements qui constituent les parties prenantes de celle-ci. Ce conseil d'administration est conduit par Président Conseil d'Administration (PCA). Franzetti-ci est piloté par un Directeur Général, aidé dans ses fonctions par trois (03) conseillers techniques (Administratif, Financier et Technique). Elle est structurée en deux pôles.

Le pôle de métier est constitué des Directions suivantes :

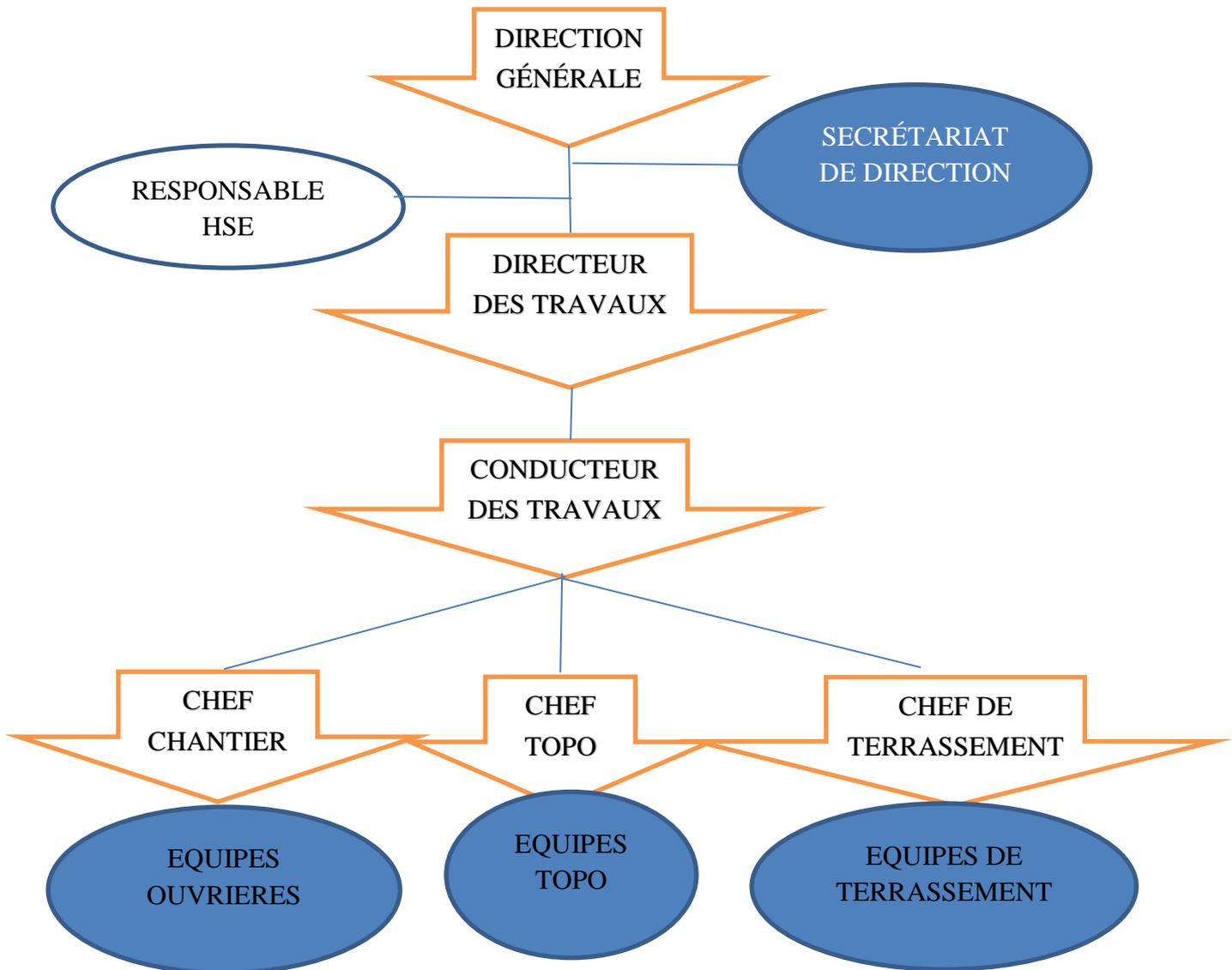
- La Direction de Développement, des Études et Travaux avec pour mission principale la planification et les études, le développement, le suivi et le contrôle des travaux ;
- La Direction du Contrôle d'Exploitation et de la Qualité avec pour mission essentielle le contrôle d'exploitation concédée et la veille sur l'intégrité du patrimoine.

Le pôle financier est constitué des Directions suivantes :

- La Direction Administrative et Financière (DAF) qui assure la gestion administrative et financière de Franzetti-ci ;
- La Direction de la Logistique et de l'Approvisionnement qui joue un rôle important pour le bon respect de qualité et délai.

Certifiée iso 9001 depuis 2015, Franzetti-ci est animée par des hommes et des femmes de très grandes expériences dans le secteur des Travaux d'assainissement et d'adduction d'eau potable et bonne gestion des services privés.

### 1.3. Organigramme de l'entreprise



## 2. Présentation de la zone d'étude

### 2.1. Localisation

Le site abritant le projet de réalisation du canal se trouve en Côte d'Ivoire dans la ville d'Abidjan et plus précisément dans un quartier appelé Yopougon. Il est réalisé sur une longueur de 3.5 km allant de l'hôtel KIMI jusqu'à son exutoire, la lagune Ebrié au niveau du village de Lokoua.

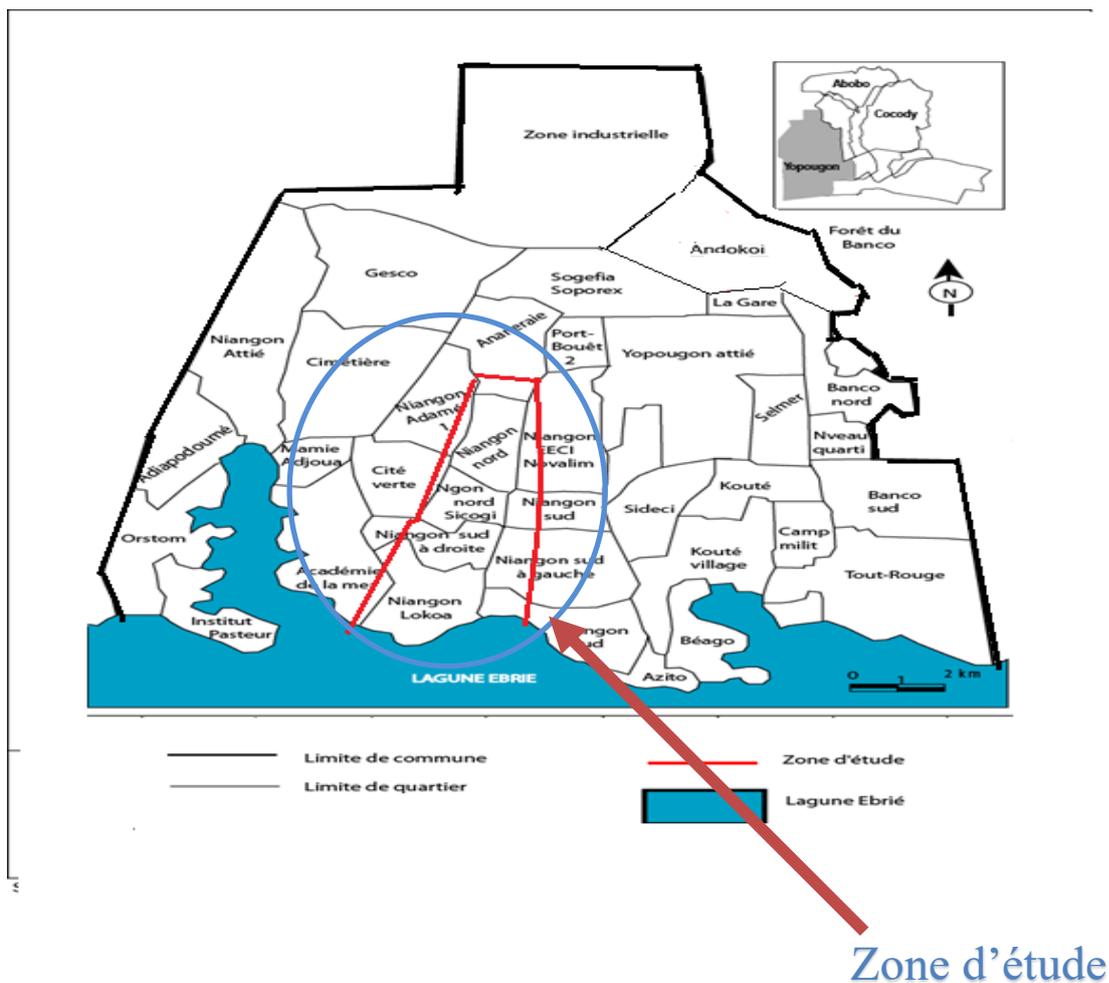


Figure 1: localisation de la zone d'étude( carte de la commune de Yopougon)

## 2.2. Climat

La zone de Yopougon se situe dans un régime tropical humide ; il se caractérise par l'alternance d'une saison à faible pluviométrie de 6 mois (novembre à avril) et d'une saison de forte pluviométrie de 6 mois (mai à octobre). Le mois le plus arrosé est celui d'août avec une précipitation moyenne mensuelle pouvant atteindre 143 mm. L'évapotranspiration de référence (ET0) est maximale pour le mois de mai pouvant atteindre 405 mm et moindre où la pluviométrie est élevée, celui du mois février.

## 2.3. Relief et sol

La commune de Yopougon est une vaste plaine peu accidentée ou dominant les plaines et les plateaux. Elle est légèrement perturbée à certains endroits par des légères élévations collinaires variant de 200 à 300 mètres au-dessus de la mer. La majeure partie du territoire est couverte de sols sableux, latéritiques peu lessivés qui sont propices à diverses cultures.

Du point de vue de la texture, les sols de Yopougon sont essentiellement composés d'argile, de limons et de sable. Le dosage de ces différents éléments est variable selon la zone et irrégulièrement répartie.

## II. PRÉSENTATION DU PROJET

Le projet soumis à nous pour étude concerne la réalisation d'un drain revêtu en béton armé dans la commune de Yopougon, il s'étend sur une longueur de 3,5km allant de l'hôtel Kimi à la lagune Ebrié au niveau du village de Lokoua. Sur son emprise se trouve trois ouvrages de franchissement. Notons que c'est un ouvrage réservé uniquement à l'évacuation des eaux pluviales.



Figure 2: tracer du canal

### 1. Objectif global

La présente étude s'inscrit dans le cadre des projets de réhabilitations et de constructions des infrastructures en vue de contribuer au développement de la Côte d'Ivoire par la sécurisation et l'amélioration des cadres de vie des populations.

L'objectif général de notre travail consiste à faire une étude technique détaillée de conception et d'actualisation du projet de construction d'un canal d'évacuation des eaux pluviales dans la commune de Yopougon sis à Abidjan/Cote d'Ivoire.

## 2. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques de ce projet

- Faire un dimensionnement hydraulique de l'ouvrage et un dimensionnement structural du canal en béton armé sans tenir compte des résultats du bureau d'étude.
- Comparer les résultats de notre Étude a ceux trouvés par le bureau d'étude
- Estimer l'enveloppe financière
- Établir une notice de l'impact du projet sur son environnement.

### III. ETUDES TECHNIQUES

Dans cette partie notre étude va se porter sur deux points essentiels à savoir : un dimensionnement hydraulique et un dimensionnement structural en précisant les normes et méthodes utilisées pour ses différents calculs.

Le bureau d'étude ayant opté pour une section trapézoïdale, nous nous donnons donc pour objectif de faire une vérification de la section trapézoïdale et un autre calcul pour une section rectangulaire. Nous aurons donc pour la suite du rapport deux différents types de canaux à dimensionner.

#### A. VERIFICATION DE LA SECTION TRAPEZOIDALE

##### 1. Matériels

Pour mener à bien l'étude, du matériel et un certain nombre d'outils ont été utilisés en fonction des objectifs à atteindre :

- ARC-GIS : pour la géolocalisation du site du projet et la mise en œuvre des cartes
- Excel : pour l'élaboration des feuilles de calcul
- AutoCAD : pour l'élaboration des plans de structure et des différents vus de l'ouvrage proposées
- Pybar : pour la modélisation et la détermination des sollicitations
- ROBO STRUCTURAL : Vérification des sections

##### 2. Méthodes

###### 2.1. Dimensionnement hydraulique du canal

###### 2.1.1. Hypothèses de base

Le dimensionnement hydraulique a pour objectif de déterminer les caractéristiques géométriques et hydrauliques du canal en vue d'écouler un débit  $Q$ . Pour ce dimensionnement nous utiliserons la formule de Manning Strickler, car cette méthode nous permet de déterminer une section économique, dite section hydrauliquement favorable.

En considérant un écoulement uniforme, la formule de Manning Strickler nous permet de déterminer le débit maximal admissible dans un ouvrage en fonction de ses dimensions et de sa pente moyenne.

### 2.1.2. Calcul des sections

#### Formule de Manning Strickler

$$Q_{\max} = K_s * R_h^{2/3} * J^{1/2} * S$$

$Q_{\max}$  : Débit maximal à évacuer ;

$K_s$  : Coefficient de rugosité ;

$R_h$  : Rayon hydraulique ; paramètre lié à la section du canal ;

$J$  : Pente du canal ;

$S$  : Surface mouillée ; paramètre lié à la section du canal

Cette formule nous permet à partir du débit connu et d'une itération sur le tirant d'eau  $Y_n$ , de déterminer la section minimale  $S$  dite section économique du canal d'où nous pourrions tirer les différentes dimensions, **b**, **h**, **l**, et **m** en fonction du type de section.

Le tirant d'eau  $Y_n$  sera déterminé en procédant une itération.

La méthode de la débitance pour le canal trapézoïdal stipule que :

$$Q/\sqrt{I} = K_s * S(y) * R_h^{2/3}(y) = D(y)$$

Avec  $S(y)$  : section mouillée (m<sup>2</sup>)

$$S = y(b + my)$$

$R_h(y)$  : rayon hydraulique(m)

$$R_h(y) = S/P$$

$P(y)$  : périmètre mouillé(m)

$$P = b + 2y\sqrt{1 + m^2}$$

Prescription :

Afin d'éviter des dépôts au fond des caniveaux en favorisant l'auto curage, le dimensionnement des sections est fait de sorte à avoir une vitesse supérieure à 0,3m/s

Pour le calcul des vitesses, la formule utilisée est :

$$V = Q/S \text{ toute en choisissant une vitesse telle que } 0,3\text{m/s} < V < 4\text{m/s}.$$

## 2.2. Dimensionnement structural du canal

Notre étude se fera en considérant deux sections de béton, soit une section horizontale (le radier) et une section verticale (les voiles latéraux). Et nous travaillerons sur 1 ml de béton, suivant la longueur de l'ouvrage considéré.

### 2.2.1. Hypothèses de base

Tous les calculs sont établis suivant les prescription et norme donnés dans les documents suivants :

- ✓ BAEL 91 modifié 99
- ✓ EUROCODE 2 partie 4 (Structure de soutènement)
- ✓ Fascicule 62 titre V

Avec les caractéristiques des matériaux suivants :

- ✓ **Béton**

$$f_{c28} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_{t28} = 0,6 + 0,06 * f_{c28} = 0,6 + 0,06 * 25 = 2,1 \text{ MPa}$$

$$\gamma_b = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$\sigma_{bc} = 0,6 * f_{c28} = 15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bu} = 0,85 * (25/1,5) = 14,20 \text{ MPa}$$

La fissuration est jugée préjudiciable (FP)

- ✓ **Acier**

Acier à haute adhérence HA FeE 500

$$\sigma_{st} = \min ((2/3)f_e; \max ((1/2)f_e ; 110(\eta f_{tj})^{0,5})) = 250 \text{ MPa}$$

Enrobage C = 3 cm

- ✓ **Matériaux remblais et sol**

Les efforts latéraux et poussés de terre seront calculés en considérant une hauteur de remblais de 2,5m compacté par couches de 30 cm et en respectant les prescriptions techniques suivantes :

$$\text{Poids volumique du remblai : } \gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Angle de Frottement interne : } C=0, \Theta = 30^\circ$$

$$\text{Coefficient de poussée : } K = 0,333$$

Le sol d'assise présente une résistance caractéristique de  $\sigma_{sol} = 0,19 \text{ MPa}$

### 2.2.2. Charges à considérer

Prédimensionnement :

$$e = h/12$$

Avec e : épaisseur du voile et h : hauteur du remblai.

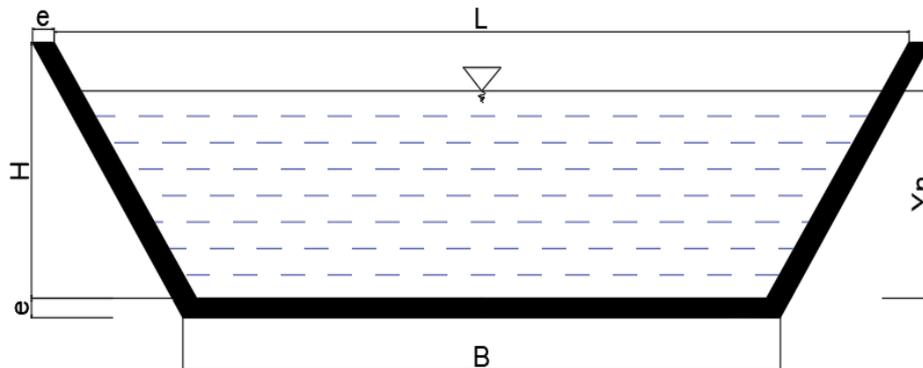


Figure 3: illustration canal trapézoïdal

Les charges à considérer pour les différents types d'ouvrage sont de deux (02) sortes, soit des charges permanentes et des charges d'exploitation.

Les charges permanentes seront désignées d'une part comme les charges provenant de la structure elle-même, soit le poids du béton armé qui le constitue, le revêtement et d'autre part les charges externes tels que, le poids du remblai, et la réaction du sol qui s'appliquera sur le radier.

Les charges d'exploitation seront désignées comme toutes charges intervenant dans l'exploitation de l'ouvrage. Dans notre cas il s'agira essentiellement du poids des eaux qui s'écouleront dans le canal.

NB : les calculs se font en considérant une portion de canal de 1 m suivant sa longueur. Nous obtenons donc des résultats au mètre linéaire.

- **Au niveau du radier**

Le radier étant dimensionné comme une dalle renversée, la charge à considérer est la contrainte du sol qui est égale à la somme des charges permanentes, soit le poids de la structure.

- Poids propre du radier :  $Pr = e * L * \gamma_b$

- **Au niveau du voile**

L'angle d'inclinaison des voiles étant supérieur à l'angle du talus naturel de sol support, il y a donc compensation au niveau des charges.

Le voile dans la section trapézoïdale sera donc soumis uniquement à son poids propre reposant sur le remblai. Cette charge peut être reprise par le béton uniquement, les armatures à disposer seront donc des aciers forfaitaires en vue de résister aux fissurations de béton forfaitaire.

### 2.2.3. Calcul des efforts et sollicitations

La structure étant simple, nous procéderons par la méthode RDM vue de déterminer les sollicitations. Les détails de ses calculs sont disponibles dans l'annexe 2.

$$N_{ser} = Pr$$

$$M_{ser} = \frac{1}{12} * Pr * l^2$$

### 2.2.4. Calcul des sections d'armatures

- **Au niveau du Radier**

Le radier est dimensionné comme une dalle renversée portant dans un seul sens.

Le radier est dimensionné en considérant le canal à vide, car ainsi nous nous mettons dans les conditions les plus défavorables.

Une dalle est calculée au ferrailage comme une poutre en flexion simple de hauteur  $h = e$  et de largeur  $b$ .

Cette section de poutre sera calculée à l'ELS

Avec les données suivantes :

$$M_{ser} ; d ; d' ; b ; h ; f_e ; f_{c28}$$

Coefficient  $\alpha$

$$\alpha = \sigma_{bc} / (\sigma_{bc} + (\sigma_{st} / 15))$$

Fibre neutre

$$Y = d \times \alpha$$

Bras de levier du couple interne

$$Z_b = d - (Y/3)$$

Moment de résistance du béton

$M_{ser} \leq M_{rserb}$  donc pas d'acier comprimé

Section d'armature en traction

$$A_{st} = M_{ser} / (\sigma_{st} * Z_b)$$

**Condition de non-fragilité**

$$A_{min} = 0,23 b_0 * d * (f_{t28}/f_e)$$

$$A_s = \text{Max} (A_{min} ; A_{st})$$

Vérification à l'ELS

$$S = \frac{b_0 * Y_{ser}^2}{2} - n * A_{st} * (d - Y_{ser}) = 0$$

$$I_{ser} = \frac{b_0 * Y_{ser}^3}{3} + n * A_{st} * (d - Y_{ser})^2$$

- **Au niveau du Voile**

Comme énoncé dans la partie « détermination des charges », la section d'acier à disposer dans le voile est une section d'armature forfaitaire. Cette section d'armature est déterminée comme suit :

$$A_{min} > 0,23 * b_0 * d * (f_{t28}/f_e)$$

## B. DIMENSIONNEMENT DE LA SECTION RECTANGULAIRE

### 1. Matériels

Pour mener à bien l'étude, du matériel et un certain nombre d'outils ont été utilisés en fonction des objectifs à atteindre. Nous utiliserons les mêmes données que celle de la partie VERIFICATION DE LA SECTION TRAPEZOIDALE.

### 2. Méthodes

#### 2.1. Dimensionnement hydraulique du canal

##### 2.1.1. Hypothèses de base

Le dimensionnement hydraulique a pour objectif de déterminer les caractéristiques géométriques et hydrauliques du canal en vue d'écouler un débit  $Q$ . Pour ce dimensionnement nous utiliserons la formule de Manning Strickler, car cette méthode nous permet de déterminer une section économique, dite section hydrauliquement favorable.

Les hypothèses considérées dans cette partie sont les mêmes que celle énoncées dans la partie VERIFICATION DE LA SECTION TRAPEZOIDALE

##### 2.1.2. Calcul des sections

#### Formule de Manning Strickler

$$Q_{\max} = K_s * R_h^{2/3} * J^{1/2} * S$$

La méthode de la débitance pour le canal rectangulaire stipule que :

$$Q/\sqrt{I} = K_s * S(y) * R_h^{2/3}(y) = D(y)$$

Avec  $S(y)$  : section mouillée

$$S = b * y_n$$

$R_h(y)$  : rayon hydraulique

$$R_h(y) = S/P$$

$P(y)$  : périmètre mouillé

$$P = 2 * y_n + b$$

Prescription :

Afin d'éviter des dépôts au fond des caniveaux en favorisant l'auto curage, le dimensionnement des sections est fait de sorte à avoir une vitesse supérieure à 0,3m/s.

Pour le calcul des vitesses, la formule utilisée est :

$V = Q/S$  tout en choisissant une vitesse telle que  $0,3\text{m/s} < V < 4\text{m/s}$ .

## 2.2. Dimensionnement structural du canal

Notre étude se fera en considérant deux sections de béton, soit une section horizontale (le radier) et une section verticale (les voiles latéraux). Pour toutes les parties, nous considérerons une section de béton de 1 ml suivant la longueur de l'ouvrage.

### 2.2.1. Hypothèses de base

Les hypothèses considérées dans cette partie sont les mêmes que celles énoncées dans la partie VERIFICATION DE LA SECTION TRAPEZOIDALE

### 2.2.2. Charges à considérer

Prédimensionnement :

$$e = h/12$$

Avec  $e$  : épaisseur du voile et  $h$  : hauteur du remblai.

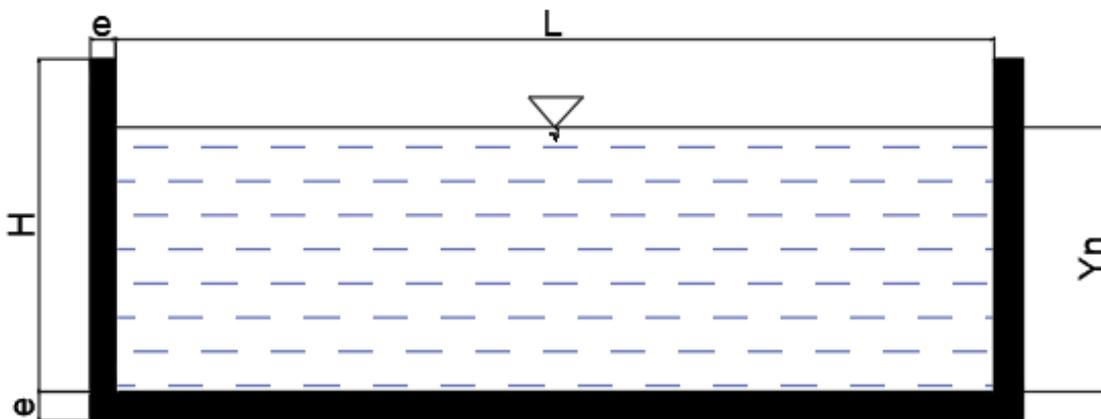


Figure 4: illustration canal rectangulaire

Les charges à considérer pour les différents types d'ouvrages sont de deux (02) sortes, soit des charges permanentes et des charges d'exploitations.

- **Au niveau du radier**

Le radier étant dimensionné comme une dalle renversée, la charge à considérer est la contrainte du sol qui est égale à la somme des charges permanentes, soit le poids de la structure.

- Poids propre du radier :  $P_r = e * L * \gamma_b$
- Poids des voiles :  $P_v = (2e * h * 1 * \gamma_b) / L$
- Revêtement :  $P_{rev} = (2e_r * h * 1 * 1,2) / L$

- **Au niveau du voile**

- **P** : Poids propre du voile =  $e * h * \gamma_b$
- **La poussée latérale Pl** =  $\frac{1}{2} * Ka * h^2 * \gamma_r$

### 2.2.3. Calcul des efforts et sollicitations

La structure étant simple, nous procéderons par la méthode RDM en vue de déterminer les sollicitations. Les détails de ses calculs sont disponibles en annexe.

- **Radier**

À l'ELS

$$N_{ser} = P_r + P_v + P_{rev}$$

$$M_{ser} = \frac{1}{12} * P * l^2$$

- **Voile**

À l'ELS

$$N_{ser} = P$$

$$M_{ser} = \frac{1}{3} * p_l * H$$

#### 2.2.4. Calcul des sections d'armatures

- **Radier**

Comme dans la section trapézoïdale il sera question de le dimensionner comme une poutre en flexion simple de section  $b \cdot h$

Section dimensionnée à l'ELS

Avec les données suivantes :  $M_{ser}$  ;  $b$  ;  $h$  ;  $d$  ;  $d'$

Coefficient  $\alpha$

$$\alpha = \sigma_{bc} / (\sigma_{bc} + (\sigma_{st} / 15))$$

Fibre neutre

$$Y = d \times \alpha$$

Bras de levier du couple interne

$$Z_b = d - (Y/3)$$

Moment de résistance du béton

$$M_{rserb} = 0,5 \times \sigma_{bc} \times b \times \alpha (1 - (\alpha / 3)) \times d^2$$

$M_{ser} \leq M_{rserb}$  donc pas d'acier comprimé

Section d'armature en traction

$$A_{st} = M_{ser} / (\sigma_{st} * Z_b)$$

**Condition de non-fragilité**

$$A_{min} = 0,23 b_0 * d * (f_{t28}/f_e)$$

$$A_s = \text{Max} (A_{min} ; A_{st})$$

**Vérification à l'ELS**

$$S = \frac{b_0 * Y_{ser}^2}{2} - n * A_{st} * (d - Y_{ser}) = 0$$

$$I_{ser} = \frac{b_0 * Y_{ser}^3}{3} + n * A_{st} * (d - Y_{ser})^2$$

- **Voiles**

Le voile dans la section rectangulaire étant soumis à la poussée de terre latérale est dimensionné comme un mur de soutènement à section constante. Le mur étant disposé sur un radier calculé et ferrillé, calculons donc les conditions de stabilité interne.

La section (S1) de contact avec le radier ayant le moment le plus élevé, nous l'utiliserons pour la détermination des armatures que nous uniformiserons dans toute la section du mur.

Les sollicitations maximales à considérer :  $N_{max}$  ;  $M_{max}$

- Calcul de l'excentricité et en déduire la condition de flexion

$$e = M/N$$

Aussi  $4h_0 = 4 \cdot h_0$  (avec  $h_0$  épaisseur du voile)

**On a  $e > 4h_0$  nous sommes donc en flexion simple**

$$M_{serb} = 0,5 * b_0 * d^2 * \sigma_{bc} * \bar{\alpha}_{ser} (1 - 0,333 * \bar{\alpha}_{ser})$$

$M_{serb} \geq M_{ser}$  il n'y a donc pas nécessité d'utiliser des aciers comprimés.

$$A_{st} = M / (Z_{ser} * \sigma_{st})$$

$$A_{min} = \max (A_{st} ; 0,23 * b_0 * d * (f_{t28}/f_e))$$

Armatures de répartition (aciers horizontaux) du voile (côté remblayé)

On adopte une disposition forfaitaire d'armatures de répartition :

Armatures de répartition :  $A_h \geq 0,1E$  avec  $e$  : épaisseur du béton

(En FP l'espacement  $esp \leq \min (25\text{cm} ; 2e)$ )

Le côté, non remblayé du mur sera ferrillé dans les deux sens avec des aciers forfaitaires.

### **Vérification de la stabilité externe**

Soit  $F_s$  le coefficient de stabilité

- Stabilité au non-renversement

$$F_s = M_v/M_h$$

- Stabilité au glissement

$$F_s = \Sigma F_v * \tan \varphi / \Sigma F_h$$

## IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### A. VERIFICATION DE LA SECTION TRAPEZOIDAL

#### 1. Étude Hydraulique

Les résultats de l'étude hydrologique reçues du bureau d'étude nous donnent deux débits, 122 m<sup>3</sup>/s et 191 m<sup>3</sup>/s, qui nous permettront de dimensionner deux canaux de sections différentes, l'un long de 2,5 km et l'autre, long de 1 km.

Notre étude se fera sur le débit de 191 m<sup>3</sup>/s en vue de trouver les dimensions du plus grand canal. Les mêmes méthodes de calcul pourront être utilisées dans le dimensionnement du second.

#### Formule de Manning Strickler

$$Q_{\max} = K_s * R_h^{2/3} * J^{1/2} * S$$

$K_s = 70$  pour le béton armé

$J$  : les données topographiques nous donnent un dénivelé d'environ 22m pour une distance de 3,5km, d'où la pente générale du terrain naturel dépasse les 0,6%. Cette pente nous donne une vitesse d'écoulement trop élevée, nous fixons donc la valeur de la pente du projet à 0,4% pour notre dimensionnement. Toutefois il est question de vérifier la vitesse d'écoulement induite par cette pente ;

Nous obtenons les résultats suivants

Largueur au miroir : 15 m

Hauteur : 2,5 m (soit un tirant d'eau  $Y_n = 2,24m$ )

Largueur en base : 12 m

Fruit de berge : 3/5

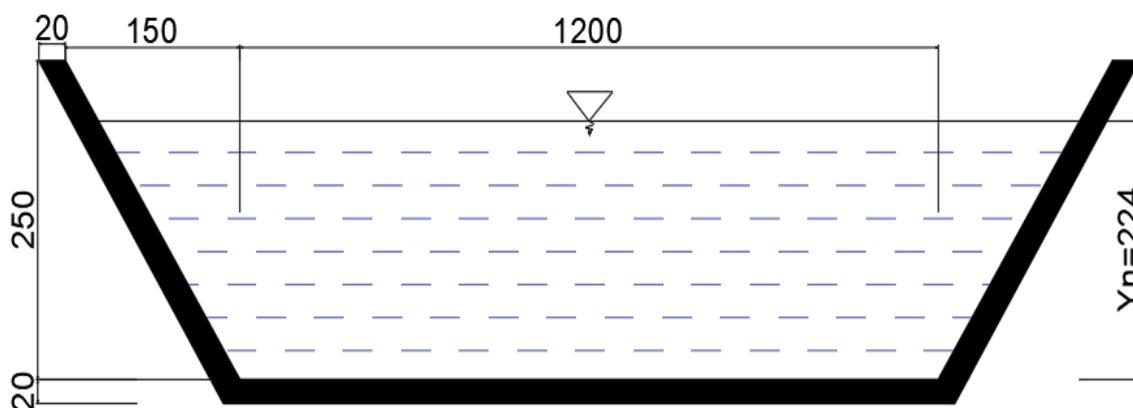


Figure 5: section canal trapézoïdal

## 2. Étude structurale

### 2.1. Chargement

Prédimensionnement :

$$e = h/12, \text{ soit } e = 250/12$$

Avec  $e$  : épaisseur du voile et  $h$  : hauteur du remblai.

On obtient une épaisseur de 20cm de béton.

Pour le radier, nous décidons de garder les mêmes sections soit 20 cm d'épaisseur

- Au niveau du radier

Poids propre du radier

$$P = 0,2 * 25$$

$$G1 = 5 \text{ kN/ml}$$

$$\text{À l'ELS } G_{ser} = G1 = 5 \text{ kN/ml}$$

$$\text{À l'ELU } G_u = 1,35 G1 = 6,75 \text{ kN/ml}$$

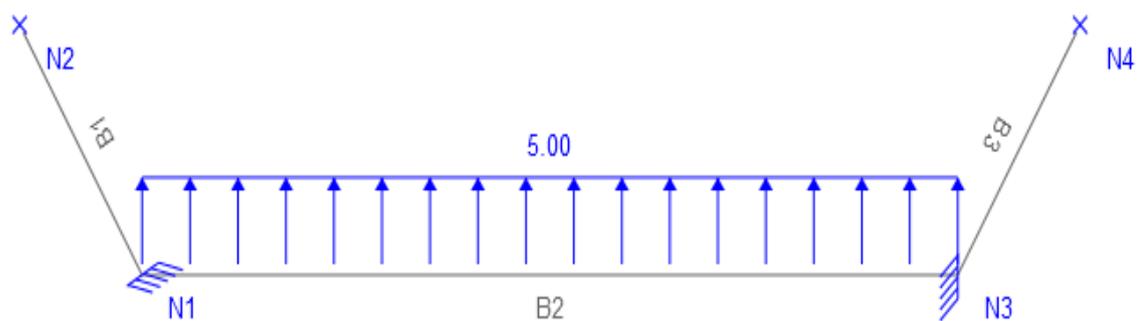


Figure 6 : Modélisation des charges du canal trapézoïdal

### 2.2. Sollicitations

Tableau 1: Récapitulatif des sollicitations maximales

Partie d'ouvrage	Moment M (kN.m/m)	Effort N (kN/m)	Effort T (kN/m)
Radier, rive gauche	60	-	30
Radier rive droite	60	-	30
Radier, en travée	30	5	0
Voile	-	-	-

Les résultats de ses différentes sollicitations maximales sont dus au chargement que supporte chaque partie d'ouvrage. En application du principe de la RDM.

### 2.3. Sections armatures

- **Au niveau du Radier (en travée)**

Données

$M_{ser}=30\text{kN.m/ml}$  ;  $b=1\text{m}$  ;  $h=0,2\text{m}$  ;  $d=0,18\text{m}$  ;  $d'=0,02\text{m}$

Section d'armature en traction

$A_{st} = 4,34 \text{ cm}^2/\text{ml}$

#### Condition de non-fragilité

$A_{min} = 1,74 \text{ cm}^2/\text{ml}$

$A_s = \text{Max} (A_{min} ; A_{st})$

$A_s = A_{st} = 4,34 \text{ cm}^2$

#### Vérification à l'ELS

$Y_{ser} = 4,386 \text{ cm}$

$I_{ser} = 64960,76 \text{ cm}^4$

*Tableau 2: vérification des contraintes*

Contrainte du béton (MPa)	1,69
Contrainte max du béton (MPa)	15,00
Vérification du béton	OUI
Contrainte dans l'acier (MPa)	78,59
Contrainte max dans l'acier (MPa)	250,00
Vérification de l'acier	OUI

Le calcul à l'ELS nous permet d'avoir une section d'armature tendue  $A_{st} = 4,34\text{cm}^2$

Et nous n'avons pas d'acier comprimé. Toute fois l'épaisseur du béton étant considérable, soit 20 cm, les dispositions constructives nous imposent une deuxième nappe d'acier.

Choix des barres, 6HA10 espacés de 20cm

Arelle =  $4,71\text{cm}^2$

Avec comme acier de répartition, des HA8 espacé de 20 cm

#### **Calcul des aciers sur appuis**

On obtient  $A_{st} = 6,54\text{cm}^2$

Choix : 6HA12 totalisant Arelle =  $6,79\text{cm}^2$

- **Au niveau du voile**

Section d'acier forfaitaire à disposer

$$A_{min} > 0,23 \cdot 1 \cdot 0,18 \cdot 2,1 / 500$$

$$A_{min} > 1,72 \text{ cm}^2$$

Choix des barres 6HA8 espacés de 20cm

$$A_{relle} = 3,02 \text{ cm}^2$$

Et comme acier de répartition, des HA8 espacé de 20cm

## B. DIMENSIONNEMENT DE LA SECTION RECTANGULAIRE

### 1. Étude Hydraulique

En utilisation de la formule de Manning Strickler illustré dans la partie Canal trapézoïdal, nous obtenons les résultats suivants :

$$Q_{max} = 191 \text{ m}^3/\text{s} ;$$

$$K_s = 70 \text{ pour le béton armé}$$

$$J = 0,4\%$$

Largeur au miroir : 14 m

Hauteur : 2,5 m (soit un tirant d'eau  $Y_n = 2,15\text{m}$ )

Largeur en base : 14 m

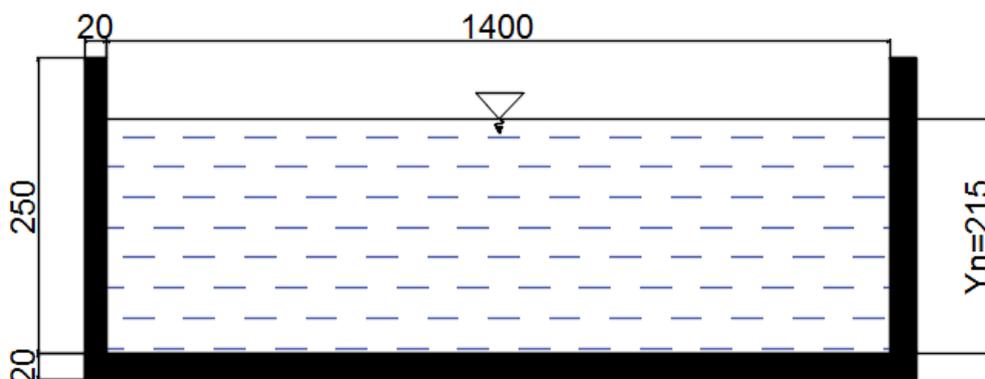


Figure 7: section canal rectangulaire

## 2. Étude structurale

### 2.1. Chargement

Prédimensionnement :

$$e = h/12, \text{ soit } e = 250/12$$

Avec  $e$  : épaisseur du voile et  $h$  : hauteur du remblai.

On obtient une épaisseur de 20cm de béton.

Pour le radier, nous décidons de garder les mêmes sections soit 20 cm d'épaisseur.

- **Au niveau du radier**

Poids propre du radier :  $P_r = 0,2 \cdot 1 \cdot 25 = 5 \text{ kN/ml}$

Poids des voiles :  $P_v = (2 \cdot 0,2 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 25) / 14 = 1,79 \text{ kN/ml}$

Revêtement :  $P_{rev} = (2 \cdot 0,03 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 1,2) / 14 = 0,013 \text{ kN/ml}$

$$G_1 = 6,803 \text{ kN/ml}$$

À l'ELS  $G_{ser} = G_1 = 6,803 \text{ kN/ml}$

À l'ELU  $G_u = 1,35 G_1 = 9,185 \text{ kN/ml}$

- **Au niveau du voile**

#### Poids propre voile

$$P = 12,5 \text{ kN/m}$$

#### La poussée latérale

$$K_a = 0.333$$

$$\gamma_r = 19 \text{ kN/m}^3$$

Avec  $h_r = 2,5 \text{ m}$  la hauteur du remblai

$$P_l = 0,5(0,333 \cdot 19 \cdot 2,5^2)$$

$$P_l = 19,77 \text{ kN/ml}$$

Les charges sur les deux voiles étant les mêmes on aura donc :  $P_g = P_d$

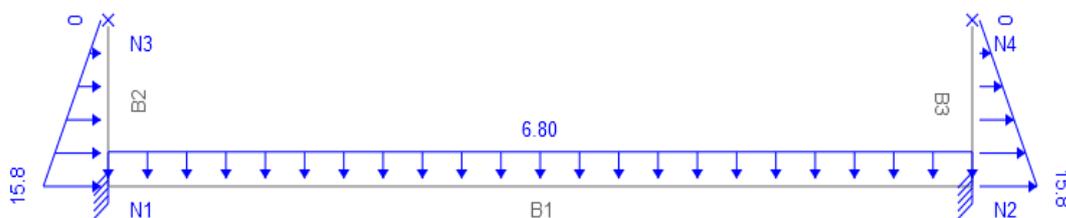


Figure 8: Modélisation des charges du voile : cas du canal rectangulaire

## 2.2. Efforts et sollicitations

Tableau 3: Récapitulatif des sollicitations maximales

Partie d'ouvrage	Moment M (kN.m/m)	Effort N (kN/m)	Effort T (kN/m)
Radier, rive gauche	111,1	-	47,6
Radier rive droite	111,1	-	47,6
Radier, en travée	55,6	6,803	0
Voile	16,5	12,5	19,8

Les résultats de ses différentes sollicitations maximales sont dus au chargement que supporte chaque partie d'ouvrage. En application du principe de la RDM.

## 2.3. Sections armatures

### • Au niveau du radier (en travée)

Données

$M_{ser} = 55,6 \text{ kN.m/ml}$  ;  $b = 1 \text{ m}$  ;  $h = 0,2 \text{ m}$  ;  $d = 0,18 \text{ m}$  ;  $d' = 0,02 \text{ m}$

Section d'armature en traction

$A_{st} = 8,63 \text{ cm}^2/\text{ml}$

**Condition de non-fragilité**

$A_{min} = 1,74 \text{ cm}^2/\text{ml}$

$A_s = \text{Max} (A_{min} ; A_{st})$

$A_s = A_{st} = 8,63 \text{ cm}^2$

**Vérification à l'ELS**

$Y_{ser} = 5,81 \text{ cm}$

$I_{ser} = 57132,84667 \text{ cm}^4$

Tableau 4: vérification des contraintes

Contrainte du béton (MPa)	3,33
Contrainte max du béton (MPa)	15,00
Vérification du béton	OUI
Contrainte dans l'acier (MPa)	104,63
Contrainte max dans l'acier (MPa)	250,00
Vérification de l'acier	OUI

Le calcul à l'ELS nous permet d'avoir une section d'armature tendue  $A_{st} = 8,63\text{cm}^2$

Et nous n'avons pas d'acier comprimé. Toute fois l'épaisseur du béton étant considérable, soit 20 cm, les dispositions constructives nous imposent une deuxième nappe d'acier.

Choix des barres, 6HA14 espacés de 20cm

$$A_{relle} = 9,24\text{cm}^2$$

Les armatures de répartition  $\Theta_t = \Theta_1 / 3$

Soit des HA8 espacés de 20cm

### Calcul des aciers sur appuis

On obtient  $A_{st} = 11,56\text{cm}^2$

Choix : 6HA16 totalisant  $A_{relle} = 12,06\text{cm}^2$

- Au niveau du voile

Les sollicitations maximales à considérer :

$$N_{ser} = 12,5 \text{ kN/ml}$$

$$M_{ser} = 16,50 \text{ kN.m/ml}$$

- Calcul de l'excentricité et en déduire la condition de flexion  
 $e = 1,318 \text{ m}$

$$4h_0 = 0,8$$

**On a  $e > 4h_0$  nous somme donc en flexion simple**

$$M_{serb} = 96,32 \text{ kN.m/ml}$$

$M_{serb} \geq M_{ser}$  il n'y a donc pas nécessité d'utiliser des aciers comprimés.

$$Z_{ser} = 0,152$$

$$A_{st} = 3,66 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_s = \max(3,66; 1,74)$$

$$\mathbf{A_s = 3,66 \text{ cm}^2/\text{ml}}$$

Choix des barres, 6HA10 espacé de 20cm

$$A_{relle} = 4,71 \text{ cm}^2$$

Armatures de répartition (aciers horizontaux) du voile (côté remblayé)

On adopte une disposition forfaitaire d'armatures de répartition :

Armatures de répartition :  $A_h \geq 0,1e$  avec  $e$  : épaisseur du béton

$$A_h = 0,1 * 20$$

$$A_h = 2 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

On choisit des HA8 espacés de 20 cm

(En FP l'espacement  $\text{esp} \leq \min(25\text{cm}; 2e)$  avec  $e=20\text{cm}$ )

D'où on choisit un espacement  $\text{esp}=20\text{cm}$ )

Le coté, non remblayé du mur sera ferrailé dans les deux sens avec des aciers forfaitaires.

Soit :  $A_x$  = des HA8 espacés de 20cm

$A_y$  = des HA8 espacés de 20 cm

- Stabilité au non-renversement

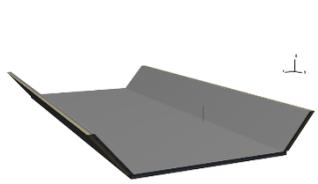
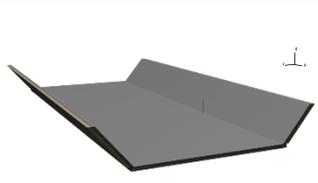
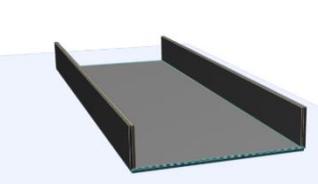
$F_s = 75/16,47 > 1,5$  la stabilité au non-renversement est vérifiée

- Stabilité au glissement

$F_s = 2,885 > 1,5$  la stabilité au non-glissement est vérifiée.

## C. RECAPITULATIF DES RESULTATS

Tableau 5 : Résultats du dimensionnement

Désignation	Illustration	Section	Volume de béton au ml	Section d'armature au ml	Choix des barres
Canal trapézoïdal 1		Tronçon 1 11*5*3	2,70 m <sup>3</sup>	Radier : 3,02cm <sup>2</sup>	6HA8, esp = 20cm
				Voile : 3,02cm <sup>2</sup>	6HA8, esp = 20cm
		Tronçon 2 17*12*2,5	3,816 m <sup>3</sup>	Radier : 4,71cm <sup>2</sup>	6HA10, esp = 20cm
				Voile : 4,71cm <sup>2</sup>	6HA10, esp = 20cm
Canal trapézoïdal 2		Tronçon 1 11*8*2,5	2,368 m <sup>3</sup>	Radier : 2,87cm <sup>2</sup>	6HA8, esp = 20cm
				Voile : 1,72cm <sup>2</sup>	6HA8, esp = 20cm
		Tronçon 2 15*12*2,5	3,168 m <sup>3</sup>	Radier : 4,34cm <sup>2</sup>	6HA10, esp = 20cm
				Voile : 1,72cm <sup>2</sup>	6HA8, esp = 20cm
Canal rectangulaire		Tronçon 1 10*2,5	3 m <sup>3</sup>	Radier : 3,41cm <sup>2</sup>	6HA10, esp = 20cm
				Voile : 3,66cm <sup>2</sup>	6HA10, esp = 20cm
		Tronçon 2 14*2,5	3,8 m <sup>3</sup>	Radier : 8,63cm <sup>2</sup>	6HA14, esp = 20cm
				Voile : 3,66cm <sup>2</sup>	6HA10, esp = 20 cm

NB : le canal trapézoïdal 1 représente le canal dimensionné par le bureau d'étude et le canal trapézoïdal 2 représente notre dimensionnement en vue de vérifier les sections.

La section de canal rectangulaire présente des sollicitations plus élevées, au niveau de voile due à la poussée de terre qui agit sur le mur vertical et au niveau du radier, effet de la charge du mur, qui transmet directement son poids propre au radier.

De ses résultats ci-dessus listés, il ressort que la section trapézoïdale est favorable en comparaison avec une section rectangulaire, du fait de sa capacité à évacuer le même débit en étant économiquement favorable en section d'acier et aussi de béton. Aussi sa mise en œuvre ne nécessite pas forcément la réalisation de coffrage pour le coulage du béton, contrairement au canal rectangulaire qui lui, doit être coffré. Toutefois, la réalisation d'un canal trapézoïdal peut s'avérer plus complexe de par la section qui demande la réalisation de talus suivant les inclinaisons des voiles latéraux, qui demande une main-d'œuvre qualifiée et l'intervention de certain engin.

Il est donc judicieux, dans la mesure du possible, d'opter pour un canal trapézoïdal, qui nous permettra d'évacuer notre débit tout en gardant des sections économiques de béton et d'armature.

## V. MÉTRÉ ET DEVIS ESTIMATIF

### 1. Canal trapézoïdal

Le devis estimatif ci-dessous est le résultat de calcul des quantités des différents intrants, béton et acier, qui vont servir pour la construction du canal trapézoïdal.

Tableau 6: Devis estimation et quantitatif canal trapézoïdal

N°	DÉSIGNATION	Qte	DIMENSIONS			UNITÉ	RESULTATS	TOTAL
			Long	Larg	Ht/Ep			
Tronçon 1								
1	Béton voile	2	2500	2,92	0,2	m3	2920	
2	Béton radier	1	2500	6	0,2	m3	3000	
Tronçon 2								
3	Béton voile	2	1000	2,92	0,2	m3	1168	
4	Béton radier	1	1000	12	0,2	m3	2400	
						m <sup>3</sup>		9 488

Tableau 7: Récapitulatif armature

N°	Désignation	Nombre de partie	Poids/ml	Unité	Résultats		Observation
					partiel	définitif	
1	Acier HA8	461420	0,395	kg	182260,9		
2	Acier HA10	318560	0,617	kg	196551,52		
3	Acier HA12	124255	0,888	kg	110338,44		
						489150,86	

Tableau 8 : Récapitulatif cout estimatif canal trapézoïdal

N°	Désignation	Unité	Quantité	PU	PT
1	Acier HA	kg	489150,86	1 120	547 848 964
2	Béton (350kg/m3)	m <sup>3</sup>	9 488	85 000	806 480 000
	TOTAL HT				<b>1 354 328 963</b>

Le montant total de réalisation pour un canal rectangulaire s'élève à **1 354 328 963 FCFA**, montant hors taxe.

## 2. Canal rectangulaire

Le devis estimatif ci-dessous est le résultat de calcul des quantités des différents intrants, béton et revêtement, ayant servi pour la construction du canal rectangulaire.

Tableau 9: Devis estimation et quantitatif canal rectangulaire

N°	DESIGNATION	Qte	DIMENSIONS			UNITE	RESULTATS	TOTAL
			Long	Larg	Ht/Ep			
Tronçon 1								
1	Béton voile	2	2500	2,5	0,2	m3	2500	
2	Béton radier	1	2500	10	0,2	m3	5000	
Tronçon 2								
3	Béton voile	2	1000	2,5	0,2	m3	1000	
4	Béton radier	1	1000	14	0,2	m3	2800	
							<b>11 300</b>	

Tableau 10: Récapitulatif armature

N°	Désignation	Nombre de partie	Poids/ml	Unité	Résultats		Observation
					part	def	
1	Acier HA8	415020	0,395	kg	163932,9		
2	Acier HA10	216540	0,617	kg	133605,18		
3	Acier HA12	324255	0,888	kg	287938,44		
4	Acier HA14	185632	1,208	kg	224243,456		
5	Acier HA16	120556	1,578	kg	190237,368		
						<b>999957,344</b>	

Tableau 11: Récapitulatif cout estimatif canal rectangulaire

N°	Désignation	Unité	Quantité	PU	PT
1	Acier HA	kg	999957,344	1120	1 119 952 225
2	Béton 350kg/m3	m3	11 300	85000	960 500 000
<b>TOTAL HT</b>					<b>2 080 452 225</b>

Le montant total de réalisation pour un canal rectangulaire s'élève à **2 080 452 225 FCFA**, montant hors taxe.

## VI. IMPACT POTENTIEL DU PROJET SUR SON ENVIRONNEMENT

### 1. Identification et analyse des impacts potentiels du projet

Le présent projet nécessite dans son exécution quatre phases énumérées comme suit : le pré opérationnel ; la construction ; l'exploitation ou opérationnelle ; la cessation d'activités.

Les impacts se distinguent relativement des phases d'exécution des projets. On aura ainsi les impacts suivants :

- Impacts liés à la phase pré-opérationnelle ;
- Impacts liés à la phase de construction ;
- Impacts liés à la phase d'exploitation ou opérationnelle ;
- Impacts liés à la phase de cessation d'activités.

De plus, on distingue les impacts « habituels » d'un tel projet aux impacts « exceptionnels » qui seraient les conséquences d'un « écoulement ou éboulement de talus accidentel ».

### 2. Impacts positifs des projets prioritaires

#### Impacts positifs du projet en phase de pré-opérationnelle

- Création d'emploi ;
- Amélioration du cadre de vie des populations riveraines ;
- Lutte contre les effets négatifs des inondations ;
- Lutte contre les accidents de noyade.

#### Impacts positifs en phase de construction

- Création d'emploi.

#### Impacts positifs en phase d'exploitation ou opérationnels

- Réduction des inondations ;
- Préservation des biens et des personnes ;
- Préservation des acquis en infrastructure routière ;
- Amélioration du trafic routier.

#### Impacts positifs en phase de cessation d'activités

- Réduction des inondations ;
- Amélioration du trafic routier ;
- Amélioration du cadre de vie.

### 3. Impacts négatifs des projets prioritaires

#### Impacts négatifs du projet en phase de pré-opérationnelle

Les impacts négatifs de la préparation du site du projet ou des activités pré-opérationnelles portent notamment sur : les émissions atmosphériques ; les nuisances sonores ; la perturbation de la circulation ; la perturbation de la quiète des riverains.

##### - Impacts liés aux émissions atmosphériques

Les impacts atmosphériques proviennent de la production de gaz par les engins lourds des travaux publics. En effet, la combustion du carburant nécessaire à la production d'Énergie engins pendant les travaux de préparation du site occasionnera des émissions atmosphériques qui concernent notamment le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), les oxydes d'azote (NO<sub>3</sub>), les oxydes de soufre (SO<sub>2</sub>) et l'hydrocarbure non brûlé.

Ces gaz qui se dégagent dans l'atmosphère entraînent la pollution de l'air. Les effets des émissions sont temporaires, faibles et se dispersent rapidement. Cependant, un mauvais fonctionnement des équipements relatif au travail génie civil peut entraîner une augmentation de la quantité d'émissions atmosphérique. Dans ce cas, ces émissions constitueront des sources de nuisance pour l'environnement, le personnel et les riverains.

##### - Impacts liés aux nuisances sonores

Le bruit lié à la mise en place des installations des travaux en génie civil sur le site durant les activités pré opérationnel se propage dans le milieu environnant. Cette propagation de bruit peut évoluer sur la zone environnante. Cependant ce bruit est temporaire et limité dans la zone immédiate des travaux. Le site des travaux étant éloigné des riverains, ces nuisances sonores sur les populations environnantes sont peu probables, sauf sur le personnel travaillant sur les lieux de l'exploration.

##### - Impacts liés à la perturbation de la circulation

Les différentes opérations de mise en place des équipements, des engins lourds TP (bulles, chargeuse, etc.) et les mouvements des engins vont perturber la quiétude des riverains par la perturbation du trafic occasionné par la présence et les mouvements de rotation et vas et vient des engins. Cette perturbation du trafic est un impact négatif potentiel pendant la phase pré-opérationnelle.

#### Impacts négatifs du projet en phase de construction

##### - Impacts sur l'esthétique du paysage

Due à la présence des engins lourds sur le site du projet, la présence quasi pérennante des engins lourds sur le site va modifier le champ visuel des riverains.

- Impacts liés à la perturbation du trafic

La totalité ou une partie des engins seront en mouvement pendant les travaux lorsqu'ils seront dans le canal. Ce qui constitue un impact négatif potentiel.

- Impacts liés aux nuisances sonores

Le bruit en phase de construction se propage dans le milieu environnant. Cette propagation de bruit peut évoluer vers les habitats des riverains et constituer une nuisance importante pour les populations riveraines. Ceci constitue un impact majeur. Les émissions de bruit vont durer environ sur quatorze (14) mois ou plus. En effet, le personnel travaillant sur le site peut être exposé aux dangers suivants : Bruit généré par le fonctionnement des installations.

- Impacts liés aux émissions atmosphériques

Les principales sources d'altération de la qualité de l'air sont les gaz d'échappement des moteurs et des engins lourds déployés sur le site de l'entreprise des travaux. Ces gaz comprennent le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), les oxydes d'azote (NO<sub>3</sub>), l'oxyde de soufre (SO<sub>3</sub>), et l'hydrocarbure non brûlés. Ces gaz émis dans l'atmosphère entraînent la pollution de l'air, mais se dispersent rapidement dans l'atmosphère selon la vitesse des vents et de leurs directions.

- Impacts liés au rejet des déchets solides

Les principaux déchets solides générés lors des travaux d'aménagement sont des déchets industriels banals (DIB, assimilable aux déchets ménagers) et les déchets industriels spéciaux (DIS)

Le plan de gestion des déchets doit être une partie intégrante des règles HSE de l'entreprise qui va réaliser les travaux d'aménagement. Elle doit également gérer les déchets retrouvés dans les conduites des eaux de pluie.

La santé et la sécurité du personnel sur le site des travaux peuvent être menacées

- Impacts liés aux déversements accidentels des carburants/ fuite de réservoir

Les déversements accidentels des résidus résultent de nombreux facteurs liés à la fuite du réservoir des engins et moteurs lors de, leur alimentation en carburant, fuites ou tout autre dysfonctionnement des installations.

#### 4. Présentation des différentes matrices de distinction des impacts

Tableau 12: Proposition de matrice d'identification des impacts

MATRICE SYNTHÈSE D'IDENTIFICATION DE L'IMPACT DU PROJET YOPOUGON 1 EN PHASE PREOPERATIONNELLE							MESURE D'ATENUATION
PHASE DU PROJET	ZONE DU PROJET	ACTIVITÉ/SOURCE D'IMPACT	COMPOSANTE DU MILIEU AFFECTE			NATURE DE L'IMPACT	
			Physique	Biologique	Humain		
PROPERATIONNELLE	YOPOUGON 1	Installation générale du chantier	Sol			Occupation du sol par les installations	Limitier la zone de chantier à la surface utile
				Flore		Débroussaillage de la flore	Gazonner après les travaux
		Services généraux de l'entreprise			Humain	Production des déchets domestiques	Mettre en place un système de gestion des déchets, disposer des bacs à déchets et un registre de traçabilité des déchets
						Production des eaux usées	Disposer d'un système de gestion des eaux usées
		Provision pour le lancement officiel du projet			Humain	Manque d'information	Associer les OBC et les ONG

## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La structure de notre rapport, l'élaboration des différentes notes de calcul et le cheminement qui mène au bon résultat nous font savoir que, pour le dimensionnement d'un ouvrage de génie civil, il nous faut un maximum de connaissance des méthodes de calcul, une grande concentration et beaucoup de temps.

L'ingénieur en charge d'un projet doit tenir compte de toutes les données nécessaires à la bonne marche de son travail et considérer toutes les situations, favorables et non favorables à l'élaboration des résultats. Le métier d'ingénieur est alors un métier rigoureux.

Dans ce projet il était question du dimensionnement d'un canal, nous avons donc étudié deux possibilités différentes, soit un canal trapézoïdal et un canal rectangulaire pour l'évacuation du même débit, en vue de choisir la section optimale répondant aux exigences du projet. Les résultats de nos calculs nous donnent des sections de béton et d'armature différentes pour les deux types de canaux, avec des sections économiques pour le canal trapézoïdal. Nous choisissons donc pour notre projet le canal trapézoïdal qui s'avère être plus optimal. Toutefois cette conclusion n'est pas sans exception, des contraintes de terrain ou d'autres raisons peuvent rendre le canal rectangulaire favorable devant une section trapézoïdale, d'où l'importance de tenir compte de tous les facteurs internes et externes du projet.

L'approche d'une étude d'impact du projet sur son environnement nous permet de déterminer les différents risques auquel est exposé le milieu environnant et pouvoir prendre des mesures en vue de les supprimer ou les réduire, le cas échéant.

Ce rapport, résultat d'un travail d'ingénierie et de longues durées nous a permis de chercher, de voir et de toucher certaines techniques du métier d'ingénieur auquel nous serons confrontés, l'entreprise FRANZETTI-CI de par son personnel plein de connaissances et de techniques assure la qualité et le respect des norme et technique de construction, nous sommes donc fières et heureux d'avoir fait partie de ses effectifs.

Comme recommandations nous avons des propositions que nous rangeons en deux groupes :

- Pour la durabilité de l'ouvrage

Nous recommandons à la mairie ou aux autorités de la zone de projet de bien vouloir s'assurer de la mise en place d'un service d'entretien régulier ou de l'activer s'il existait au par avant.

Mise en place d'un système de sensibilisation sur la gestion des déchets liquides et solides, évitant ainsi aux populations riveraines de les déverser directement dans le canal.

- Pour la sécurité des personnes

Mise en place de garde-corps dans les zones les plus fréquentées.

Mise en place par endroits, d'échelle de secours pour les cas de chute accidentelle.

## BIBLIOGRAPHIE

NOMBRE Julien. (2013), Mémoire Master 2iE (Vérification hydraulique et dimensionnement structural d'un ouvrage de franchissement de section)

Roland YONABA. (2016) Hydraulique à surface libre, 2iE.

François SCHLOSSER, Ouvrages de soutènement, Poussée et butée

Prof Adama MESSAN. (2015) Béton Armé 1, 2, 3 et 4, 2iE

Dr Abdou LAWANE. (2015) Calcul de structure 1, 2 et 3, 2iE

Fascicule 62 titre V. (1993) : RÈGLES TECHNIQUES DE CONCEPTION ET DE CALCUL DES FONDATIONS DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL

Eurocode 2 titre 4. (1998) : Calcul des structures en béton - Partie 4: Structures de soutènement et réservoirs

Jean COURBON et Jean-Noël T., Résistance des matériaux, Formulaire

## ANNEXES

### Annexe 1 : Dimensionnement hydraulique

Canal trapézoïdal, le fruit de berge différent de Zéro

$$S = y(b+my)$$

DIMENSIONNEMENT DE CANAL						
PROFONDEUR DU CANAL D'ECOULEMENT						
$Q = K_s * S * [Rh]^{2/3} * I^{1/2}$ $Q = K_s \frac{(y(b + my_n))^{5/3}}{(b + 2my_n)^{2/3}} \sqrt{I}$						
Qlam (m3/s)	Ks	Largeur b	Pente I	berge m	Yn	Yn
191	70	12	0,004	0,6	2,239	2,23929933
<i>La profondeur normale Yn est de</i>					2,24 m	

Figure 9: dimensionnement section trapézoïdale (tronçon 2)

DIMENSIONNEMENT DE CANAL						
PROFONDEUR DU CANAL D'ECOULEMENT						
$Q = K_s * S * [Rh]^{2/3} * I^{1/2}$ $Q = K_s \frac{(y(b + my_n))^{5/3}}{(b + 2my_n)^{2/3}} \sqrt{I}$						
Qlam (m3/s)	Ks	Largeur b	Pente I	berge m	Yn	Yn
122	70	8	0,004	0,6	2,19	2,19794224
<i>La profondeur normale Yn est de</i>					2,2 m	

Figure 10: dimensionnement section trapézoïdale (tronçon 1)

Canal rectangulaire le fruit de berge égale à zéro

$$S = b \cdot y$$

DIMENSIONNEMENT DE CANAL						
PROFONDEUR DU CANAL D'ECOULEMENT						
$Q = K_s \cdot S \cdot [Rh]^{2/3} \cdot I^{1/2}$ $Q = K_s \frac{(y(b + my_n))^{5/3}}{(b + 2my_n)^{2/3}} \sqrt{I}$						
Qlam (m3/s)	Ks	Largeur b	Pente I	berge m	Yn	Yn
122	70	10	0,004	0	2,115	2,11553901
<i>La profondeur normale Yn est de</i>					<i>2,15 m</i>	

Figure 11: dimensionnement section rectangulaire (tronçon 1)

DIMENSIONNEMENT DE CANAL						
PROFONDEUR DU CANAL D'ECOULEMENT						
$Q = K_s \cdot S \cdot [Rh]^{2/3} \cdot I^{1/2}$ $Q = K_s \frac{(y(b + my_n))^{5/3}}{(b + 2my_n)^{2/3}} \sqrt{I}$						
Qlam (m3/s)	Ks	Largeur b	Pente I	berge m	Yn	Yn
191	70	14	0,004	0	2,19	2,19055099
<i>La profondeur normale Yn est de</i>					<i>2,2 m</i>	

Figure 12: dimensionnement section rectangulaire (tronçon 2)

## Annexe 2 : Efforts de Sollicitations

### Canal rectangulaire

Barre = B1

x compris entre 0.0 et 14.0 m

$$y(\text{kN}) = -6.803 \cdot x + 47.62$$

Barre = B2

x compris entre 0.0 et 0.833 m

$$y(\text{kN}) = 0.0 \cdot x + 19.77$$

x compris entre 0.833 et 2.5 m

$$y(\text{kN}) = 0.0 \cdot x + 3.63 \cdot 10^{-15}$$

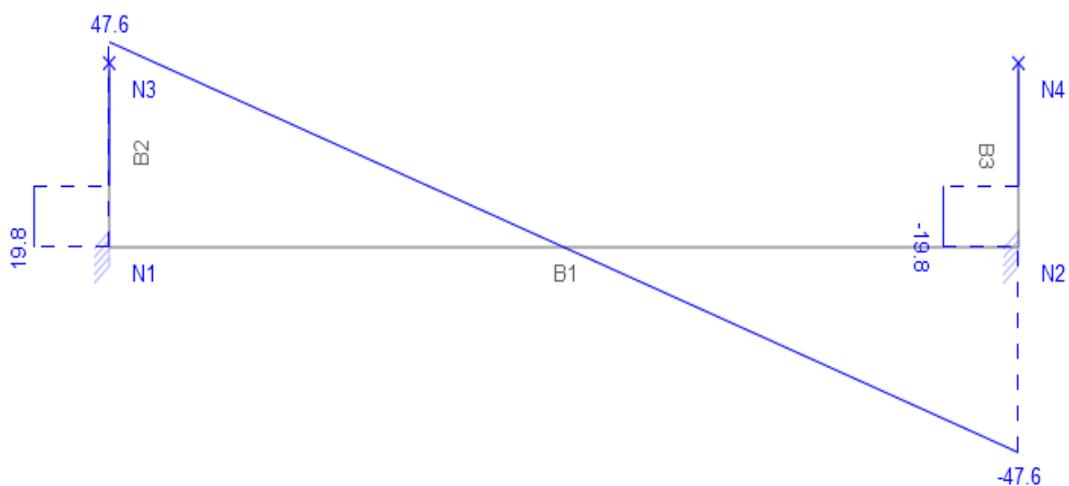
Barre = B3

x compris entre 0.0 et 1.66 m

$$y(\text{kN}) = 0.0 \cdot x - 0$$

x compris entre 1.66 et 2.5 m

$$y(\text{kN}) = 0.0 \cdot x - 19.77$$



(Moment fléchissant)

Barre = B1

x compris entre 0.0 et 14.0 m

$$y(\text{kN.m}) = -3.4015 * x^2 + 47.621 * x - 111.1156$$

Barre = B2

x compris entre 0.0 et 0.833 m

$$y(\text{kN.m}) = -19.77 * x + 16.474$$

x compris entre 0.833 et 2.5 m

$$y(\text{kN.m}) = -1.09e-15 * x + 2.72e-15$$

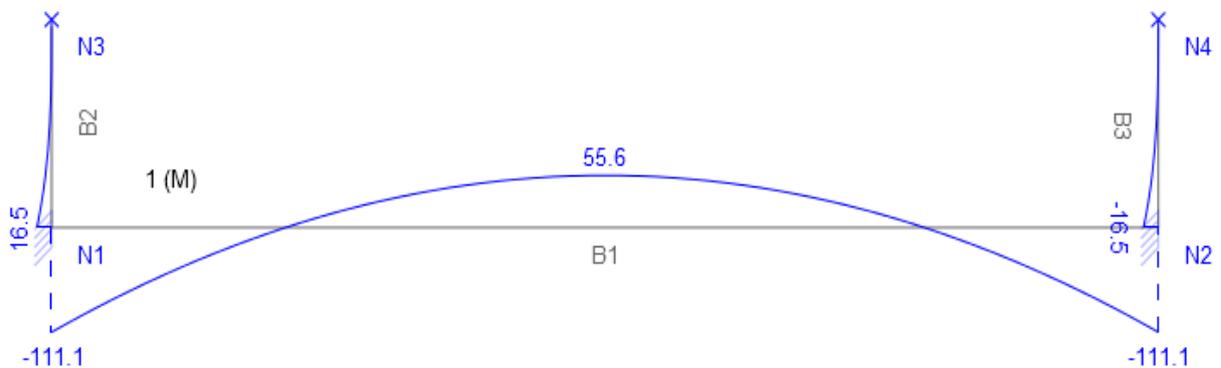
Barre = B3

x compris entre 0.0 et 1.66 m

$$y(\text{kN.m}) = -5.45e-16 * x + 2.72e-15$$

x compris entre 1.66 et 2.5 m

$$y(\text{kN.m}) = 19.77 * x - 32.94$$



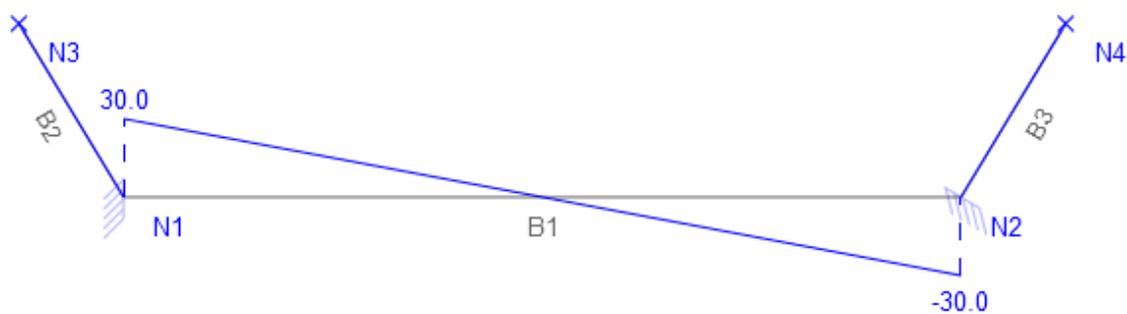
### Canal trapézoïdal

(Effort tranchant)

Barre = B1

x compris entre 0.0 et 12.0 m

$$y(\text{kN}) = -5.0 * x + 30.0$$

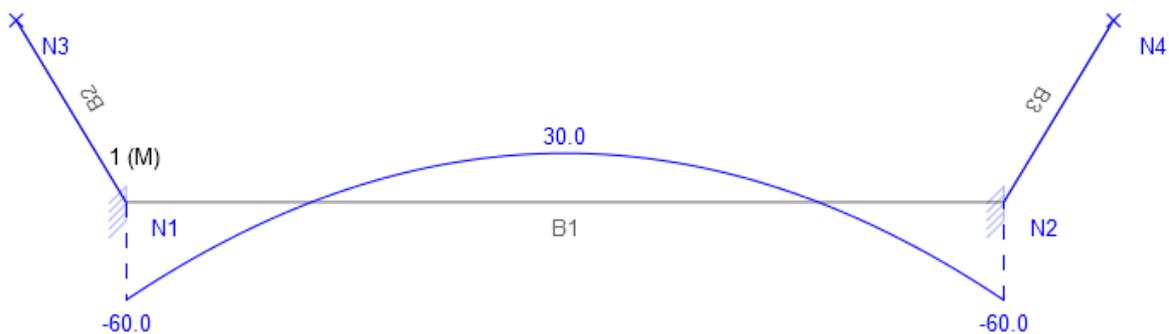


(Moment fléchissant)

Barre = B1

x compris entre 0.0 et 12.0 m

$$y(\text{kN.m}) = -2.5 \cdot x^2 + 30.0 \cdot x - 60.0$$



## Annexe 3 : Dimensionnement structural

### Canal Trapézoïdal

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	b = 1,00 m
	Hauteur utile des aciers tendus	d = 0,18 m
	Hauteur utile des aciers comprimés ( si nécessaire )	d' = 0,02 m
Contrainte de l'acier utilisé		Fe = 500 MPa
Contrainte du béton à 28 jours		Fc28 = 25 MPa
Moment de service		Mser = 0,03 MN.m
Conditions de fissuration ( 1 ) FP , ( 2 ) FTP		Type : 1

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	$(0.6 \times Fc28)$	$\sigma_{bc} = 15$ MPa
Contrainte limite de traction du béton	$0.6 + (0.06 \times Fc28)$	Ft28 = 2,10 MPa
Contrainte limite de traction des aciers	FP = mini (2/3 Fe ; maxi (1/2 Fe ; 110 x (( $\eta \times Ftj$ ) <sup>1/2</sup> )))	
	FTP = 0.80 x $\sigma_{st}$ (FP)	$\sigma_{st} = 250,00$ MPa

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$\sigma_{bc} / ( \sigma_{bc} + ( \sigma_{st} / 15 ) )$	$\alpha = 0,474$
Ordonnée de la fibre neutre	d x $\alpha$	y = 0,085 m
Bras de levier du couple interne	d - ( y / 3 )	Zb = 0,152 m
Moment résistant du béton de service	$0.5 \times \sigma_{bc} \times b \times \alpha ( 1 - ( \alpha / 3 ) ) \times d^2$	Mrbser = 0,097 MN.m
État limite de compression du béton	si Mrbser > Mser	Système d'armatures retenu
	=> Pas d'aciers comprimés	
	si Mrbser < Mser	
	=> Aciers comprimés nécessaires	Pas d'aciers comprimés

Détermination des sections théoriques d'aciers		
Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés =>> $M_{ser} / (\sigma_{st} \times Z_b)$ si aciers comprimés nécessaires =>> $[ M_{rbser} / (\sigma_{st} \times Z_b) ] + [ ( M_{ser} - M_{rbser} ) / (\sigma_{st} \times ( d - d' )) ]$	Ast = 4,34 cm <sup>2</sup>
Choix d'une section commerciale	Lit n° 1 Lit n° 2 Lit n° 3	Choix 1 : 6HA10 Choix 2 : 0 Choix 3 :
Contrainte des aciers comprimés	$15 \times [ (\sigma_{bc} \times ( y - d' )) / y ]$	$\sigma_{sc} = 0,00$ MPa
Section des aciers comprimés	$( M_{ser} - M_{rbser} ) / ( \sigma_{sc} \times ( d - d' ))$	Asc = 0,00 cm <sup>2</sup>
Choix d'une section commerciale	Lit n° 1 Lit n° 2 Lit n° 3	Choix 1 : 0 Choix 2 : Choix 3 :
Aciers de peau	Uniquement si $h > 70$ cm FP = ( 3 cm <sup>2</sup> par mètre de parement ) FTP = ( 5 cm <sup>2</sup> par mètre de parement)	Choix :
Vérification	$M_{ser} - M_{rbser} < 0.4 \times M_{ser}$	vérifié

VERIFICATION A L'ELS				
	b0	100	Moment de service (kN.m)	25,00
	Asc	0	Position de l'axe neutre y (cm)	4,39
	Ast	4,71	Moment quadratique I (cm <sup>4</sup> )	64960,76
	d	18	Contrainte du béton (MPa)	1,69
	d'	2	Contrainte max du béton (MPa)	15,00
	n	15	Vérification du béton	OUI
	S	0,0	Contrainte dans l'acier (MPa)	78,59
Position de l'axe neutre	Yser	4,386	Contrainte max dans l'acier (MPa)	250,00
Moment quadratique	Iser	64960,76	Vérification de l'acier	OUI

VERIFICATION DE L'EFFORT TRANCHANT		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	$b = 1,00$ m
	Hauteur totale de la poutre	$h = 0,20$ m
	Hauteur utile de la poutre	$d = 0,18$ m
	Longueur de la poutre	$l = 14,00$ m
Contrainte de l'acier utilisé		$F_e = 500$ MPa
Contrainte du béton à 28 jours		$F_{c28} = 25$ MPa
Effort tranchant ultime		$V_u = 0,02025$ MN
Coefficient K	$K = 0$ si ( reprise de bétonnage , FTP )	$K = 1$
	$K = 1$ si ( flexion simple , FPP et FP )	
Conditions de fissuration ( 1 ) FPP , ( 2 ) FP , ( 3 ) FTP		2

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte limite de traction du béton	$0.6 + ( 0.06 \times F_{c28} )$	$F_{t28} = 2,10$ MPa
Contrainte tangente de travail	$V_u / ( b \times d )$	$\tau_u = 0,11$ MPa
Contrainte tangente de travail admissible	FPP = mini [ ( 0.2 x Fc28 ) / 1.5 ; 5 MPa ] FP et FTP = mini [ ( 0.15 x Fc28 ) / 1.5 ; 4 MPa ]	$\tau_{u adm} = 2,50$ MPa
Vérification	$\tau_u < \tau_{u adm}$	vérifié

### Canal rectangulaire

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	$b = 1,00$ m
	Hauteur utile des aciers tendus	$d = 0,18$ m
	Hauteur utile des aciers comprimés ( si nécessaire )	$d' = 0,02$ m
Contrainte de l'acier utilisé		$F_e = 500$ MPa
Contrainte du béton à 28 jours		$F_{c28} = 25$ MPa
Moment de service		$M_{ser} = 0,056$ MN.m
Conditions de fissuration ( 1 ) FP , ( 2 ) FTP		Type : 1

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	$( 0.6 \times F_{c28} )$	$\sigma_{bc} = 15$ MPa
Contrainte limite de traction du béton	$0.6 + ( 0.06 \times F_{c28} )$	$F_{t28} = 2,10$ MPa
Contrainte limite de traction des aciers	$FP = \text{mini} ( 2/3 F_e ; \text{maxi} ( 1/2 F_e ; 110 \times (( \eta \times F_{tj} )^{1/2} ) ) )$	$\sigma_{st} = 250,00$ MPa
	$FTP = 0.80 \times \sigma_{st} ( FP )$	

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$\sigma_{bc} / (\sigma_{bc} + (\sigma_{st} / 15))$	$\alpha = 0,474$
Ordonnée de la fibre neutre	$d \times \alpha$	$y = 0,085$ m
Bras de levier du couple interne	$d - (y / 3)$	$Z_b = 0,152$ m
Moment résistant du béton de service	$0.5 \times \sigma_{bc} \times b \times \alpha \times (1 - (\alpha / 3)) \times d^2$	$M_{rbser} = 0,097$ MN.m
État limite de compression du béton	si $M_{rbser} > M_{ser}$	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés
	=>> Pas d'aciers comprimés	
	si $M_{rbser} < M_{ser}$	
	=>> Aciers comprimés nécessaires	

Détermination des sections théoriques d'aciers		
Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés =>> $M_{ser} / (\sigma_{st} \times Z_b)$	$A_{st} = 8,63$ cm <sup>2</sup>
	si aciers comprimés nécessaires =>> $[M_{rbser} / (\sigma_{st} \times Z_b)] + [(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{st} \times (d - d'))]$	
Choix d'une section commerciale	Lit n° 1 Lit n° 2 Lit n° 3	Choix 1 : 6HA14 Choix 2 : 0 Choix 3 :
Contrainte des aciers comprimés	$15 \times [(\sigma_{bc} \times (y - d')) / y]$	$\sigma_{sc} = 0,00$ MPa
Section des aciers comprimés	$(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{sc} \times (d - d'))$	$A_{sc} = 0,00$ cm <sup>2</sup>
Choix d'une section commerciale	Lit n° 1 Lit n° 2 Lit n° 3	Choix 1 : 0 Choix 2 : Choix 3 :
Aciers de peau	Uniquement si $h > 70$ cm FP = ( 3 cm <sup>2</sup> par mètre de parement ) FTP = ( 5 cm <sup>2</sup> par mètre de parement )	Choix :
Vérification	$M_{ser} - M_{rbser} < 0.4 \times M_{ser}$	vérifié

VERIFICATION A L'ELS				
	b0	100	Moment de service (kN.m)	<b>32,70</b>
	Asc	0	Position de l'axe neutre y (cm)	<b>5,81</b>
	Ast	9,24	Moment quadratique I (cm <sup>4</sup> )	57132,85
	d	18	Contrainte du béton (MPa)	3,33
	d'	2	Contrainte max du béton (MPa)	<b>15,00</b>
	n	15	Vérification du béton	<b>OUI</b>
	S	0,0	Contrainte dans l'acier (MPa)	104,63
Position de l'axe neutre	Yser	5,81241	Contrainte max dans l'acier (MPa)	<b>250,00</b>
Moment quadratique	Iser	57132,84667	Vérification de l'acier	<b>OUI</b>

VERIFICATION DE L'EFFORT TRANCHANT		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	b = 1,00 m
	Hauteur totale de la poutre	h = 0,20 m
	Hauteur utile de la poutre	d = 0,18 m
	Longueur de la poutre	l = 14,00 m
Contrainte de l'acier utilisé		Fe = 500 MPa
Contrainte du béton à 28 jours		Fc28 = 25 MPa
Effort tranchant ultime		Vu = 0,0224 MN
Coefficient K	K = 0 si ( reprise de bétonnage , FTP ) K = 1 si ( flexion simple , FPP et FP )	K = 1
Conditions de fissuration ( 1 ) FPP , ( 2 ) FP , ( 3 ) FTP		2

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte limite de traction du béton	$0.6 + (0.06 \times Fc28)$	Ft28 = 2,10 MPa
Contrainte tangente de travail	$Vu / (b \times d)$	$\tau_u = 0,12$ MPa
Contrainte tangente de travail admissible	FPP = mini [( 0.2 x Fc28 ) /1.5 ; 5 MPa ] FP et FTP = mini [( 0.15 x Fc28 ) /1.5 ; 4 MPa ]	$\tau_u \text{ adm} = 2,50$ MPa
Vérification	$\tau_u < \tau_u \text{ adm}$	<b>vérifié</b>

## **Annexe 4 : Méthodologies d'identification et d'évaluation des impacts du projet sur son milieu environnant**

### Méthodologie

Ce chapitre a pour objectif d'identifier, d'analyser et d'évaluer l'ampleur des impacts environnementaux du projet sur les différents écosystèmes en présence. Pour ce faire, les sources d'impact inhérentes au projet sont identifiées ainsi que les différentes composantes environnementales d'intérêt potentiel dans la zone d'étude.

Ensuite à partir de la méthodologie d'évaluation des impacts, évaluer des impacts potentiels positifs ou négatifs qui ont un effet direct ou indirect sur les écosystèmes présents dans la zone du projet.

Puis, analyser ses impacts potentiels positifs et négatifs du projet sur les composantes valorisées de l'environnement (CVE) et propose des mesures correctives ou d'atténuations et de compensation des impacts potentiels négatifs conformément aux prescriptions de la législation, de la réglementation et des termes de référence (TDR) de PRI-CI.

L'approche générale propose pour identifier, analyser et évaluer l'importance des impacts sur le milieu naturel repose sur la description détaillée du projet et du milieu naturel, ainsi que sur les enseignements tirés de la réalisation de projet similaire.

La description du projet, permet d'identifier les sources d'impact à partir des caractéristiques techniques des équipements utilisés (engins lourds), ainsi que des rôles des chaînes de production, des méthodes et techniques utilisées et du programme des travaux.

La description générale du milieu, quant à elle, permet de comprendre le contexte écologique, socioéconomique et culturel du milieu dans lequel s'insère le projet, de discriminer les composantes environnementales s'avérant les plus sensibles à l'égard du projet et identifier, au préalable, certains enjeux environnementaux et sociaux en rapport avec le projet.

Enfin les enseignements tirés de projet antérieur similaire fournissent des informations pertinentes qui permettent de déterminer la nature et l'intensité de certains impacts associés à ce type de projet, et de renseigner sur l'efficacité de certaines mesures d'atténuation et de compensation.

Pour chaque composante environnementale ciblée, la démarche d'évaluation prévoit les étapes suivantes :

- La description de l'état initial du milieu : il s'agit de rappeler sommairement les caractéristiques environnementales telles qu'elles se présentent avant la réalisation du projet ;
- La description comme telle de l'impact sur les écosystèmes, c'est-à-dire la description du changement anticipé en fonction des sources d'impact du projet et des écosystèmes ;

- L'élaboration de mesure d'atténuations courantes et particulières, visant à réduire l'importance des impacts identifiés, voir à les éliminer le cas échéant ;
- L'évaluation de l'importance des impacts résiduels, c'est à dire après l'application des mesures d'atténuation ;
- L'élaboration, le cas échéant, de mesures des mesures d'atténuation additionnelle applicables à certains impacts résiduels ou encore de mesure de compensation, advenant que ces impacts ne puissent être attendus davantage.

L'intégration des mesures d'atténuations et les effets résiduels des dite mesure témoignent du souci de PRI-CI initiateur du projet à l'égard du respect de l'environnement. Ceci constitue un engagement de ça part a appliqué ses mesures dans les différentes phases de réalisation du projet.

La méthode utilise les matrices simples et repose essentiellement sur l'appréciation de la valeur des composantes environnementales ainsi que sur l'intensité, l'étendue et la durée des effets appréhendés (positif ou négatif) sur chacune de ces composantes environnementales. Ces trois caractéristiques sont agrégées en un indicateur synthèse, l'importance de l'effet environnementale, qui permet de porter un jugement sur l'ensemble des impacts prévisibles du projet et sur une composante donnée de l'environnement.

#### Définition de la nature et des différents types d'impact

Un impact est un changement apporté par la présence d'un élément lié à un projet ou par l'exécution d'une activité du projet sur une ressource ou un récepteur.

L'impact peut être de nature négatif ou positif.

**Impact Négatif :** un impact est considéré comme négatif s'il représente un changement défavorable par rapport à l'état initial ou s'il introduit un facteur indésirable.

**Impact Positif :** Un impact est dit positif s'il représente une amélioration de l'état initial ou s'il introduit un facteur favorable.

Il existe quatre différents types d'impacts énumérés comme suit.

**Impact direct ou primaire :** c'est un impact résultant d'une interaction directe entre les activités du projet et le récepteur.

**Impact secondaire :** impact résultant des interactions directes entre le projet et son environnement, mais dont les conséquences apparaissent ultérieurement.

**Impact indirect :** impact résultant d'autres activités, mais favorise par les impacts du chantier.

**Impact cumulatif :** impact résultant de l'association de plusieurs impacts (incluant les impacts simultanés ou d'une activité tierce existante ou future) qui affectent les mêmes ressource ou récepteur que le projet.

### Paramètre d'évaluation de l'importance des impacts

L'importance d'un impact peut être évaluée suivant différents critères dont les plus pertinents sont les suivants.

#### ➤ Intensité de l'impact

L'intensité de l'impact environnement exprime l'importance relative des conséquences attribuable à l'altération d'une composante de l'environnement. Elle dépend à la fois de la valeur de la composante environnementale considérée et de l'amplitude de la perturbation (degré de perturbation) qu'elle subit.

La valeur de la composante environnementale intègre à la fois sa valeur écosystémique de sa valeur économique. La valeur écosystémique d'une composante exprime son importance relative déterminée en tenant compte de son rôle et de sa fonction dans l'écosystème.

La valeur socioéconomique d'une composante environnementale donnée exprime l'importance relative que lui attribue le public, les organismes gouvernementaux ou toute autre autorité législative ou réglementaire. Elle reflète la volonté des publics locaux ou régionaux et des pouvoirs politiques d'en préserver l'intégrité ou le caractère original, ainsi que la protection légale qu'on lui accorde.

- Grande (forte), lorsque la composante fait l'objet de mesure de protection légale ou réglementaire (espèce menacée ou vulnérable, parc de conservation, etc.) ou s'avère essentielle aux activités humaines (eau potable) ;
- Moyenne, lorsque la composante est valorisée (sur le plan économique ou autre) ou utilisée par une portion significative de la population concernée sans toutefois faire l'objet d'une protection légale ;
- Faible, lorsque la composante est peu ou pas valorisée ou utilisée par la population.

La valeur de la composante intègre à la fois la valeur écosystémique et la valeur socioéconomique en retenant la plus forte de ces deux valeurs, comme l'indique le tableau suivant.

Le degré de perturbation d'une composante définit l'ampleur des modifications structurales et fonctionnelles qu'elle risque de subir. Il dépend de la sensibilité de la composante au regard des interventions proposées. Les modifications peuvent être positives ou négatives, directes ou indirectes. Le degré de perturbation tient compte des effets cumulatifs, synergiques ou différés qui, au-delà de la simple relation de cause à effet, peuvent amplifier les modifications d'une composante environnementale lorsque le milieu est particulièrement sensible. Le degré de perturbation est jugé comme.

- Élevé (grand), lorsque l'impact prévu met en cause l'intégralité de la composante ou modifie fortement et de façon irréversible la composante ou l'utilisation qui en est faite ;
- Moyen, lorsque l'impact entraîne une réduction ou une augmentation de la qualité ou de l'utilisation de la composante, sans pour autant compromettre son intégrité ;

- Faible, lorsque l'impact ne modifie que de façon peu perceptible la qualité, l'utilisation ou l'intégrité de la composante.
- Indéterminé, lorsqu'il est impossible de prévoir comment ou à quel degré la composante sera touchée. Lorsque le degré de perturbation est indéterminé, l'évaluation de l'impact environnementale ne peut être effectuée pour la composante.

L'intensité de l'impact environnemental, variant de faible à très forte, résulte des combinaisons entre les trois degrés de perturbation (élevé, moyen et faible) et les trois classes de valeur de la composante (grande, moyenne et faible).

Le tableau suivant indiquera les différentes combinaisons obtenues.

Degré de perturbation	Valeur de la composante		
	Grande	Moyenne	Faible
Élevé	Très forte	Forte	Moyenne
Moyen	Forte	Moyenne	Faible
Faible	Moyenne	Faible	Faible

### Étendu de l'impact

L'étendue de l'impact environnementale exprime la portée ou le rayonnement spatial des impacts engendrés par une intervention sur le milieu. La notion renvoie soit à une distance ou à une surface sur laquelle seront ressenties les modifications subies par une composante ou encore à la population que sera touchée par ces modifications.

Les trois niveaux d'étendue considérée sont :

**Régionale**, lorsque l'impact touche un vaste espace jusqu'à une distance importante du site du projet ou qu'il est ressenti par l'ensemble de la population de la zone d'étude ou par une portion importante de celle-ci ;

**Locale**, lorsque l'impact touche un espace relativement restreint situé à l'intérieur, à proximité ou à une faible distance du site du projet ou qu'il est ressenti par une portion limitée de la population de la zone d'étude ;

**Ponctuelle**, lorsque l'impact ne touche qu'un espace très restreint à l'intérieur ou à proximité du site du projet ou qu'il n'est ressenti que par un faible nombre de personnes de la zone d'étude.

### Durée de l'impact

La durée de l'impact environnemental et social est la période de temps pendant laquelle seront ressenties les modifications subies par une composante. Elle n'est pas nécessairement égale à la période de temps pendant laquelle s'exerce la source directe de l'impact, puisque celle-ci peut se prolonger après que le phénomène qui la causée ait cessé. Lorsqu'un impact est intermittent, on en déduit la fréquence en plus de la durée de chaque épisode.

La méthode utilisée distinguera les impacts environnementaux et sociaux de :

- **Longue durée**, pour les impacts ressentis de façon continue pour la durée de vie de l'équipement ou des activités et même au-delà dans le cas des effets irréversibles ;
- **Moyenne durée**, pour les impacts ressentis de façon continue sur une période de temps relativement prolongée, mais généralement inférieure à la durée de vie de l'équipement ou des activités ;
- **Courte durée**, pour les impacts ressentis sur une période de temps limité, correspondant généralement à la période de construction des équipements ou à l'amorce des activités, une saison par exemple.

### Importance de l'impact

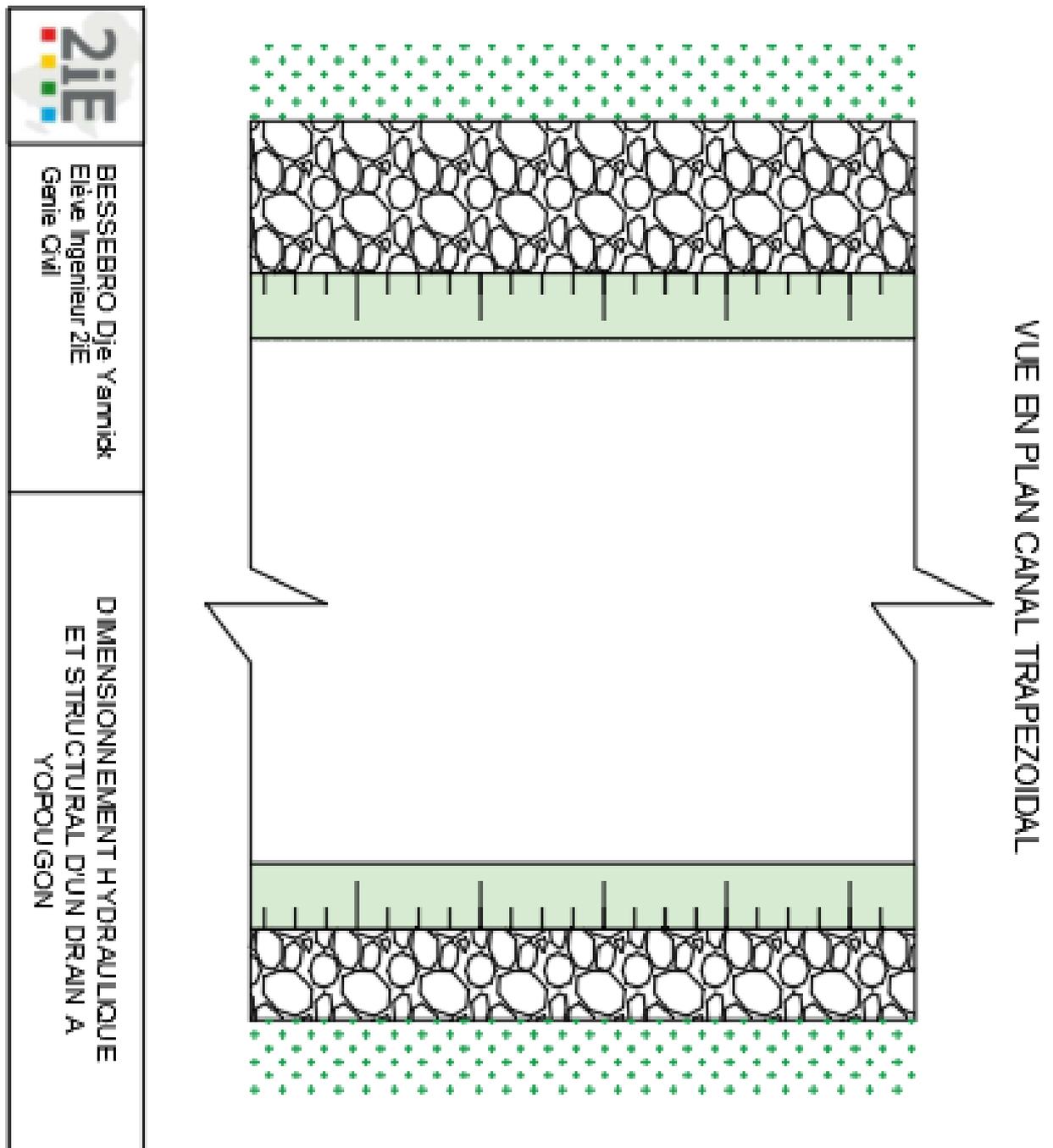
L'interaction entre l'intensité, l'étendue et la durée permet de déterminer l'importance de l'impact environnementale et sociale sur une composante touchée par le projet. Le tableau suivant présente la grille de détermination de l'importance de l'effet environnemental. Celle-ci distingue cinq niveaux d'importance variant de très fort à très faible. L'importance de chacun des effets environnementaux et sociaux est évaluée en tenant compte des mesures d'atténuation ou de bonification courante intégrées au projet de PRI-CI. La dernière étape de l'évaluation consiste à déterminer l'importance résiduelle de l'effet environnemental à la suite de la mise en œuvre de mesure d'atténuation particulière visant l'intégration optimale du projet dans le projet dans le milieu. Il s'agit d'évaluer en quoi la mesure d'atténuation modifie un ou plusieurs des intrants du processus d'évaluation, à savoir la valeur ou le degré de perturbation de la composante environnementale ou encore l'étendue de la durée de l'effet.

INTENSITE	ETENDUE	DUREE	IMPORTANCE	INTENSITE	ETENDUE	DUREE	IMPORTANCE
MOYENNE	Régionale	Longue	Forte	FAIBLE	Régionale	Longue	Moyenne
		Moyenne	Moyenne			Moyenne	Faible
		Courte	Moyenne			Courte	Faible
	Locale	Longue	Moyenne		Locale	Longue	Faible
		Moyenne	Moyenne			Moyenne	Faible
		Courte	Faible			Courte	Très faible
	Ponctuelle	Longue	Moyenne		Ponctuelle	Longue	Faible
		Moyenne	Faible			Moyenne	Faible
		Courte	Faible			Courte	Très faible

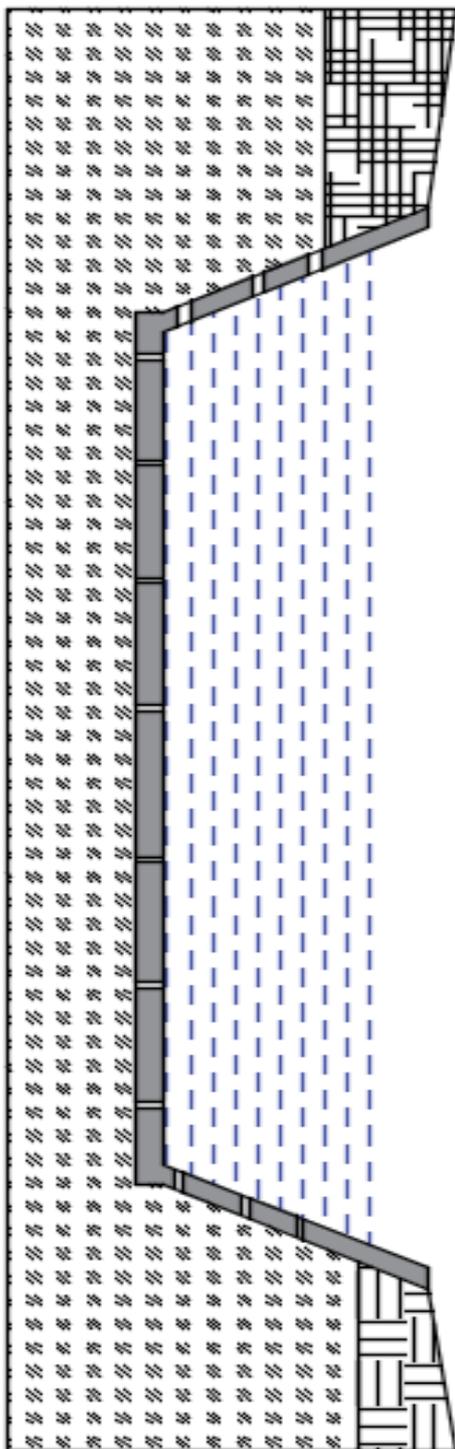
INTENSITE	ETENDUE	DUREE	IMPORTANCE	INTENSITE	ETENDUE	DUREE	IMPORTANCE
TRES FORTE	Régionale	Longue	Très forte	FORTE	Régionale	Longue	Très forte
		Moyenne	Très forte			Moyenne	Forte
		Courte	Très forte			Courte	Forte
	Locale	Longue	Très forte		Locale	Longue	Forte
		Moyenne	Très forte			Moyenne	Forte
		Courte	Forte			Courte	Moyenne
	Ponctuelle	Longue	Très forte		Ponctuelle	Longue	Forte
		Moyenne	Forte			Moyenne	Moyenne
		Courte	Forte			Courte	Moyenne

## Annexe 5 : Plans d'exécution

### Canal trapézoïdal

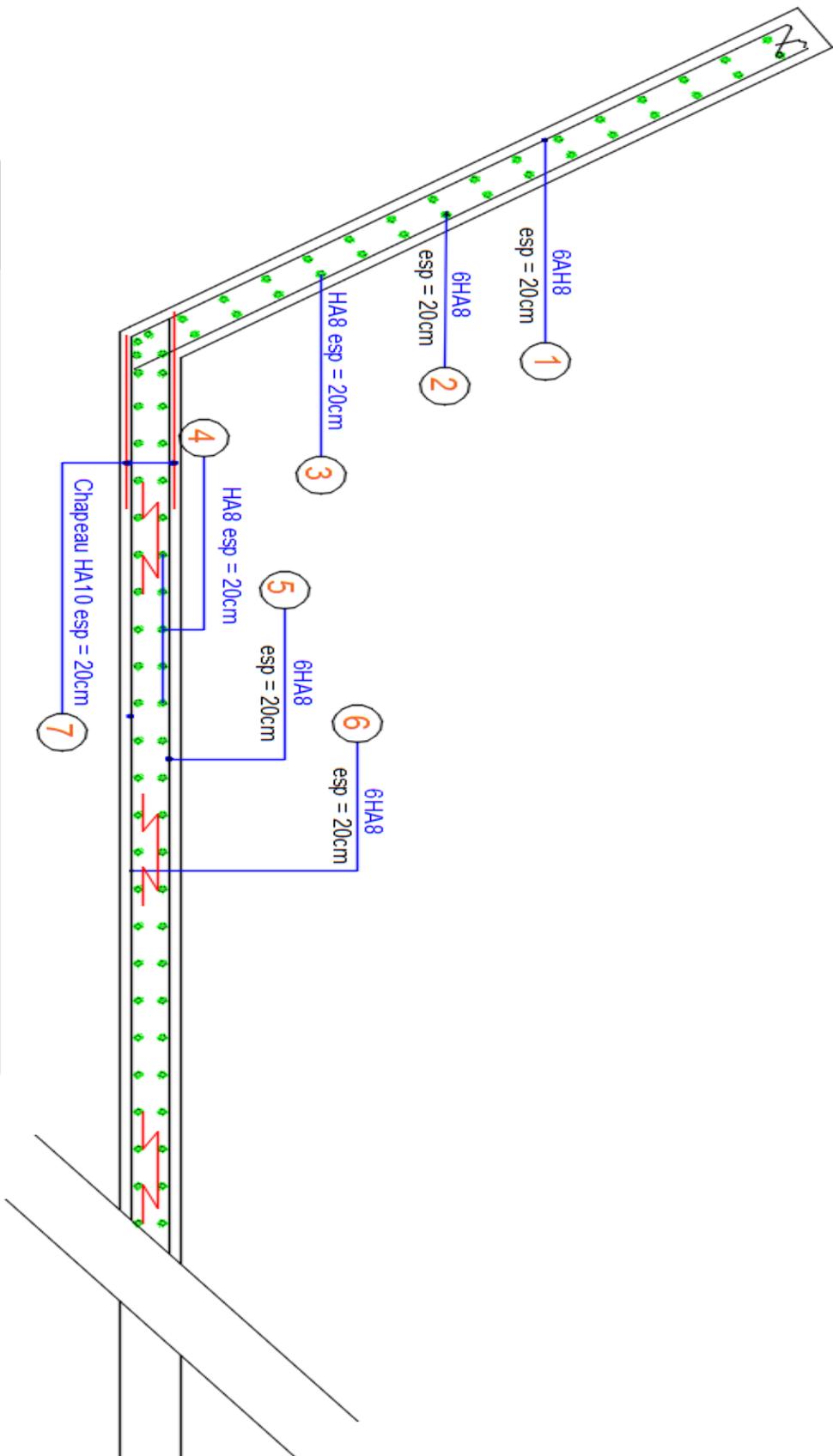


	<p><b>BESSEBRO Dje Yannick</b>          Elève Ingénieur 2iE          Genie Civil</p>	<p><b>DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE          ET STRUCTURAL D'UN DRAIN A          YOPOUGON</b></p>
--	--	---

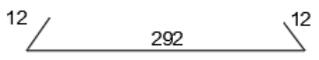
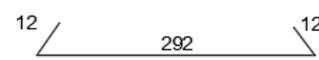
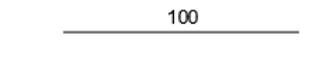
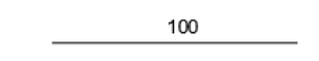


**COUPE CANAL TRAPEZOÏDAL**

## FERRAILLAGE CANAL TRAPEZOIDAL T1

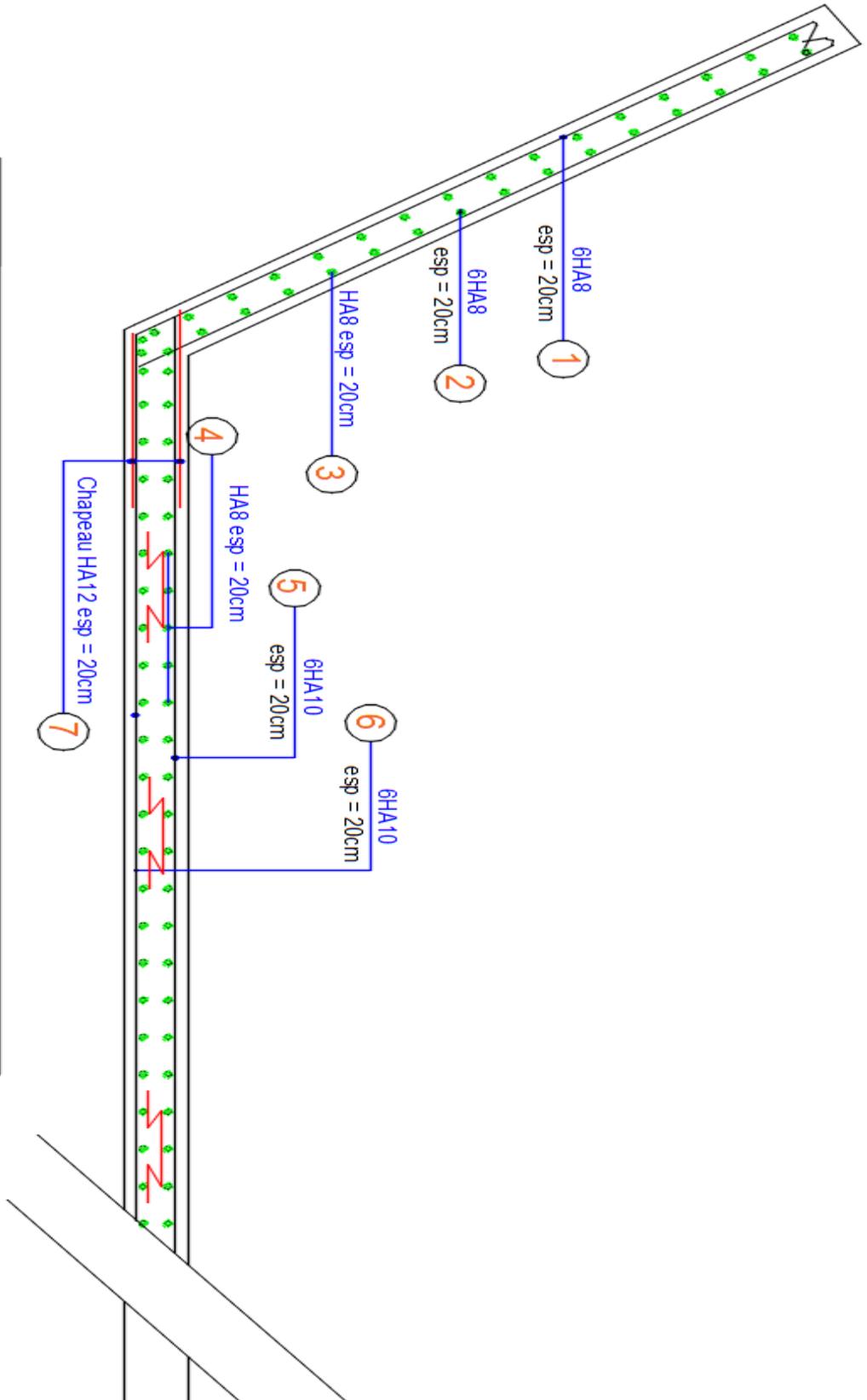


	<b>BESSEBRO Dje Yannick</b> Elève Ingénieur 2iE Génie Civil	<b>DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE ET STRUCTURAL D'UN DRAIN A YOPOUGON</b>
--	---	--

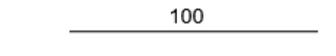
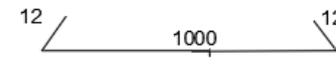
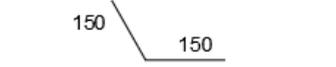
N°	Diametre	Forme	espacement	Longueur	Nbre
1	HA8		20	316	6
2	HA8		20	316	6
3	HA8		20	100	15
4	HA8		20	100	46
5	HA8		20	624	6
6	HA8		20	624	6
7	HA10		20	300	6

	BESSEBRO Dje Yannick Elève Ingenieur 2iE Genie Civil	DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE ET STRUCTURAL D'UN DRAIN A YOPOUGON
---	--	---

## FERRAILLAGE CANAL TRAPEZOÏDAL T2



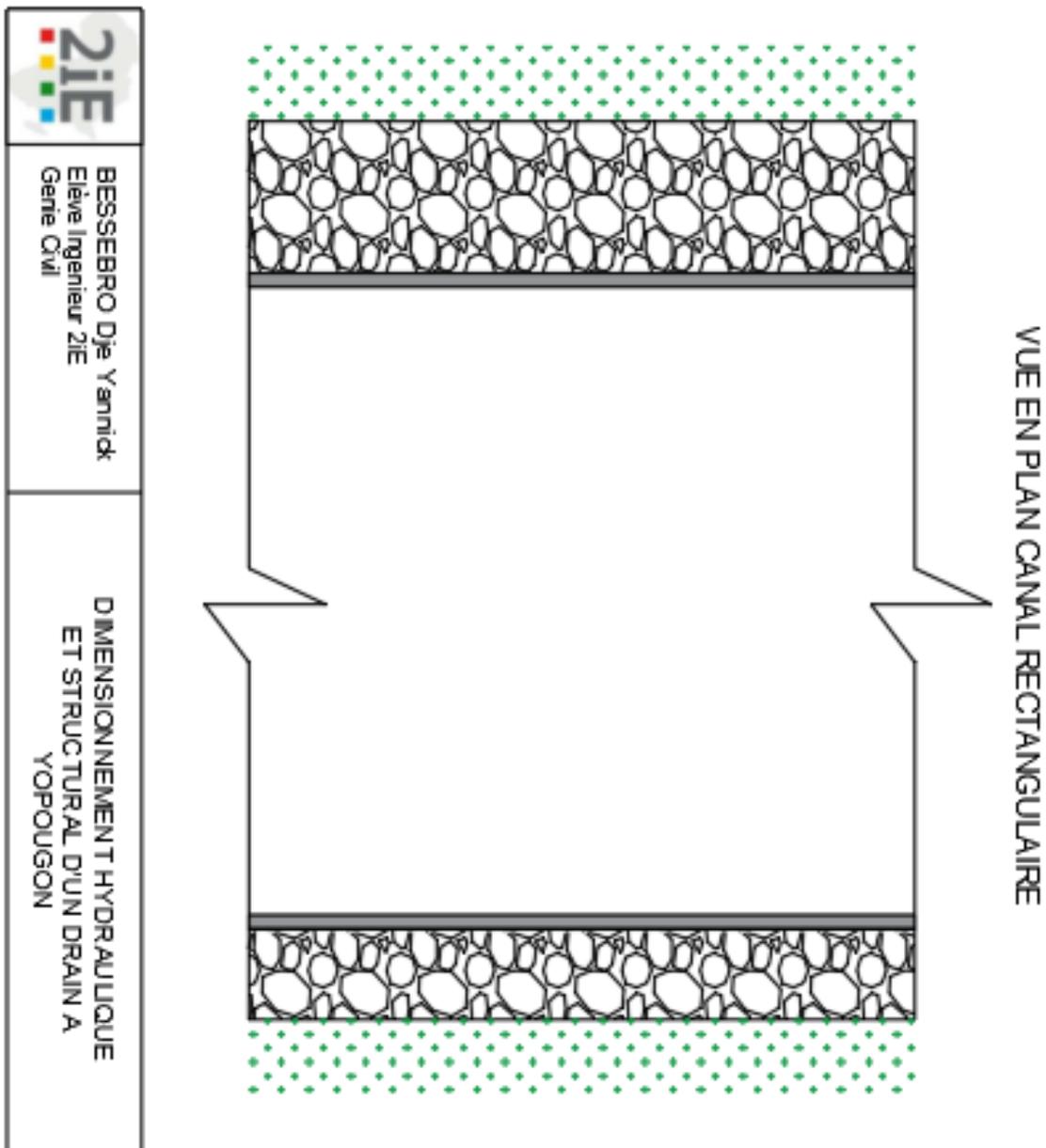
	<p><b>BESSEBRO Dje Yannick</b>          Elève Ingénieur 2iE          Génie Civil</p>	<p><b>DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE ET STRUCTURAL D'UN DRAIN A YOPOUGON</b></p>
--	--	---

N°	Diametre	Fome	espacement	Longueur	Nbre
1	HA8		20	370	6
2	HA8		20	370	6
3	HA8		20	100	18
4	HA8		20	100	60
5	HA10		20	2*612	6
6	HA10		20	2*512	6
7	HA12		20	300	6

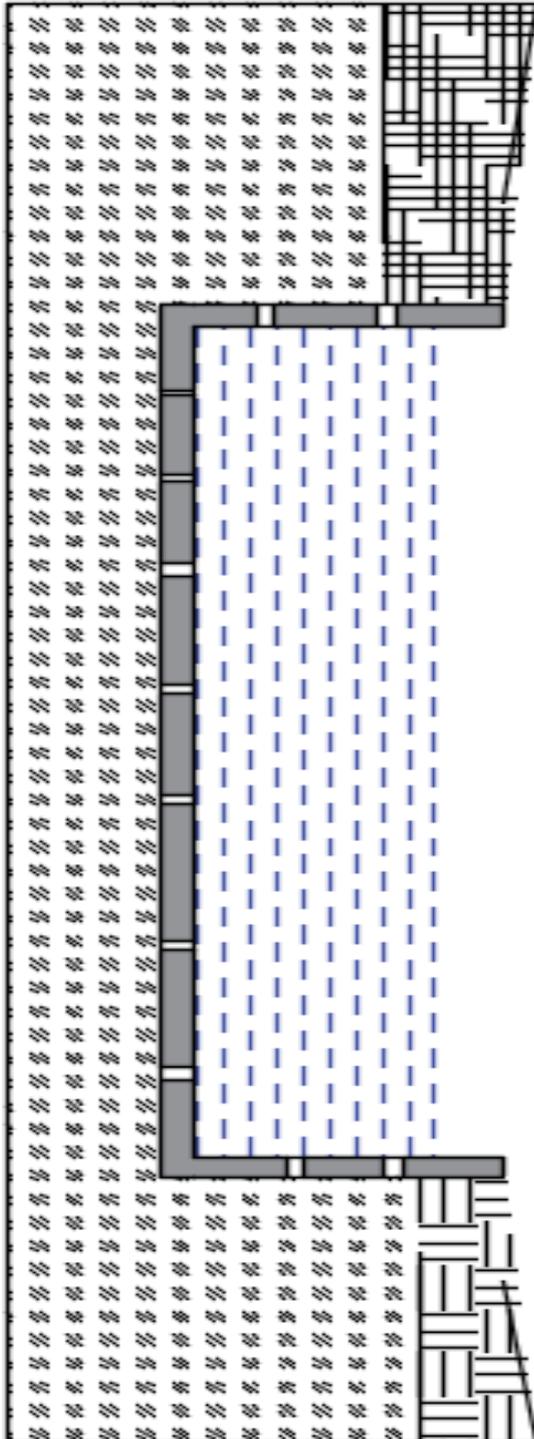
	BESSEBRO Dje Yannick Elève Ingenieur 2iE Genie Civil	DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE ET STRUCTURAL D'UN DRAIN A YOPOUGON
--	--	---

Arc

Canal rectangulaire

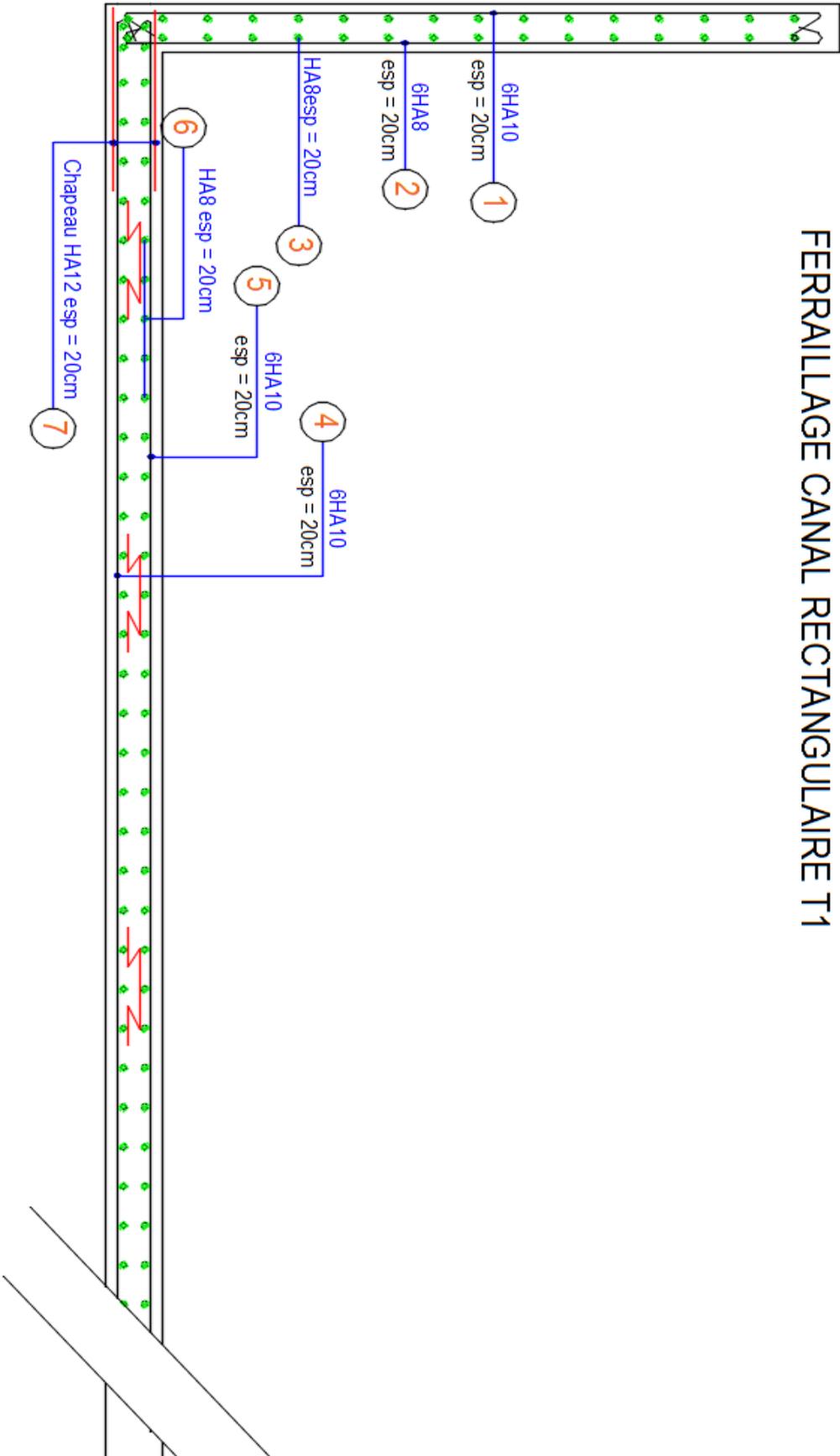


## COUPE CANAL RECTANGULAIRE

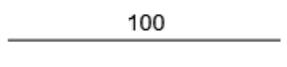
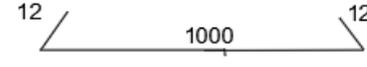
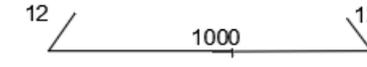
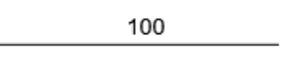
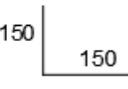


	<p><b>BESSEBRO Dje Yannick</b>          Elève Ingénieur 2iE          Genie Civil</p>	<p><b>DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE          ET STRUCTURAL D'UN DRAIN A          YOPOUGON</b></p>
--	--	---

## FERRAILLAGE CANAL RECTANGULAIRE T1

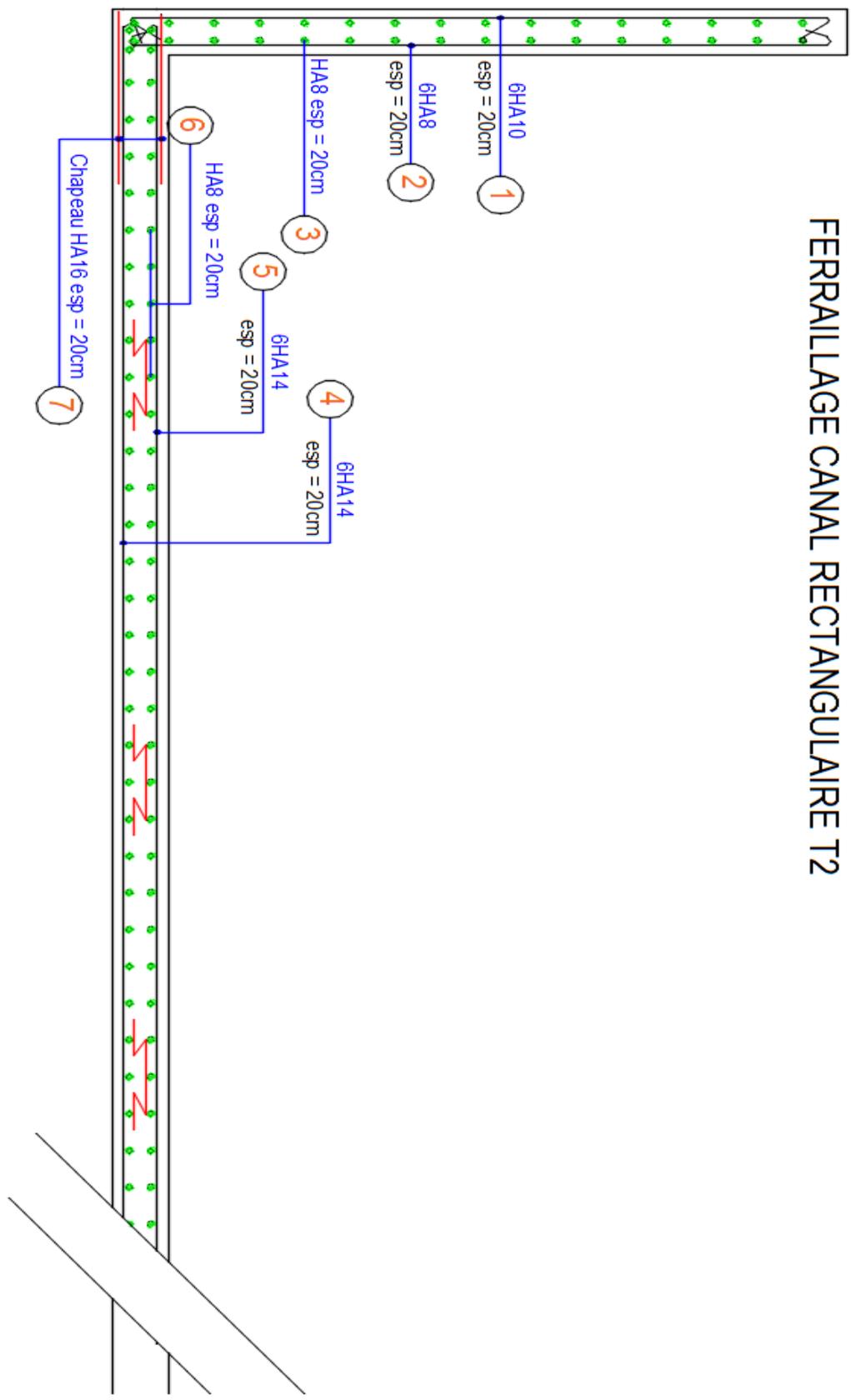


	<p><b>BESSEBRO Dje Yannick</b>          Elève Ingénieur 2iE          Génie Civil</p>	<p><b>DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE ET          STRUCTURAL D'UN DRAIN A YOPOUGON</b></p>
--	--	--

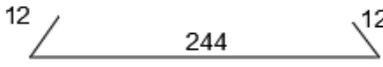
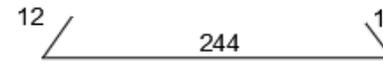
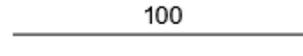
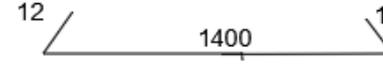
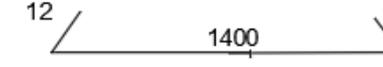
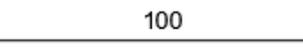
N°	Diametre	Forme	espacement	Longueur	Nbre
1	HA10		20	315	6
2	HA8		20	315	6
3	HA8		20	100	14
4	HA10		20	2*512	6
5	HA10		20	2*512	6
6	HA8		20	100	60
7	HA12		20	300	6

	BESSEBRO Dje Yannick Elève Ingenieur 2iE Genie Civil	DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE ET STRUCTURAL D'UN DRAIN A YOPOUGON
---	--	---

## FERRAILLAGE CANAL RECTANGULAIRE T2



	<b>BESSEBRO Dje Yannick</b> Elève Ingénieur 2iE Genie Civil	DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE ET STRUCTURAL D'UN DRAIN A YOPOUGON
--	---	--

N°	Diametre	Forme	espacement	Longueur	Nbre
1	HA10		20	315	6
2	HA8		20	315	6
3	HA8		20	100	16
4	HA14		20	2*712	6
5	HA14		20	2*712	6
6	HA8		20	100	70
7	HA16		20	300	6

	BESSEBRO Dje Yannick Elève Ingenieur 2iE Genie Civil	DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE ET STRUCTURAL D'UN DRAIN A YOPOUGON
---	--	---