



**2iE**  
Fondation 2iE

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement  
International Institute for Water and Environmental Engineering

---

**ETUDE D'UN RESEAU DE COLLECTE DES EAUX POUR LA REALISATION  
DES VOIRIES RESEAUX DIVERS (VRD) DU SITE DE 2iE OUAGADOUGOU**

---

**Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de  
MASTER EN INGÉNIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT**

**OPTION : Eau**

---

Présenté et soutenu publiquement, le [Date] par :

**Fayçal Abdel-kérim GARDIA**

**Travaux dirigés par:**

**Dr Angelbert BIAOU, Enseignant-Chercheur (GVEA-2iE)**

**M. Célestin OVONO, Enseignant à la Fondation 2iE**

**M. HEMA Césaire, Ingénieur au Technopôle -2iE**

**Jury d'évaluation du stage**

**Président :**

**Membres et correcteurs :**

**Promotion 2010-2012**

**DEDICACE**

Tout d'abord à DIEU, le Tout Puissant, le Tout Miséricordieux, l'Unique et sans associé qui nous a donné la force de terminer ce long parcours ;

- A mon père, **Abdel Kérim GARDIA**, pour ses appuis durant toute ma formation ;
- A ma chère Maman, **Noura Hassir INNA ASSO**, pour tous les sacrifices consentis;
- A ma grande sœur, **Zara Abdel Kérim GARDIA**, pour son soutien moral ;
- A ma petite sœur, **Mahassine Abdel Kérim GARDIA** ;
- A mon petit frère cadet, **Mahamat Taha Abdel Kérim GARDIA** ;
- A mon cousin, **BAKHIT Abdoulaye CHAIBO**, pour son soutien tant financier que morale ;
- A tous mes chers frères et sœur ;
- A mes encadreurs pour leurs conseils dans l'élaboration du présent mémoire,
- A mes amis et compagnons de tous les jours ;
- A tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce travail.

## **REMERCIEMENTS**

Qu'il nous soit permis d'exprimer notre gratitude ici à tous ceux qui d'une manière ou d'une autre ont contribué au bon déroulement de cette formation. Particulièrement à nos encadreurs :

- **Dr Angelbert BIAOU**, Enseignant Chercheur au 2iE, pour son assistance à travers les remarques, suggestions et orientations reçues tout au long de la rédaction de ce mémoire ;
- **Le Technopôle 2iE à travers la personne de M Célestin OVONO**, Enseignant au 2iE, pour sa disponibilité, l'encadrement et les conseils prodigués durant la période de ce stage ;
- la Cellule Gestion de Plan de l'Investissement (CGPI) du 2iE, notamment à travers la personne de M. **HEMA Césaire**, pour sa disponibilité, ses conseils et le suivi qu'il m'a accordé durant mes travaux ;

Nous remercions également à :

- **Mon oncle, le Général de Division, TAHIR Erda**, pour ses encouragements ;
- **Mon cousin BAKIT Abdoulaye Chaibo**, pour ses encouragements et son soutien ;
- **Mon cousin Mahamada Fadoul Ibrahim**, pour son soutien multiforme ;
- **Mes frères et sœurs**, qui m'ont toujours encouragé ;
- Tous mes amis, pour leur encouragement.

## **RESUME**

2iE, dans l'optique de répondre de manière adéquate aux besoins du personnel et des étudiants dont le nombre croît chaque année, a entrepris la construction des nouvelles infrastructures sur le site de 2iE Ouagadougou. Par conséquent, pour éviter la stagnation des eaux sur le site, il a été envisagé la construction d'un nouveau réseau de drainage des eaux de ruissèlement d'où le thème intitulé «Etudes d'un réseau de collecte des eaux pour la réalisation des VRD sur le site 2iE Ouagadougou». Ce projet s'inscrit dans le plan d'investissement élaboré par le 2iE.

Le réseau proposé suite aux études effectuées, est constitué de plusieurs tronçons de sections variables. Pour évacuer ces eaux de ruissèlement, le canal de ZOGONA situé au Sud de 2iE a été localisé comme exutoire final du fait que le sens d'écoulement des eaux est naturellement orienté vers ce canal.

Après les études hydrologiques, il a été procédé au dimensionnement en béton armé des différentes sections de caniveau de notre réseau de drainage puis au dimensionnement des grilles métalliques.

En sus des études réalisées ci-haut, il a été proposé un aménagement sommaire des voies de circulation, des espaces verts et des parkings du site 2iEOuagadougou.

En fin, il a été fait mention du cadre de devis quantitatif et estimatif puis le planning des travaux pour l'exécution du présent projet.

### **Mots clés :**

---

1. Nouvelles infrastructures
2. Extension du réseau
3. Dimensionnement
4. Aménagement
5. Exécution du projet
6. 2iE

## **ABSTRACT**

2iE in the context of responding adequately to the needs of staff and students whose number increases every year has begun construction of new infrastructure on the site 2iE Ouagadougou. Therefore, to avoid water stagnation on the site, it was envisaged the construction of a new drainage water trickling hence the theme "Studies of a network of water collection for the achievement of VRD site 2iE Ouagadougou. »This project is part of the investment plan developed by 2iE.

The proposed network following studies consists of several sections of varying lengths. To drain this runoff, the channel Zogona located east of 2iE was located as an outlet end that the direction of flow of water is naturally oriented towards the channel.

After hydrological studies, was carried to the design of reinforced concrete sections of our gutter drainage system and sizing of metal grids.

In addition to the above studies, it was proposed that a management summary of the traffic lanes, green spaces and parking site 2iEOuagadougou.

In the end, it was mentioned under the bill of quantities and then estimated the work schedule for implementing this project.

### **Key Words:**

---

1. New infrastructure
2. Network extension
3. Sizing
4. Planning
5. Project Execution
6. 2iE

## **SIGLES ET ABBREVIATIONS**

**APD** : Avant-projet détaillé ;

**APS** : Avant-projet sommaire ;

**BA** : Béton armé ;

**B5** : Bâtiment n° 5 ;

**B4** : Bâtiment n° 4 ;

**B2** : Bâtiment n° 2 ;

**B10** : Bâtiment n° 10 ;

**BAEL** : Béton armé aux états limites ;

**ELU** : Etat limite ultime ;

**ELS** : Etat limite de service ;

**EP** : Eaux de pluie ;

**fft** : forfait ;

**Ha** : Hectare ;

**ONEA** : Office national de l'eau et de l'assainissement ;

**ONATEL** : Office national de télécommunication ;

**Ouaga** : Ouagadougou ;

**S/BV** : Sous bassin versant ;

**SONABEL** : Société Nationale d'électricité du Burkina ;

**VRD** : Voirie réseau divers.

**SOMMAIRE**

<b>DEDICACE</b> .....	<b>ii</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>iii</b>
<b>RESUME</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>SIGLES ET ABREVIATIONS</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>3</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>4</b>
<b>I. PRESENTATION GENERALE DE L'ETUDE</b> .....	<b>6</b>
<b>1. Présentation du cadre de l'étude</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1. Objectif général</b> .....	<b>6</b>
<b>1.2. Objectifs spécifiques</b> .....	<b>6</b>
<b>1.3. Résultats attendus</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>2. Méthodologie</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1. Recherche documentaire</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2. Collecte des données</b> .....	<b>7</b>
<b>2.3. Réalisation des travaux</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>3. Présentation de la zone d'étude</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1. Localisation</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2. Relief</b> .....	<b>8</b>
<b>3.3. Climat</b> .....	<b>8</b>
<b>3.4. Pluviométrie</b> .....	<b>8</b>
<b>3.5. Réseaux divers existants</b> .....	<b>8</b>
<b>4. Diagnostic –Etats des lieux</b> .....	<b>8</b>
<b>II. ETUDES HYDROLOGIQUES</b> .....	<b>11</b>
<b>1. Détermination de sens général d'écoulement des eaux de ruissèlement</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Délimitation du bassin versant global et des bassins versant élémentaires</b> .....	<b>11</b>
<b>3. Identification des exutoires de ruissèlement</b> .....	<b>12</b>
<b>4. Assemblage des bassins versants pour le calcul de débit par la méthode rationnelle</b> .....	<b>13</b>
<b>4.1. Bassins versants en série</b> .....	<b>13</b>
<b>4.2. Bassins versants en parallèle</b> .....	<b>13</b>
<b>5. Détermination de débits d'eaux pluviales</b> .....	<b>13</b>
<b>5.1. La méthode Superficielle de Caquot</b> .....	<b>14</b>
<b>5.2. Méthode rationnelle</b> .....	<b>14</b>
<b>5.3. Choix de la méthode</b> .....	<b>17</b>
<b>III. DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE DES OUVRAGES</b> .....	<b>18</b>

1. Ouvrages linéaires (caniveaux) .....	18
1.1. Dimensionnement des caniveaux .....	18
2. Vérification du débit capable du canal interne 2iE .....	21
2.1. Calcul de débit capable du canal .....	21
2.2. Calcul de débit des collecteurs secondaires .....	21
IV. CALCUL DE LA STRUCTURE DES OUVRAGES .....	22
1. Hypothèses et bases de calcul en béton armé .....	22
2. Caractéristiques des matériaux .....	22
4. Récapitulatif de calcul des aciers des collecteurs .....	22
5. Dimensionnement de grille métallique .....	25
7. Dallette de traversée .....	25
V. PROPOSITION D'AMENAGEMENT DES VRD .....	26
1. Proposition d'un réseau de drainage des eaux de pluie .....	26
2. Aménagement des voiries internes .....	27
2.1. Etat des lieux des voiries existantes .....	27
2.2. Propositions d'aménagement des voiries en projet .....	27
3. Aménagements des parkings et passages piétonniers .....	27
3.1. Etat des lieux des parkings de stationnements du site de projet .....	27
3.2. Techniques d'aménagement des parkings) .....	28
4. Aménagement des espaces verts .....	29
VI. EVALUATION DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT .....	30
1. Calcul des coordonnées des nœuds de tronçons .....	30
2. Calcul des volumes des terres .....	32
VII. NOTICE ENVIRONNEMENTALE .....	33
1. Impacts positifs .....	Erreur ! Signet non défini.
2. Impacts négatifs .....	Erreur ! Signet non défini.
VIII. CADRE DE DEVIS ET PLANNING DES TRAVAUX .....	35
1. Cadre de devis quantitatif et quantitatif .....	35
2. Planning des travaux .....	36
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....	37
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	38
ANNEXES .....	39

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1: Etat des lieux des collecteurs.....	10
Tableau 2 : Récapitulatif des dimensions des différents collecteurs existant.....	10
Tableau 3: Caractéristiques géométriques des bassins élémentaires .....	12
Tableau 4 : Coefficients de ruissellement des bassins versant élémentaires .....	17
Tableau 5 : récapitulatifs des débits des bassins versants élémentaires .....	17
Tableau 6: Récapitulatif des calculs hydrauliques .....	20
Tableau 7: Débit capable du canal interne du 2iE.....	21
Tableau 8: Débits des collecteurs secondaires du 2iE.....	21
Tableau 9: résultat de calculs de caniveau de section 0,8*0,4 m2 .....	23
Tableau 10: Résultat de calcul de caniveau de section 06*0,6 m2.....	23
Tableau 11: Résultat de calcul de caniveau de section 1*0,5 m2.....	24
Tableau 12: Résultat de calcul de caniveau de section 1,2*0,6 m2.....	24
Tableau 13 : Dimensions caractéristiques des tronçons .....	26
Tableau 14: Récapitulatif des coordonnées et cote des nœuds de tronçon.....	31
Tableau 15: Récapitulatif volume à excaver .....	32
Tableau 16 :Devis quantitatif et estimatif .....	35
Tableau 17 : planning des travaux.....	36

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Délimitation des bassins versants (Technopôle2iE, 2011, modifié).....	12
--	----

## INTRODUCTION

L'assainissement pluvial est une branche de l'hydrologie urbaine qui se donne comme objectif principal d'assurer une bonne évacuation des eaux pluviales. Il protège les personnes et leurs biens [CRES, 2001]. C'est en ce sens que l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), prévoit de mettre en place dans son plan d'investissement en cours, la construction des voiries et réseaux divers (VRD) sur son site Ouagadougou, notamment l'extension du réseau de drainage des eaux pluviales.

En effet, pour créer des conditions décentes de travail et de circulation au sein du 2iE.

Cependant, face à l'accroissement du nombre des étudiants et du personnel qui a induit à la construction des nouvelles infrastructures. Et ont pour corollaires la réduction des surfaces d'infiltration ce qui conduira vraisemblablement à stagnation des eaux. C'est pourquoi ce projet fut initié.

Le réseau de drainage existant est constitué essentiellement des collecteurs primaires et secondaires qui utilisent comme exutoire final le canal de ZOGONA, situé à l'Est du site 2iE Ouagadougou [Technopole 2iE, 2011].

En sus aux travaux énumérés ci-haut, une proposition d'aménagement sommaire des aires de stationnement, des voies circulation et des espaces verts dans l'enceinte du 2iE a été faite.

Pour ce faire, il a été adopté une approche méthodologique constituée de trois étapes: la recherche documentaire, la collecte des données et le traitement des données.

Le présent mémoire subdivisé en huit(8) chapitres :

Chapitre I: présentation générale de l'étude, chapitre II : études hydrologiques, le chapitre III : dimensionnement hydraulique des ouvrages, le Chapitre IV : dimensionnement des structures ses collecteurs, Chapitre V : proposition sommaire des VRD, chapitre VI : évaluation des travaux de terrassement, Chapitre VII : notice environnementale, et le dernier chapitre VIII : cadre de devis estimatif et quantitatif puis le planning des travaux.

## **I. PRESENTATION GENERALE DE L'ETUDE**

### **1. Présentation du cadre de l'étude**

Engagé dans une politique d'augmentation de ses capacités pédagogiques, de recherche et d'accueil, le 2iE a décidé de faire des extensions sur le site de Ouagadougou. Ces extensions portent sur la construction de nouvelles infrastructures telles que : des salles de cours, des laboratoires d'enseignements, des amphithéâtres, des salles de conférences, des plateformes technologiques et des nouveaux centres d'hébergement...A cet effet, il se propose de mettre en place des voiries et réseaux divers (VRD) sur le site de Ouagadougou pour :

- répondre à la croissance du nombre d'étudiants et du personnel par des nouvelles constructions sur le site 2iE Ouagadougou ;
- Permettre le drainage des eaux pour assurer une mise hors d'eau du site de projet.

#### **1.1.Objectif général**

Contribution générale de l'assainissement pluvial du site 2iE Ouagadougou, par la mise en place des ouvrages de drainage des eaux de ruissellement, conformément au plan d'investissement du 2iE.

#### **1.2.Objectifs spécifiques**

De façon spécifique, il s'agira de :

- Faire l'état de lieu des réseaux existants ;
- Quantifier toutes les eaux de ruissellement du site 2iE Ouagadougou ;
- Proposer des VRD sur le site dans lesquels on identifie clairement le réseau de drainage des eaux de ruissellement et dimensionner le réseau ;
- Evaluer les travaux de terrassement nécessaire à la mise en place des VRD et leurs coûts ;
- Faire une notice d'impact environnemental ;
- Proposer le dossier technique pour la réalisation des travaux.

## **2. Méthodologie**

En tenant compte de tous les aspects de l'étude, la démarche méthodologique adoptée est la suivante :

## **2.1. Recherche documentaire**

Elle a consisté à la recherche de documents et de textes centrés sur la thématique de l'évacuation des eaux de ruissèlement du site du 2iE Ouagadougou. Cette recherche s'est soldée par l'obtention d'ouvrages traitant sur la modélisation des ruissèlements, méthodes de quantification des eaux de ruissellement, dimensionnement hydraulique et en béton armé des collecteurs puis des supports techniques d'aménagement des VRD.

## **2.2. Collecte des données**

Il s'agissait de regrouper toutes les données disponibles liées au projet. Ainsi, nous avons obtenu :

- Le fond topographique du site ;
- Le plan de masse du site de projet.

## **2.3. Traitement des données**

En fonction des objectifs spécifiques fixés et des résultats attendus au terme de cette étude définis plus haut, les travaux menés ont essentiellement consisté à faire :

- La quantification des eaux de ruissellement du site de projet ;
- Le dimensionnement hydraulique des caniveaux ;
- Le dimensionnement en béton armé des caniveaux ;
- Le calcul des travaux de terrassement ;
- La proposition d'aménagement sommaire des VRD ;
- L'établissement d'une notice environnementale ;
- L'estimation quantitative et financière des travaux projetés puis le planning des travaux.

Tous ces points seront tour à tour détaillés dans ce qui suit pour permettre la compréhension de la thématique de notre étude, et tout son intérêt.

## **3. Présentation de la zone d'étude**

### **3.1. Localisation**

La zone du projet se situe à Ouagadougou. Il est délimitée au Nord par l'ENAM, à l'Ouest par l'Université de Ouagadougou et au sud par la Forêt classée ( voir Annexe1).

### 3.2.Rélief

Le relief de la zone présente une pente générale orientée dans le sens Sud-Ouest/Nord-Est et les isophyses varient entre 301 m et 297 m [Technopole2iE, 2011].

### 3.3.Climat

Le climat est du type Nord soudanien caractérisé par :

- L' harmattan chaud et sec de direction Nord/Est –Sud8/Ouest ;
- La mousson de direction Sud-Ouest Nord Est ;

Ces deux types de vents déterminent un régime bi saisonnier :

- Une saison sèche environ huit mois (Octobre –Mai) ;
- Une saison pluvieuse d'environ 4 mois (Juin -septembre).

### 3.4.Pluviométrie

La pluviométrie annuelle est irrégulière et varie entre 650 et 900 mm avec une forte concentration au mois d'Aout. [*Station météorologique ,Aéroport Ouaga* ]

### 3.5.Réseaux divers existants

- Réseau SONABEL ;
- Réseau ONEA ;
- Réseau ONATEL ;
- Réseau des eaux usées.(voir annexe 2).

## 4. Diagnostic –Etats des lieux

Le site concerné par le présent projet est pourvu des quelques aménagements en terme d'ouvrages de drainage des eaux pluviales. Ainsi, ce réseau de drainage est situé aux abords de rues bitumées existantes. Il est constitué essentiellement par des caniveaux en béton armé de section variable, recouverts par des grilles métalliques. Le système actuel de gestion des eaux pluviales de site 2iE Ouagadougou est constitué essentiellement des collecteurs ci-après cités, qui ont été identifiés lors de la visite de terrain :

- Un canal de forme trapézoïdale qui prend naissance de l'ENAM, passant entre les bâtiments B2 et le bâtiment B10 du site 2iE, puis l'amphithéâtre pour longer la voie allant

vers le Nord pour se jeter dans le grand canal Zogona situé à l'arrière du 2iE. Notons que ce canal est enterré sur une longueur de 120 m et le reste est à surface libre. Il est construit sur une longueur de 400,58 m en béton armé dont les dimensions : largeur en gueule : 1,7 m, base : 1,5m, hauteur : 1,7 m et sur une longueur de 15m en perré maçonné dont les dimensions sont : largeur en gueule :1,85 m base :1,50 m, Hauteur : 1,30 m. Ce canal recueille toutes les eaux pluviales de la zone du projet ;

- Les eaux de ruissellement des bâtiments BO3 sont drainées par les caniveaux de section 0,3\*0,3 m pour enfin se jeter via un regard au canal devant B7.
- les eaux de bâtiment BO4 sont rassemblées à l'aide d'une pente de la toiture d'un seul côté pour se jeter via un PVC de diamètre 200 mm vers le parking externe du 2iE, pour rejoindre les caniveaux de section 0,6\*0,5 m longeant le mur de l'entrée principale du 2iE ;
- Un tronçon perpendiculaire au canal qui prend origine du portail longe la voie d'entrée, de forme rectangulaire dont les dimensions sont : largeur : 0,7 m et tirant d'eau : 0,65m. Il a une longueur de 85 m et recueille les eaux de l'emprise de la voie d'entrée et est couvert en grilles métalliques ;
- Un tronçon des caniveaux perpendiculaire au canal principal du 2iE, de forme rectangulaire passant derrière le bâtiment servant de restaurant, longeant le mur de clôture de logement des hôtes, et a les dimensions suivantes : largeur 0,6 m, hauteur : 0,5 m ;
- Le bâtiment B1 abritant la direction générale ne disposant pas des caniveaux de drainage, les eaux de pluies sont recueillies par six puits d'infiltration, disposés trois en façade principale et trois en façade arrière du bâtiment ;
- Les eaux de bâtiment B6 sont recueillies par des caniveaux de section 0,4\*0,4 m pour les jeter dans le canal du 2iE ;
- Les eaux de ruissellement du B9 sont canalisées par des chéneaux en fer dans un puits d'infiltration contenant des cailloux jouant le rôle de brise énergie.
- Les eaux de pluie de bâtiment B7 sont recueillies par deux puits d'infiltration disposés en face gauche et droite. (voir annexe 1).

**Tableau 1: Etat des lieux des collecteurs**

Réseau de drainage	Longueur(m)	Couvert		Etat de fonctionnement	
		Non	Oui	Bon	Mauvais
<b>Existant</b>	740,76	554,40(68,25%)	186,36(31,75)%	186,36(31,75%)	554.40 (68,25%)
<b>En projet</b>	960,5		960,5		

**Tableau 2: Récapitulatif des dimensions des différents collecteurs existant**

Désignation	Base (m)	Hauteur (m)	largeur en gueule (m)	Epaisseur (m)	Type de couverture	Type de matériaux
<b>B6</b>	0,4	0,40	-	0,10	Métallique	BA
<b>B3</b>	0,3	0,30	-	0,10	Métallique	BA
<b>Jardin en face du LEDES</b>	0,40	0,40	-	0,10	Métallique	BA
<b>Entrée principale</b>	0,70	0,65	-	0,10	Métallique	BA
<b>Derrière le restaurant</b>	0,60	0,50	-	0,10	Dalette en BA	BA
<b>Canal en BA</b>	1,50	1,40	1,70	0,15	Non couvert	BA
<b>Canal en Perreux maçonnés</b>	1,50	1,40	1,85	0,15	Non couvert	Perrés maçonnés
<b>Caniveau portail</b>	0,60	0,50		0,10	Dalette en BA	BA

## II. ETUDES HYDROLOGIQUES

### 1. Détermination de sens général d'écoulement des eaux de ruissèlement

Les visites de terrain et l'examen des courbes de niveau, nous ont permis de déceler les principaux drains naturels (chemin préférentiels des eaux) d'eau pluviale sur le site.

Après exploitation et analyse de ces courbes de niveau, il ressort que le terrain de site de projet est relativement plat, avec une pente globalement orientée vers le sens Sud-Ouest/Nord-Est. L'altitude du point le plus haut est 301 m et celle du point le plus bas est 297 m.

Ce sens d'écoulement est généralement perpendiculaire aux courbes de niveau, mais compte tenu de l'occupation du lieu, les eaux de pluie sont obligées de contourner certains obstacles (bâtiments).

Le canal de zogona situé à l'Est du site de projet sera utilisé comme exutoire final pour les eaux de pluie [Technopole 2iE, 2011].

### 2. Délimitation du bassin versant global et des bassins versant élémentaires

Un bassin versant est un espace géographique et topographique recevant des précipitations dont les excès des eaux sont drainés vers un unique point caractéristique qui est son exutoire [CRES, 2001].

La délimitation de la surface totale de ruissèlement a consisté à :

- Repérer l'exutoire ;
- Repérer sur le fond topographique, les points hauts puis les courbes de niveau autour de ces points hauts ;
- Tracer les lignes de partage des eaux en suivant les lignes de crête jusqu'à l'exutoire final en tenant compte des contraintes réelles du terrain.

Ces contraintes sont des bâtiments, des voies de circulation qui peuvent décaler ces lignes de crête.

La même logique a été suivie pour subdiviser le bassin global en sous bassins versants élémentaires. Les limites des sous bassins versants élémentaires tiennent compte de la topographie du terrain et suivent les limites des surfaces bâties effectivement raccordées au réseau ou limites des infrastructures [Technopôle – 2iE, 2011].

A cet effet, nous avons subdivisé le bassin versant global en huit (8) bassins versant élémentaires et avons mesuré la surface, et la longueur de chacun d'eux à l'aide des outils de logiciel Autocad version 2008.

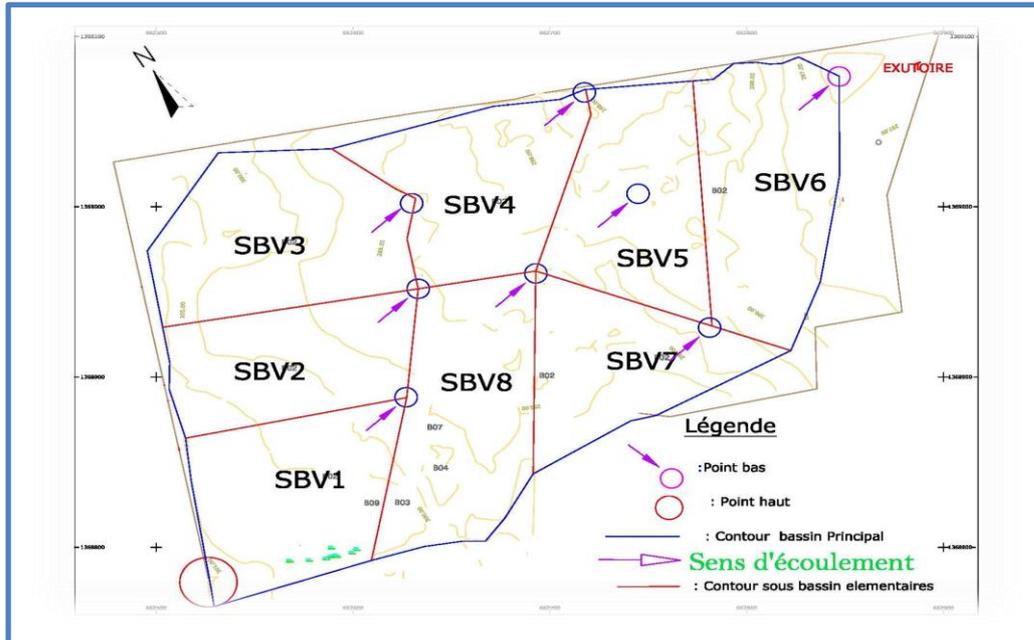


Figure 1 : Délimitation des bassins versants[Technopôle2iE, 2011, modifié].

Tableau 3: Caractéristiques géométriques des bassins élémentaires

Sous bassin versant	Superficie (ha)	Longueur Hydraulique( m)
S/BV1	0.935	122.6439
S/BV2	0.796	118.1714
S/BV3	1.06	118.4286
S/BV4	0.874	129.1008
S/BV5	0.880	55.5
S/BV6	1.70	164.5
S/BV7	0.789	126.71
S/BV8	0.540	56.89

### 3. Identification des exutoires de ruissellement

Il a été directement identifié sur le terrain à l'occasion des visites et confirmée à l'aide du plan topographique obtenu grâce à l'étude topographique entrepris sur l'ensemble de la zone.

Dans le cas de notre étude, le canal de zogona situé à l'arrière du 2iE sera utilisé comme exutoire final pour les eaux de pluie[CRES, 2001 ; KARAMBIRI, 2008].

#### **4. Assemblage des bassins versants pour le calcul de débit par la méthode rationnelle**

Une fois les bassins élémentaires déterminés, avec toutes leurs caractéristiques, il faut réaliser des assemblages qui peuvent être soit en série soit en parallèle. Les bassins versants seront donc assemblés deux par deux en partant de l'amont vers l'aval pour connaître les débits générés par certaines parties et par l'ensemble.

##### **4.1. Bassins versants en série**

Pour le calcul de débit à l'exutoire, la méthode rationnelle a été appliquée en tenant compte des paramètres ci-après[CRES, 2001] :

- La surface à prendre en compte est la somme des surfaces ( $A_{eq} = \sum A_j$ ) ;
- Le coefficient de ruissellement à prendre en compte  $C = \frac{\sum C_j \times A_j}{\sum A_j}$  ;
- Le temps de concentration à prendre en compte est le maximum des deux valeurs ( $t_{c1} + t_{p1-2}$ ) et ( $t_{c2}$ ). Confère tableau n°7.

##### **4.2. Bassins versants en parallèle**

Les données nécessaires sont les mêmes sauf le temps de concentration à prendre en compte est le maximum des deux valeurs  $t_{c1}$  et  $t_{c2}$ [CRES, 2001]. Ces paramètres permettent de déterminer le débit équivalent qu'un caniveau peut transiter. Voir tableau n°7.

#### **5. Détermination de débits d'eaux pluviales**

Il sera question dans cette rubrique de passer en revue, les différentes méthodes, de rechercher leur adaptabilités aux contextes de l'études et choisir celle qui va servir au calcul de débits de chaque bassin versant élémentaire.

### 5.1. La méthode Superficielle de Caquot

Cette méthode est couramment utilisée pour les bassins versants urbanisés. Caquot chercha à établir une relation donnant explicitement le débit de pointe de période de retour donné, en tout point du réseau [CRES, 2001].

La formule superficielle du débit de fréquence de dépassement « F » prend l'aspect Suivant :

$$Q(T)_{\text{pour } M = 2} = \left[ \frac{a(T) \times 0,34^{b(T)}}{8,4} \right]^{\frac{1}{1+0,287 \times b(T)}} \times I^{\frac{-0,41 \times b(T)}{1+0,287 \times b(T)}} \times C^{\frac{1}{1+0,287 \times b(T)}} \times A^{\frac{0,507 \times b(T)}{1+0,287 \times b(T)}} \quad (1)$$

$M = \frac{L}{\sqrt{A}}$  est l'allongement du bassin.

L est le plus long chemin hydraulique (m)

A est la surface du bassin (ha)

Les étapes de calcul du débit sont :

- Calcul du débit de chaque tronçon pour  $M = 2$  ;
- Calcul de  $M = \frac{L}{\sqrt{A}}$  pour chaque tronçon ;
- Connaissant cette valeur de M, on calcule m tel que :

$$m = \frac{Q(T)_{\text{pour } M \neq 2}}{Q(T)_{\text{pour } M = 2}} = \left[ \frac{M}{2} \right]^{0,84 \frac{b(T)}{1-b(T) \times f}} \quad (2)$$

- On calcule alors le débit réel correspondant par la relation :

$$Q(T)_{\text{pour } M \neq 2} = Q(T)_{\text{pour } M = 2} \times m \quad (3)$$

### 5.2. Méthode rationnelle

C'est une méthode utilisée couramment du fait de sa simplicité. Les hypothèses à prendre en compte sont :

- l'intensité de l'averse est supposée uniforme dans le temps et dans l'espace, sur l'ensemble du bassin drainé ;
- le débit de pointe de l'hydrogramme de crue est une fraction du débit précipité ;
- le coefficient de ruissellement est supposé uniforme sur chaque sous bassin élémentaire [Biaou, 2010].

Cette méthode donne le débit maximum à l'exutoire d'un sous bassin versant élémentaire par la formule :

$$Q(T) = \frac{1}{360} \times C \times i(t_c, T) \times A \quad (4)$$

**Q (m<sup>3</sup>/s)** : débit à l'exutoire du bassin versant ;

**A (ha)** : la surface réceptrice du bassin versant ;

**C** : le coefficient de ruissellement du bassin versant ;

**i (mm/h)** : intensité de la pluie ;

**t<sub>c</sub> (mn)** : temps de concentration du bassin versant ;

**L(m)** : La longueur du plus long chemin hydraulique en mètre

#### a. Temps de concentration T<sub>c</sub>

Le temps de concentration T<sub>c</sub> est le temps mis par une goutte d'eau tombant sur le point hydrauliquement le plus éloigné pour arriver à l'exutoire. [KARAMBIRI, 2008]

Ainsi, nous allons calculer le temps de concentration par la formule suivante !

$$t_c = t_i + t_r + t_e$$

**t<sub>c</sub>**= temps de concentration (mn)

**t<sub>i</sub>**= temps d'imbibition (mn).

**t<sub>r</sub>**= le temps de ruissèlement en surface avant d'entrer dans le réseau ou le talweg (mn);

**t<sub>e</sub>**= temps d'écoulement dans réseau jusqu'à l'exutoire (mn) ;

##### ■ Temps de ruissellement (tr) avant d'entrer dans le réseau

Tr est le temps de ruissellement, il varie de 20 à 30 minutes dans les agglomérations d'habitat dense et de faible pente. Afin de tenir compte de la sécurité des installations de drainage, il sera pris constant et égal à 20 minutes dans toute la zone d'étude.

##### ■ Vitesse d'écoulement (te) dans le réseau

Il dépend de la longueur des caniveaux (L<sub>c</sub>) et de la vitesse moyenne d'écoulement de l'eau prise égale à 2m/s (valeur admise dans les caniveaux). [WETHE, 2007 ].

$t_{e(mn)} = \frac{L_e}{V_e}$  avec L<sub>e</sub>, V<sub>e</sub>, respectivement longueur et vitesse d'écoulement du ruissèlement.

##### ■ Temps d'imbibition (t<sub>i</sub>)

Il est pris égal à 5 mn généralement dans les zones urbaines. [KARAMBIRI, 2008].

**b. Choix de période de retour**

Le choix de la période de retour permet de fixer le «degré de sécurité» que peut avoir un ouvrage. Compte tenu de la vulnérabilité de la zone face aux inondations, nous choisirons une période de retour  $T = 10$  ans pour le dimensionnement des collecteurs. Ce choix tient aussi compte du fait que les ajustements IDF (Intensité – Durée – Fréquence) à utiliser, ont été établis sur la base d'une période de retour de 10 ans [WETHE, 2007 ].

**c. Pluie de projet**

L'ouvrage d'évacuation des EP sera dimensionné avec une pluie de projet dont la période de retour est de 10 ans. La pluie de projet sera issue de l'ajustement de MONTANA (c'est l'ajustement modèle de la ville de Ouagadougou), qui donne les coefficients de Montana suivants  $a = 9,40$  et  $b = -0,50$  [Service météorologie Aeoport Ouaga].

**d. L'intensité de la pluie I**

L'intensité de pluie est égale au rapport de la hauteur de pluie tombée pendant un temps égal au temps de concentration. Elle s'obtient par la formule de Montana[CRES, 2001 ] :

$$I = a \times Tc^{-b} \quad (7)$$

$a$  et  $b$  : coefficients de Montana. Nous considérons une période de retour  $T=10$  ans pour le dimensionnement de nos canaux, donc nous avons pour la ville de Ouagadougou les paramètres de Montana suivants :  $a = 9,4$  et  $b = -0,5$ .

**e. Choix de coefficient de ruissellement**

Après avoir analysé les sous bassins versants de la zone d'étude et observé le sens d'écoulement des eaux, des coefficients de ruissellement ont été pris en fonction des zones en tenant compte des catégories d'urbanisation[CRES, 2001 ].

Le coefficient de ruissellement équivalent des sous bassins supposé uniforme est évalué par une moyenne des coefficients de ruissellement spécifiques pondérés par leurs surfaces:

$$Ceq = \frac{\sum Ai \times Ci}{\sum Ai} \quad (8)$$

**Tableau 4 : Coefficients de ruissellement des bassins versant élémentaires**

Sous bassin versant	C : Coefficient ruissèlement
S/BV1	<b>0.7</b>
S/BV2	<b>0.8</b>
S/BV3	<b>0.5</b>
S/BV4	<b>0.65</b>
S/BV5	<b>0.8</b>
S/BV6	<b>0.75</b>
S/BV7	<b>0.8</b>
S/BV8	<b>0.7</b>

Coefficients de ruissèlement tirés du tableau de [*Bourrier, 1997*]

### 5.3.Choix de la méthode

Il se trouve qu'après la délimitation des bassins versants élémentaires du site de projet, les surfaces de ces bassins versants élémentaires sont inférieures à ( $A < 4\text{Km}^2$ ), à cet effet la méthode rationnelle décrite dans le livre d'HYDRAULIQUE ROUTIERE par Nguyen VANU sera utilisée pour le calcul des débits des bassins versants. Selon cette méthode, pour une averse homogène dans le temps et dans l'espace, le débit maximum Q est atteint si la durée de l'averse est au moins égale au temps de concentration Tc du bassin versant.

**Tableau 5: récapitulatifs des débits des bassins versants élémentaires**

N°S/BV	A (ha)	Long L(m)	C	pente	Tc (mn)	I (mm/h)	Q (m3/s)
S/BV1	0,935	122,6439	0,7	0,00815	20	126,114	0,229
S/BV2	0,796	118,1714	0,8	0,00846	20	126,114	0,223
S/BV3	1,06	118,4286	0,5	0,00844	20	126,114	0,186
S/BV4	0,874	129,1008	0,65	0,00775	20	126,114	0,199
S/BV5	0,88	55,5	0,8	0,01802	20	398,152	0,779
S/BV6	1,7	164,5	0,75	0,00608	20	126,114	0,447
S/BV7	0,789	126,71	0,6	0,00789	20	126,114	0,166
S/BV8	0,54	56,89	0,5	0,01758	20	392,505	0,294

### III. DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE DES OUVRAGES

#### 1. Ouvrages linéaires (caniveaux)

##### 1.1. Dimensionnement des caniveaux

Nous choisissons les collecteurs à profil rectangulaire, pour ce projet du fait de la facilité de leur mise en œuvre.

Les hypothèses ci-après citées ont été considérées pour le dimensionnement des caniveaux :

■ coefficient de Manning-Strickler  $K_s = 67$  (Cas des fossés en béton)[Biaou, 2010 ].

■ la section ( $S=B*H$ ) ;

Pour le dimensionnement des caniveaux, on utilisera le débit capable des canaux qui se

Calcule par la formule de Manning-Strickler[Biaou, A; 2010 ].

$$Q = K_s \times S \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

$Q$  : Le débit capable des caniveaux en  $m^3 /s$  ;

$K_s$  : Le coefficient de rugosité (67 pour les fossés en béton) ;

$S$  : La section du fossé en  $m^2$  ;

$R$  : Le rayon hydraulique en m, ( $R=\frac{S}{P}$ ) ;

$I$  : La pente longitudinale du collecteur en m/m.

Le dimensionnement est effectué en section économique hydrauliquement favorable à partir de la formule de Manning Strickler énumérée ci-haut

■ le tirant d'eau  $h$

$$h = \left[ \frac{Q \times 2^{\frac{2}{3}}}{K_s \times I^{\frac{1}{2}} \times 2} \right]^{\frac{3}{8}} \quad (10)$$

On a fait l'itération de manière suivante, on a fixée  $B$  et on a cherché la valeur du tirant d'eau qui vérifiera l'équation (10).

■ La revanche  $r$  du collecteur

$$r = 0,2 + 0,15 \times Q^{1/3} \quad (11)$$

■ La hauteur du collecteur

$$H = h + r \quad (12)$$

■ La base du caniveau est donnée par  $b = 2h$  (13)

■ Le dimensionnement sera effectué en respectant la contrainte suivante

La vitesse d'écoulement  $V$  dans le collecteur,  $0.5 \leq V \text{ (m/s)} \leq 3$  [CRES, 2001]. Elle est donnée par la formule suivante :

$$V = \frac{Q}{H \times B} \quad (14)$$

**Q** : Le débit capable des caniveaux en (m<sup>3</sup>/s)

**H** : Hauteur du collecteur (m)

**B** : largeur du collecteur (m)

Pour les tronçons dont la vitesse calculée dépasse 4 m/s, nous imposons une vitesse de 3 m/s. Cela conduit à refaire le calcul de  $h$  et  $b$  pour ces tronçons.

$$Q = v \times S = v \times h \times b = v \times 2h^2$$

$$v = 3 \text{ m/s} \Rightarrow Q = 6h^2$$

$$h = \left(\frac{Q}{6}\right)^{1/2} \quad (15)$$

**Tableau 6: Récapitulatif des calculs hydrauliques**

Tronçon	L(m)	nœud	assemblage S/BV	A (ha)	I (m/m)	Ceq	tr (mn)	te (mn)	ti (mn)	Tc (mn)	i (mm/h)	Qeq (m3/s)	Ks	r(m)	Section		V (m/s)
															B(m)	H(m)	
N1_N2	59,5	N2	S/BV1	0,935	0,0082	0,7	15	0,4955	5	20,4	124,58	0,22630101	67	0,3192	0,8	0,4	0,65
N2_N3	63,7	N3	S/BV1	0,935	0,0082	0,7	15	0,5305	5	20,4	124,474	0,22630101	67	0,3192	0,8	0,4	0,67
N4_N5	57,3	N5	S/BV2	0,796	0,0085	0,8	15	0,4773	5	20,4	124,636	0,22046713	67	0,3196	0,8	0,4	0,66
N5_N6	63,5	N6	S/BV3+S/BV2	1,856	0,0086	0,6	15	0,529	5	20,5	124,479	0,40344945	67	0,3437	1	0,5	1,3
N6_N7	93	N7	S/BV3+S/BV2	1,856	0,0081	0,6	15	0,7748	5	22,5	123,74	0,40105529	67	0,3437	1	0,5	1,29
N7_N8	51,2	N8	S/BV3+S/BV2	1,856	0,0194	0,6	15	0,4263	5	20,08	124,791	0,40446291	67	0,3437	1	0,5	1,3
N8_N9	45,4	N9	S/BV3+S/BV2	1,856	0,1158	0,6	15	0,3784	5	20,3	124,938	0,40493732	67	0,3437	0,8	0,4	1,47
N9_N10	72,4	N10	S/BV4	0,874	0,0078	0,6	15	0,6037	5	20,6	124,253	0,19607812	67	0,3138	0,8	0,4	0,89
N11_N12	48,1	N12	S/BV8	0,54	0,0176	0,5	15	0,4008	5	20,4	124,869	0,09365186	67	0,2966	0,6	0,6	0,47
N12_N13	47,6	N13	S/BV8	0,54	0,0178	0,6	15	0,3967	5	20,4	124,882	0,11239371	67	0,2966	1,2	0,6	0,19
N12_N14	49	N14	S/BV8+S/BV2	1,336	0,0225	0,6	15	0,4085	5	20,5	124,846	0,31447243	67	0,3346	0,8	0,4	0,88
N15_N116	80,3	N16	S/BV7	0,789	0,0079	0,7	15	0,6692	5	22	124,056	0,21452066	67	0,3183	0,8	0,4	0,65
N17_N18	37,6	N18	S/BV6+S/BV7	2,489	0,0066	0,7	15	0,3132	5	20,3	125,138	0,60775506	67	0,3669	1,2	0,6	0,79
N18_N19	33,9	N19	S/BV6+S/BV7	2,489	0,0107	0,7	15	0,2825	5	20,2	125,233	0,60821435	67	0,3669	1,2	0,6	0,82
N19_N20	13,9	N20	S/BV6+S/BV7	2,489	0,0107	0,7	15	0,1154	5	20,5	125,752	0,61073511	67	0,3669	1,2	0,6	0,82
N20_21	87,3	N21	S/BV5	0,88	0,018	0,8	15	0,7278	5	20,01	123,881	0,24225524	67	0,329	0,8	0,4	0,72
N20_N22	70,8	N22	S/BV6+S/BV7	2,489	0,0107	0,7	15	0,5901	5	21	124,294	0,60365437	67	0,3669	1,2	0,6	0,62

**Conclusion :** Au vu du tableau n°6, nous remarquons quatre (4) variantes des sections de caniveaux : 1.2\*0.6 m<sup>2</sup>, 1\*0.5 m<sup>2</sup>, 0.6\*0.6m<sup>2</sup>, 0.8\*\*0.4 m<sup>2</sup>. Les vitesses des différents tronçons du réseau sont supérieures à 0.5 m/s et inférieures à 3m/s [CRES, 2001] auto curage susceptible d'être assurée.

## 2. Vérification du débit capable du canal interne 2iE

Nous allons calculer le débit capable du canal interne de 2iE et le comparer aux débits des collecteurs secondaires pour s'assurer qu'il peut les contenir et les évacuer vers le canal de Zogona qui est considéré comme un exutoire final.

Pour ce faire, la formule de Manning Strickler a été utilisée.

$$Q = K_s \times S \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \text{ [Biaou, 2010 ]}$$

### 2.1. Calcul de débit capable du canal

Tableau 7: Débit capable du canal interne du 2iE

Canal en béton armé	Canal en perrés maçonnés
B = 1,50 m	B = 1,50 m
H = 1,40 m	H = 1,40 m
l = 1,70 m	l = 1,85 m
Ks = 67 [Biaou, 2010]	Ks = 60 [CRES, 2001]
m = 3/2	m = 3/2
I = 0,003	I = 0,003
⇒ Q <sub>c</sub> = 15,53 m <sup>3</sup> /s	⇒ Q <sub>c</sub> = 14 m <sup>3</sup> /s

### 2.2. Calcul de débit des collecteurs secondaires

Tableau 8: Débits des collecteurs secondaires du 2iE

Collecteurs secondaires	Longueur (m)	Débits (m <sup>3</sup> /s)
Existants	240,8	2,96
Prévus	973,34	8,69
<b>Total</b>	<b>1214,14</b>	<b>11,95</b>

**Conclusion :** Nous considérons le débit le plus défavorable pour le cas du canal, ce faisant nous constatons que le débit capable du canal  $Q_c > Q_{Collecteurs}$ , d'où le canal est capable de collecter et drainer les débits élémentaires des collecteurs secondaires.

## IV. CALCUL DE LA STRUCTURE DES OUVRAGES

### 1. Hypothèses et bases de calcul en béton armé

Les actions à prendre en compte sont définies par les textes réglementaires, en particulier le titre 2 du fascicule 61 du cahier des prescriptions communes (CPC) « Conception, calcul et preuves des ouvrages d'arts ». Le calcul du ferrailage se fera suivant les règles B.A.E.L 91 modifiée 99.

### 2. Caractéristiques des matériaux

#### a. Béton

- Masse volumique du béton :  $2,5t/m^3$  ;
- la résistance à la compression à 28 jours du béton :  $f_{c28}=25\text{Mpa}$  ;
- Résistance à la traction à 28 jours du béton :  $f_{t28}=0,6+0,06f_{c28}=2,1\text{ MPa}$  ;
- Contrainte de service du béton :  $\sigma_{bc}=0,6*f_{c28}=0,6*25=15\text{ MPa}$  ;
- $f_{bu}=\frac{0,85*25}{1,5}=14,2\text{ MPa}$ . [BAEL modifié, 1999]

#### b. Acier

- Nuance haute adhérence FeE 400 ;
- Limite d'élasticité  $f_e=400\text{MPa}$  ;
- Contrainte à l'Elu de l'acier :  $f_{su}=\frac{f_e}{1,15}=348\text{ MPa}$ . (Annexes VII et VIII).

### 3. Sol de fondation

- Poids volumique des terres :  $18\text{KN}/m^3$  ;
- Coefficient des poussées des terres :  $K_a=0,33$  ;

### 4. Récapitulatif de calcul des aciers des collecteurs

Nous récapitulons dans les tableaux ci-après l'effort normal, le moment maximal et les sections d'aciers des différents caniveaux.

**Tableau 9: résultat de calculs de caniveau de section 0,8\*0,4**

DESIGNATION			Caniveau de 0,8*0,4			
			Dalette	Piédroits		Radier
				INT	EXT	
Moment en kN.m	ELU	Mu	35,79			
Effort normal KN		Nu	81,2			
Moment en kN.m	ELS	Mser		0,55	2,83	
Effort normal		Nser		1,2	6,93	
Aciers théoriques (cm2)		Tendu	12,05	1,2		
Aciers choisis (cm2)		Tendu	8HA14 (1,06)	HA12	2HA12	
		Comprimé	0	0	0	
		Répartition	5HA8 (2,51)	2HA8 (1,01)	2HA8 (1,01)	

**Tableau 10: Résultat de calcul de caniveau de section 1.2\*0,6 m2**

DESIGNATION			Caniveau de 1.2*0,6 m2			
			Dalette	Piédroits		Radier
				INT	EXT	
Moment en kN.m	ELU	Mu	49,2			
Effort normal KN		Nu	77,4			
Moment en kN.m	ELS	Mser		0,7	4,3	
Effort normalKN		Nser		1,5	8,2	
Aciers théoriques (cm2)		Tendu	18.2	1,2	2	
Aciers choisis (cm2)		Tendu	10HA16	2HA10	3HA10	
		Comprimé	0	0	0	
		Répartition	4HA8	3HA6	3HA6	

**Tableau 11: Résultat de calcul de caniveau de section 1\*0,5 m2**

DESIGNATION			Caniveau de 1*0,5 m2			
			Dalette	Piédroits		Radier
				INT	EXT	
Moment en kN.m	ELU	Mu	41			
Effort normal KN		Nu	77			
Moment en kN.m	ELS	Mser	0,5	0,5	3,5	
Effort normal		Nser	1,25	1,25	6,93	
Aciers théoriques (cm2)		Tendu	15,12	1,2	1,2	1,6
Aciers choisis (cm2)		Tendu	10HA14	2HA10	2HA10	3HA10
		Comprimé	0	0	0	0
		Répartition	3HA8	3HA10	3HA10	2HA8

**Tableau 12: Résultat de calcul de caniveau de section 1,2\*0,6 m2**

DESIGNATION			Caniveau de 1,2*0,6 m			
			Dalette	Piédroits		Radier
				INT	EXT	
Moment en kN.m	ELU	Mu	24,5			
Effort normal KN		Nu	75,3			
Moment en kN.m	ELS	Mser	0,6	0,6	2,18	
Effort normal KN		Nser	1,5	1,5	4,15	
Aciers théoriques (cm2)		Tendu	9,06	1,25	1,25	1,4
Aciers choisis (cm2)		Tendu		2HA10	2HA10	2HA12
		Comprimé	0	0	0	0
		Répartition	4HA8	4HA8	4HA8	5HA6

## 5. Dimensionnement de grille métallique

Il se trouve que les grilles métalliques couvrant les caniveaux existants du site sont constitués des cornières et des fers plats, c'est pourquoi nous optons aussi pour une disposition des grilles fabriqués en fers plats et cornières, disposés à chaque 10 cm ce qui donne par exemple huit (8) fers sur un caniveau de largeur 80 cm avec un écartement d'axe en axe de 20 cm. Ce est qui largement inférieur à l'impact d'un pneumatique (20cmx20cm). (Voir annexe 4).

**Mu=50 KN.ml**

**Nu= 78 KN/ml**

D'après la table de construction métallique, une cornière en acier S355 peut supporter un moment de flexion maximal  $MZ, Rd= 17,4kN.m$  et un effort tranchant maximal  $VRd=176kN$ .(Voir Annexe4).

Alors nous choisissons de disposer quatres corniers de 100\*100 par mètre linéaire soit:

$MEd= 17,4 \times 4= 69,9kN.m > Mu$  et  $NEd= 176 \times 4= 704 kN > Nu$ . OK.[Bouchair, 2010 ].

## 6. Choix de la variante

Après l'étude minutieuse des différentes variantes présentées, en tenant compte de la faisabilité de chacune d'elle, de leur fonctionnalité et des moyens financiers, nous avons opté pour la variante 2 portant sur les grilles métalliques.

## 7. Dalle de traversée

Les hypothèses citées ci-après ont servies au dimensionnement des dalles de traversée

- poids volumique du béton :  **$2,5t/m^3$**  ;
- la résistance à la compression à 28 jours du béton :  **$fc28=25Mpa$**  ;
- Nuance haute adhérence **FeE 400** ;
- Limite d'élasticité  **$fe =400MPa$**  ;
- Contrainte à l'Elu de l'acier  $\sigma_s = \frac{f_e}{2} = \frac{400}{2} = 200$  ;

Elle sera étudiée sous une roue isolée de **13T (Br.)**(Titre II du fascicule 61) en stationnement.

Pour ce faire nous allons considérer une situation peu préjudiciable.

(Voir annexe 4 et 9).

- **Epaisseur : 0,2 m** ;
- **Armatures : 6HA20** ;
- **Section :  $2,5 \times 2,5m^2$** .

## V. PROPOSITION D'AMENAGEMENT DES VRD

### 1. Proposition d'un réseau de drainage des eaux de pluie

Dans le souci de proposer un aménagement cohérent avec le réseau secondaire existant et prenant en compte les contraintes budgétaires, il a été proposé des caniveaux rectangulaires en béton armés de dimensions variables, recouverts entièrement en pièces métalliques sur un linéaire de **973.34 m**. Ils sont constitués de tronçons délimités par des nœuds amont et aval. Chaque tronçon draine le débit de son sous bassin versant ou des sous bassins assemblés série ou en parallèles. (Voir annexe 3).

**Tableau 13 : Dimensions caractéristiques des tronçons**

Tronçon	Sections des caniveaux		Longueur(m)
	B(m)	H(m)	
N1_N2	0,8	0,4	59,46
N2_N3	0,8	0,4	63,66
N4_N5	0,8	0,4	57,27
N5_N6	1	0,5	63,48
N6_N7	1	0,5	92,98
N6_N8	1	0,5	51,15
N8_N9	0,8	0,4	45,41
N9_N10	0,8	0,4	72,44
N11_N12	0,6	0,6	48,1
N12_N13	1,2	0,6	47,6
N12_N14	0,8	0,4	49,02
N15_N116	0,8	0,4	80,3
N17_N18	1,2	0,6	37,58
N18_N19	1,2	0,6	33,9
N19_N20	1,2	0,6	13,85
N20_21	0,8	0,4	87,33
N20_N22	1,2	0,6	70,81

Il existe quatre (4) variantes des sections de caniveaux.

Cependant, il a été constaté qu'une partie du canal interne du 2iE, située à l'arrière du bâtiment bloc pédagogique n'est pas aménagée sur un linéaire de 100 m. A cet égard, il a été prévu un collecteur de forme trapézoïdale construit en perré maçonné ayant les mêmes caractéristiques géométriques et hydraulique (annexe V).

Des regards seront prévus à tous les jonctions des tronçons pour faciliter l'écoulement des eaux.

## **2. Aménagement des voiries internes**

### **2.1. Etat des lieux des voiries existantes**

Les voiries existantes sont constituées des voies bitumées limitées longitudinalement par des bordures en béton armé canalisant les eaux de pluie dans les caniveaux dont leur emprise varie entre 5 et 6,5 m et des voies en terres latéritiques sans un ouvrage de mise hors d'eau de la chaussée, leur emprise oscille entre 4,5 et 5 m. La première et la seconde s'étendent respectivement sur un linéaire de 302,4 m et 410,5 m. (**voir annexe 3**).

### **2.2. Propositions d'aménagement des voiries en projet**

Nous avons constaté en se référant au plan de masse, des nouvelles routes en terre sur un linéaire de **978.5 m** sont en projet d'être aménagées au sein du 2iE, dans l'optique de rendre la circulation plus fluide. Les routes auront leur devers orienté vers les caniveaux. Les voies seront munies d'un seul devers pour permettre l'écoulement des eaux du côté disposant des caniveaux. (Voir annexe 3).

Toutes les nouvelles voies de circulation seront aménagées en terre latéritique et dimensionnées en tenant compte un trafic de type T1 correspondant à moins de 300 véhicules par jour. Nous proposons les dimensions suivantes :

[Projet d'extension des locaux du 2iE kamboïnse, 2011]

{ Couche de fondation = 0,2 m  
{ Couche de base = 0,2 m

## **3. Aménagements des parkings et passages piétonniers**

Au regard de l'extension et de l'accroissement de nombre des étudiants et personnel sur le site de projet, un aménagement des aires de stationnement des voitures et motos sera nécessaire pour assurer la fluidité de circulation interne et éviter le stationnement anarchique des engins. (Voir annexe 7).

### **3.1. Etat des lieux des parkings de stationnements du site de projet**

Nous avons dénombrés les parkings cités ci-après lors de la descente sur le terrain :

- **Parking externe du 2iE** qui a une superficie de  $490 m^2$ , situé juste à la face arrière du laboratoire LEDES, disposant dix (10) places de stationnement des véhicules ; les dimensions de place de stationnement : (l=2,80 m et L=4 m.).
- **Parking B1**: cette aire de stationnement de quatre places est située à la façade gauche de B1. Elle a une superficie de  $49,82 m^2$ , recouvert par un hangar.
- **Parking B6**: située à la face gauche du Technopole 2iE et ayant une superficie de  $96,85 m^2$ , et répartie en cinq (5) places de stationnement, séparées entre elles par des bordures en béton armé.
- Un autre parking situé justement à la face arrière de B3 DESA. Elle a une superficie de  $74,85 m^2$ , et répartie en quatre places. Non revêtu.
- **Parking vélo** : situé à l'arrière de B2, entouré par un grillage et ayant une superficie de  $105,89 m^2$ .
- **Parking Moto** étudiants interne du 2iE situé juste à côté du parking vélo interne, entouré par un grillage avec une superficie de  $445,75 m^2$ . Comportant des éléments bétonnés sur lesquels sont garées les motos

### 3.2. Techniques d'aménagement des parkings

L'aménagement des parkings est très important car l'accroissement du Park automobile et le nombre des nombres de moto suit l'évolution du nombre des étudiants et du personnel. (Voir annexe 8). A cet effet, il a été proposé l'aménagement des parkings ci-après :

- Des motos pour les étudiants ;
- Des Voitures pour le personnel.

Pour ce faire, il a été considéré une surface unitaire d'encombrement qui prend en compte les surfaces d'encombrement [APD, 2008] :

- Encombrement d'une moto :  $1m \times 2m = 2 m^2$  ;
- Encombrement d'un véhicule :  $3 m \times 5m = 15 m^2$ .

Ces parkings auront une assise en pavés TRIEF de 5 cm d'épaisseur. Ensuite, il sera construit des hangars en tôles ondulées de dimensions (1,2m x0, 6m) avec des poteaux métalliques espacés de 5 m environ dans le sens de la longueur, 3 m dans celui de la largeur et de 3 m de hauteur hors sol pour protéger les voitures contre le soleil.

De la sécurisation du lieu en l'éclairant et en mettant des vigiles. Il sera mis un vigile devant Les parkings de chaque site.

Les travaux signalétiques des parkings consistant à réaliser la délimitation des places de parkings. Les traits de séparations des parkings seront des bandes de 0,1 de largeur, à la peinture blanche.

La signalisation horizontale sera constituée des flèches directionnelles. Elle sera faite en peinture de couleur jaune.

### **3.3. Aménagement des passages piétonniers**

Les voies réservées aux piétons auront une assise en pavés, de forme en TRIEF autobloquant, épaisseur 0,5 m.[APD, 2008] et auront un largeur deux (2) mètres.

## **4. Aménagement des espaces verts**

Il a été prévu un aménagement des espaces verts à l'enceinte du site 2iE, notamment aux milieux des espaces vides situés autour des bâtiments et le long des voies de circulation, il s'agira de pelouses gazonnées, de la plantation d'arbres. Ces espaces verts serviront des zones d'infiltration des eaux de pluie et en outre à l'aide de leur verdure ils créent un microclimat[APD, 2008]. (**Annexe 2**).

- Les espaces variables laissés entre la limite extérieure des voies de circulation et des bâtiments ;
- Les autres endroits prévus à cet effet.
- Les pelouses prévues représentent une surface totale de 3959, 85 m<sup>2</sup>.

## VI. EVALUATION DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT

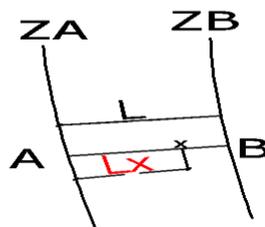
### 1. Calcul des coordonnées des nœuds de tronçons

Les cotes des différents nœuds de tronçon sont importantes pour tracer leurs profils en long.

Il se trouve que tous les nœuds des tronçons ne se situent pas sur les courbes de niveau. Pour cela, une interpolation et extrapolation linéaires sont envisagées pour déterminer les côtes des nœuds situés hors des courbes de niveau [Amadou, 2007].

Le processus d'interpolation linéaire est mené de la manière suivante :

Soit un point **X** (nœud) situé entre deux courbes de niveau et on veut déterminer la cote. On trace une perpendiculaire aux courbes de niveau passant par **X** et on note **A** et **B** les intersections de la droite avec les courbes de niveau. Les segments **[A, B]** et **[A, X]** sont alors mesurés et notés **[A, B]=L** ; **[A, X]=l<sub>x</sub>**, cela permet d'avoir le rapport.



Notons que **[A, B]=L** ; **[A, X]=l<sub>x</sub>**, cela permet d'avoir le rapport

$$\frac{Z_A - Z_X}{Z_A - Z_B} = \frac{l_x}{L} \Rightarrow Z_A - Z_X = \frac{l_x}{L} * (Z_A - Z_B) \Rightarrow Z_X = \frac{l_x}{L} * (Z_B - Z_A) + Z_A \text{ [Amadou, 2007]}$$

Ainsi, il a pu être calculé les cotes des nœuds des tous les tronçons du réseau. (Voir annexe 11)

**Tableau 14: Récapitulatif des coordonnées et cote des nœuds de tronçon**

Tronçon	Nœud	Cote Z(m)	Sections		X(m)	Y(m)	Distance(m)
			B(m)	H(m)			
N1_N2	N1	300,30	0,8	0,4	3499,7019	3089,1221	59,46
	N2	300,53			3441,1201	3099,2668	
N2_N3	N2	300,44	0,8	0,4	3441,1201	3099,2668	63,66
	N3	300,64			3428,8079	3036,8036	
N4_N5	N4	300,00	0,8	0,4	3410,6314	3009,9527	57,27
	N5	299,95			3399,4838	2952,4321	
N5_N6	N5	299,95	1	0,5	3399,4838	2952,4321	63,48
	N6	299,85			3461,5652	2939,164	
N6_N7	N6	299,85	1	0,5	3461,5652	2939,164	92,98
	N7	300,10			3443,6125	2848,6852	
N6_N8	N6	299,85	1	0,5	3461,5652	2939,164	51,15
	N8	299,35			3511,5849	2928,4729	
N8_N9	N8	299,65	0,8	0,4	3511,5849	2928,4729	45,41
	N9	298,95			3521,1828	2884,0881	
N9_N10	N9	298,95	0,8	0,4	3521,1828	2884,0881	72,44
	N10	298,58			3592,3671	2870,6782	
N11_N12	N11	299,42	0,6	0,6	3533,6647	2934,9348	48,1
	N12	299,15			3537,8859	2957,2382	
N12_N13	N12	299,15	1,2	0,6	3537,8859	2957,2382	47,6
	N13	299,25			3491,1007	2966,0134	
N12_N14	N12	299,15	0,8	0,4	3537,8859	2957,2382	49,02
	N14	299,39			3547,01	3005,4485	
N15_N16	N15	299,12	0,8	0,4	3600,1928	3005,3683	80,3
	N16	299,28			3678,8952	2988,4126	
N17_N18	N17	298,95	1,2	0,6	3672,9868	2977,556	37,58
	N18	298,54			3667,6003	2941,4471	
N18_N19	N18	298,54	1,2	0,6	3667,6003	2941,4471	33,9
	N19	298,42			3689,4198	2912,9226	
N19_N20	N19	298,42	1,2	0,6	3689,4198	2912,9226	13,85
	N20	298,32			3703,1599	2911,0935	
N20_N21	N20	298,32	0,8	0,4	3703,1599	2911,0935	87,33
	N21	298,01			3690,9296	2825,1241	
N20_N22	N20	298,32	1,2	0,6	3703,1599	2911,0935	70,81
	N22	298,20			3773,3433	2901,7454	

## 2. Calcul des volumes des terres

Nous allons calculer dans cette rubrique le volume des terres à excaver ( $V_{escavé}$ ) pour pouvoir mettre en œuvre les différents caniveaux. Pour ce faire, nous considérons le profil rectangulaire des différents caniveaux et leurs longueurs [Amadou, 2007].

$$V_{escavé} = B \times H \times L \quad V_{escavé} : \text{Volume à excaver (m}^3\text{)}$$

**Tableau 15: Récapitulatif volume à excaver**

Tronçons	Longueur(m)	Sections des caniveaux (m2)		Volume excavé (m3)
		B(m)	H(m)	
N1_N2	59,46	0,8	0,4	22
N2_N3	63,66	0,8	0,4	23
N4_N5	57,27	0,8	0,4	20
N5_N6	63,48	1	0,5	34
N6_N7	92,98	1	0,5	50
N7_N8	51,15	1	0,5	25
N8_N9	45,41	0,8	0,4	19
N9_N10	72,44	0,8	0,4	24
N11_N12	48,1	0,6	0,6	12
N12_N13	47,6	1,2	0,6	34
N12_N14	49,02	0,8	0,4	20
N15_N116	80,3	0,8	0,4	28
N17_N18	37,58	1,2	0,6	31
N18_N19	33,9	1,2	0,6	26
N19_N20	13,85	1,2	0,6	12
N20_21	87,33	0,8	0,4	31
N20_N22	70,81	1,2	0,6	54
<b>Total</b>	<b>973,34</b>			<b>455</b>

## **VII. NOTICE ENVIRONNEMENTALE**

### **IX. Etudes des impacts environnementaux**

Dans le cadre de la protection de la nature, il s'avère plus que nécessaire d'introduire la prise en compte, de façon systématique, des préoccupations liées à l'environnement pour les projets publics ou privés d'aménagement ou de travaux; cette prise en compte doit se matérialiser par une étude d'impact pour les projets qui, en raison de leur importance, sont de nature à entraîner des incidences sensibles sur l'environnement.

Cette étude permettra d'identifier les impacts du projet, aussi bien positifs que négatifs, sur les milieux sensibles que sont :

- le milieu biophysique ;
- le milieu humain.

C'est un volet complémentaire aux études techniques, économiques et financières permettant d'éclairer les décisions quant à la faisabilité du projet.

#### **1. Analyse de l'état actuel de l'environnement**

En l'état actuel, l'environnement du site peut être jugé non pollué. Néanmoins, il faut noter qu'on constate des dépôts d'ordure sur le canal.

La plus grande partie étant habitée, la faune et la flore ne constitue pas une grande préoccupation.

#### **2. Impacts sur le milieu biophysique**

L'étude des impacts sur le milieu biophysique des systèmes d'assainissement consistera à mettre en relief les nuisances sur :

- l'air et l'atmosphère ;
- le sol et les ressources hydriques ;
- la végétation et la faune ;
- les infrastructures.

##### **a. L'air et l'atmosphère**

Les désagréments notés dans ce cas se manifestent surtout lors de l'exécution des Travaux. Il s'agit des nuisances sonores et de la poussière causée par l'utilisation des engins de terrassement pour la mise en œuvre des tranchées. Ces effets, étant temporaires, ne constituent pas une grande contrainte. Les conséquences qui peuvent paraître inquiétantes sont surtout les

mauvaises odeurs et la prolifération des moustiques si des dispositions idoines ne sont pas prises. Il s'avère également nécessaire de procéder à un entretien rigoureux des ouvrages

#### **b. Le sol et les ressources hydriques**

Les impacts du projet sur le sol concernent principalement la modification géomorphologique du terrain naturel lors des terrassements. Dans ce cas, après l'exécution des travaux la remise en état du chantier réglera d'une certaine manière le problème. En ce qui concerne les ressources hydriques, il s'agit d'éviter une éventuelle contamination des nappes. Cela nécessite beaucoup d'attention lors de l'exécution des canaux afin de s'assurer de l'étanchéité parfaite de ces derniers.

#### **c. La végétation et la faune**

En ce qui concerne la végétation et la faune, les impacts du projet ne se feront pas du tout sentir car le site est presque entièrement habité.

#### **d. Infrastructures**

Les conséquences concernent en gros les voies de circulation internes du 2iE et les réseaux de téléphonie, électriques, eaux usées et de distribution d'eau potable du site 2iE

### **2. Impacts sur le milieu humain**

#### **a. Environnement socio-économique**

Dans le cadre socio-économique, le projet durant son exécution gênera de l'emploi il y'aura un recrutement d'ouvriers et le développement de petits commerces cela permettra d'améliorer les revenus des ouvriers.

#### **b. Le cadre de vie étudiante et personnel administratif**

L'objectif principal de l'assainissement est l'amélioration du cadre de vie des Populations. Dans les cas des eaux pluviales, il est nécessaire de s'assurer de la réduction significative, voire de l'éradication, de certaines maladies hygiéniques et de certaines épidémies. C'est en ce sens que, dans le cadre de l'entretien des ouvrages, il faut éviter tout dépôt d'ordure dans le réseau et les phénomènes d'ensablement qui peuvent entraîner des stagnations d'eaux, favorisant ainsi le développement des maladies hydriques et aussi assurer la tenue des bâtiments et autres ouvrages par l'évacuation des eaux

### **3. Mesures d'atténuation**

- Privilégier le port des caches nez ;
- Arroser les voies de circulation ;
- Bâcher les camions benne .

## VIII. CADRE DE DEVIS ET PLANNING DES TRAVAUX

### 1. Cadre de devis quantitatif et estimatif

Tableau 16 :Devis quantitatif et estimatif

N°	Désignation	Unité	Quantité	PU (FCFA)	PT (FCFA)
<b>100</b>	<b>Travaux préliminaires</b>				
101	Installation du chantier	fft	1	1500000	1500000
102	Implantation des ouvrages	fft	1	2000000	2000000
	<b>S/total</b>				<b>3500000</b>
<b>200</b>	<b>Travaux de terrassement</b>				
201	Décapage/débrouillage	m2	1000	50000	50000000
202	fouilles pour caniveaux	m3	459	5000	2293000
203	Remblai en terre d'apport	m3	92	8000	733760
204	Aménagement des terrains	m3	28	5000	137580
	<b>S/total</b>				<b>53164340</b>
<b>300</b>	<b>Ouvrage de drainage</b>				
300	Béton de propreté ép=05 cm	m3	560	15000	8400000
301	Caniveaux 0,8*0,4	ml	84,5	90000	7605000
302	Caniveaux 0,6*0,6	ml	49,2	100000	4920000
303	Caniveaux 1*0,5	ml	93	100000	9300000
304	Caniveaux 1,2*0,6	ml	35,5	110000	3905000
306	Regard	U	10	100000	1000000
307	Grilles métalliques	ml	934,74	50000	46737000
308	Dalette de traversée	ml	30	125000	3750000
309	Collecteur trapézoïdal e perrés maçonnés	m3	100,5	80000	8040000
310	<b>S/total</b>				<b>120142000</b>
<b>400</b>	<b>Aménagement du parking et route</b>				
401	Remblai des couches de routes	m3	2350	3000	7050000
401	Remblai de base de parking				
402	pavés type trief auto bloquants	m2	1650	18000	11700000
403	pose des bordures T2 en BA	ml	250	9500	2375000
	<b>S/total</b>				<b>21125000</b>
<b>500</b>	<b>Aménagements des espaces verts</b>				
501	bordures T2 pour pelouse	ml	350	8500	2975000
502	Pelouse gazonnée et fleur	m2	3959.85	10000	10000
	<b>S/total</b>				<b>3985000</b>
	<b>Montant total HT</b>				<b>201916340</b>
	<b>Imprévus =15%</b>				<b>30287451</b>
	<b>TVA = 18%</b>				<b>36344941</b>
	<b>Montant total TTC</b>				<b>268548732</b>

## 2. Planning des travaux

Pour élaborer la planification de notre projet, nous avons suivi la démarche suivante :

1. Identifier les activités.
2. Etablir la logique de passage des activités
3. Estimer les ressources nécessaires.

**Tableau 17 : planning des travaux**

N°	Designation des travaux	Durée				
		1 <sup>er</sup> mois	2 <sup>ème</sup> mois	3 <sup>ème</sup> mois	4 <sup>ème</sup> mois	5 <sup>ème</sup> mois
100	Travaux préliminaires	—				
200	Travaux de terrassement		—	—		
300	Ouvrage de drainage		—	—		
400	Amenagement du parking et route			—	—	
500	Amenagements des espaces verts			—	—	
600	Réception des travaux					—

## **CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

Au terme de cette étude visant à concevoir un réseau de drainage adéquat des eaux pluviales du site 2iE Ouagadougou.

Nous avons pu sur la base des données et résultats des études préliminaires mis à notre disposition, proposer un aménagement répondant aux normes techniques standard en matière d'assainissement pluvial. A cet égard, il a été dimensionné un réseau de drainage long de 973,34 ml constitués quatre(4) types de section des caniveaux : 0,8\*0,4 m d'une longueur de 427,5 ml, 0,6\*0,6 m de 50 ml, 0,5\*0,8 de 49,02 ml, 1 \*0,5 m de 215,5 ml, 1,2\*0,6 m de 165 ml puis dix(10) regards de 50x50 m<sup>2</sup>. Le canal de ZOGONA situé au sud de 2iE a été localisé comme exutoire en raison de la pente globale du site orientée vers ce canal.

En outre, un aménagement sommaire des aires de stationnement sur une superficie de 1650 m<sup>2</sup>, et des espaces verts sur une superficie de 3959,85 m<sup>2</sup>, puis des voies de circulation a été proposé.

Le cout global du projet est de 26854832 FCFA toutes taxes comprises et la durée d'exécution s'étale sur cinq (5) mois.

Pour la bonne réussite du projet, nous formulons les recommandations suivantes :

- Eviter de faire de gros travaux de terrassements et d'aménagements avant la mise en œuvre du projet car ceci modifiera le terrain naturel et ainsi fausser les résultats obtenus ;

- Pendant l'exécution du réseau de drainage propose, prendre le soin d'aménager progressivement le terrain en vue de lui donner des pentes qui puissent permettre l'écoulement gravitaire des eaux dans les caniveaux ;

Bien qu'ils soient couverts par des dalles, les caniveaux devront être curés au besoin.

Toutes ces recommandations devront être respectées en vue de garantir l'aptitude fonctionnelle du réseau.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

### **1. Ouvrage**

- **Amadou, S. (2007).** Cours de topographie appliquée, 2iE. **45p.**
- **Biaou, A. (2010).** Cours d'hydraulique routière, 2iE, 80p.
- **Bouchair, A. (2010).** Construction métallique, 2iE. **35p.**
- **Christophe, B.** Analyse et modélisation des écoulements en milieu urbain africain, Edition ORSTOM. 359p
- **François-Noel, CRES. (2001).** Hydrologie urbaine quantitative-assainissement pluvial, **EIER-ETSHER. 128p.**
- **KAMSU; NDIAYE ; TIROGO ; WADJI ; YOFE. (2008).** Rapport d'APD/AFCONS/PI, **Aménagement de l'espace, Equipement en VRD, valorisation des sous-produits de l'Assainissement sur le site d'extension du 2iE kamboinse.** 143p.
- **Karambiri, H. (2008).** Cours d'Hydrologie 2, 2iE. **95p.**
- **Mariam, S. (2010).** Cours d'introduction à la recherche, 2iE. **37p.**
- **Nguyen VAN TU. (1981).** Hydraulique Routière. Ministère de la Coopération et du Développement, **BCEOM. 280p.**
- **Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et construction en béton armé (fascicule 61 titre VI du CPC des marchés d'Etat), 1974. Edition EYROLLES. 199p.**
- **Samy, L. (2011).** Cours sur éléments de béton armé partie2, 2iE. **75p.**
- **Technopôle-2iE, (2011).** Bordereau de prix unitaire.
- **Wethe, J. (2007).** Assainissement pluvial : Considérations générales et système de drainage, 2iE. **27p.**

### **2. Logiciels**

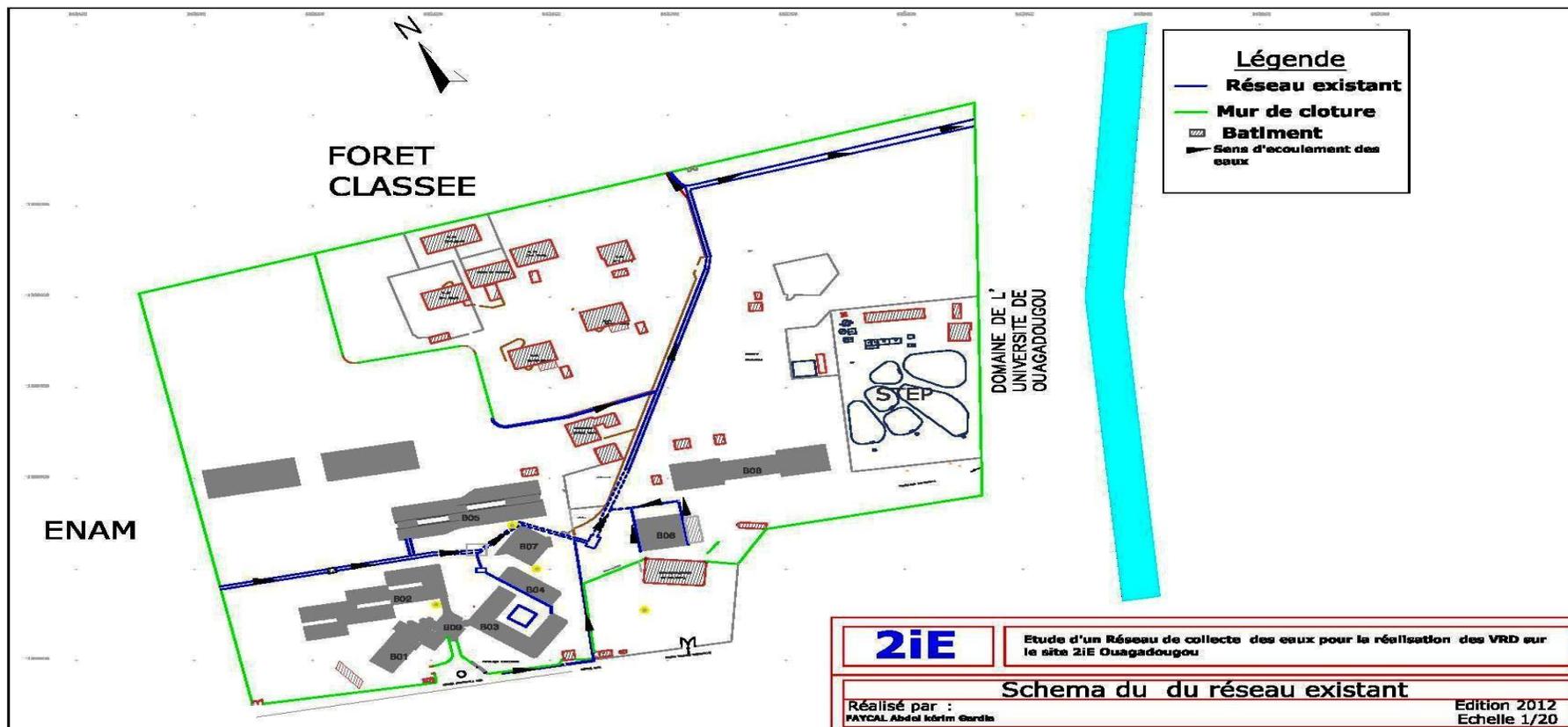
- **AUTOCAD 2008,** dessin assisté par ordinaire.
- **Piste5,** pour le traçage des profils en long des tronçons du réseau.

## **ANNEXES**

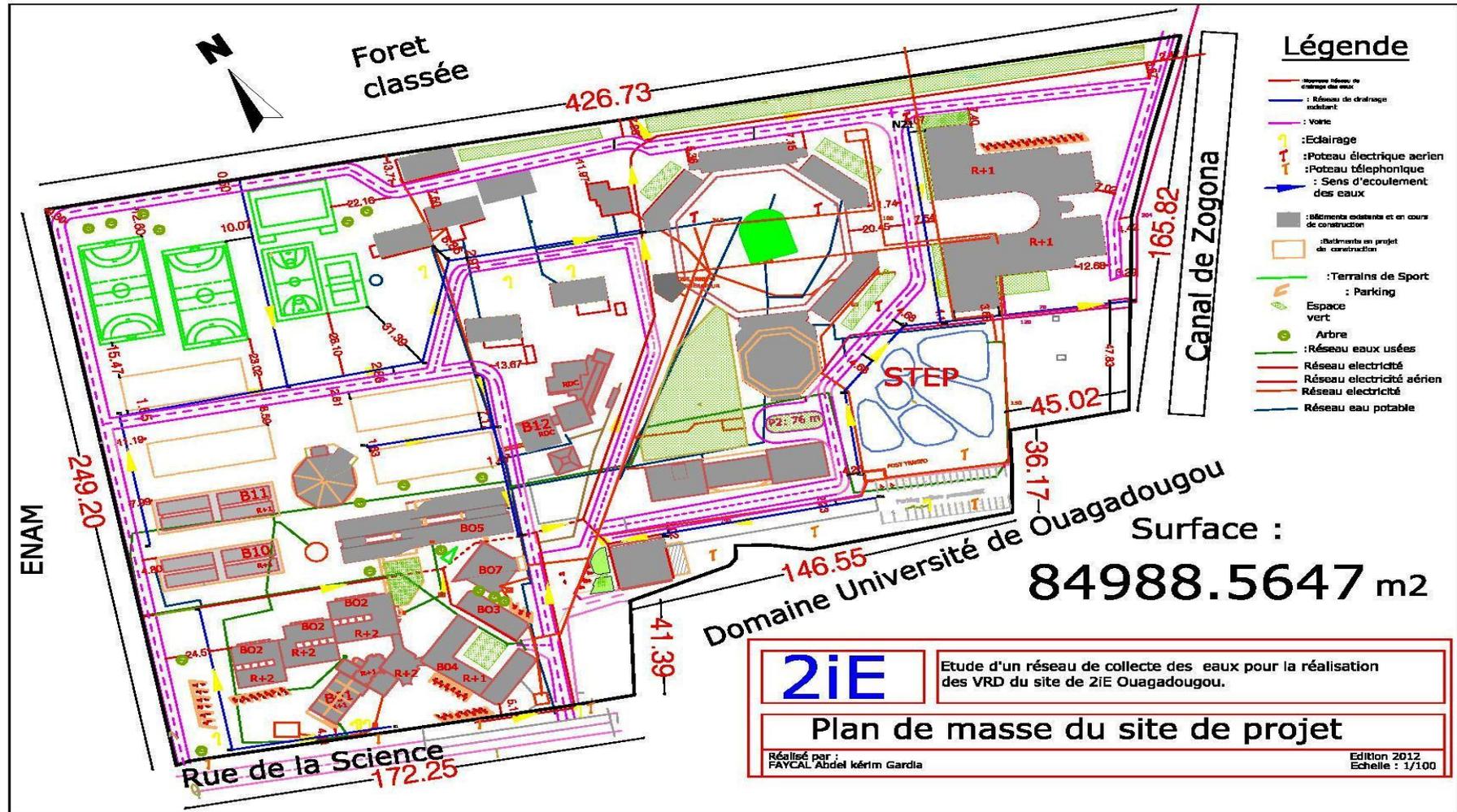
### **Sommaire des annexes**

Annexe 1 : Schéma du réseau eaux pluviales existant.....	40
Annexe 2 : plan de masse du site de projet .....	41
Annexe 3 : Schéma du nouveau réseau eaux pluviales.....	42
Annexe 4 : Plan de la grille métallique .....	43
Annexe 5 : plan de ferrailage de la dalle de traversée .....	44
Annexe 6 : Coupe u canal en perrés maçonnés .....	45
Annexe 7 : Plan de détails du parking .....	46
Annexe 8 : Plan d'exécution piédroits et radiers des caniveaux.....	47
Annexe 9 : Note des calculs de caniveau 0,8*0.4.....	51
Annexe 10 : Note des calculs de dalle de traversée.....	54
Annexe 11 : profil en long des tronçons .....	56

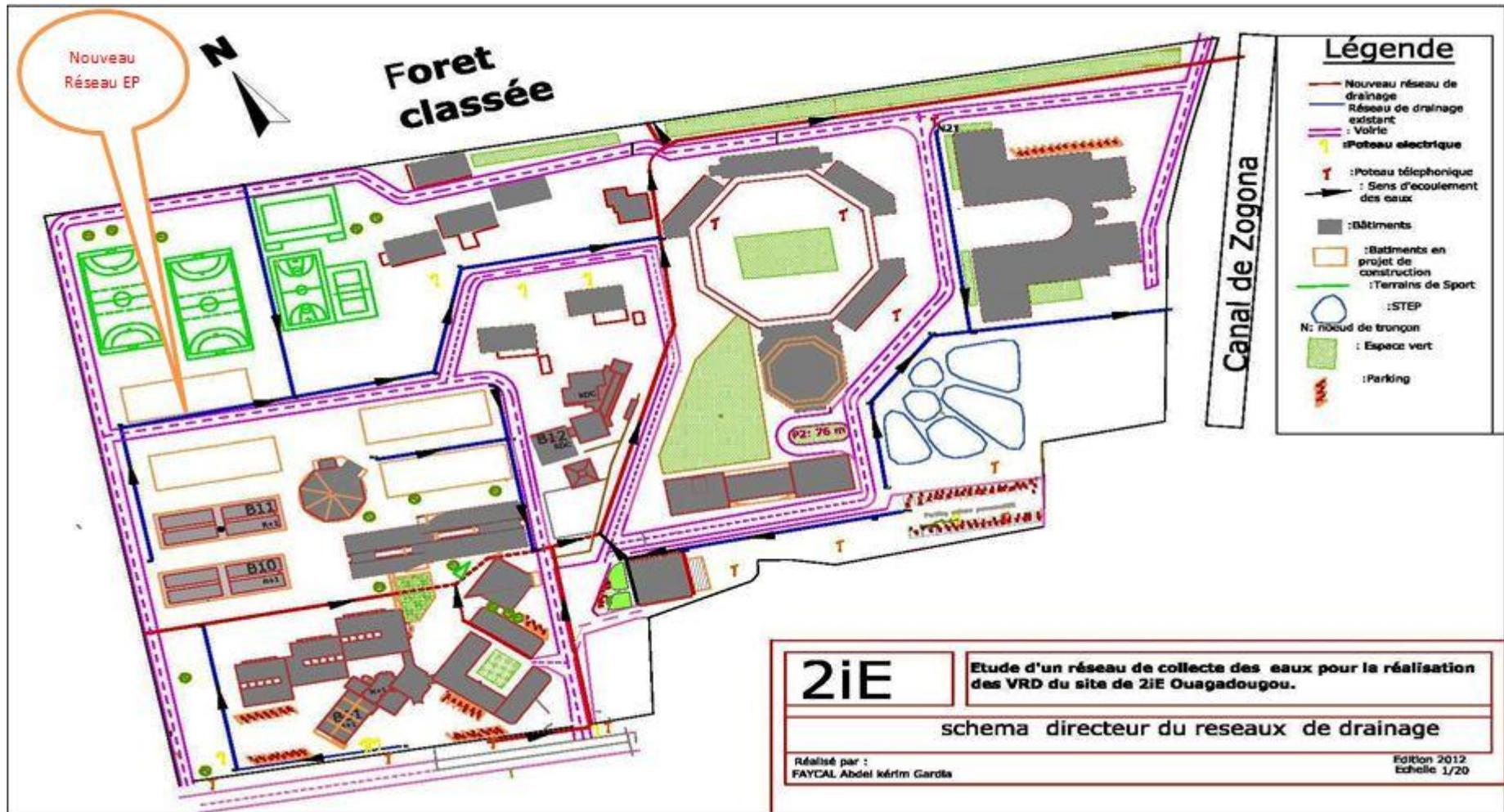
**Annexe 1 : Schéma du réseau eaux pluviales existant**



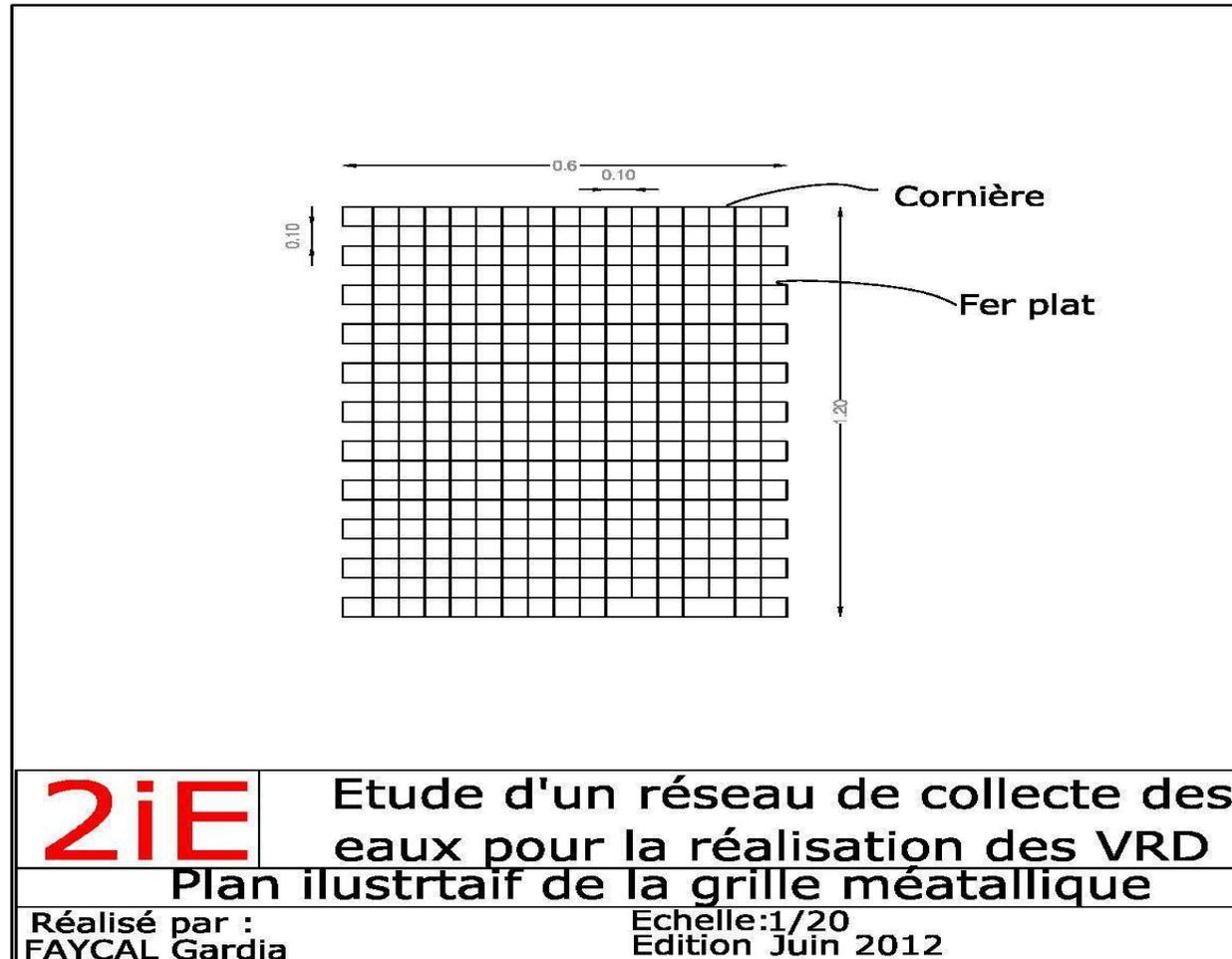
Annexe 2 : plan de masse du site de projet



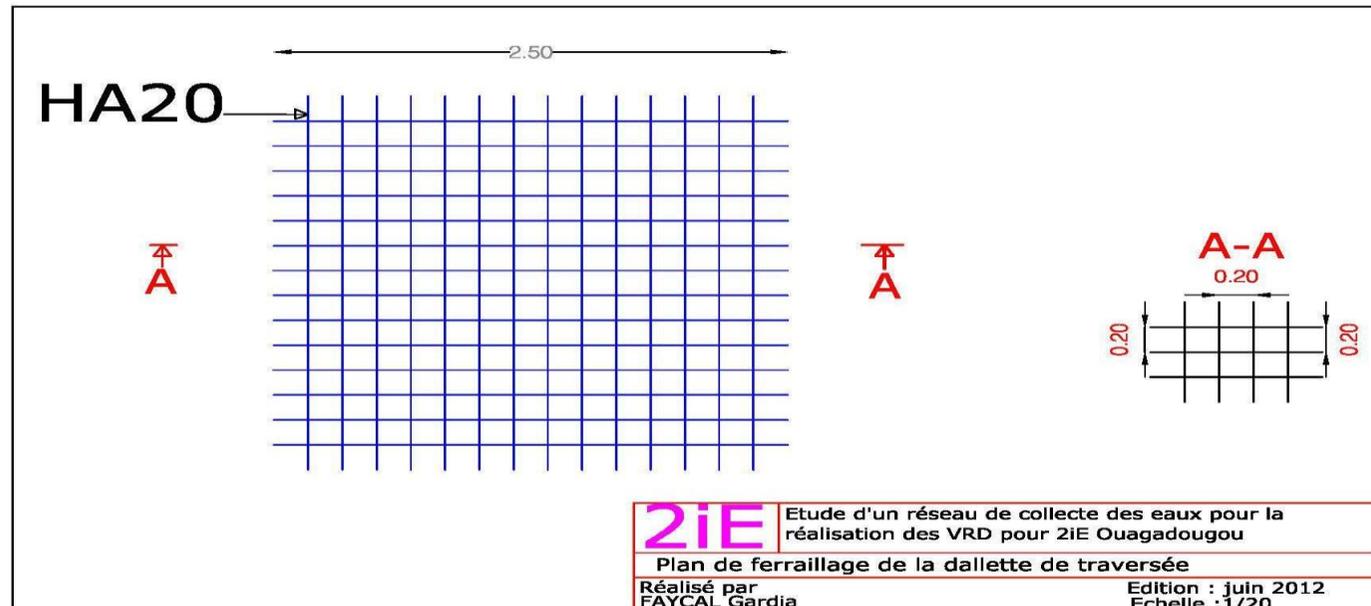
Annexe 3 : Schéma du nouveau réseau eaux pluviales



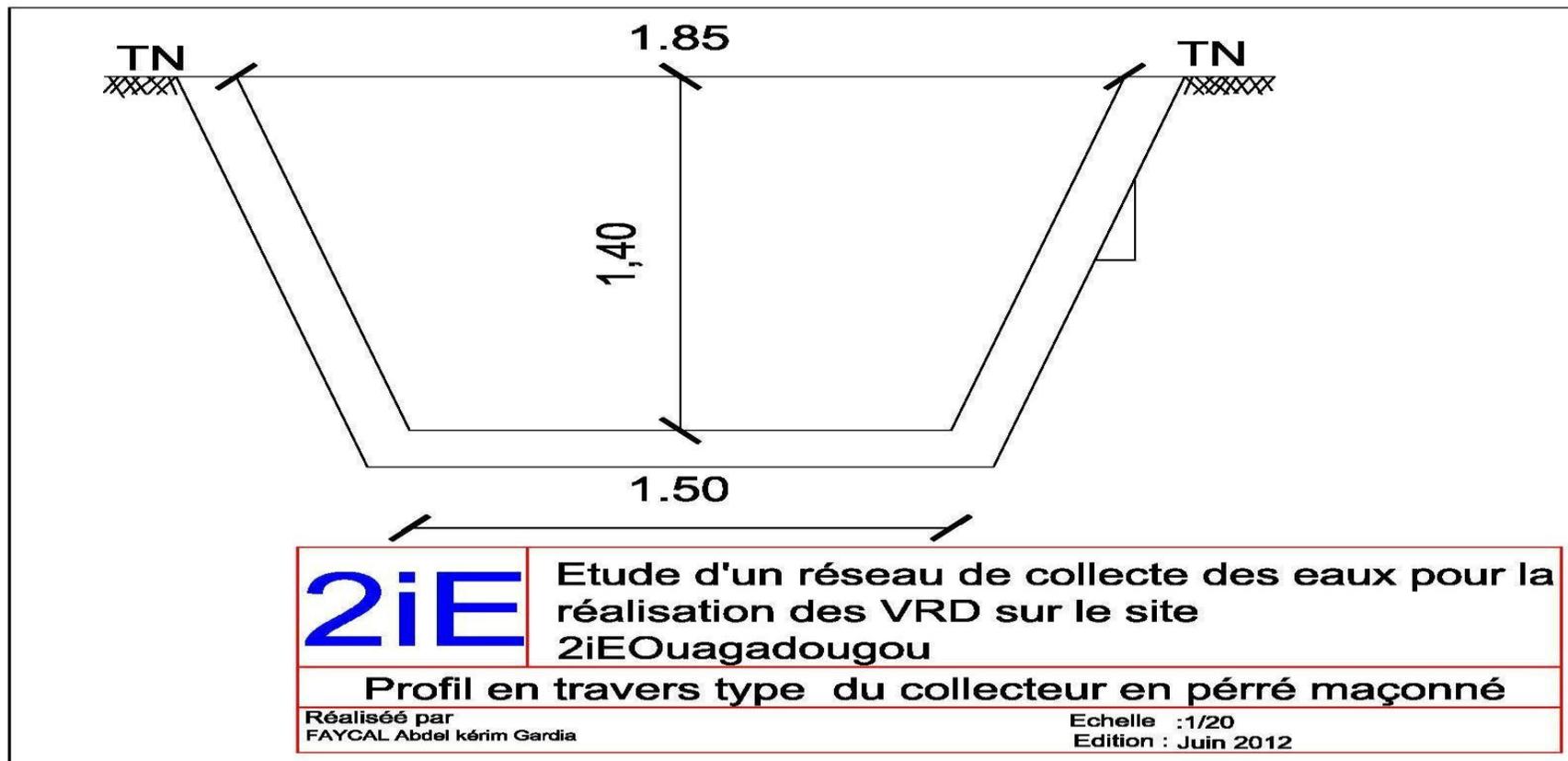
### Annexe 4 : Plan de la grille métallique



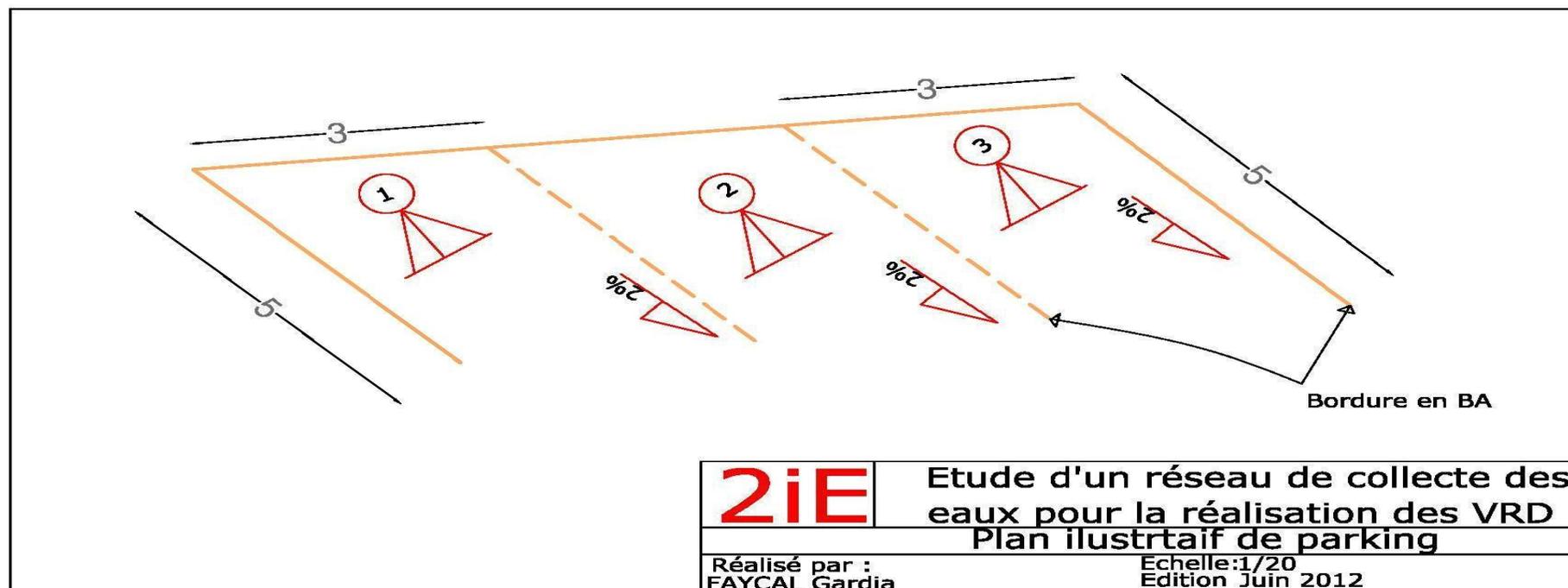
Annexe 5 : plan de ferrailage de la dalle de traversée



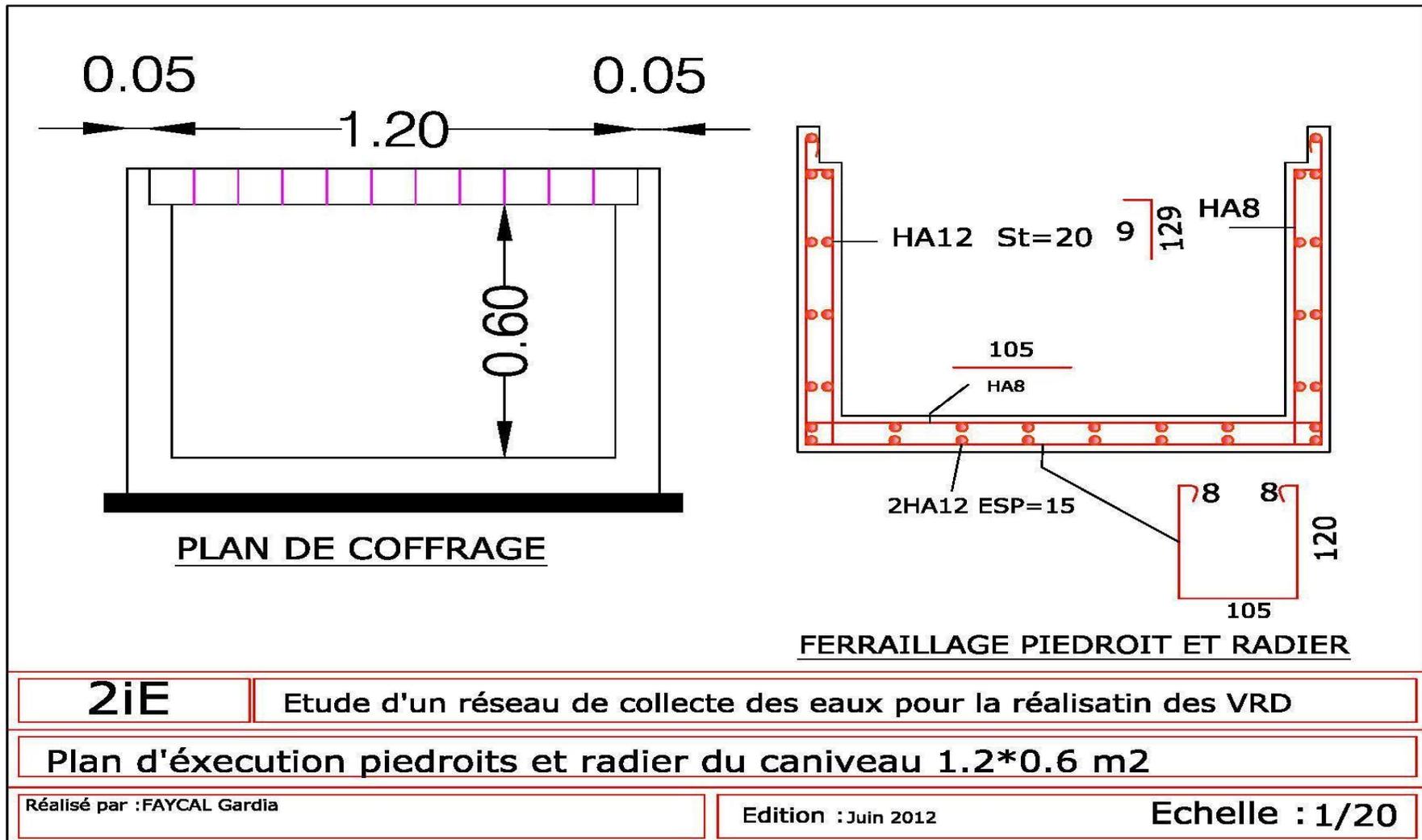
Annexe 6 : Coupe u canal en perrés maçonnés

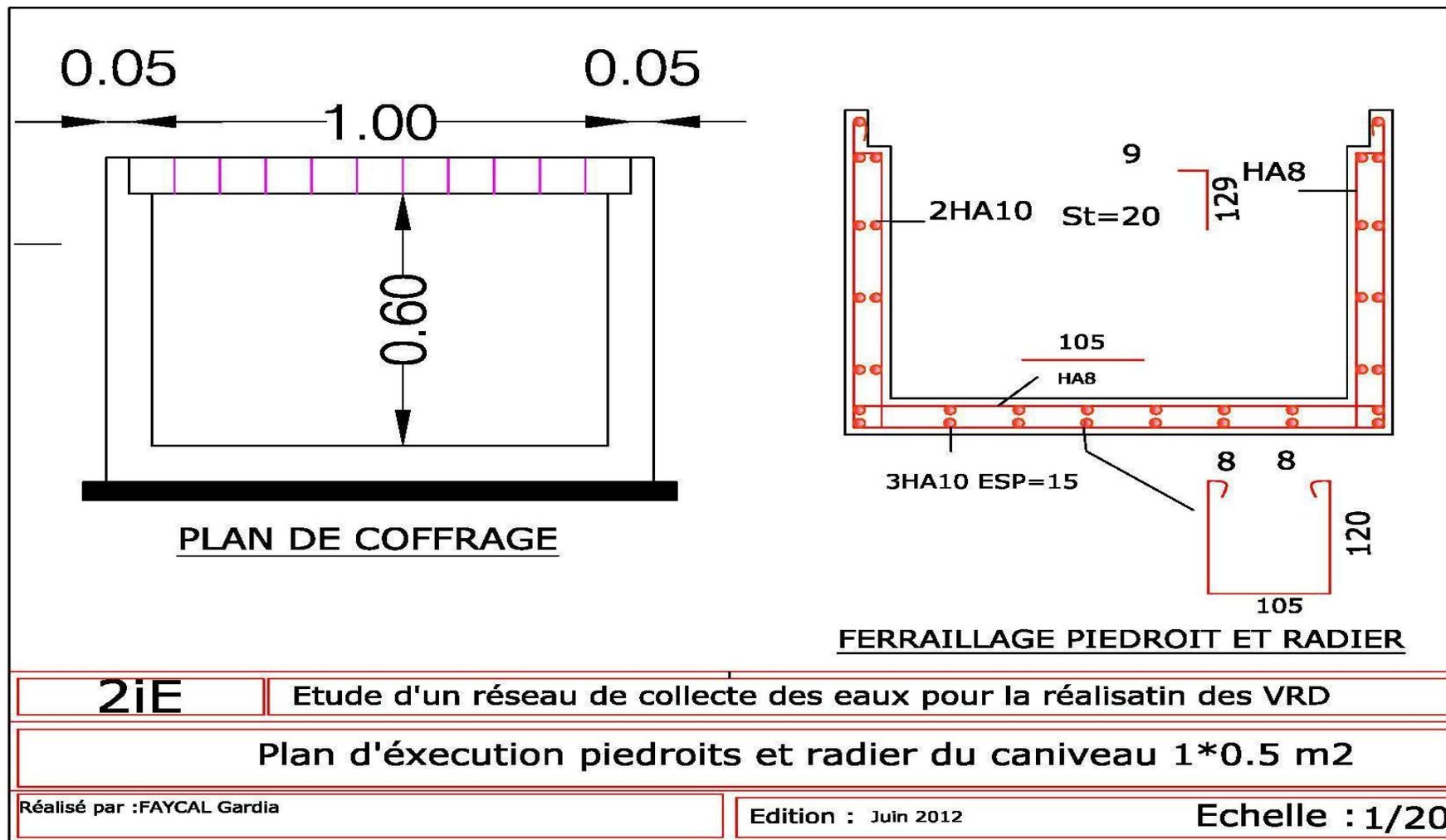


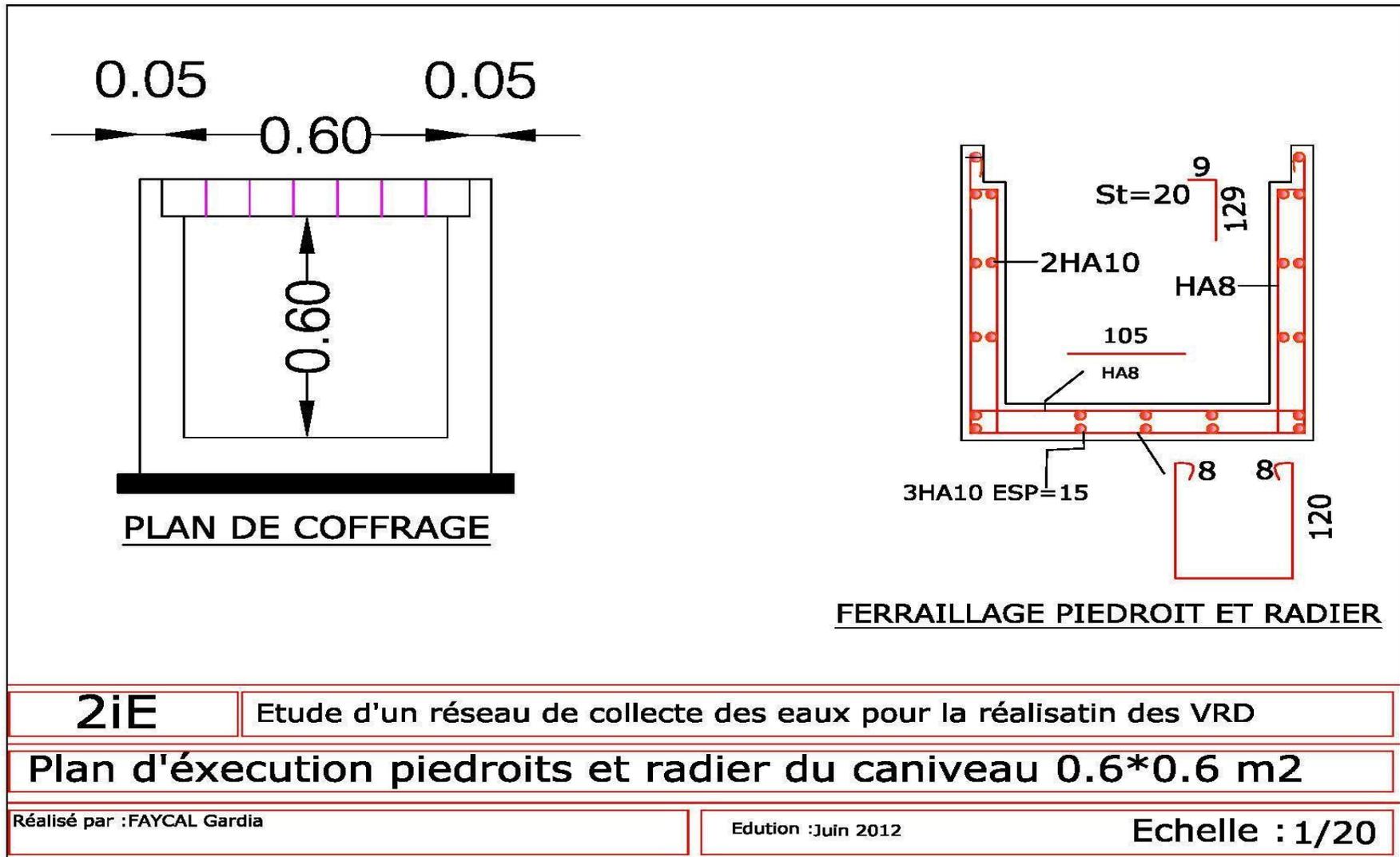
Annexe 7 : Plan de détails du parking

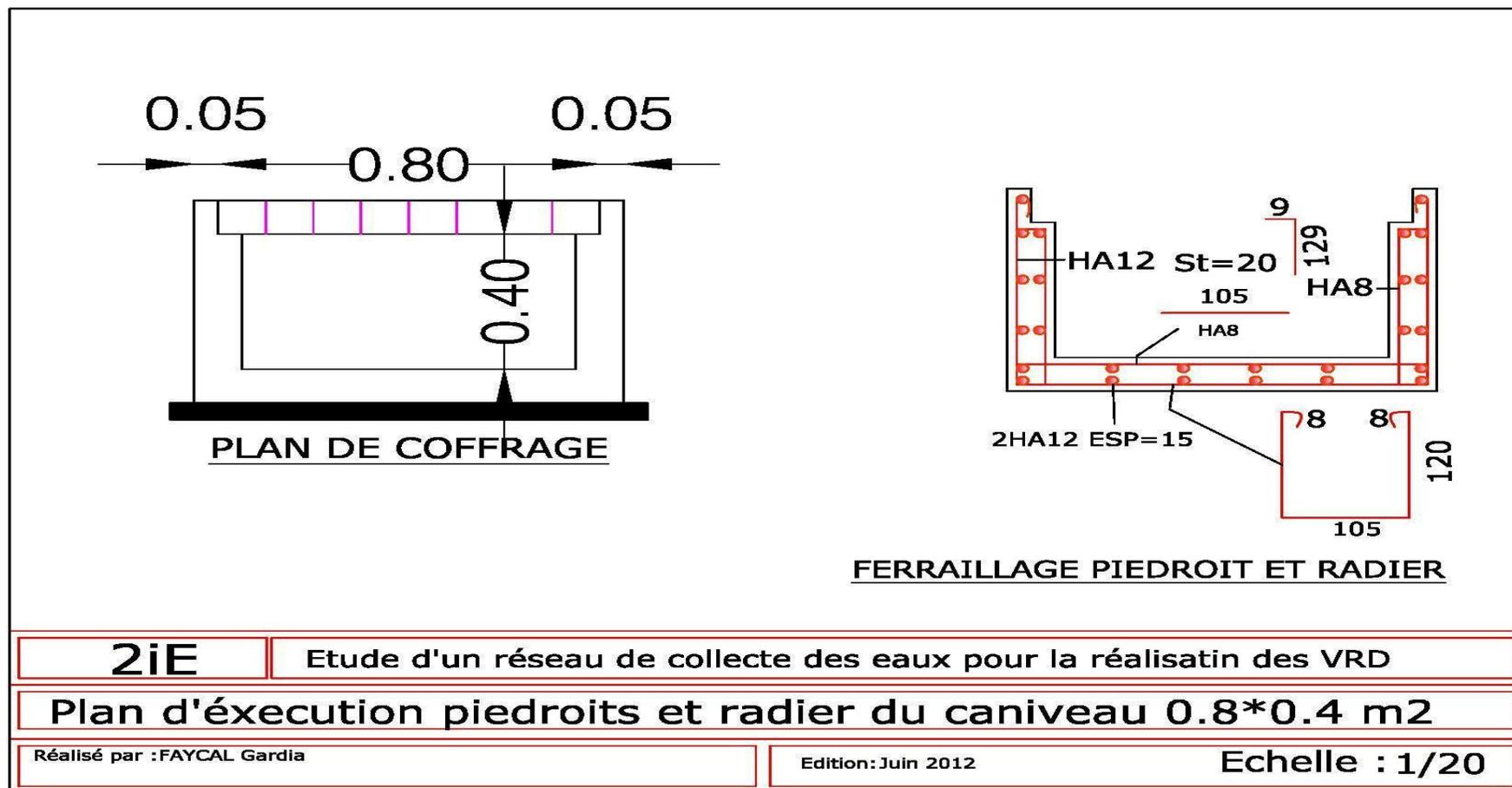


Annexe 8 : Plan d'exécution piedroits et radiers des caniveaux









## Annexe 9 : Note des calculs de caniveau 0,8\*0,4

### 1. Note de calculs pour le caniveau 0,8\*0,4

Nous présentons dans les lignes qui suivent la note de calcul pour le caniveau de section 0,5\*0,8. Pour le reste des sections, on adopte la même méthodologie.

#### 1.1. Dallette

Elle sera étudiée sous une roue isolée de **10T (Br.)** (voir Titre II du fascicule 61) en stationnement. Pour ce faire nous allons considérer une situation peu préjudiciable.

■ Poids au ml de la Dallette :  $P_d = e * b * \gamma = 0,1 * 0,8 * 2,5 = 0,2 \text{ t/ml}$

■ Le moment fléchissant du à roue Br. :  $M_{Br} = \frac{Br * b}{4} = \frac{10 * 0,85}{4} = 2,125 \text{ t.ml}$

■ Le moment fléchissant du au poids propre de la dallette :

$$M_d = \frac{P_d * 0,85^2}{8} = \frac{0,12 * 0,85^2}{8} = 0,01 \text{ t.ml}$$

■ Effort Normal du à Br :  $N_{Br} = \frac{Br}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ t}$

■ Effort normal du au poids propre de la Dallette :  $N_d = \frac{0,12 * b}{2} = \frac{0,12 * 0,85}{2} = 0,051$

#### Calculs des éléments de réduction

$$\text{ELU} \Rightarrow M_u = 1,35M_d + 1,61M_{Br} = 1,35 * 0,01 + 1,61 * 2,125 = 3,43 \text{ t.m}$$

$$\Rightarrow N_u = 1,35N_d + 1,61N_{Br} = 1,35 * 0,051 + 1,61 * 5 = 8,12 \text{ t}$$

$$\text{Hauteur utile des aciers } d = 0,9 * 0,1 = 0,09 \text{ m}$$

#### Moment réduit

$$\mu_u = \frac{M_u}{f_{bu} * b_0 * d^2} = \frac{0,0356}{14,2 * 0,091^2 * 0,85} = 0,36 < 0,392 \text{ ok}$$

$\mu_u < \mu_l$  : les aciers comprimés ne sont pas nécessaires,  $A'_u = 0$

$$\alpha = 1,25 (1 - \sqrt{1 - 2 * \mu_u}) = 1,25 (1 - \sqrt{1 - 2 * 0,36}) = 0,51$$

$$Z = d * (1 - 0,4 * \alpha) = 0,09 * (1 - 0,4 * 0,51) = 0,05 \text{ m}$$

$$A_u = \frac{M_u}{z * f_{su}} = \frac{0,0356}{0,06 * 348} = 17,05 \text{ cm}^2 \text{ soit } 12\text{HA}14 (18,04 \text{ cm}^2), \text{ par mètre linéaire.}$$

#### Calcul des aciers à base de l'effort tranchant

■ Effort tranchant à l'ELU :  $N_u = 8,12 \text{ t}$

■ Contrainte tangentielle  $\tau_u = \frac{0,0812}{0,85 * 0,1} = 0,95 \text{ MPa}$

■ Contrainte tangentielle limite  $\tau_u \leq \min \left[ \left( 0,2 * \frac{f_{c28}}{\gamma_b} \right); 5 \text{ MPa} \right] = 3,6 \text{ MPa}$

■  $\tau_u \leq \tau_l$  ok.

Ferrailage retenu pour la dallette :

Sens longitudinal : **12HA14 par mètre linéaire**

Sens transversal  $\phi_t \leq \min (h/35 ; \phi_l=16 ; b_0/10)=\min (100/35 ; 14 ; 55)=3 \text{ mm}$  soit **4HA8 esp=20 cm**

### 1.2. Piédroits

Pour le calcul des aciers du piédroit, nous allons considérer le cas d'une fissuration préjudiciable

#### 1.3. Calcul des sollicitations

##### a. Calcul des efforts

Pour ce faire nous allons considérer le cas de chargement le plus défavorable du pied droit afin de calculer son ferrailage. Ainsi les efforts à considérer sont énumérés ci-après :

Effort dû à l'action Br sur la dalle

Résultante des poussées latérales des terres :  $H_t = K_a * \gamma_s * \frac{h^2}{2} = 0.13 \text{ t/ml} = 1,3 \text{ KN/ml}$

■ Poids propre du piédroit :  $P_p = 2.5 * 0.1 * 0.4 = 0.1 \text{ t}$

■ Effort maximal dans le pied droit :  $N_{max} = P_p = 0.12 = 1.2 \text{ KN/ml}$

##### b. Calcul de moment

■ Calcul de moment maximum à la base :  $M_{max} = H_t * \frac{h}{3} = 0.13 * \frac{0.4}{3} = 0,017 \text{ KN/ml}$

##### c. Calcul des aciers

$$e = \frac{M_{max}}{N_{max}} = \frac{0.2}{1.2} = 0.16 \text{ m}$$

$$\text{A l'ELS: } M_{ser} = M_s + N_s * \left( d - \frac{h}{2} \right) = 1.06 + 2.5 * \left( 0.09 - \frac{0.1}{2} \right) = 0.55 \text{ KN.m/ml}$$

Méthode simplifiée:

$$M_{RB} = 0.5 * b_0 * Y_{RB} * \sigma_{bc} * \left( d - \frac{h}{3} \right) \quad \text{avec } Y_{RB} = d * \frac{\sigma_{bc}}{15 + \sigma_{bc}} = 0.1 * \frac{15}{15 + \frac{200}{15}} = 0.05 \text{ m}$$

$$M_{RB} = 0.5 * 1 * 0.05 * 15 * \left( 0.09 - \frac{0.1}{3} \right) = 0,02 \text{ KN.m/ml}$$

Donc  $M_{RB} > M_{ser}$  d'où  $A'u=0$

$$A_s = \frac{M_{ser}}{\left( d - \frac{Y_{RB}}{3} \right) * \sigma_s} = \frac{0.00055}{\left( 0.09 - \frac{0.05}{3} \right) * 200} = 0,375 \text{ m}^2,$$

$$\text{Condition de non fragilité : } A_{min} = 0.23 * b * d * \frac{f_{t28}}{f_e} = 0.23 * 0.8 * 0.1 * \frac{2.1}{400} = 1.1 \text{ cm}^2 > A_s$$

Nous retenons  $A_s = 1.1 \text{ cm}^2$  soit **HA12**

■ **Calcul des aciers de répartition**

$$A_r (\text{cm}^2/\text{m}) = 0.08 * e_1 = 0.08 * 0.1 = 0.008 \text{ cm}^2 \text{ soit HA8, espacement} = 15 \text{ cm}$$

### 1.4. Radier

#### a. Efforts

- Poids propre du radier :  $P_r = 25 * 0.8 * 0.15 = 3 \text{ KN}$
- Effort normal du radier :  $N_{max} = 21 * 0.33 * 0.8 = 5,5 \text{ KN/ml}$
- Poussées des terres sous le radier :  $P_{pr} = 2 * \frac{P_R + P_P}{L} = 2 * \frac{2 + 2.5}{1} = 9 \text{ KN/ml}$

**b. Moments**

- Moment maximum dû au poids du radier :  $M_r = -\frac{P_p * l^2}{8} = -\frac{3 * 1}{8} = -0,375 \text{ KN.m/ml}$
- Moment maximum dû à la poussée des terres sous le radier :
- $M_{pt} = -\frac{P_{pt} * l^2}{2} = 9 * \frac{1^2}{2} = 4.5 \text{ KN.m/ml}$

Combinaison des moments à l'ELS :  $M_{max} = M_p - M_{pt} = 1.5 - 4.5 = -3 \text{ KN.m/ml}$

■ Calcul des aciers de travées du radier

$$e = \frac{M_{max}}{N_{max}} = \frac{-3}{6.69} = -0.4 \ll 4h \text{ d'où les calculs se feront à la flexion composée}$$

A l'ELS:  $M_{ser} = M_s + N_s * \left(d - \frac{h}{2}\right) = -3 + 6.93 * \left(0.1 - \frac{0.15}{2}\right) = -2.83 \text{ KN.m/ml}$

$$M_{RB} = 0.5 * b_0 * Y_{RB} * \sigma_{bc} * \left(d - \frac{h}{3}\right) \quad \text{avec} \quad Y_{RB} = d * \frac{\sigma_{bc}}{\sigma_s + \sigma_{bc}} = 0.14 * \frac{15}{15 + \frac{200}{15}} = 0.07 \text{ m}$$

$$M_{RB} = 0.5 * 0.8 * 0.05 * 15 * \left(0.14 - \frac{0.15}{3}\right) = 3.5 \text{ KN.m/ml} > M_{ser} \text{ d'où } A'u = 0$$

$$A_s = \frac{M_{ser}}{\left(d - \frac{Y_{RB}}{3}\right) * \sigma_s} = \frac{0.0015}{\left(0.14 - \frac{0.07}{3}\right) * 200} = 0,64 \text{ m}^2,$$

Condition de non fragilité :  $A_{min} = 0.23 * b * d * \frac{f_{t28}}{f_e} = 0.23 * 0.8 * 0.5 * \frac{2.1}{400} = 1.3 \text{ cm}^2 > A_s$

Nous retenons  $A_s = 1.3 \text{ cm}^2$  soit **2HA10**

## Annexe 10: Note des calculs de dalle de traversée

### 1. Acier

- Nuance haute adhérence **FeE 400** ;
- Limite d'élasticité  **$f_e = 400 \text{MPa}$**  ;
- Contrainte à l'Elu de l'acier  $\sigma_s = \frac{f_e}{2} = \frac{400}{2} = 200$  ;

Elle sera étudiée sous une roue isolée de **13T (Br.)** (voir Titre II du fascicule 61) en stationnement. Pour ce faire nous allons considérer une situation peu préjudiciable.

- Poids au ml de la Dalle :  $P_d = e \cdot b \cdot \gamma = 0,2 \cdot 2 \cdot 2,5 = 1,5 \text{ t/ml}$

Elle sera étudiée sous une roue isolée de **10T (Br.)** (voir Titre II du fascicule 61) en stationnement. Pour ce faire nous allons considérer une situation peu préjudiciable.

- Poids au ml de la Dalle :  $P_d = e \cdot b \cdot \gamma = 0,2 \cdot 2,5 \cdot 2,5 = 1,25 \text{ t/ml}$
- Le moment fléchissant du à roue Br. :  $M_{Br} = \frac{Br \cdot b}{4} = \frac{13 \cdot 2,5}{4} = 8,125 \text{ t.m}$
- Le moment fléchissant du au poids propre de la dalle :

$$M_d = \frac{P_d \cdot l^2}{8} = \frac{1,25 \cdot 2,5^2}{8} = 0,975 \text{ t.ml}$$

- Effort normal du à Br :

$$N_{Br} = \frac{Br}{2} = \frac{13}{2} = 6,5 \text{ t}$$

- Effort normal du au poids propre de la Dalle :  $N_d = \frac{P_d \cdot b}{2} = \frac{1,25 \cdot 2,5}{2} = 1,56$

### Calculs des éléments de réduction

$$\text{ELU} \Rightarrow M_u = 1,35M_d + 1,61M_{Br} = 1,35 \cdot 0,975 + 1,61 \cdot 8,125 = 14,39 \text{ t.m}$$

**Donc nous avons**

Effort normal maximal  **$N_{max} = 6,5 \text{ t}$**

Moment maximal dans la dalle =  **$14,38 \text{ t.m}$**

### Calcul des armatures longitudinal à l'ELS

Hauteur utile des aciers  **$d = 0,9 \cdot 0,2 = 0,18 \text{ m}$**

### Moment du béton ultime

$$\mu_u = \frac{M_u}{f_{bu} \cdot b \cdot d^2} = 0,10$$

$\mu_u < \mu_{ul}$  : les aciers comprimés ne sont pas nécessaire,  $A'_{u0} = 0$

$$\alpha = 1,25 (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_u}) = 1,25 (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,10}) = 0,13$$

$$Z = d \cdot (1 - 0,4 \cdot \alpha) = 0,14 \cdot (1 - 0,4 \cdot 0,13) = 0,17$$

$$A_u = \frac{M_0}{z \cdot f_{su}} = 23.90 \text{ cm}^2 \text{ soit } 8\text{HA}20 \text{ (25.13 cm}^2\text{) espacement 20 cm}$$

**Condition de non fragilité :  $A_{min} = 0.23 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{t28}}{f_e}$  avec  $f_{t28} = 0.6 + 0.06 \cdot f_{c28}$**

**$A_{min} = 0.23 \cdot 2.5 \cdot 0.18 \cdot \frac{2.1}{400} = 5.43 \text{ cm}^2 < A_s$ , à cet effet nous retenons  $A_s = 23.9 \text{ cm}^2$  soit **8HA20, espacement de 20 cm.****

**Calcul des aciers à base de l'effort tranchant**

- Contrainte tangentielle  $\tau_u = 0.195 \text{ MPa}$
- Contrainte tangentielle limite  $\tau_u \leq \min \left[ \left( 0.2 \cdot \frac{f_{c28}}{\gamma_b} \right); 5 \text{ MPa} \right] = 3.6 \text{ MPa}$
- $\tau_u \leq \tau_{ul}$  ok.

Ferrailage retenu pour la dalle de traversée

Sens longitudinal : **8HA20, espacement 15cm**

Sens transversal  $\phi_t \leq \min (h/35 ; \phi_t = 20 ; b/10) = 20 \text{ mm } 2\text{HA}8$

**Annexe 11: profil en long des tronçons**

