



ACTUALISATION DE L'ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE D'ASSAINISSEMENT PLUVIAL DES SITES D'ACCUEIL DES PERSONNES AFFECTEES PAR LE PROJET DE CONSTRUCTION DE L'AEROPORT DE DONSIN

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE
MASTER**

SPECIALITE : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques (IRH)

Présenté et soutenu publiquement le 24 Janvier 2020 par

Manegdibkiéta Fadiilah KANAZOE (20140470)

Sous l'encadrement de :

M. Roland YONABA, Assistant d'Enseignement et de Recherche,
Département Génie Civil et Hydraulique (GCH), 2iE

M. Mahamoudou WANDAOGO, Ingénieur du génie rural
Chef du Département Hydraulique Urbaine à BERA,

Jury d'évaluation du stage :

Président : PR. H Anderson ANDRIANISA

Membres et correcteurs : M. Moussa OUEDRAOGO
Dr Cheick Oumar ZOURE

Promotion [2019/2020]

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à ma famille et à tous ceux qui m'ont toujours soutenue. Veuillez recevoir ma profonde gratitude et que Dieu vous bénisse.

Remerciements

J'adresse mes sincères remerciements à :

- L'ensemble du corps professoral et administratif de l'institut 2iE, surtout ceux qui m'ont enseignée ;
- Mon directeur de mémoire M. Roland YONABA pour son encadrement, ses précieux conseils et sa disponibilité tout au long de la rédaction de ce mémoire ;
- Dr Dial NIAN, Hydrologue, enseignant à 2iE ;
- Monsieur Yacouba Saly TRAORE, Directeur du Bureau d'études « BERA » pour m'avoir donnée l'opportunité de réaliser mon stage au sein de sa structure ;
- Mon maître de stage Monsieur Mahamoudou WANDAOGO, Chef du service hydraulique agricole et urbaine pour son encadrement et le suivi tout au long de mon stage ;
- Monsieur T. Arthur VOKOUMA, ingénieur consultant en Génie rural à BERA pour ses précieux conseils allant même au-delà du stage et pour sa disponibilité ;
- Monsieur Alex TAGOUKAM, ingénieur Hydraulicien à CINTECH pour ses précieux conseils et sa disponibilité ;
- Monsieur Christian OUEDRAOGO, chargé du projet d'assainissement au sein de la Maitrise d'Ouvrage de l'aéroport de DONSIN pour ses conseils et son accompagnement ;
- L'ensemble du personnel de BERA, pour l'accueil et le soutien tout au long de mon stage ;
- Ma famille et mes amis pour leur soutien inconditionnel.

Résumé

La présente étude concerne un projet d'assainissement pluvial localisé dans la région du Plateau Central, dans les communes de Ziniaré, Dapélogo, et Loumbila au Burkina Faso. Dans le cadre de sa stratégie de développement des infrastructures de transport, le gouvernement a initié la construction d'un nouvel aéroport à Donsin, à environ 30 km de la capitale Ouagadougou. La réalisation de ce projet a entraîné le déplacement d'environ 5477 personnes vivant sur l'emprise du site retenu. Elles ont donc été déplacées sur de nouveaux sites dans les villages environnants. Ces sites ayant été aménagés en parcelles avec également la construction d'une nouvelle voirie, il y a eu une modification du drainage naturel des eaux vers les rivières qui s'écoulent désormais des routes vers les parcelles et s'y retrouvent piégées ainsi que dans les cours d'habitation. D'où la nécessité de construire un réseau de drainage pour améliorer les conditions de vie des populations. Cette étude a donc porté sur un diagnostic du réseau d'assainissement pluvial proposé par une première étude d'avant-projet détaillée et qui était en partie réalisé, afin de faire ressortir les insuffisances. Il s'agit notamment de problèmes au niveau de l'étude technique et de la conception du réseau. À l'issue d'une étude hydrologique des sites et d'un dimensionnement hydraulique et structural des ouvrages, il a ensuite été proposé un nouveau réseau tenant compte de l'existence des drains déjà réalisés. L'ensemble du réseau obtenu s'étend sur un linéique d'environ **19.5 km**, avec **2402 dalettes** et **61 dalots**. Les canaux proposés sont de section trapézoïdale, de fruit de berge **m = 0.5**, de largeur au radier allant de **60 à 180 cm**, et de hauteur maximale allant de **55 à 150 cm**, sur des pentes allant de **5 à 10 m/km**. Une évaluation de l'impact de la réalisation des travaux sur l'environnement du projet est également jointe au dimensionnement, ainsi que des recommandations pour un fonctionnement optimal des ouvrages. Le coût total du projet s'élève à environ **651 millions de Francs CFA**.

Mots Clés :

-
- 1 - Assainissement pluvial**
 - 2 - Diagnostic**
 - 3 - Donsin**
 - 4 - Réseau de drainage**
 - 5 - Dimensionnement**

Abstract

The current study aims at the sizing of a stormwater sanitation project located in the Plateau Central region, in the communes of Ziniare, Dapelogo and Loumbila in Burkina Faso. As part of its strategy to develop the transportation sector and required infrastructures, the government has planned the construction of a new major airport which will be located in Donsin village, 30 km away from the capital city Ouagadougou. The realization of this project led to the relocation of approximately 5,477 people. They have been moved to new sites in the surrounding villages. As these sites have been developed into plots, withholding the construction of roadways, there has been a change in the natural drainage of the water towards the rivers, which now flows from the roads to the plots or become trapped in the yards. Hence the need to build a drainage network to improve the living conditions of people. Thus, as part of our memo work, we carried out a diagnosis of the stormwater drainage network proposed by a first detailed preliminary design study and which was partly carried out to highlight its shortcomings. These include problems regarding engineering and network design. At the end of a hydrological study of the sites and a hydraulic and structural sizing of the structures, we proposed a new network taking into account the existence of the realized network. The entire network obtained extends over a length of **19.5 km**, with **2402 slabs** and **61 scuppers**. The final design includes open channel with a trapezoidal cross section, having side slopes $m = 0.5$, a bottom width ranging from **60 to 180 cm**, with a **maximum height from 55 to 150 cm**, on **slopes from 5 to 10 m/km**. An assessment of the impact of the work on the project environment is also included in the design, as well as recommendations for optimal operation of the network. The project amounts to a total amount of **651 million CFA**.

Key words:

- 1 – Diagnosis**
- 2 – Donsin**
- 3 – Drainage network**
- 4 - Sizing**
- 5 - Stormwater drainage system**

Liste des abréviations

BCEOM :	Bureau Central d'Etudes pour les équipements d'Outre-Mer
BV :	Bassin versant
BERA :	Bureau d'Etudes et de Recherches Appliquées
CIEH :	Comité Inter-Etats d'Etudes Hydrauliques
EIE :	Etude d'Impact Environnemental
INSD :	Institut National de la Statistique et de la Démographie
IGB :	Institut Géographique du Burkina
MOAD :	Maîtrise d'ouvrage de l'aéroport de Donsin
NIE :	Notice d'impact Environnementale
ORSTOM :	Institut Français de Recherche Scientifique pour le développement en Coopération
PGES :	Plan de Gestion Environnementale et Social
RGPH :	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
SARL :	Société à Responsabilité Limitée
SBV :	Sous bassin versant
SIG :	Système d'Information Géographique
SRTM :	Shuttle Radar Topography Mission
UTM:	Universal Transverse Mercator
MPA :	Méga Pascal

Sommaire

Dédicaces	i
Remerciements	ii
Résumé.....	iii
Abstract	iv
Liste des abréviations	v
Sommaire	vi
Liste des tableaux	vii
Liste des figures	viii
Fiche technique du projet	ix
Introduction	1
I. Présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude	2
I.1. Présentation de la structure d'accueil	2
I.2. Présentation de la zone d'étude	3
II. Présentation du projet	6
II.1. Contexte et justification de l'étude	6
II.2. Objectifs de l'étude	7
II.3. Résultats attendus	7
II.4. Données de base	7
III. Méthodologie de l'étude	8
III.1. Matériel	8
III.2. La recherche documentaire	9
III.3. Le diagnostic du réseau d'assainissement existant	9
III.4. Etude hydrologique	10
III.5. Etude hydraulique	18
IV. Etude technique	28
IV.1. Diagnostic du réseau d'assainissement	28
IV.2. Etude hydrologique	40
IV.3. Etude hydraulique	57
V. Etude financière des travaux	61
V.1. Estimation du coût de réalisation des collecteurs	61
V.2. Estimation du coût des ouvrages de franchissement	61
VI. Impact environnemental du projet	64
VI.1. Problématique	64
VI.2. Objectif de la notice d'impact environnemental	64
VI.3. Cadre législatif, réglementaire et institutionnel	64
VI.4. Description et justification du projet	65
VI.5. Identification et évaluation des impacts prévisionnels du projet	66
VI.6. Les mesures d'atténuation et de bonification	68
VI.7. Conclusion de la notice d'impact environnemental	69
Conclusion et recommandations	70
Bibliographie	71
Annexes	73

Liste des tableaux

Tableau 1: Coefficients de Montana actualisés pour la ville de Ouagadougou	16
Tableau 2: Formules de calcul des caractéristiques des bassins équivalents	18
Tableau 3: Comparaison des variantes de revêtement les plus utilisées au Burkina Faso	20
Tableau 4: Valeurs de base pour le dimensionnement structural des dalots	27
Tableau 5: Caractéristiques du réseau proposé à Kartenga	31
Tableau 6: Caractéristiques du réseau proposé à Taonsgo	32
Tableau 7: Caractéristiques du réseau proposé à Voaga	33
Tableau 8: Caractéristiques du réseau proposé à Silmiougou	35
Tableau 9: Caractéristiques du réseau proposé à Tabtenga	36
Tableau 10: Caractéristiques du réseau proposé à Donsin partie 1 (Kourithyaoghin)	37
Tableau 11: Caractéristiques du réseau proposé à Donsin partie 2	39
Tableau 12: Caractéristiques des bassins versants élémentaires du site de Kartenga	42
Tableau 13: Caractéristiques des bassins versants élémentaires du site de Taonsgo	44
Tableau 14: Caractéristiques des bassins versants élémentaires de Voaga	46
Tableau 15: Caractéristiques des bassins versants de Silmiougou	49
Tableau 16: Caractéristiques des bassins versants élémentaires de Tabtenga	51
Tableau 17: Caractéristiques des bassins versants élémentaires de Donsin_partie1	54
Tableau 18: Caractéristiques des bassins versants de Donsin partie 2	55
Tableau 19: Longueur totale du réseau par site	57
Tableau 20: Dimensionnement du réseau de Kartenga	58
Tableau 21: Types de collecteurs et leurs longueurs	59
Tableau 22: Dimensionnement hydraulique du grand dalot	60
Tableau 23: Le nombre total d'ouvrages de franchissement par site	60
Tableau 24: Estimation du coût des travaux	62

Liste des figures

Figure 1: Localisation de la zone d'étude	3
Figure 2: Etat du sol de la zone de projet	17
Figure 3: Illustration du profil trapézoïdal des ouvrages	19
Figure 4: Réseaux des six (06) sites concernés par l'étude : a) site de Kartenga b) site de Taonsgo c) site de Voaga, d) site de Silmiougou, e) site de Tabtenga, f) site de Donsin.	29
Figure 5: Végétation et terre dans les caniveaux existants sur le site de Kartenga	30
Figure 6: Obstruction et dégradation des caniveaux existants sur le site de Taonsgo	30
Figure 7: Superposition du réseau actuel de Kartenga avec les courbes de niveaux	31
Figure 8: Superposition du réseau actuel de Taonsgo avec les courbes de niveau de la zone .	32
Figure 9: Superposition du réseau actuel de Voaga avec les courbes de niveaux	33
Figure 10: Superposition du réseau actuel de Silmiougou avec les courbes de niveaux	34
Figure 11: Superposition du réseau actuel de Tabtenga avec les courbes de niveaux	36
Figure 12: Superposition du réseau actuel de Kourithyaoghin avec les courbes de niveaux...	37
Figure 13: Superposition du réseau actuel de la plateforme de Donsin avec les courbes de niveaux	38
Figure 14: Présentation des bassins versants du site de Kartenga.....	41
Figure 15:Présentation du nouveau réseau de drainage du site de Kartenga	42
Figure 16: Présentation des bassins versants élémentaires du site de Taonsgo	43
Figure 17: Présentation du nouveau réseau de drainage du site de Taonsgo	44
Figure 18: Présentation des bassins élémentaires du site de Voaga.....	45
Figure 19: Présentation du nouveau réseau de drainage du site de Voaga.....	46
Figure 20: Présentation des bassins versants élémentaires du site de Silmiougou	47
Figure 21: Présentation du nouveau réseau de drainage du site de Silmiougou	48
Figure 22: Présentation des bassins versants du site de Tabtenga	50
Figure 23: Présentation du nouveau réseau du site de Tabtenga.....	51
Figure 24: Présentation des bassins versants élémentaires du site de Donsin_Partie1	52
Figure 25: Présentation du nouveau réseau du site de Donsin partie 1	53
Figure 26: Présentation des bassins versants élémentaires du site de Donsin partie 2	54
Figure 27: Présentation du nouveau réseau du site de Donsin partie 2.....	55
Figure 28: Répartition du coût du projet par site	62

Fiche technique du projet

I : Localisation		
Région	Plateau Central	
Province	Oubritenga	
Communes	Loumbila, Ziniaré, Dapélogo	
Villages	Kartenga, Taonsgo, Voaga, Silmiougou, Tabtenga, Rogmnongo, Koyinga, Kourithyaoghin	
Superficie	389.74 Ha	
II : Description du projet		
III : Composantes du projet		
Désignation	Unité	Valeurs
1 : Collecteurs		
Longueur	ml	19 525
Largeur/Hauteur	cm	60-180 / 55-150
Fruit de berges (m)		0.5
Pente	—	5 /1000 – 10/1000
2 : Dalots		
Nombre de dalots	—	61
Nombre d’ouvertures dalots	—	1
Largeur maximale /Hauteur maximale	m	4/1.8
Longueur	m	8
Dosage	kg/m³	250
4 : Dalettes		
Nombre de dalettes	—	2402
Largeur/longueur	m	0.5/1.25-3.2
Dosage	kg/m³	250
III : Coût du projet	FCFA	651 041 250

Introduction

Le transport aérien burkinabè dispose de deux aéroports internationaux à savoir celui de Ouagadougou la capitale, celui de Bobo Dioulasso, sa deuxième plus grande ville, ainsi que des aérodromes. Malgré un taux de conformité en matière de sécurité et de sûreté de ces infrastructures d'environ 60% (Nouhou B, ANAC, 2016), l'actuel aéroport qui est situé en plein centre de la ville de Ouagadougou est source de nuisance sonore et de pollution, constitue un danger pour la population et ne dispose pas de grandes possibilités d'extension.

Ainsi, afin de résoudre ces problèmes, de faire face à la croissance du trafic et booster le développement du pays, l'État burkinabè a entrepris, conformément aux directives de la stratégie nationale de développement du secteur des transports (PST-2), la construction d'un aéroport à Donsin au nord de Ouagadougou à environ 30 kilomètres. Ce projet nécessitant alors le déplacement de certaines populations des communes de Dapelogo, Loumbila et Ziniaré car vivant dans l'emprise de la zone de projet, des études ont été menées suite auxquelles les modalités de choix des sites de relocalisation et le mode d'aménagement ont été fixées en concertation avec ces personnes affectées. Les sites retenus ont alors été aménagés et environ 897 ménages ont été déplacés sur de nouvelles parcelles (Denis TOE, 2011). Il s'agit de 06 (six) sites de relocalisation à savoir les villages de Silmiougou, Voaga, Kartenga, Tabtenga, Taonsgo ainsi que Donsin.

Cependant, les résultats de l'étude d'impact environnemental du projet ont par la suite révélé que ces sites sont tous dépourvus de réseau de drainage et sont pourtant pour la plupart situés dans des zones inondables. De là vient donc la volonté de la MOAD d'améliorer les conditions de vie de ces populations à travers ce projet de construction d'un réseau de drainage sur l'ensemble des sites. C'est l'objet de notre présente étude intitulée « **Actualisation de l'étude d'avant-projet détaillé d'assainissement pluvial des sites d'accueil des personnes affectées par le projet de construction de l'aéroport de Donsin (Plateau- central, Burkina Faso)** ».

Nous présentons dans ce document la synthèse de la méthodologie adoptée et des résultats de cette étude.

I. Présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude

I.1. Présentation de la structure d'accueil

Le Bureau d'Etudes et de Recherches Appliquées BERA qui nous a accueilli dans le cadre de ce mémoire est une SARL créée en 1986 à vocation internationale. C'est un bureau d'ingénierie et de droit burkinabé, intervenant dans le domaine de l'eau et de l'environnement. BERA intervient en tant qu'assistant technique auprès du maître d'ouvrage, dans la Maîtrise d'œuvre complète et aussi dans les études d'exécution ou le contrôle des travaux.

- Localisation de la structure

Le siège de BERA est localisé au secteur 23 à la cité des 1200 logements de Ouagadougou.

- Les domaines d'intervention

BERA intervient principalement en :

- Hydraulique Agricole ;
- Hydraulique Urbaine et Assainissement ;
- Environnement ;
- Hydraulique Villageoise et Pastorale.

La structure intervient également dans d'autres domaines tels que :

- La Socio économie ;
- La Topographie ;
- Les Pistes.

- Organisation de la structure

BERA emploie de façon permanente 19 personnes réparties principalement entre son Service Administratif et Financier, le service Hydraulique Agricole et Urbaine, le Service cartographie et Dessin et le service Hydrogéologie.

Nous avons effectué ce stage au sein du service Hydraulique Agricole et Urbaine.

I.2. Présentation de la zone d'étude

I.2.1. Localisation de la zone d'étude

Située à environ 30 km au nord-est de Ouagadougou la capitale du BURKINA FASO, la zone sur laquelle porte cette étude appartient à la région du Plateau Central, plus précisément à la province de l'Oubritenga. L'accès à la zone est possible par la RN3 jusqu'à hauteur de Loumbila, puis par une bretelle Ouest en construction.

La zone d'étude s'étend sur six (06) sites que couvrent 10 villages. Il s'agit de Kartenga et Taonsgo dans la commune de Ziniaré, Voaga dans la commune de Dapélogo ; Donsin, Kogniga, Nonguestenga, Rogomnogo, Kourithyaoghin, Silmiougou et Tabtenga dans la commune de Loumbila. Ils sont tous situés aux périphériques du nouvel aéroport en Construction ; l'aéroport de Donsin. Les sites concernés sont viabilisés et construits partiellement en matériaux modernes. La carte de la figure 1 ci-dessous illustre la situation de la zone d'étude.

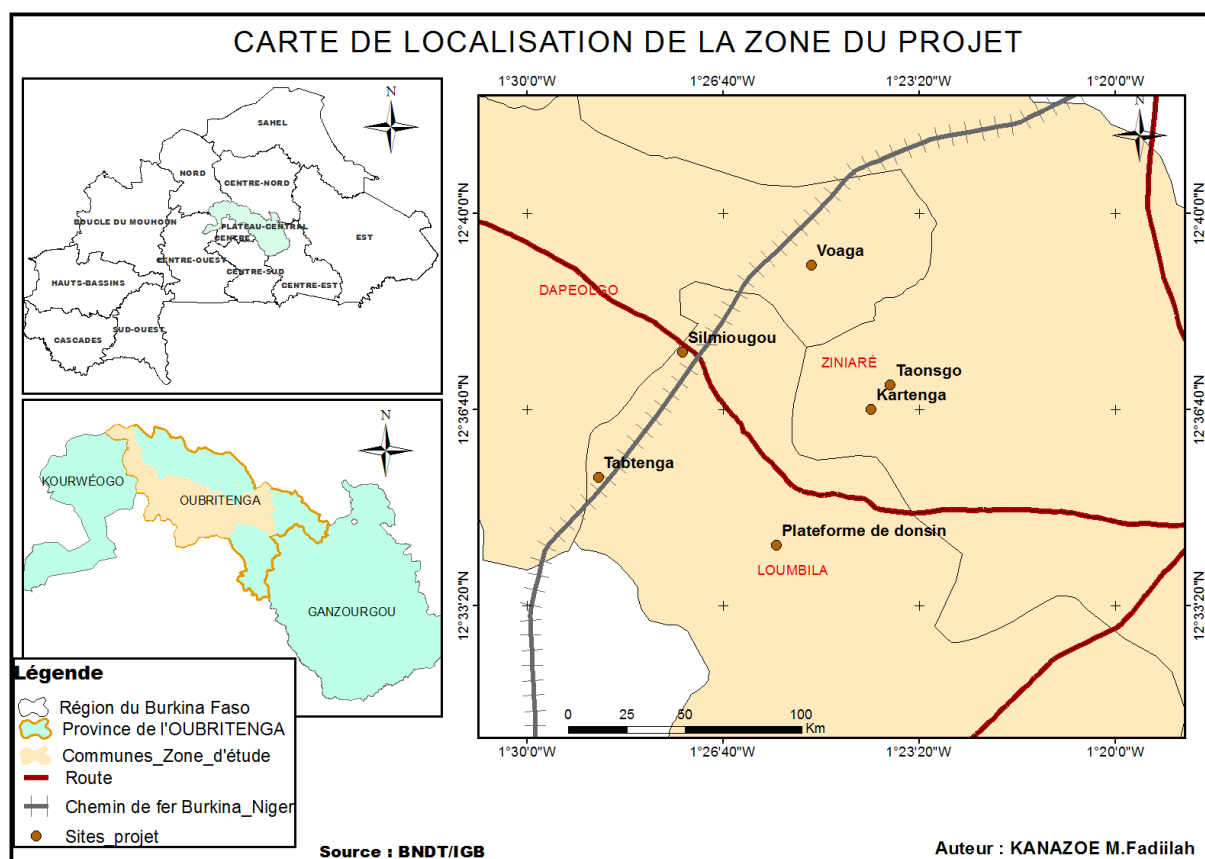


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

I.2.2. Géologie, relief et sol

La zone du projet est située sur le socle ancien du craton ouest africain. On y distingue des migmatites et des granites indifférenciés. Ces formations sont fortement tectonisées et faillées et sont recouvertes d'altérites dont l'épaisseur varie de 15 m à 40 m.(MOAD, 2012).

Le relief se caractérise par une pénéplaine d'altitude moyenne 300 à 400 m avec des collines isolées ou souvent sous forme de chaîne de quelques dizaines de mètres d'altitude avec des sommets souvent tabulaires, souvent arrondis. Il comprend en effet :

- D'une part des reliefs résiduels anciens façonnés par l'érosion constitués de :
 - Buttes et affleurements rocheux ;
 - Niveaux cuirassés correspondant d'une part aux buttes témoins et d'autre part aux plateaux.
- La surface fonctionnelle qui est l'unité géomorphologique la plus importante comprend :
 - Les versants érodés ;
 - Les glacis ;
 - Les interfluves.
- Les ensembles fluviaux-alluviaux dont les niveaux sont les plus bas du paysage. On distingue :
 - Les vallons ;
 - Les plaines et terrasses alluviales ;
 - Les cuvettes de décantation.

Le relief de la zone est également marqué par la présence de bas-fonds dont un sur le site de Kourithyaoghin.

Il ressort d'une étude morpho-pédologique de la province de l'Oubritenga effectuée par BUNASOL en 1998 qu'il y'a quatre types de sols dans la zone de projet. Ce sont les sols *ferrugineux tropicaux*, les *sols peu évolués d'érosion sur matériaux gravillonnaires* (généralement sableux très grossiers en surface, avec de très nombreuses concrétions), les *sols hydromorphes minéraux* et les *sols bruns eutrophes vertiques*. Il est constaté une dégradation de ces sols par les activités anthropiques et les effets du changement climatique.

I.2.3. Hydrographie

Les cours d'eau de la zone du projet sont à régime pluvial tropical fortement tributaire des précipitations. Les principaux cours d'eau de la zone et leurs nombreuses ramifications plus ou moins incisées se rattachent au sous bassin versant du Massili qui est un affluent du Nakambé. Ils appartiennent au réseau à régime sec ; et le tarissement en saison sèche en est la caractéristique essentielle.

I.2.4. Climat et végétation

La zone du projet est située dans un climat tropical de type Soudano-Sahélien caractérisé par une pluviométrie annuelle moyenne qui varie entre 650 et 900 mm, se traduisant en une saison sèche d'octobre à avril-mai et une saison de pluie de mai-juin à septembre.

La vitesse moyenne des vents varie entre 2,8 et 25 km/h avec des pointes moyennes de 40,3 km/h (PAR Aéroport de Donsin) et les plus dominants sont l'harmattan qui souffle en saison sèche et la mousson en saison des pluies. Les plus fortes températures dépassent souvent 38°C à l'ombre pendant les mois de mars et d'avril et les plus basses en décembre, janvier se situent autour de 20°C à 22°C.

La végétation rencontrée est la savane arborée, la savane arbustive, la savane boisée le long des cours d'eau, et aussi la savane herbacée. Cependant, du fait de l'urbanisation grandissante et des activités anthropiques accentuées ces dernières années par les travaux de construction de l'aéroport de Donsin, seules quelques espèces protégées comme le *Vittelaria paradoxa* (karité), le *Parkia Biglobosa* (nééré) et le *Lannea acida* (raisin) forment le paysage. Pour ces mêmes raisons, il y'a également une faible présence d'animaux (MOAD, 2012).

I.2.5. Aspects démographiques et socio-économiques

Au total 5477 personnes ont été logées sur les sites concernés par notre étude soit 51% d'hommes et 49% de femmes (MOAD, 2012). La répartition de la population selon la tranche d'âge montre qu'elle est caractérisée par une extrême jeunesse car elle est constituée à plus de 50% de personnes âgées de 0 à 20 ans (MOAD, 2012). La principale activité économique de la zone est la culture des céréales (sorgho, mil, maïs) destinée essentiellement à l'autoconsommation, les cultures de rentes (le sésame, le niébé, le voandzou...) et les cultures

marachères dont les spéculations sont la tomate, l'oignon, l'aubergine, le concombre qui sont revendus sur les marchés environnants.

L'élevage vient en seconde position après l'agriculture, générant des revenus non négligeables. Il est cependant peu développé du fait du manque de pâturage, d'eau, des maladies et de l'insuffisance de formation des éleveurs.

En plus de l'agriculture et de l'élevage, il y'a aussi les petites activités commerciales dont la vente de dolo, soubala, beignets pour ce qui concerne les femmes ; la viande, les petites boutiques en ce qui concerne les hommes.

II. Présentation du projet

II.1. Contexte et justification de l'étude

Le Burkina Faso est un pays qui, malgré les nombreux efforts consentis pour l'assainissement pluvial reste confronté aux problèmes de drainage des eaux de pluies. En témoignent les cas récurrents d'inondations constatés lors de la saison des pluies. En effet, plusieurs facteurs sont à la base de ces problèmes. Nous avons entre autres le jet d'ordures dans les caniveaux, le manque d'entretien, l'imperméabilisation des sols qui s'intensifie avec l'extension incontrôlée des villes, le problème de maîtrise du ruissellement pluvial, mais aussi, cela est souvent lié au fait que, lors de la conception, du dimensionnement ou même de la réalisation des réseaux de drainage, il y'a des paramètres qui ne sont pas respectés(OMS, 1992; SIGHOMNOU D., 1986).

Dans le souci d'amélioration des conditions de vie des populations déplacées, la MOAD a entrepris en 2016 des études d'avant-projet détaillé pour le drainage des eaux pluviales au niveau des sites concernés par la présente étude. Ainsi, dans le cadre du budget MOAD 2018, la réalisation des travaux d'assainissement a été lancée, suite à quoi le bureau d'étude BERA a été mandaté pour assurer la surveillance et le contrôle à pied d'œuvre des travaux. Dans son processus de vérification des études effectuées, le bureau s'est donc rendu compte d'un certain nombre de problèmes que présente le réseau proposé. Les travaux ont dès lors été suspendus, en attendant que des solutions soient trouvées. C'est ainsi que dans le cadre de nos travaux de mémoire au sein de la structure, il nous a été confié l'actualisation de cette étude d'avant-projet détaillé.

II.2. Objectifs de l'étude

II.2.1. Objectif général

L'objectif général de cette étude est de **contribuer à l'amélioration du cadre de vie des populations affectées par le projet de construction de l'aéroport de Donsin à travers la conception d'un réseau d'assainissement pluvial.**

II.2.2. Objectifs spécifiques

De façon spécifique, nous avons pour objectifs de :

- Conduire le diagnostic du réseau d'assainissement proposé par l'avant-projet détaillé, ainsi que la partie déjà réalisée ;
- Proposer des solutions d'amélioration et un complément du dossier de conception du réseau d'assainissement pluvial ;
- Conduire une étude financière des travaux à réaliser.

II.3. Résultats attendus

Au terme de cette étude, il est attendu :

- Un diagnostic clair de l'assainissement proposé et de celle en partie réalisée sur chaque site ;
- Des propositions suivies des détails techniques nécessaires (dimensionnement, tracé de réseaux, plans, coupes.) pour compléter l'étude précédente ;
- Une estimation du coût des travaux à réaliser ;
- Une étude de l'impact environnemental du projet.

II.4. Données de base

Les données de base pour l'étude ont été obtenues de différentes manières : auprès du bureau d'étude, auprès de la Maitrise d'ouvrage de l'Aéroport de Donsin. Ce sont :

- Le mémoire technique de l'étude d'avant-projet détaillé précédemment réalisé (GORDIO, 2016).

Nous l'avons obtenu dans le cadre du stage auprès du bureau d'étude. Dans ce document, nous avons une description de la démarche adoptée pour la conception et le réseau d'assainissement proposé ;

- Les semis de points obtenus des levés topographiques ;

Ils ont été collectés auprès du bureau d'étude qui avait effectué des levés des sites dans le cadre de l'étude.

- Le plan cadastral de la zone d'étude

Il nous a également été fourni par le bureau d'étude. Il s'agit du plan parcellaire de chaque site. Nous avons donc eu à notre disposition en tout six plans parcellaires ;

- Le nombre de ménages concernés et les caractéristiques de la zone d'étude

Ces données ont été obtenues au cours de nos recherches dans le rapport du Plan de Relocalisation des personnes affectées par la construction de l'aéroport de Donsin (PAR) publié par la MOAD.

III. Méthodologie de l'étude

Dans cette partie, nous présentons le matériel utilisé, les étapes de l'étude ainsi que les méthodes de calcul utilisées. Afin de mener à bien notre étude, nous avons procédé par un certain nombre d'étapes avant même de commencer la conception proprement dite. Ce sont notamment la recherche documentaire, la collecte des données, le diagnostic du réseau d'assainissement partiel existant et la proposition de solutions qui par la suite font l'objet même de l'étude.

III.1. Matériel

Ce sont essentiellement des logiciels SIG, de traitement de texte, de calcul ; du matériel de localisation, de mesure et de prise de vues.

Ainsi, nous avons utilisé :

- Un GPS pour la localisation des sites lors de nos visites ;
- Un décamètre pour les mesures sur le terrain ;
- Un appareil photo pour la prise des images lors du diagnostic ;
- Les logiciels SIG Google Earth, ArcGIS, Global Mapper, respectivement pour la localisation, le tracé du réseau, pour la cartographie des sites et du réseau de drainage ;
- Le logiciel de dessin Covadis pour Autocad pour la réalisation des plans et l'extraction des dimensions du réseau ;
- Le logiciel CYPE pour faciliter le dimensionnement des dalots ;
- Le logiciel Word pour la rédaction du présent document ;
- Le logiciel Excel pour l'automatisation des calculs.

III.2. La recherche documentaire

Dans cette première étape, il s'agit tout d'abord de faire ressortir la problématique autour du thème de l'étude. Ensuite, vient la recherche des documents relatifs à des travaux similaires déjà effectués dans la zone, des documents traitant du même sujet, ainsi que des cours et autres documents de référence sur le dimensionnement de réseaux d'assainissement des eaux pluviales. Ces documents ont essentiellement été collectés auprès de la bibliothèque numérique de 2iE ainsi que sur internet et aussi parmi ceux mis à notre disposition par le bureau d'étude.

III.3. Le diagnostic du réseau d'assainissement existant

III.3.1. Etat des lieux de l'assainissement pluvial

- Localisation et extension spatiale

Bien avant la visite de la zone de projet, il était important d'avoir une idée de la configuration de l'ensemble des sites avec le réseau d'assainissement existant sur chacun d'eux. Ainsi, cela a été possible grâce aux images satellitaires données par Google Earth, nous permettant d'avoir une appréhension de la situation réelle sur le terrain.

- Etat physique et fonctionnalité du réseau

Une reconnaissance de terrain à travers la visite des différents sites a permis de prendre réellement connaissance de l'ensemble du réseau partiel existant, d'effectuer des mesures, prendre des photos et enfin, de discuter avec les populations bénéficiaires pour en savoir plus sur les problèmes de drainage qu'ils constatent.

III.3.2. Analyse du réseau proposé

En plus des informations collectées sur le terrain, une analyse de l'étude précédente a été minutieusement effectuée. Pour cela, d'une part, une lecture de la proposition technique a été effectuée pour comprendre la méthodologie utilisée pour le dimensionnement. D'autre part, le plan parcellaire de chaque site a été superposé aux courbes de niveaux sur Google Earth. Cela permet une identification des meilleurs endroits pour le positionnement des caniveaux, de mieux voir les limites des bassins versants à drainer et des exutoires naturels plus convenables pour rejeter les eaux.

III.3.3. Proposition de solutions

Le diagnostic du réseau partiel réalisé et l'analyse de toutes les informations collectées sur le réseau d'assainissement prévu dans l'APD ; de ce qui existe déjà dans la zone de projet, permettent de déceler les problèmes et donc de faire une proposition de solutions adaptées.

III.4. Etude hydrologique

L'étude hydrologique dans le cadre du projet d'assainissement consiste à :

- Caractériser le sens des écoulements ;
- Délimiter les bassins versants de la zone et les caractériser ;
- Effectuer le tracé des collecteurs ;
- Définir les paramètres hydrogéologiques tels que la période de retour, les coefficients de ruissèlement de la zone d'étude et les coefficients de Montana qui serviront au calcul du débit ;
- Choisir et justifier une méthode de calcul des débits de pointe aux exutoires ;
- Evaluer les débits de pointe pour chaque bassin et chaque sous bassin.

III.4.1. Caractérisation des sens des écoulements

Le semis de points topographiques obtenu lors de la collecte des données permet de générer les courbes de niveaux sur chacun des sites à étudier, grâce au logiciel Covadis. L'examen des courbes de niveaux obtenus permet de déterminer le sens des pentes et donc de connaître le sens préférentiel des écoulements. Cependant, le semis de points ne couvre pas une grande étendue au-delà des limites des sites étudiés. Pour pallier à cela, les lignes d'écoulement générés à partir du modèle numérique de terrain (MNT) tiré du SRTM30 permettent d'avoir une idée du comportement des eaux extérieures vis-à-vis de la zone de projet. A cela s'ajoute l'observation que l'on peut faire des traces d'écoulement des eaux lors de la reconnaissance de terrain. L'ensemble de ces éléments permet de connaître avec plus de précision le sens des écoulements.

III.4.2. Délimitation des bassins versants

L'examen des courbes de niveau permet d'identifier également les lignes de crête et d'identifier les exutoires qui correspondent aux points les plus bas. Aussi, tenant compte du fait que nous sommes dans une zone aménagée et habitée, la délimitation des bassins versants repose sur les barrières artificielles des écoulements que sont les murs, et la voirie.

La prise en compte de tous ces facteurs et aussi des sens d'écoulement déterminés comme cela a été décrit plus haut permet de délimiter les bassins versants. Dans la présente étude, la délimitation des bassins versants a été faite à l'aide du logiciel Google Earth et du logiciel Global Mapper.

III.4.3. Caractérisation des bassins versants

Le bassin versant se caractérise par plusieurs paramètres qui permettent d'avoir une idée sur sa forme, son emprise, son relief, sa perméabilité (*LCT-CEMAGREF-ENGREF, C.O., 1998*). Dans le cadre du présent dimensionnement du réseau d'assainissement, nous allons nous intéresser particulièrement à la surface, au périmètre, à la pente moyenne, à la longueur du rectangle équivalent, à la longueur du chemin hydraulique et au coefficient de Gravelius. Ces paramètres vont servir à la détermination des débits et à mieux comprendre le comportement hydrologique du bassin.

- La surface du bassin versant

Elle traduit l'emprise du bassin et elle influence beaucoup le débit car plus la surface est importante, plus la quantité d'eau que récolte le bassin est importante. La surface des bassins étudiés a été mesurée avec le logiciel Autocad.

- La forme du bassin versant

La forme du bassin versant est caractérisée par son Coefficient de Gravelius (K_G). En effet, plus celui-ci est supérieur à 1, plus le bassin versant est allongé. La forme du bassin versant va influencer le temps de concentration car plus il est allongé, plus le temps mis par l'eau pour arriver à l'exutoire est long. Le Coefficient de Gravelius se détermine par la relation donnée à l'équation 1. :

$$\text{Équation 1: } K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}}$$

Avec :

P : le périmètre du bassin en km

S : la superficie du bassin en km²

- La longueur de rectangle équivalent

C'est un rectangle qui a la même superficie, le même indice de compacité et la même distribution hypsométrique que le bassin versant. Sa longueur se calcule par la relation donnée à l'équation 2.

$$\text{Équation 2: } L = S^{\frac{1}{2}} \times \left(\frac{K_G}{1.128} \right) \times \left[1 + \left(1 - \left(\frac{1.128}{K_G} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

Avec :

L : la longueur du rectangle équivalent en km

K_G : le coefficient de Gravelius

S : la superficie du bassin en km

- La longueur du chemin hydraulique (L_h)

Il s'agit du chemin le plus long qu'une goutte d'eau prend pour arriver à l'exutoire du bassin versant. La longueur du chemin hydraulique est utilisée dans le calcul du temps de concentration. Les bassins versants obtenus ayant des formes qui se rapprochent beaucoup plus d'un rectangle, la longueur hydraulique a été assimilée à la diagonale de chaque rectangle équivalent puis calculée par la relation de l'équation 3 :

$$\text{Équation 3: } L_h = \left[\left(L^2 + \left(\frac{S}{L} \right)^2 \right) \right]^{\frac{1}{2}} * 1000$$

Avec :

L_h : La longueur hydraulique en m

S : La surface du bassin en km

L : La longueur du rectangle équivalent en km

- La pente moyenne du bassin versant (I)

La pente moyenne du bassin versant est donnée par l'équation 4 ci-dessous :

$$\text{Équation 4: } I = \Delta_z / L$$

Avec :

Δ_z : la dénivelée entre la courbe de niveau la plus élevée et la courbe de niveau la plus basse sur la surface considérée dans le sens de l'écoulement.

L : la longueur du chemin hydraulique en m.

III.4.4. Le tracé du Réseau de drainage

L'implantation du réseau de drainage se fait de telle sorte que les collecteurs suivent autant que possible les grands axes routiers et la pente du terrain naturel. Ils doivent également recouper les lignes d'écoulement.

III.4.5. La délimitation des bassins versants élémentaires

La délimitation des bassins élémentaires respecte les mêmes contraintes que celles des grands bassins versants et est faite de sorte à ce que chaque collecteur draine autant que possible un bassin élémentaire.

III.4.6. Choix de la période de retour

La période de retour est le temps qui sépare deux occurrences d'un événement pluvieux d'intensité précise. Elle permet de fixer le degré de sécurité de l'ouvrage (OMS, 1992).

Le choix de la période de retour tient compte du type d'ouvrage, de la vulnérabilité de la zone de projet, du degré de protection à assurer par l'ouvrage et aussi du facteur coût du projet (OMS, 1992). Les valeurs généralement connues sont 2 ans, 5 ans, 10 ans, 15 ans, 20 ans, etc.

Dans le cas présent, les sites étudiés se situent autour du futur grand aéroport du Burkina Faso ; ce qui nous laisse supposer que ceux-ci seront amenés à s'étendre dans les prochaines années. Ainsi, pour assurer un degré de sécurité optimal, **nous optons pour une période de retour de 10 ans** pour le dimensionnement des ouvrages.

III.4.7. Calcul des débits

Le calcul des débits pour le dimensionnement des collecteurs se fait en général par les méthodes déterministes. Il existe diverses méthodes et des formules qui prennent en compte différents facteurs intervenant dans la genèse des crues tels que la superficie, la topographie, l'occupation du sol, etc. (BCEOM, 1981).

Ces formules ont été élaborées sur des bassins versants remplissant des conditions très précises, ce qui implique que pour les appliquer, il faudrait s'assurer que les caractéristiques des bassins à étudier se rapprochent de celles des bassins expérimentaux. De toutes ces méthodes, les plus utilisées sont la méthode de Caquot et la méthode rationnelle.

III.4.7.1. La méthode rationnelle

Cette méthode est la plus utilisée du fait de sa simplicité, et s'applique à des bassins de superficie égale à 4 km² au maximum. Elle suppose que le débit maximum est atteint pour une averse homogène dans le temps et dans l'espace, d'intensité donnée, si sa durée est au moins égale au temps de concentration du bassin. L'intensité de l'averse est supposée uniforme dans le temps et dans l'espace sur tout le bassin (BCEOM, 1981).

La méthode suppose également le coefficient de ruissellement uniforme sur chaque bassin élémentaire ; c'est la raison pour laquelle un facteur de correction (1-ε) est appliqué à la surface lorsque les bassins sont supérieurs à 200 ha (SIGHOMNOU D., 1986). Dans notre cas, les bassins versants sont petits (surface inférieure à 30 ha). Le débit se calcule par l'équation 5.

$$\text{Équation 5: } Q(T) = \frac{1}{360} \times c \times i(t, c) \times A$$

Avec :

Q(T) : le débit à l'exutoire du bassin versant en m³/s

C : le coefficient de ruissellement du bassin versant

I : l'intensité de pluie en mm/h

Tc : le temps de concentration du bassin versant en min

A : la surface du bassin versant en ha

Le temps de concentration Tc est le temps mis par la goutte d'eau la plus éloignée pour arriver à l'exutoire du bassin versant. Les deux méthodes les plus utilisées en Afrique pour le déterminer sont la méthode de KIRPICH et celle de RICHARDS (BCEOM, 1981).

D'une part, la formule de KIRPICH est empirique et dans certains cas, le temps de concentration qui en résulte peut diverger de la réalité. Et d'autre part, la formule de RICHARDS utilise des

hypothèses simplificatrices, ce qui explique peut-être le fait qu'elle présente parfois des anomalies. L'application de la première ou de la deuxième devrait normalement être testée par des résultats expérimentaux (BCEOM, 1981).

La méthode de **KIRPICH a été utilisée dans la présente étude** pour la détermination des temps de concentration suivant l'équation 6 (BCEOM, 1981).

$$\text{Équation 6: } T_c = \frac{1}{52} \times \frac{L^{1.15}}{H^{0.38}}$$

Avec :

T_c [min] : le temps de concentration

L [m] : le plus long chemin hydraulique

H [m] : la dénivelée entre l'exutoire et le point le plus éloigné

L'intensité de pluie traduit la hauteur de pluie tombée pendant un temps égal au temps de concentration. Elle est généralement déterminée à partir des courbes intensité-durée-fréquence (courbes IDF) qui représentent l'évolution de l'intensité de pluie en fonction de la durée et de la période de retour. L'intensité de pluie se détermine graphiquement mais peut être fournie par des tableaux pour des zones et des périodes de retour précises. La formule empirique de Montana est généralement utilisée pour sa détermination selon l'équation 7 (BCEOM, 1981; CRES, 2001).

$$\text{Équation 7: } I(T) = a(T) \times T_c^b(T)$$

Les coefficients a et b , dits coefficients de Montana, sont déterminés par ajustement sur des données de pluie. Les coefficients $a = 9.4$ et $b = -0.5$ (t exprimé en min) sont ceux proposés par Chabi et Puech depuis 1984 pour une période de retour de 10 ans (Puech & Chabi, 1984).

Pour ce qui concerne la ville de Ouagadougou, l'actualisation des coefficients de Montana a fait l'objet d'une étude dans le cadre du projet AMMA-2050. Cependant, les coefficients qui en résultent sont valables pour une échelle temporelle allant de 1h à 24h et l'extrapolation pour

des pas de temps plus fins pourrait entraîner une surestimation des intensités (AMMA 2050, 2018).

Dans le cadre de son mémoire de fin d'études, Mohamoudou TRAORE a également effectué une étude d'actualisation des coefficients de Montana pour la ville de OUAGADOUGOU. Ces coefficients sont issus des ajustements des maxima annuels des pluies de la station de Ouagadougou pour la période de 1977-2011 pour des périodes de retours de 2, 5, 10, 20 ans et un pas de temps de 5 min à 1h (TRAORE, 2012) et sont définis pour une intensité de pluie I en mm/h. Ces coefficients ayant été validés, nous les avons adoptés pour la présente étude (**a = 16.8** et **b = -0.65**) en considérant le tableau 1 ci-dessous :

Tableau 1: Coefficients de Montana actualisés pour la ville de Ouagadougou

Durée de retour T	2 [ans]	5 [ans]	10 [ans]	20 [ans]
b	-0.65	-0.65	-0.65	-0.65
a	12.2	14.8	16.8	18.7

Source : TRAORE Mohamoudou, 2012

Le coefficient de ruissèlement est le rapport entre le volume qui ruissèle jusqu'à l'exutoire d'un bassin versant et le volume précipité. Il caractérise le degré de couverture végétale d'un bassin et son imperméabilité. Il dépend essentiellement de la nature du sol, la pente du terrain ainsi que le degré d'urbanisation de la zone (paramètre qui influence beaucoup le ruissèlement). Sa valeur va de 0 à 1. L'estimation de la valeur du coefficient de ruissèlement est très délicate puisqu'il dépend du degré d'humidité du sol qui est une variable aléatoire (SIGHOMNOU D., 1986).

Le sol des sites étudiés est latéritique, avec la présence de gravillon et de pousses de végétation comme sur la Figure 2. Ils sont donc relativement peu perméables. Aussi pour ce type de sols, le BARBE avait souligné que des mesures d'infiltration seraient plus efficaces afin d'approcher les valeurs réelles du coefficient de ruissèlement (Le Barbé, 1982).



Figure 2: Etat du sol de la zone de projet

Dans la présente étude, nous avons eu recours à des valeurs typiques du coefficient de ruissèlement qui sont proposées et sont fonction de la nature du sol et de la pente de terrain présenté en annexe 1 (Bourrier R., 1997).

Nous avons des pentes de terrain allant de 0 à 3 % donc nous retenons des coefficients de ruissèlement allant de 0,45 à 0,5.

Pour chaque bassin versant, le coefficient de ruissèlement équivalent se calcule en effectuant une pondération des coefficients de ruissèlement des différents sous bassins qui le composent. Il se calcule par l'équation 8.

$$\text{Équation 8: } C_{eq} = \frac{\sum A_i \times C_i}{C_i}$$

III.4.7.2. Calcul des assemblages de sous-bassins

La configuration du réseau est faite de telle sorte que certains collecteurs drainent à la fois les eaux de deux ou plusieurs bassins versants. La détermination des débits maximaux à évacuer se fait en associant les bassins versants concernés en série ou en parallèle. Il s'agit là de déterminer dans un premier temps la nature des associations (série ou parallèle) des bassins

élémentaires, puis de déterminer le bassin versant équivalent se rapportant à chaque tronçon et ses caractéristiques ; afin de pouvoir évaluer le débit qui y transite.

Les relations présentées dans le tableau 2 permettent la détermination des débits équivalents (CRES, 2001).

Tableau 2:Formules de calcul des caractéristiques des bassins équivalents

Nature de l'assemblage	Surface équivalente (A_{eq})	Coefficient de ruissellement équivalent (C_{eq})	Le temps de concentration (t_c)	Débit équivalent (Q_{eq})
Bassins en série	$\sum A_j$	$\frac{\sum A_i \times C_i}{C_i}$	$\max [(t_{c1} + t_{c1-2}); t_{c2}]$	$k \times A_{eq} \times C_{eq} \times i(t, c)$
Bassins en parallèle	$\sum A_j$	$\frac{\sum C_j \times A_j}{\sum A_j}$	$\max [t_{c1}; t_{c2}]$	$k \times A_{eq} \times C_{eq} \times i(t, c)$

NB : Le paramètre k fonction de l'unité de la surface équivalente

Aussi, afin de corriger les anomalies liées à l'assemblage des bassins pour toutes les deux associations, les règles suivantes doivent être appliquées (CRES, 2001):

$$Si Q_{eq} < \max(Q_j) \text{ alors } Q_{eq} = \max(Q_j)$$

$$Si Q_{eq} > \sum(Q_j) \text{ alors } Q_{eq} = \sum(Q_j)$$

III.5. Etude hydraulique

Au BURKINA FASO, les ouvrages généralement utilisés pour le drainage des eaux pluviales sont les canaux avec écoulement à surface libre. Il n'existe pas encore de système d'égout.

III.5.1. Choix du système d'évacuation des eaux

Pour ce qui concerne le système d'évacuation des eaux, nous avons d'une part le système unitaire qui prend en compte le transport des eaux usées domestiques et des eaux pluviales à la fois. D'autre part il y'a le système séparatif dans lequel ces eaux sont transportées dans des

réseaux différents. Il existe également le système pseudo-séparatif qui est une combinaison des deux autres. Chaque système présente ses avantages et ses inconvénients.

Dans le contexte de ce projet qui se déroule en milieu rural, le système séparatif est plus convenable et économique car cela évite la nécessité d'un réseau en charge ou d'un réseau à surface libre entièrement couvert et cela permettrait de diminuer les charges de traitement de l'eau si un jour il y'avait un projet d'assainissement des eaux usées dans la zone. Ce choix se justifie également par notre souci de nous adapter aux exigences de la maîtrise d'ouvrage.

III.5.2. Choix du profil des ouvrages

Les ouvrages de drainage des eaux à ciel ouvert peuvent être de plusieurs formes : rectangulaire, circulaire, trapézoïdale et triangulaire. Cependant, les plus utilisés sont :

- **Le profil rectangulaire : très facile à exécuter, à entretenir, occupe moins d'espace et transporte un débit moyen.**
- **Le profil trapézoïdal : il présente la section hydrauliquement favorable, transporte un débit plus grand que la section rectangulaire, même si son exécution est plus difficile car il faut respecter les talus des parois et que cela revient plus cher.**

Nous retenons le profil trapézoïdal à cause de sa section hydrauliquement favorable ; de la stabilité qu'il présente même pour les revêtements en enrochement, mais aussi pour nous adapter aux exigences de la maîtrise d'ouvrage.

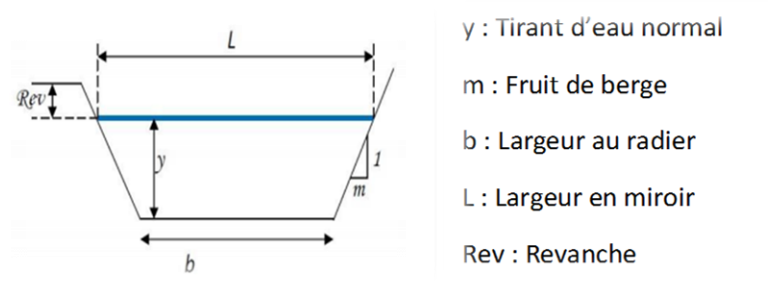


Figure 3: Illustration du profil trapézoïdal des ouvrages

III.5.3. Choix du revêtement

Le choix du revêtement est très important car il protège le fond de l'ouvrage ainsi que les parois. Il prend en compte la constitution du sol en place, le débit à évacuer, la vitesse d'écoulement, le degré d'imperméabilité souhaité, l'accessibilité du matériau, la facilité de l'entretien et aussi

le coût de mise en œuvre de l'ouvrage. Les plus utilisés au BURKINA FASO sont les briques pleines, le béton (ordinaire, béton armé, béton cyclopéen), et les maçonneries de moellons (latéritiques, gréseux, granitique...). Nous présentons dans le tableau 3 une comparaison entre les trois types de revêtement.

Tableau 3: Comparaison des variantes de revêtement les plus utilisées au Burkina Faso

Désignation	Durabilité	Entretien-réparation	Imperméabilisation	Section	Débit d'écoulement	Coût d'investissement
Briques pleines	Moins durable	Facile	Moyenne	Petite	Elevé	Faible
Maçonneries de moellons	Moyenne	Facile	Moyenne	Grande	Faible	Moyen
Béton armé	Plus durable	Plus difficile	Forte	Petite	Elevée	Elevée

En tenant toujours compte du contexte de notre étude qui se déroule en milieu rural, de la facilité d'accès aux moellons latéritiques (existence de carrières à environ 1 kilomètre de la zone de projet), de leur facilité de mise en œuvre ; du fait que c'est ce qui existe déjà sur le terrain, et leur coût moyen, nous retenons ce revêtement.

III.5.4. Dimensionnement des collecteurs

Le dimensionnement des collecteurs consiste à déterminer les caractéristiques géométriques des ouvrages (pente, section, tirant d'eau...). La détermination de ces paramètres peut se faire à partir de différentes formules empiriques à savoir : celle de Manning-Strickler, celle de Chézy ou encore celle de Bazin.

Nous utilisons dans ce projet la section hydrauliquement favorable aussi pour des raisons économiques. Par suite, les dimensions constructives seront adoptées sur la base des résultats obtenus en section hydrauliquement favorable.

Les hypothèses de dimensionnement sont les suivantes :

- **Le dimensionnement est conduit avec l'hypothèse du régime permanent et uniforme ;**
- **La vitesse d'auto-curage est de 0.5 m/s et la vitesse maximale est fixée à 3 m/s ;**

- **La pente minimale du réseau est de 5/1000 et la pente maximale est de 10/1000 (CRES, 2001) ;**
- **Le coefficient de Manning-Strickler K_s sera pris égale à 50 pour le revêtement en perré maçonné ;**
- **Un fruit de berge $m = 0.5$ a été retenu pour plus de stabilité.**

L'expression de la formule de Manning-Strickler est donnée par la relation de l'équation 9.

$$\text{Équation 9 : } Q = K_s \times S \times R h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

Avec :

Q : le débit en $[m^3/s]$

K_s : le coefficient de rugosité de Manning-Strickler

S : la section mouillée en $[m^2]$

Rh : Le rayon hydraulique en $[m]$

I : La pente du radier de l'ouvrage en $[m/m]$

- Calcul de la section hydrauliquement favorable

Le tirant d'eau et la largeur au radier en section économique sont donnés par l'équation 10.

$$\text{Équation 10: } y = \left(\frac{2^{2/3} Q}{\lambda K_s \sqrt{I}} \right)^{3/8} \quad b = y(\lambda - m)$$

Avec :

λ : Facteur de forme, donné par $\lambda = 2\sqrt{1 + m^2} - m$

- Calcul du tirant d'eau normal

Une fois la valeur constructive de b choisie, il faut recalculer le tirant d'eau normal. Cette valeur de y_n se détermine par la méthode de la débitance donnée par l'équation 11.

$$\text{Équation 11: } \frac{Q}{\sqrt{I}} = K_s \times S_{(y)} \times Rh_{(y)}^{2/3} = D_{(y)}$$

$$S = y_n(b + my_n)$$

$$Rh_{(y)} = \frac{S}{p}$$

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

Avec :

y_n : le tirant d'eau normal en m

Q : le débit en [m³/s]

$S_{(y)}$: la section mouillée en m²

$Rh_{(y)}$: le rayon hydraulique en [m]

K_s : le coefficient de rugosité de Manning-Strickler

$P_{(y)}$: le périmètre mouillé en [m]

- Calcul de la revanche

La revanche est une hauteur en m qui s'ajoute à la hauteur du tirant d'eau normal du caniveau pour donner la hauteur totale de l'ouvrage. Elle correspond à un béton de couronnement que l'on coule au-dessus du caniveau de hauteur y_n et permet aux ouvrages de garder une certaine sécurité même en cas de crues exceptionnelles. Elle est prise entre 10 et 20 cm pour la présente étude.

- La vérification des conditions de vitesse d'écoulement

Comme mentionné dans les hypothèses, afin d'éviter les dépôts au fond des caniveaux, il faut que la vitesse soit supérieure à 0.3 m/s. La vitesse idéale est comprise entre 0.6 m/s et 3.6 m/s pour les revêtements en moellons latéritiques, lorsque les conditions de pose sont optimales. Afin de prendre en compte le fait que lors de la réalisation, la pose du perré maçonné peut comporter des défaillances, nous allons retenir une vitesse minimale de 0.5 m/s et une vitesse maximale de 3 m/s pour garder une marge de sécurité.

La relation qui permet le calcul de la vitesse est donnée par l'équation 12.

$$\text{Équation 12: } V = \frac{Q}{S}$$

Avec :

Q : le débit en [m³/s]

S : la section mouillée en m²

Le calcul de la vitesse d'un tronçon sera repris à chaque fois que nous obtiendrons une vitesse en dehors des limites fixées dans nos hypothèses.

- La caractérisation du régime d'écoulement

Le régime d'écoulement dans les ouvrages se caractérise par le nombre de Froude. Ce paramètre se calcule grâce à l'équation 13.

$$\text{Équation 13: } Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot y_m}}$$

Avec :

V : la vitesse en [m/s]

Y_m : la profondeur moyenne, donnée par le rapport S_(y)/l_(y)

III.5.5. Calage des ouvrages

Le calage des collecteurs se fait sur les profils en long en tenant compte des paramètres tels que la pente du terrain naturel, la pente du fond des collecteurs et les dimensions des tronçons de collecteurs projetés, principalement à la hauteur des parois qui doit être autant que possible calée au même niveau que le terrain naturel pour permettre la collecte des eaux de ruissellement. Il est fait également de sorte à permettre un rejet gravitaire des eaux.

III.5.6. Description des ouvrages de franchissement

Pour des raisons de sécurité et d'accessibilité des sites, un certain nombre d'ouvrages de franchissement sont prévus puisque l'écoulement se fait en surface libre. Ainsi, nous avons des

dalettes comme ouvrages de franchissement des collecteurs et des dalots comme ouvrages de franchissement des voiries.

- Les dalettes

Elles sont placées sur les caniveaux qui passent devant les habitations, juste au niveau des entrées et en nombre suffisant pour garantir la sécurité des populations bénéficiaires. Les dalettes sont dimensionnées avec du béton armé pour garantir leur résistance. Elles ont des formes rectangulaires avec une légère corniche de 5 cm aux deux extrémités. Cela va permettre, une fois la pose effectuée, d'avoir un petit espace entre deux dalettes consécutives pour laisser respirer le collecteur.

- Les dalots

Les dalots sont placés au niveau des intersections des caniveaux avec les rues. Ils sont enterrés, avec des tabliers permettant la traversée des rues. La longueur d'un dalot est égale à la largeur de la rue interceptée par celui-ci ; plus une certaine marge si nécessaire. La largeur du dalot est fixée en fonction de la section du caniveau dont il intercepte les eaux, de sorte à ce qu'il soit légèrement plus large.

Afin de faciliter l'accès aux dalots, des remblais d'accès bien compactés sont nécessaires.

Les dalots seront surmontés de guides roues afin de mettre en sécurité les usagers.

- Dimensionnement hydraulique des dalots

Les dalots ont été dimensionnés conformément à la méthode décrite dans le BCEOM. Le principe des calculs est celui des itérations successives. La section hydraulique du dalot se détermine avec le débit venant du caniveau dont il intercepte les eaux.

Les hypothèses de dimensionnement sont les suivantes :

- La vitesse maximale admissible est de 3m/s
- Le rapport entre la hauteur et la base du dalot (H/D) doit être inférieur à 1.25.

Le dimensionnement se fait de la manière suivante :

- Prédimensionnement de l'ouvrage en fixant de façon forfaitaire la section utile et le nombre de travées en fonction du débit du projet ;

- Détermination de la profondeur d'eau en amont de l'ouvrage (H1) à partir des variables adimensionnelles Q^* et H^* suivant l'équation 14.

$$\text{Équation 14: } Q^* = q/[A \times (2 \times g \times D)^{0.5}]$$

Avec :

H^* : se lit sur abaque en fonction de Q^*

$$H_1 = D \times H^*$$

Q^* : Variable adimensionnelle

H^* : Variable adimensionnelle se lisant sur abaque

A : Section utile fictive

Q : Débit unitaire

D : Hauteur fictive

g : Pesanteur égale à 9.81m/s^2

NB : Si H1 est incompatible avec la morphologie du site de l'ouvrage, un nouveau prédimensionnement est indispensable avant de poursuivre les calculs.

- Détermination de la pente critique du radier de l'ouvrage (IC) à partir de nouvelles variables adimensionnelles Q^* et I^* les relations empiriques des équations 15 et 16.

$$\text{Équation 15: } Q^* = q/[g \times B^5]^{0.5}$$

Avec :

I^* : se lisant sur abaque en fonction de Q^*

$$\text{Équation 16: } I_c = I^* \times [g/K^2 \times B^{1/3}]$$

I^* : Variable adimensionnelle se lisant sur abaque

I_c : Pente critique du radier

B : Largeur fictive

q : Débit unitaire

K : Coefficient de rugosité pris égale à 70 pour le béton.

g : Pesanteur égale à 9.81m/s^2

- Détermination de la vitesse réelle d'écoulement à partir des nouvelles variables adimensionnelles Q^* et V^* à l'aide des équations 17 et 18.

$$\text{Équation 17: } Q^* = q / [k \times I_c^{1/2} \times B^{8/3}]$$

$$\text{Équation 18: } V = V^* [K \times I_c^{1/2} \times B^{2/3}]$$

Avec :

Q^* : Variable adimensionnelle

V^* : Variable adimensionnelle se lisant sur abaque en fonction de Q^*

I_c : Pente critique du radier

B : Largeur fictive

q : Débit unitaire

K : Coefficient de rugosité pris égale à 70 pour le béton.

- Dimensionnement structural des dalots

Les calculs se font selon les prescriptions des documents suivants :

- Le BAEL 91 modifié 99
- Le guide de conception des ponts cadres et portiques (SETRA)
- Le fascicule 65A du CCTG et son additif : Exécution des ouvrages en Génie Civil en béton armé ou précontraint ;
- Le fascicule 62 titre V sur les règles techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de Génie Civil ;
- Le fascicule 61 titre II portant sur les charges d'exploitation, la conception, le calcul et les épreuves des ouvrages d'art.

Les valeurs de base utilisées pour le dimensionnement sont consignées dans le tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4: Valeurs de base pour le dimensionnement structural des dalots

Béton			Acier			Sol		
Désignation	Unité	Valeur	Désignation	Unité	Valeur	Désignation	Unité	Valeur
Fc28	Mpa	25	fe	Mpa	400	γ_s	kN/m ³	20
Γb		1.5	γ_s		1.15	$\emptyset$	°	38
Ft28	Mpa	2.1	fsu	Mpa	347.83	Ka		0.33
σ_{bc}	Mpa	14.17	σ_{st}	Mpa	201.63	σ_{sol}	Mpa	0.2
fbu	Mpa	14.17	—	—	—	—	—	—
γ_b	Mpa	25	—	—	—	—	—	—

Avec fc28 : Résistance à la compression à 28 jours - γ_b : Poids volumique du béton - ft28 : Résistance à la traction à 28 jours - σ_{bc} : Contrainte limite du béton - fbu : Contrainte de calcul du béton - fe : Nuance d'acier - γ_s : Coefficient de sécurité de l'acier - fsu : Contrainte de calcul de l'acier

Le dimensionnement du dalot est effectué avec le logiciel CYPE ; la note de calcul est présentée en annexe 2.

III.5.7. Protection des ouvrages et recalibrage

Afin de protéger les caniveaux primaires à l'aval et permettre un rejet sécurisé des eaux, il est prévu de construire des divergents et prolonger le réseau sur 3m de long et 4 mètres de largeur avec une protection en moellons latéritiques. Cela va permettre de réduire la vitesse, puis nous prévoyons un recalibrage simple pour rejoindre le talweg le plus proche.

IV. Etude technique

Dans cette partie, nous présentons les résultats des différentes solutions proposées, dont la méthodologie a été décrite précédemment et nous les discutons.

IV.1. Diagnostic du réseau d'assainissement

IV.1.1. Etat des lieux de l'assainissement pluvial

- Localisation et extension spatiale

Le réseau de drainage prévu sur l'ensemble des sites du projet s'étend sur une longueur totale de 14874 m. On y compte 1704 dalettes ainsi que 95 dalots. Les images ci-dessous montrent un schéma des caniveaux déjà proposés sur la zone du projet.



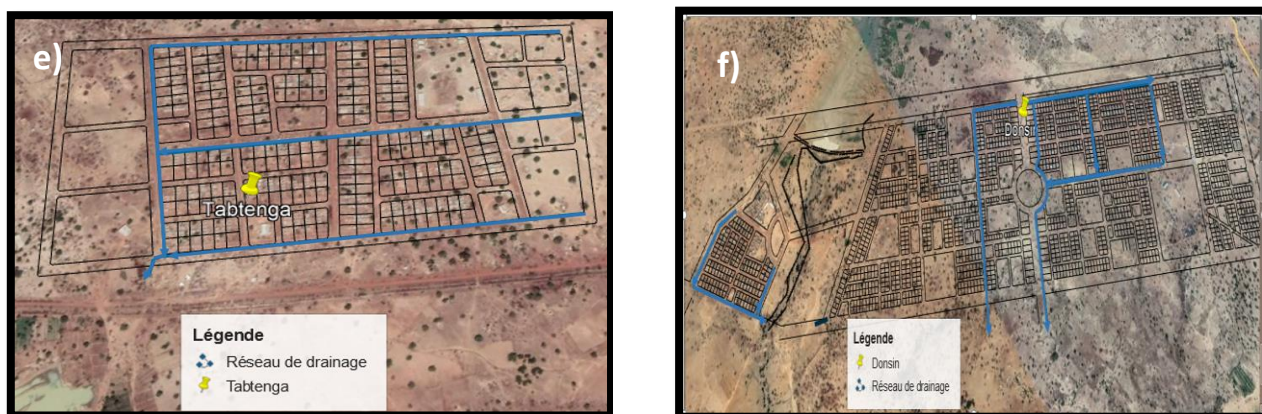


Figure 4: Réseaux des six (06) sites concernés par l'étude : a) site de Kartenga b) site de Taonsgo c) site de Voaga, d) site de Silmiougou, e) site de Tabtenga, f) site de Donsin.

IV.1.2. Etat physique et fonctionnalité du réseau

Une reconnaissance de terrain à travers la visite des différents sites a permis de prendre réellement connaissance de l'ensemble du réseau partiel existant. Il s'agit en effet d'un réseau de drainage à surface libre dans des caniveaux de profil trapézoïdal. Le revêtement est fait en moellons latéritiques de 20 cm pour le fond de fouille et 15 cm pour les parois. Un béton de couronnement de 05 cm coiffe le tout pour limiter les retombées de terre dans le caniveau et supporter les dalettes. Des blocs fabriqués traditionnellement avec de la terre et des tiges ont été placés pour permettre le franchissement des caniveaux passant devant les portes et aussi au niveau des intersections. Ils ont été fabriqués par les entreprises, en collaboration avec la population pour des raisons de sécurité en attendant la confection des dalettes prévues par le projet. On compte également parmi les ouvrages de drainage des radiers sur l'ensemble des sites. Sur les sites, nous avons pu constater que les fouilles pour les caniveaux sont remplies de terres et aussi de pousses de végétation. Nous relevons également des fissures à certains endroits où le revêtement avait déjà été posé ; les figures 5 et 6 illustrent ces problèmes. Des échanges que nous avons tenus avec les habitants, il ressort que lors de la saison de pluie précédente certains collecteurs ont débordé et les eaux s'écoulaient vers les parcelles ou s'accumulaient devant les portes. Cela nous laisse supposer que la section des caniveaux est insuffisante.



Figure 5: Végétation et terre dans les caniveaux existants sur le site de Kartenga



Figure 6: Obstruction et dégradation des caniveaux existants sur le site de Taonsgo

IV.1.3. Analyse du réseau proposé par l'APD

L'analyse du réseau proposé par l'APD a été effectuée sur chaque site pris individuellement :

- Site de Kartenga

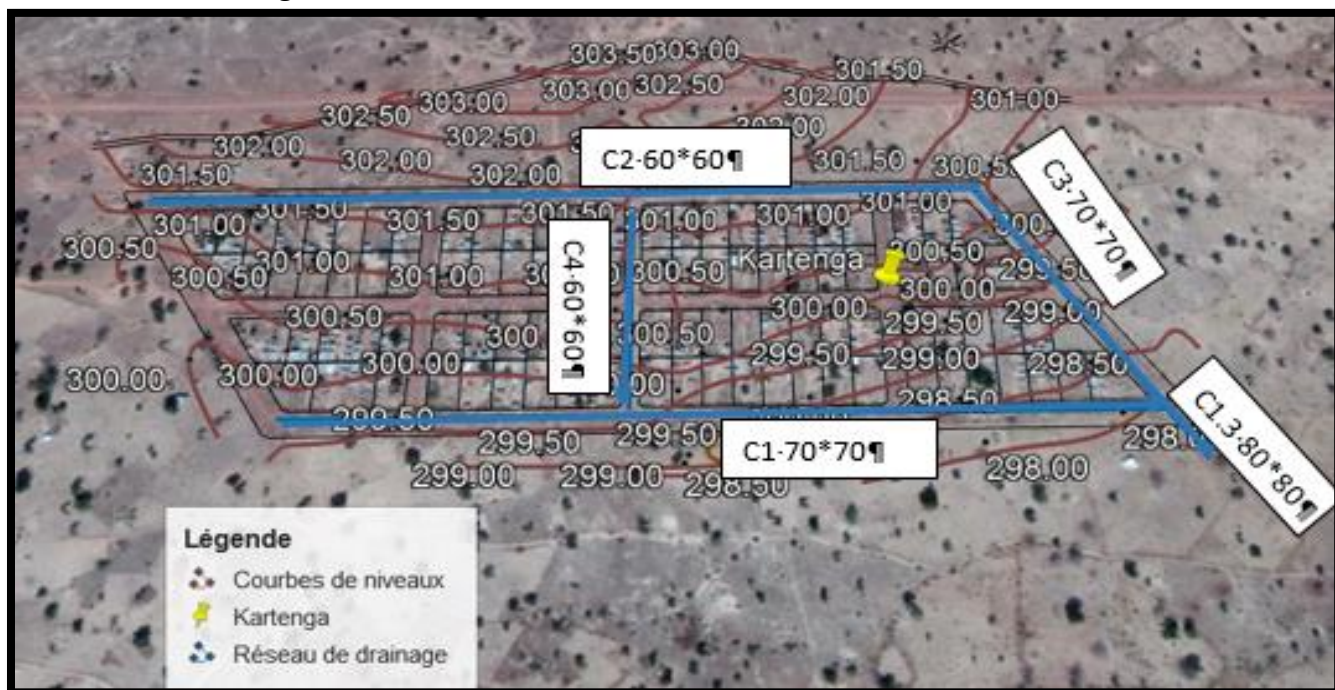


Figure 7: Superposition du réseau actuel de Kartenga avec les courbes de niveaux

Les composantes du réseau de drainage prévu par l'étude à Kartenga sont résumées dans le tableau 5 :

Tableau 5: Caractéristiques du réseau proposé à Kartenga

Type de caniveau	Désignation	Profil	Section (cm*cm)	Longueur (m)
Primaire	C1	Trapézoïdale	70*70	612.06
	C3			227.7
Secondaire	C2		60*60	602.06
	C4			183.13
Tertiaire	C1.3		80*80	59.94

Ce site est relativement plat lorsque l'on analyse les courbes de niveaux. Le réseau proposé sur ce site est acceptable mais l'on note l'absence d'un système de drainage interne. Il y'a

également un problème dans la délimitation des sous bassins proposée par l'APD car toutes les surfaces parcellaires du site ne sont pas prises en compte.

○ Site de Taonsgo

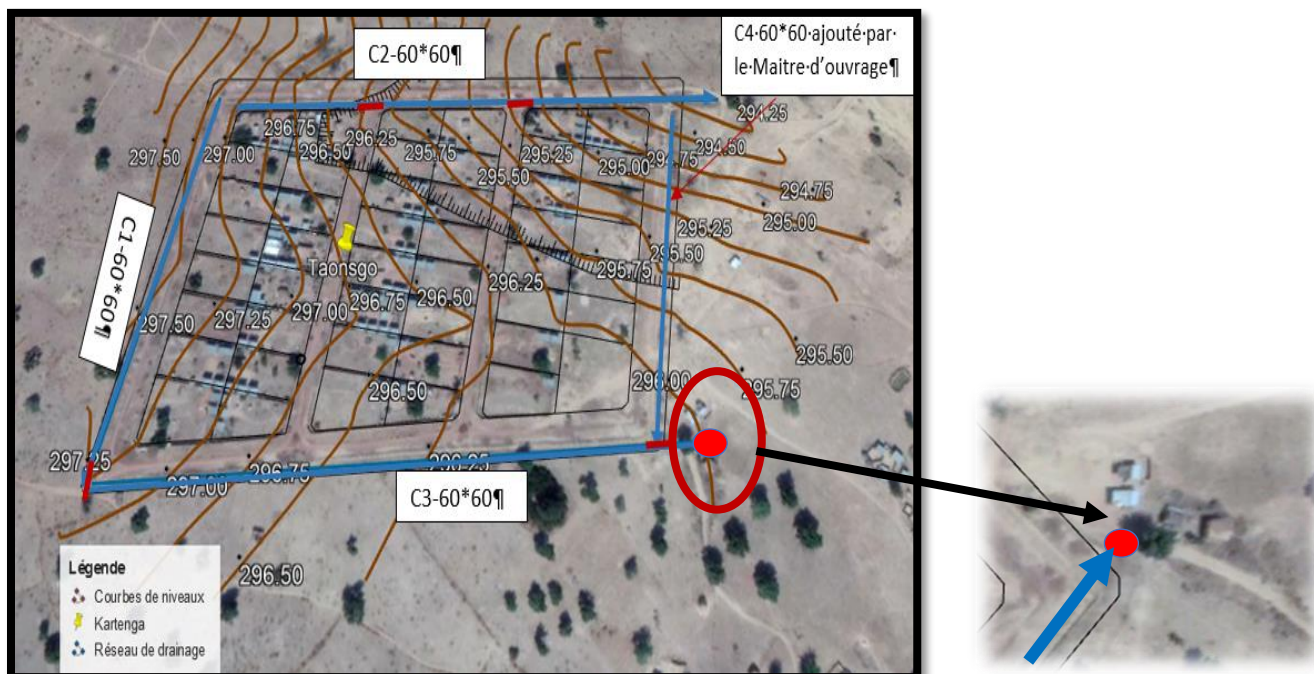


Figure 8: Superposition du réseau actuel de Taonsgo avec les courbes de niveau de la zone

Le réseau de drainage de Taonsgo est constitué des éléments suivants cités dans le tableau 6 :

Tableau 6: Caractéristiques du réseau proposé à Taonsgo

Type de caniveau	Désignation	Profil	Section (m*m)	Longueur (m)
Primaire	C1	Trapézoïdale	60*60	184.41
	C2			257.06
	C3			295.07

Le système de drainage de Taonsgo comporte uniquement des colatures de ceinture. Aucun caniveau n'est prévu pour les eaux à l'intérieur du site. Aussi, de nos discussions avec les habitants du site, il ressort fréquemment des cas d'inondations. Cela nous laisse penser que les sections de caniveaux proposées sont plutôt petites. Enfin, l'exutoire du collecteur C3 ne nous semble pas acceptable car il conduit tout droit vers des habitations.

○ Site de Voaga

Le réseau de drainage de ce site est structuré de la façon suivante :

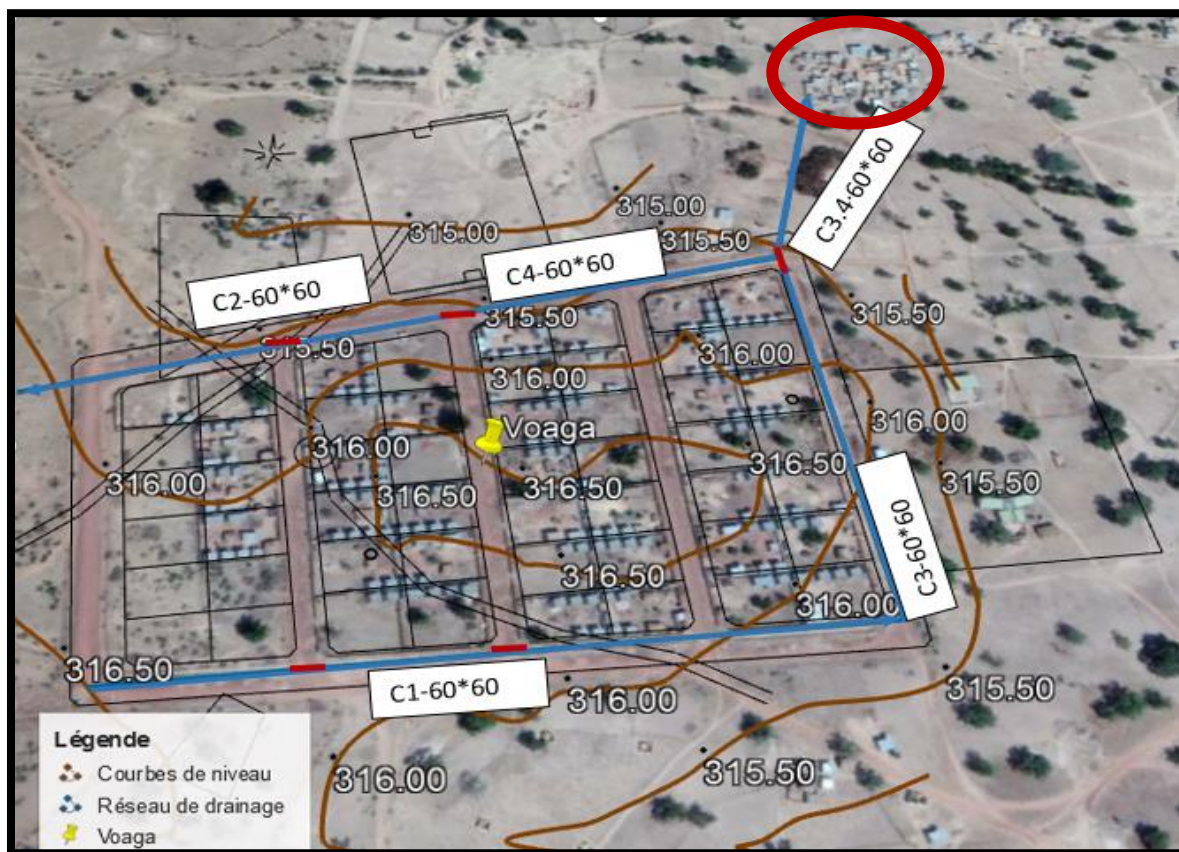


Figure 9: Superposition du réseau actuel de Voaga avec les courbes de niveaux

Tableau 7: Caractéristiques du réseau proposé à Voaga

Type de caniveau	Désignation	Profil	Section (cm*cm)	Longueur (m)
Primaire	C3.4	Trapézoïdale	60*60	85.8
Secondaire	C1			287.21
	C2			290.3
	C3			191.61
	C4			69.49

Le système de drainage sur ce site est également constitué uniquement de colatures de ceinture. Le sens du caniveau C2 n'est pas le bon car il ne débouche pas sur un exutoire naturel. Lorsque l'on analyse les courbes de niveaux, on peut voir clairement que le collecteur (C2) débouche plutôt vers un point haut. Quant au caniveau C3.4 il conduit les eaux vers des concessions ; ce qui n'est pas acceptable. Pour finir, il y'a également une absence du drainage interne des eaux.

○ Site de Silmiougou

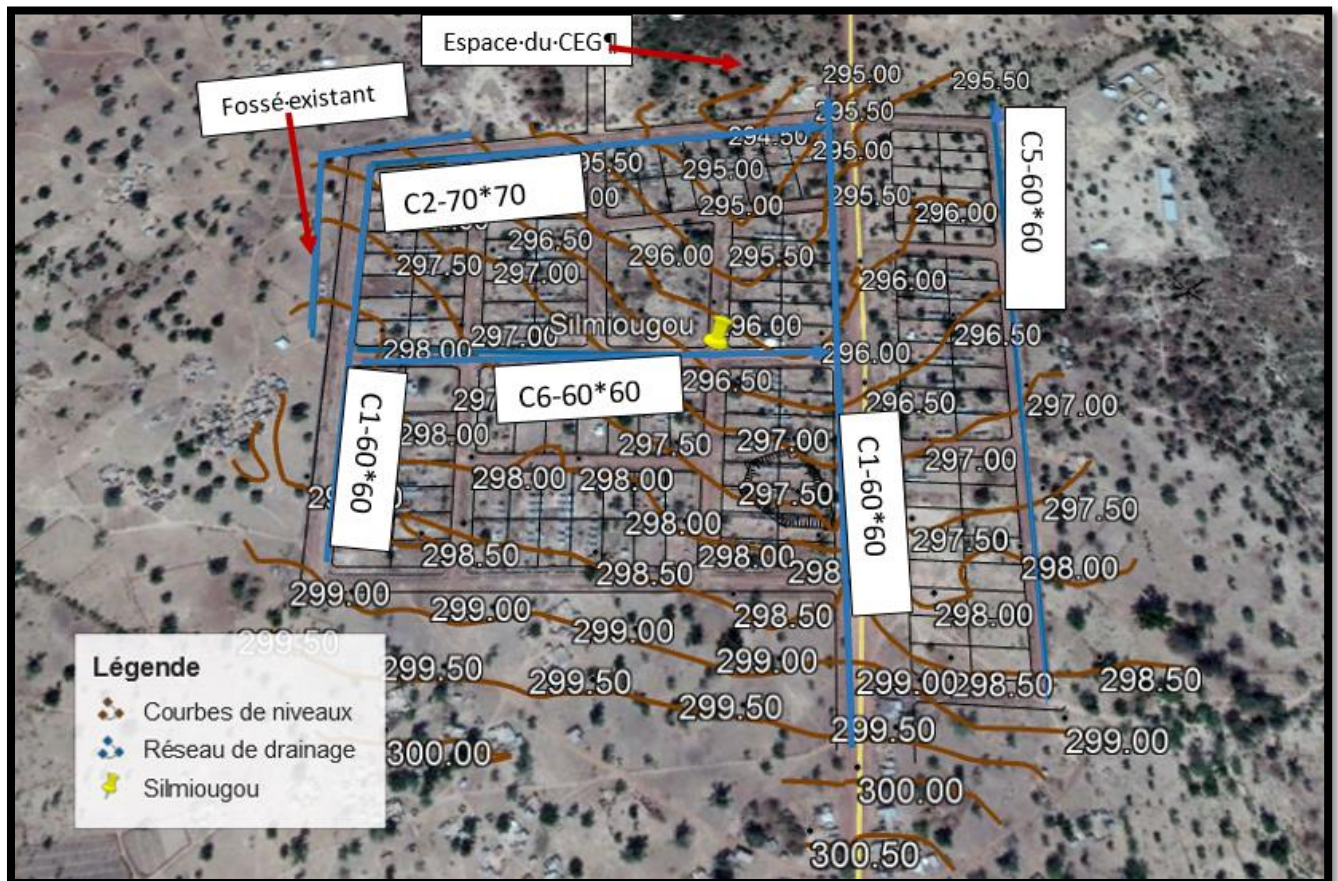


Figure 10: Superposition du réseau actuel de Silmiougou avec les courbes de niveaux

Le réseau de drainage à Silmiougou est constitué de six (06) caniveaux au total décrits dans le tableau 8 ci-dessous :

Tableau 8: Caractéristiques du réseau proposé à Silmiougou

Type de caniveau	Désignation	Profil	Section (Cm*Cm)	Longueur (m)
Primaire	C3	Trapézoïdale	90*90	581.35
Secondaire	C2		70*70	397.10
Tertiaire	C1		60*60	378.98
	C4			342.85
	C5			599.8
	C6			364.22

Ce site a un potentiel d'inondation élevé ; cela a été constaté lors des saisons pluvieuses passées et c'est même la raison pour laquelle le fossé existant a été réalisé. C'est un fossé de section 100×150 mais il semblerait, après avoir interrogé les habitants, que celui-ci déborde toujours en période de crues. Nous déduisons de cela que la section des collecteurs prévus par l'étude pourrait être insuffisante sur ce site. Il y'a également une insuffisance des collecteurs drainant les eaux internes de la cité.

- Site de Tabtenga

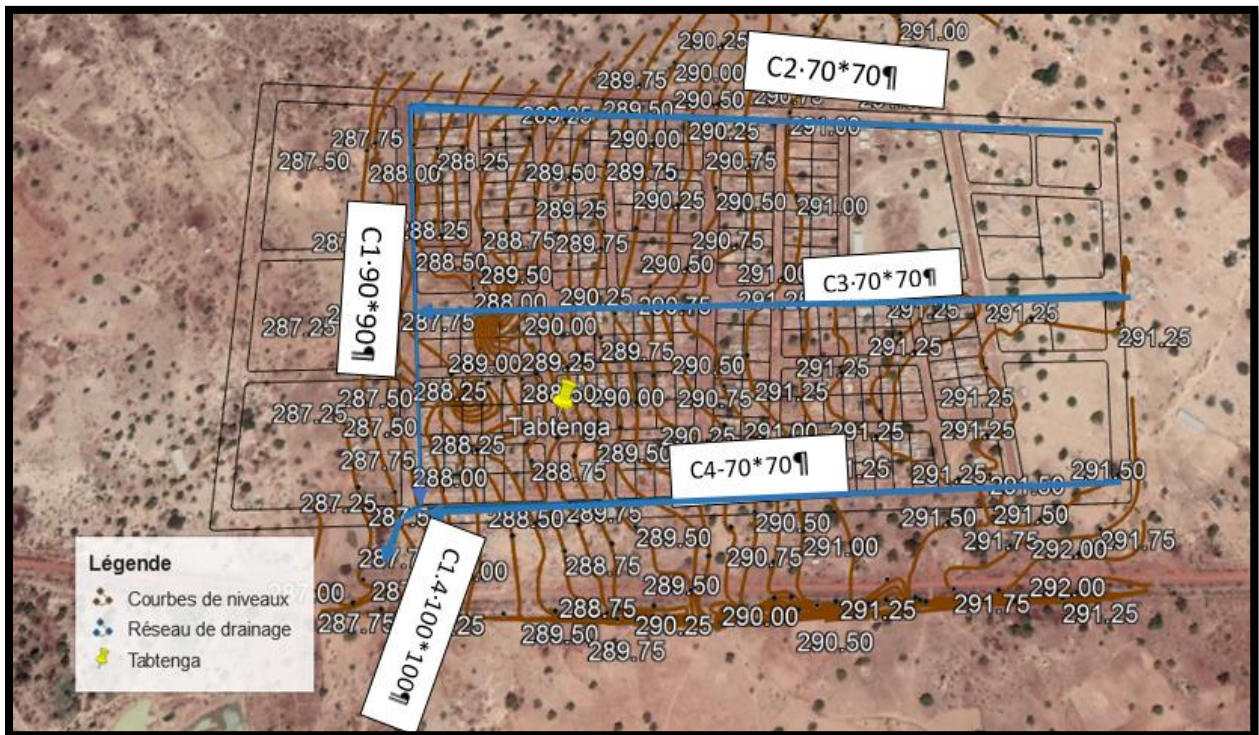


Figure 11: Superposition du réseau actuel de Tabtenga avec les courbes de niveaux

L'étude d'avant-projet avait prévu en tout cinq (05) collecteurs à Tabtenga. Leurs caractéristiques sont résumées dans le tableau 9 ci-dessous.

Tableau 9: Caractéristiques du réseau proposé à Tabtenga

Type de caniveau	Désignation	Profil	Section (Cm*Cm)	Longueur (m)
Primaire	C1.4	Trapézoïdale	100*100	68.23
Secondaire	C1		90*90	388.5
Tertiaire	C2		70*70	674.71
	C3			660.01
	C4			649.9

Le principal problème relevé au niveau de ce site est la délimitation des bassins versants qui ne prend pas en compte les eaux extérieures qui viennent vers le site. En dehors de cela, la configuration du réseau est correcte.

○ Donsin partie 1 (Village de Kourithyaoghin)

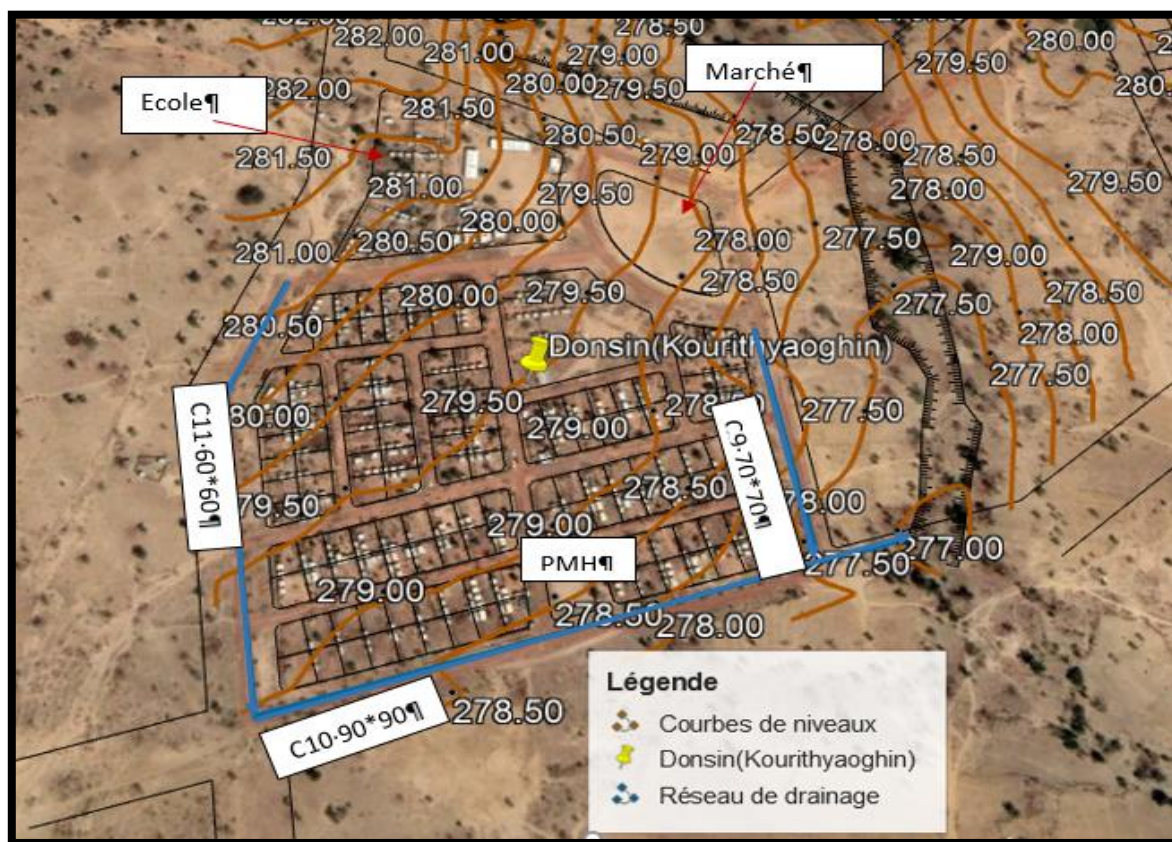


Figure 12: Superposition du réseau actuel de Kourithyaoghin avec les courbes de niveaux

Les composantes du réseau de drainage sur ce site ainsi que leurs caractéristiques sont présentées dans le tableau 10 ci-dessous.

Tableau 10: Caractéristiques du réseau proposé à Donsin partie 1 (Kourithyaoghin)

Type de caniveau	Désignation	Profil	Section (Cm*Cm)	Longueur (m)
Primaire	C10	Trapézoïdale	90*90	474.17
Secondaire	C9		70*70	201.77
	C11		60*60	364.18

Le problème de drainage sur ce site n'est pas vraiment critique. Les différents collecteurs sont plus ou moins bien placés. Les eaux se dirigent tout droit vers la rivière située en aval et, à notre avis, le réseau est correct. Seul le problème de drainage interne est à revoir. Et aussi la vérification des débits car les eaux extérieures venant des bassins versants extérieurs ne sont pas pris en compte dans la délimitation (Voir annexe 2).

- Donsin partie2 (Villages de Nonguestenga, Donsin et Kogniga)

Ce site est partagé par trois villages que sont Nonguestenga situé en face d'une colline ; Kogniga qui se situe dans une zone de partage des eaux ; Donsin qui est traversé pratiquement en son milieu par un talweg. ; c'est d'ailleurs pourquoi cette zone est régulièrement inondée et que les maisons tombent.

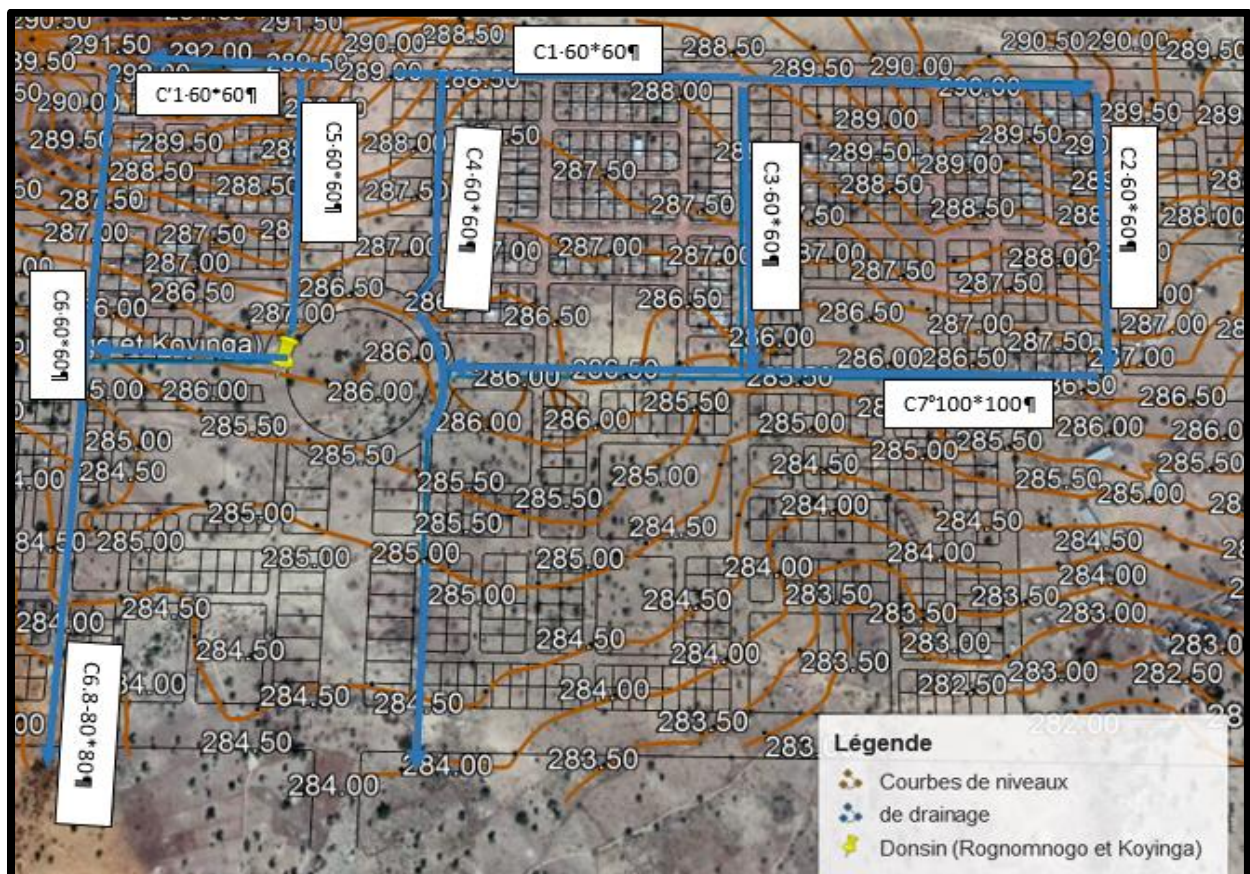


Figure 13: Superposition du réseau actuel de la plateforme de Donsin avec les courbes de niveaux

Notons tout d'abord que toute l'étendue du parcellaire présenté sur la figure n°13 ne concerne pas le projet. Celui-ci se limite juste aux sites aménagés pour les déplacés. Le réseau de drainage

prévu par l'étude sur ce site est composé des différents collecteurs décrits dans le tableau 11 ci-dessous :

Tableau 11: Caractéristiques du réseau proposé à Donsin partie 2

Type de caniveau	Désignation	Profil	Section (Cm*Cm)	Longueur (m)
Primaire	C7	Trapézoïdale	100*100	1377.13
Secondaire	C2		80*80	570.29
Tertiaire	C1		60*60	830.76
	C1'			288.58
	C2			357.83
	C3			357.96
	C4			378.29
	C5			364.19
	C6			379.53

Le problème que nous relevons ici c'est que du côté du caniveau C1, il manque une colature de ceinture pour protéger le site des eaux extérieures qui s'écoulent vers le site. Aussi, la délimitation des bassins versants ne prend pas en compte certaines surfaces.

En dehors des problèmes relevés sur les différents sites, il y'a des problèmes communs à tous les sites comme la longueur des dalots qui a été fixée à 6 m alors que la largeur des voies est d'environ 8 m. Pour ce qui concerne le problème de délimitation des bassins versants, il est illustré par des images en annexe 2 du document.

En dehors des problèmes liés à la configuration du réseau, l'examen de la méthode de détermination des débits a également été faite et, nous avons relevé les problèmes suivants :

- Le choix de la période de retour T qui a été prise égale à 2 ans ;
- Les coefficients de Montana de la ville de Ouagadougou qui ne correspondent pas aux coefficients actualisés ; le tableau considéré à cet effet est en annexe 2 du document.

- **Synthèse des problèmes relevés sur le réseau de drainage proposé par l'étude pour l'ensemble des sites.**

Après analyse du réseau de chaque site, Les problèmes relevés sont de quatre (04) types.

- Un problème de délimitation des bassins versants qui ne prend pas toujours en compte toutes les surfaces drainées ;
- Un problème d'exutoires qui ne correspondent pas toujours à des talwegs ou qui sont souvent situés vers des concessions ;
- Un problème de section des collecteurs vraiment insuffisante sur certains sites présentant pourtant un potentiel d'inondation élevé ;
- La longueur des dalots qui est inférieure à la largeur des voies de circulation. Il y'a également des canalisations qui n'ont pas leur raison d'être.

IV.1.4. Proposition de solutions

Les problèmes relevés sur le réseau actuel relèvent principalement de la topographie, de l'étude hydrologique mais aussi du dimensionnement hydraulique des ouvrages. Notre proposition est donc la suivante :

- Faire un levé topographique sur tous les sites ;
- Refaire une étude hydrologique de la zone d'étude afin de repreciser les exutoires ;
- Conduire une étude hydraulique de conception et dimensionner des ouvrages ;
- Réaliser les profils ;
- Proposer un système d'entretien des ouvrages ;
- Conduire une étude financière de l'actualisation des études.

IV.2. Etude hydrologique

IV.2.1. Tracé du réseau de collecte et détermination des débits des bassins élémentaires

Dans cette partie, nous présentons le réseau obtenu sur chaque site et les bassins élémentaires pris en compte pour le dimensionnement. Pour des raisons économiques et compte tenue du milieu dans lequel se trouve le projet, nous n'aurons pas toujours un collecteur par bassin. Certains bassins au vu de leur taille auront leurs eaux qui vont couler juste suivant le sens de la pente pour rejoindre le drain le plus proche qui les intercepte. Les figures 14 à 27 ci-dessous présentent chaque site et ses bassins.

o Site de Kartenga

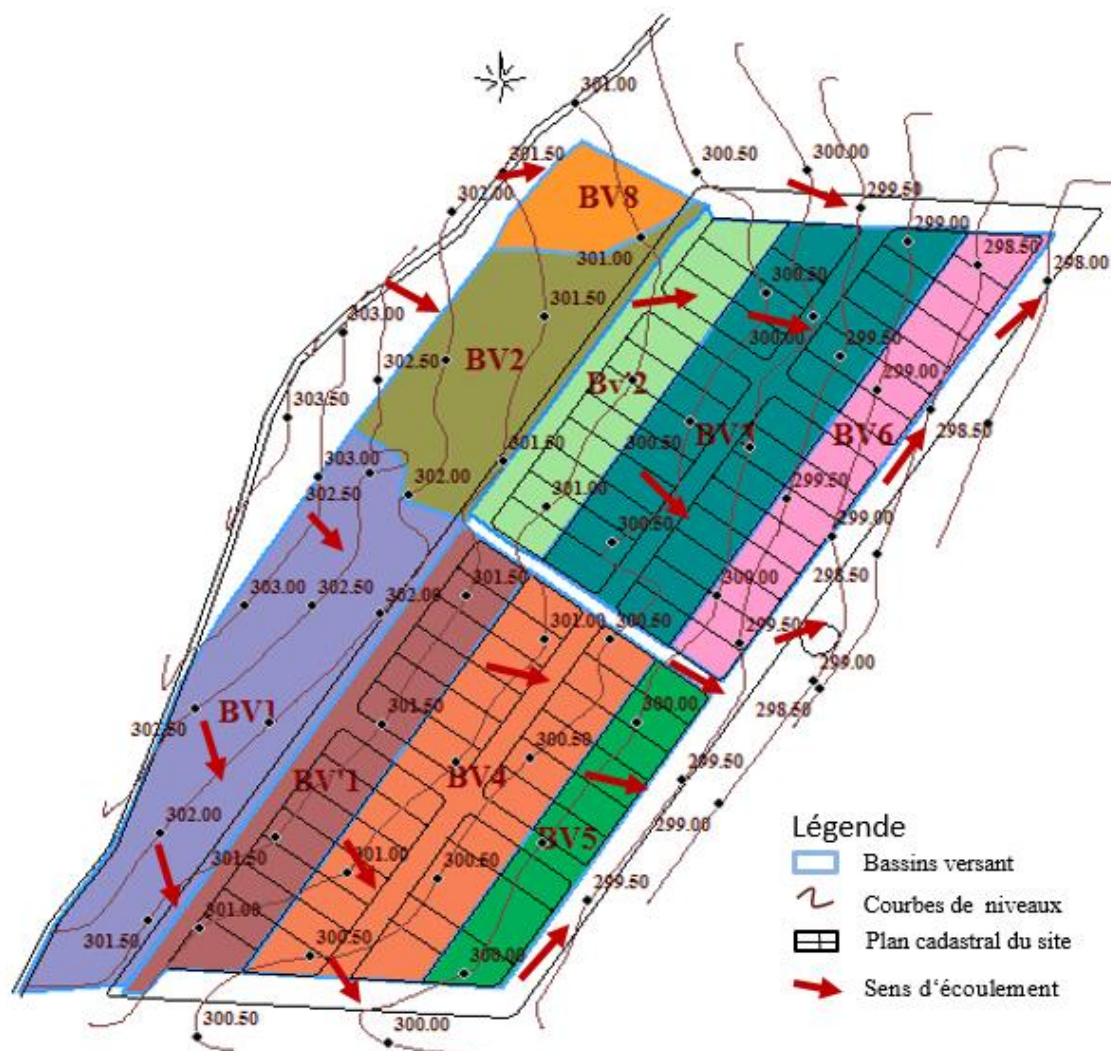


Figure 14: Présentation des bassins versants du site de Kartenga

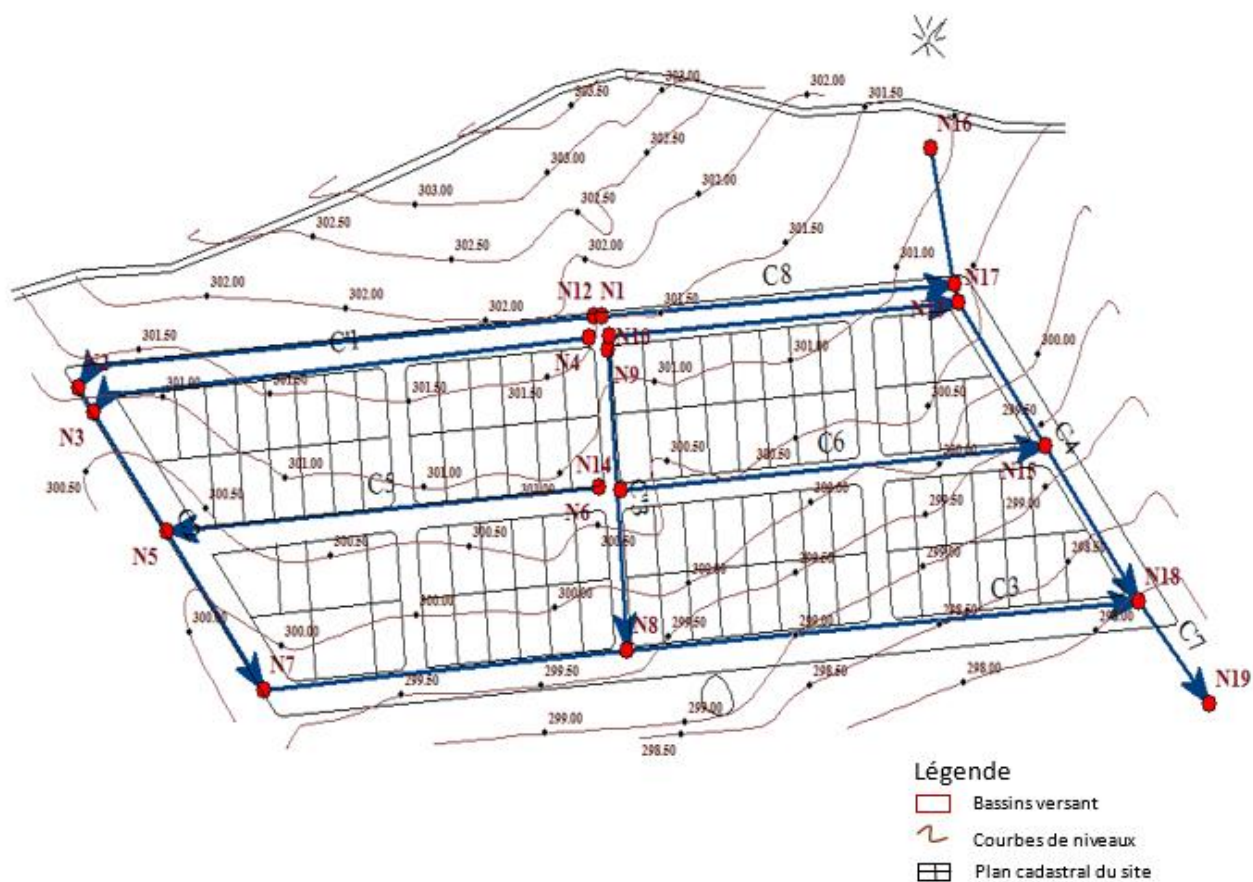


Figure 15:Présentation du nouveau réseau de drainage du site de Kartenga

Pour ce qui concerne le site de Kartenga, nous avons obtenu en tout 8 bassins versants élémentaires drainés par un réseau de 9 collecteurs. Le tableau 12 présente les caractéristiques de ces bassins.

Tableau 12: Caractéristiques des bassins versants élémentaires du site de Kartenga

Caractéristiques des bassins versant élémentaires										
Sous-bassin	S (ha)	P (Km)	Kg	Alt Min (m)	Alt Max (m)	Pente I	C	Tc (mn) - Kirpich	I (mm/h)	Q10 (m ³ /s)
BV1	3.07	0.97	1.56	301	303	0.45%	0.45	15.6	169.4	0.650
BV'1	1.82	0.83	1.73	301	302	0.38%	0.45	15.1	173.0	0.393
BV4	2.79	0.79	1.33	300	301	0.39%	0.45	13.3	188.0	0.655
BV5	1.05	0.58	1.60	300	300	0.26%	0.45	13.2	188.8	0.249
BV7	0.19	0.41	2.64	300	302	0.96%	0.45	6.5	300.2	0.071
BV6	1.45	0.78	1.83	298	300	0.61%	0.45	12.2	198.9	0.361

BV3	2.91	0.81	1.35	299	301	0.68%	0.45	11.1	211.8	0.770
Bv'2	1.36	0.63	1.53	300	301	0.50%	0.45	10.7	216.3	0.369
BV2	1.78	0.66	1.40	301	303	0.77%	0.45	9.1	240.0	0.533
BV8	0.53	0.31	1.21	301	302	0.93%	0.45	4.5	382.5	0.255

o Site de Taonsgo

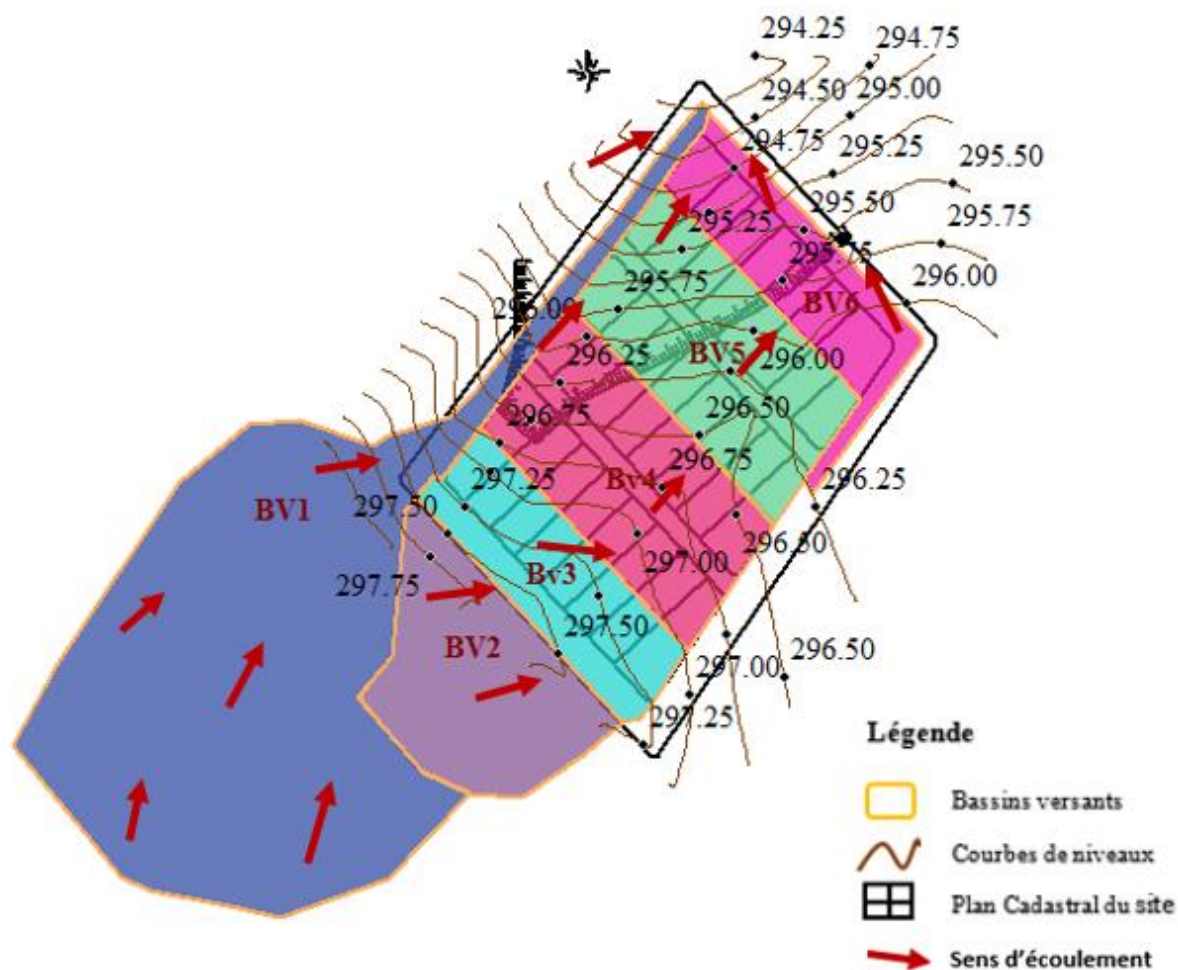


Figure 16: Présentation des bassins versants élémentaires du site de Taonsgo

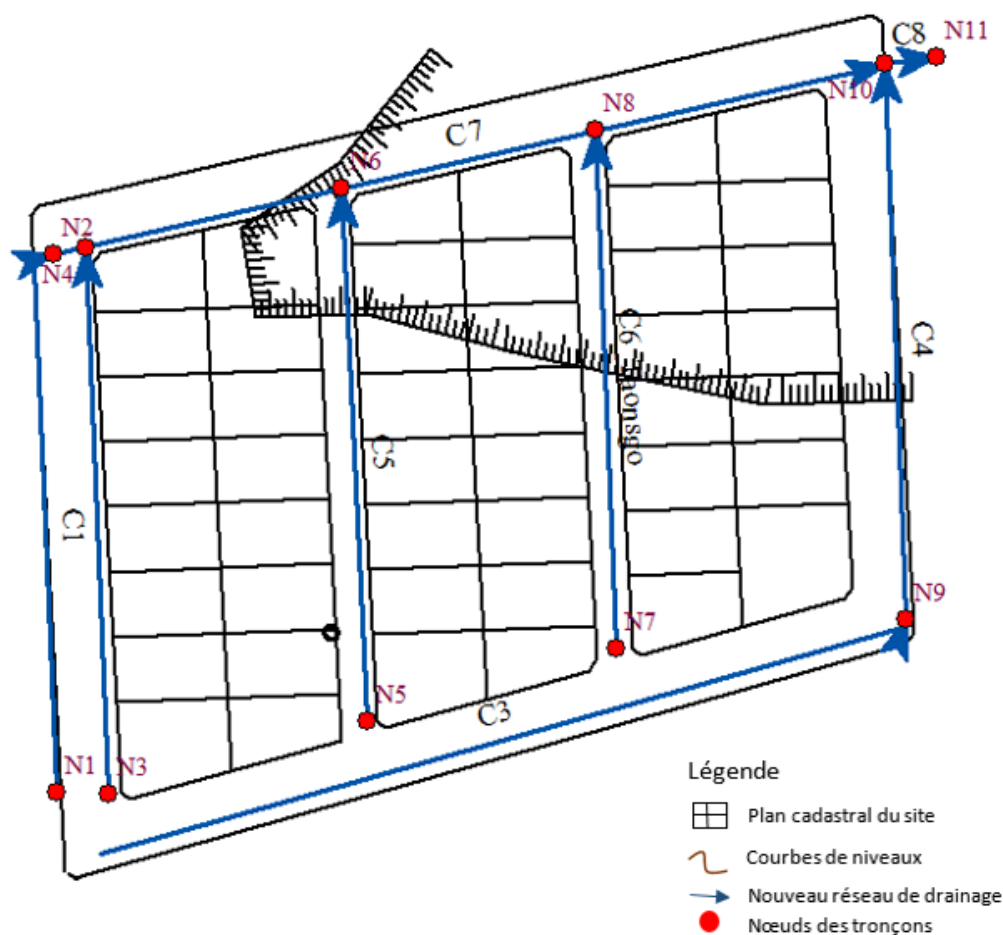


Figure 17: Présentation du nouveau réseau de drainage du site de Taonsgo

Au niveau du site de Taonsgo, nous avons obtenu en tout 6 bassins versants élémentaires drainés par un réseau de 8 collecteurs. Le tableau 13 ci-dessous présente les caractéristiques de ces bassins.

Tableau 13: Caractéristiques des bassins versants élémentaires du site de Taonsgo

Caractéristiques des bassins versants élémentaires										
Sous-bassin	S (ha)	P (Km)	Kg	Alt Min (m)	Alt Max (m)	Pente I	C	Tc (mn) - Kirpich	I (mm/h)	Q10 (m³/s)
BV1	5.31	1.44	1.77	294	302	1.20%	0.45	14.9	174.7	1.160
BV2	1.39	0.50	1.19	295	300	2.71%	0.50	4.2	399.3	0.768
Bv3	1.02	0.48	1.33	297	298	0.50%	0.45	8.3	255.9	0.327
Bv4	1.55	0.53	1.21	296	297	0.78%	0.45	7.2	279.9	0.542
BV5	1.51	0.53	1.21	295	297	0.92%	0.45	6.7	294.1	0.556
BV6	0.98	0.58	1.67	294	296	0.78%	0.45	8.7	247.9	0.302

o Site de Voaga

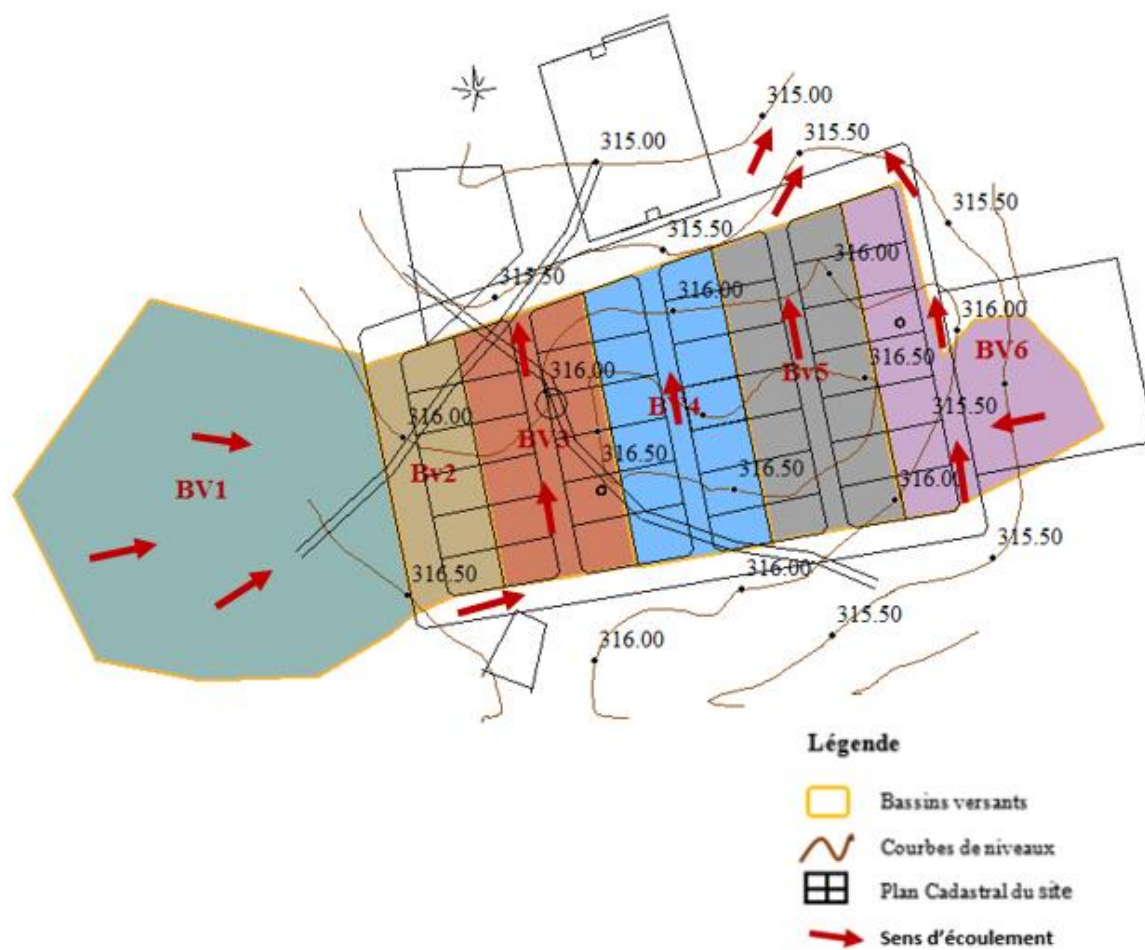


Figure 18: Présentation des bassins élémentaires du site de Voaga

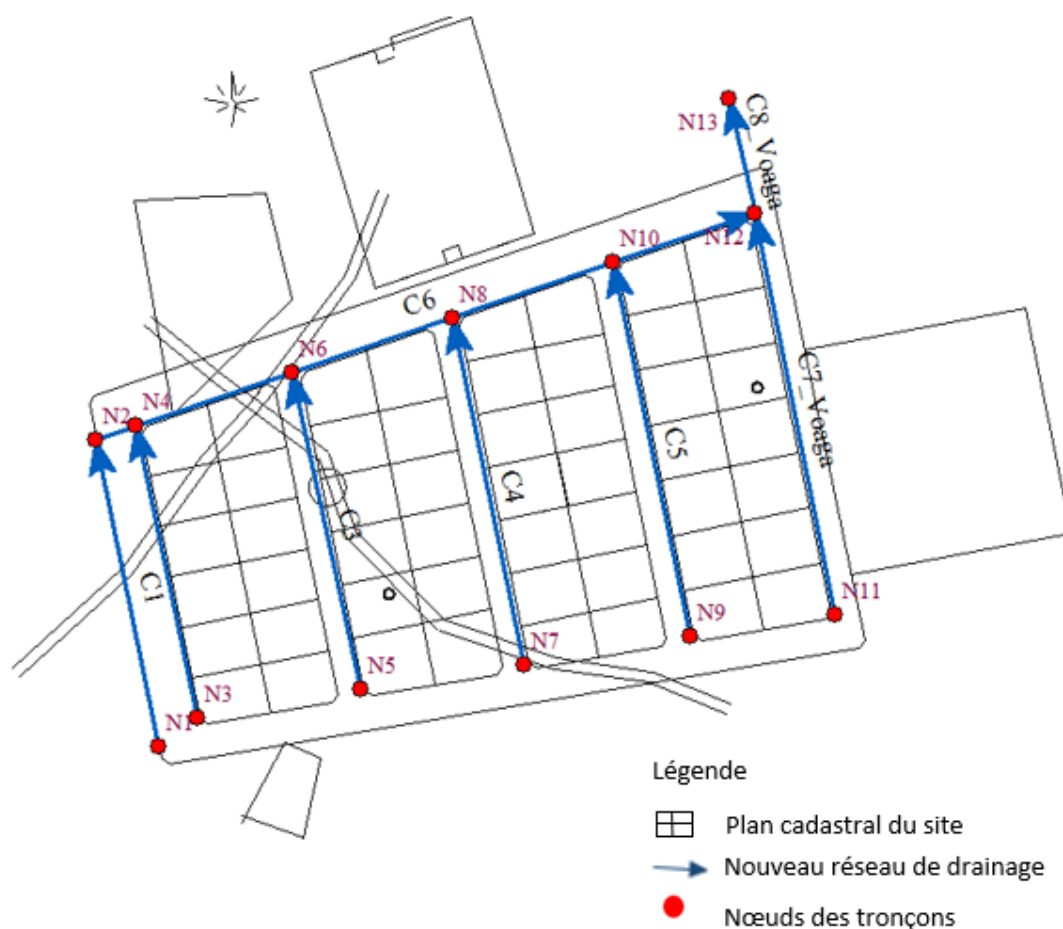


Figure 19: Présentation du nouveau réseau de drainage du site de Voaga

Sur le site de Voaga, nous avons obtenu en tout 6 bassins versants drainés par un réseau de 7 collecteurs. Le tableau 14 présente les caractéristiques de ces bassins.

Tableau 14: Caractéristiques des bassins versants élémentaires de Voaga

Caractéristiques des bassins versants élémentaires										
Sous-bassin	S (ha)	P (Km)	Kg	Alt Min (m)	Alt Max (m)	Pente I	C	Tc (mn) - Kirpich	I (mm/h)	Q10 (m ³ /s)
BV1	3.32	0.68		316	317	0.23%	0.45	12.7	194.0	0.806
Bv2	0.70	0.38	1.29	316	316	0.58%	0.45	6.4	300.7	0.263
BV3	1.08	0.44	1.20	316	317	0.55%	0.45	7.1	283.6	0.383
BV4	1.20	0.47	1.21	315	317	0.57%	0.45	7.3	276.6	0.416
Bv5	1.23	0.49	1.23	316	317	0.53%	0.45	7.9	264.4	0.407
BV6	1.20	0.56	1.44	316	317	0.42%	0.45	10.2	223.3	0.336

o Site de Silmiougou

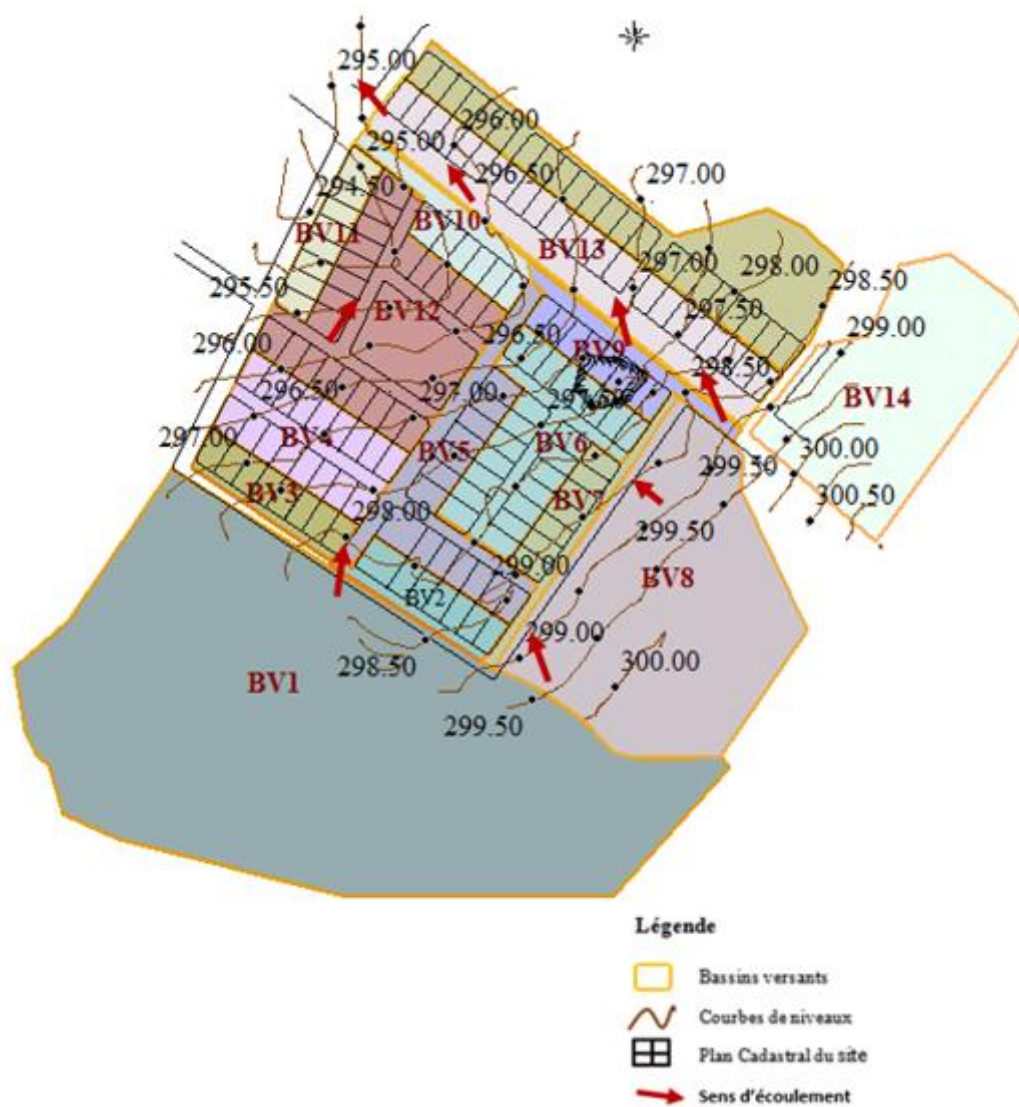


Figure 20: Présentation des bassins versants élémentaires du site de Silmiougou

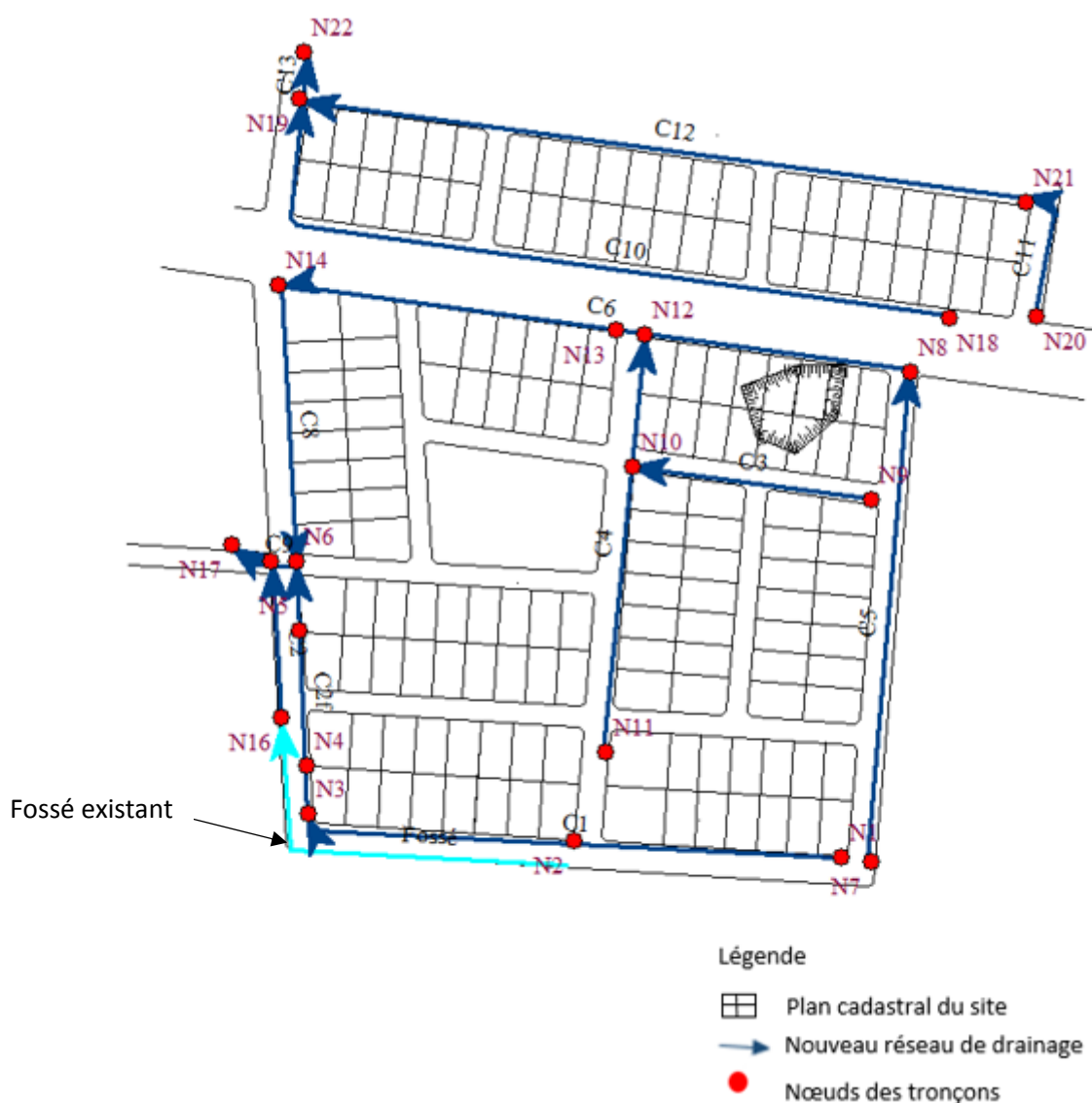


Figure 21: Présentation du nouveau réseau de drainage du site de Silmiougou

Le site de Silmiougou a été subdivisé en 15 sous bassins versants élémentaires drainés par un réseau de 13 collecteurs. Les eaux de ruissèlement sont drainées hors du site vers deux exutoires. Le tableau 15 présente les caractéristiques de ces bassins.

Tableau 15: Caractéristiques des bassins versants de Silmiougou

Caractéristiques des bassins versants élémentaires										
Sous-bassin	S (ha)	P (Km)	Kg	Alt Min (m)	Alt Max (m)	Pente I	C	Tc (mn) - Kirpich	I (mm/h)	Q10 (m³/s)
BV1	19.85	1.94	1.23	297	300	0.37%	0.45	26.0	121.5	3.016
BV2	0.89	0.50	1.48	298	299	0.49%	0.45	8.9	244.3	0.273
BV3	0.94	0.47	1.37	297	298	0.76%	0.45	7.0	284.4	0.334
BV4	1.88	0.59	1.21	296	298	0.96%	0.45	7.1	282.2	0.662
BV5	2.32	1.11	2.06	296	299	0.53%	0.45	17.1	159.3	0.461
BV6	2.49	0.78	1.39	296	298	0.69%	0.45	10.8	215.2	0.671
BV7	1.01	0.83	2.32	298	299	0.29%	0.45	17.4	157.8	0.199
BV8	7.46	1.10	1.14	298	301	0.70%	0.45	12.5	195.5	1.823
BV9	1.17	0.70	1.83	296	299	0.97%	0.45	9.3	236.5	0.346
BV10	1.01	0.59	1.64	295	296	0.37%	0.45	11.5	206.6	0.261
BV11	0.75	0.46	1.49	295	296	0.58%	0.45	7.8	264.6	0.249
BV12	3.88	0.90	1.30	295	297	0.68%	0.45	11.8	203.2	0.984
BV13	3.63	1.18	1.75	295	299	0.66%	0.45	16.0	166.5	0.756
BV14	4.62	0.90	1.18	299	301	0.84%	0.45	10.2	222.6	1.285
BV15	3.66	1.25	1.84	296	299	0.51%	0.45	18.6	150.9	0.690

o Site de Tabtenga

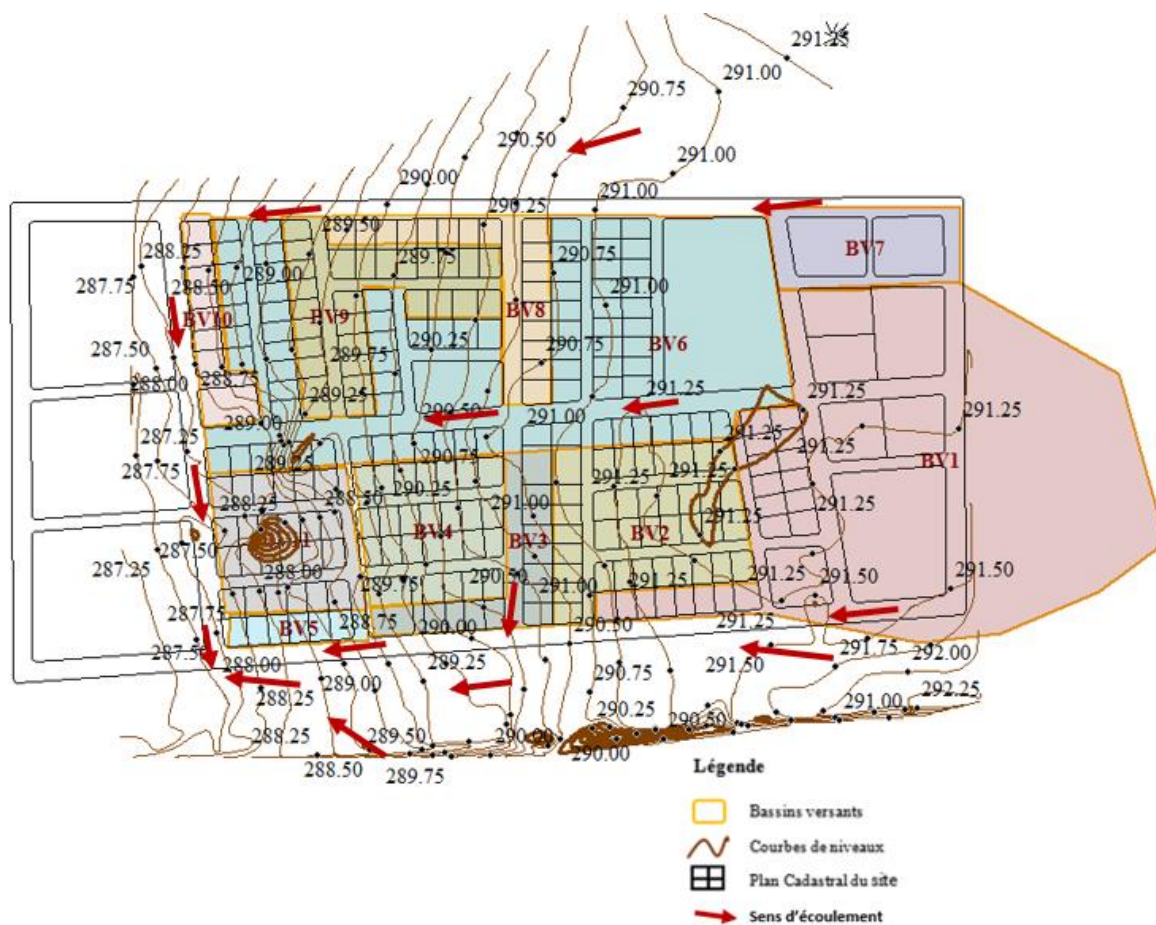


Figure 22: Présentation des bassins versants du site de Tabtenga

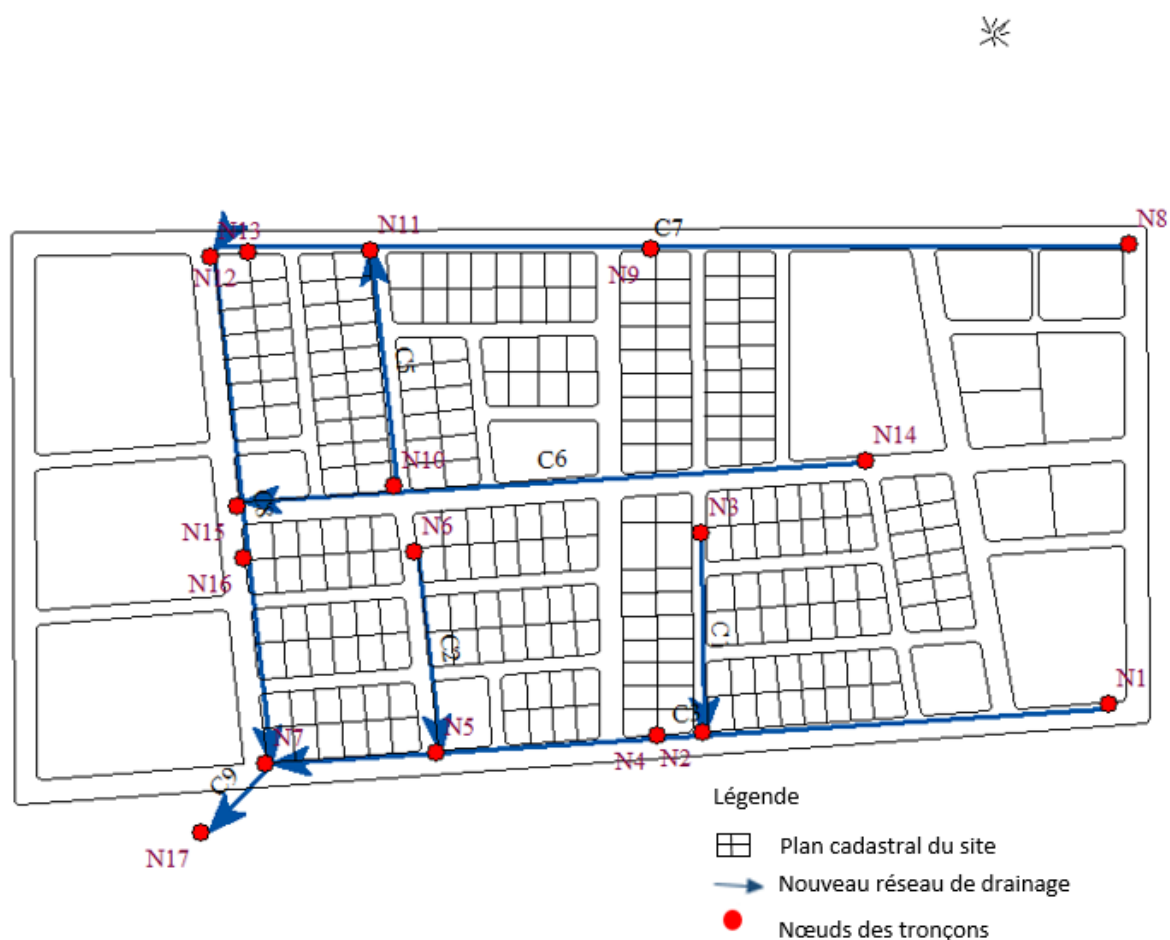


Figure 23: Présentation du nouveau réseau du site de Tabtenga

Le site de Tabtenga quant à lui a été subdivisé en 11 bassins versants élémentaires drainés par un réseau de 8 collecteurs. Les eaux sont évacuées hors du site vers un unique exutoire. Le tableau 16 ci-dessous présente les caractéristiques de ces bassins.

Tableau 16: Caractéristiques des bassins versants élémentaires de Tabtenga

Caractéristiques des bassins versants élémentaires										
Sous-bassin	S (ha)	P (Km)	Kg	Alt Min (m)	Alt Max (m)	Pente I	C	Tc (mn) - Kirpich	I (mm/h)	Q10 (m ³ /s)
BV1	12.86	1.72	1.35	291	292	0.15%	0.45	34.6	100.9	1.622
BV2	3.00	0.75	1.22	290	291	0.34%	0.45	12.9	191.4	0.717
BV3	1.31	0.74	1.81	289	291	0.63%	0.45	11.4	207.0	0.340
BV4	2.12	0.58	1.13	289	291	0.93%	0.45	6.9	288.6	0.764
BV5	0.47	0.35	1.45	288	289	1.06%	0.45	5.0	353.5	0.206
BV6	9.72	2.36	2.13	288	291	0.32%	0.45	37.1	96.5	1.172

BV7	1.54	0.55	1.24	291	291	0.03%	0.45	24.7	125.7	0.242
BV8	1.45	0.83	1.94	289	291	0.48%	0.45	14.1	180.7	0.328
BV9	2.34	0.90	1.66	289	290	0.42%	0.45	15.3	171.7	0.501
BV10	0.81	0.54	1.69	288	289	0.31%	0.45	11.6	204.8	0.208
BV11	2.05	0.57	1.13	288	289	1%	0.45	7.0	286.3	0.732

o Site de Donsin partie 1

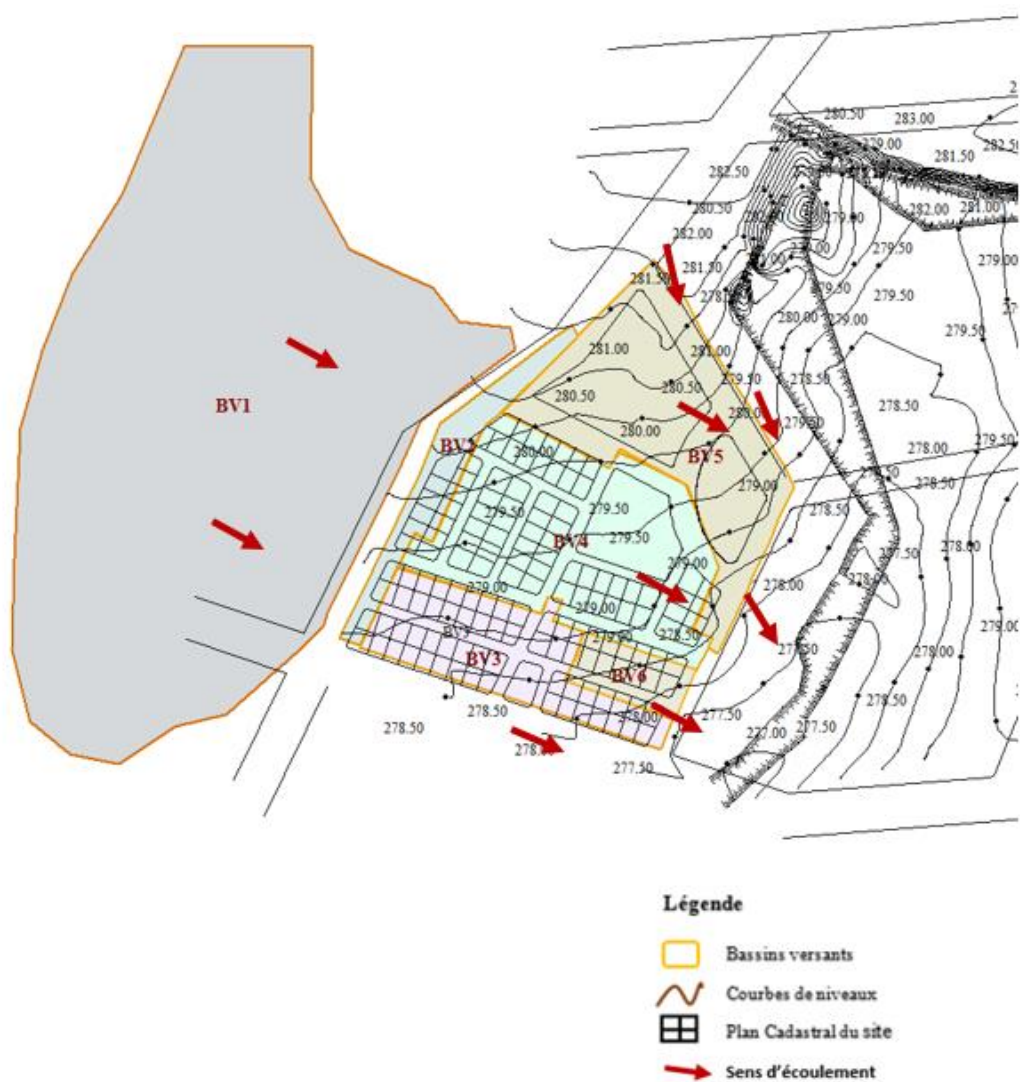


Figure 24: Présentation des bassins versants élémentaires du site de Donsin_Partie1

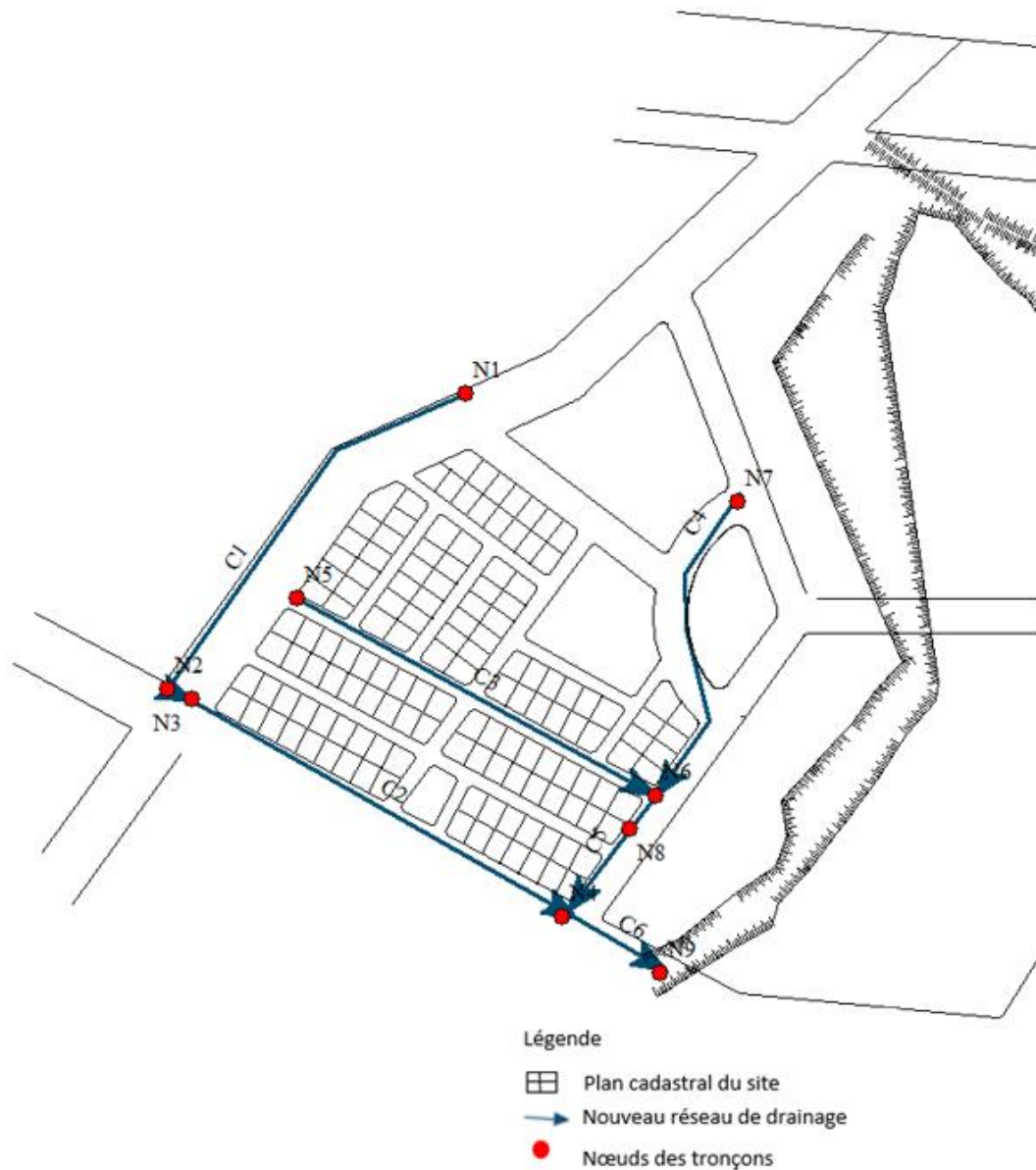


Figure 25: Présentation du nouveau réseau du site de Donsin partie 1

Ici, le nouveau réseau de drainage garde pratiquement la même configuration que l'ancien, sauf que des drains ont été ajoutés à l'intérieur du site. Nous avons en tout 7 sous bassins versants élémentaires drainés par un réseau de 5 collecteurs. Les eaux sont évacuées hors du site vers un unique exutoire qui est la rivière à l'aval du site. Le tableau 17 ci-dessous présente les caractéristiques de ces bassins.

Tableau 17: Caractéristiques des bassins versants élémentaires de Donsin_partie1

Caractéristiques des bassins versants										
Sous-bassin	S (ha)	P (Km)	K _G	Alt Min (m)	Alt Max (m)	Pente I	C	Tc (mn) - Kirpich	I (mm/h)	Q10 (m³/s)
BV1	27.52	2.27	1.22	280	281	0.18%	0.45	38.1	94.8	3.262
BV2	1.46	0.98	2.28	279	281	0.54%	0.45	15.5	169.9	0.310
BV3	2.93	0.98	1.61	277	279	0.44%	0.45	15.8	167.6	0.613
BV4	6.19	1.15	1.31	278	281	0.59%	0.45	15.0	173.8	1.345
BV5	5.56	1.25	1.50	278	282	0.74%	0.45	15.4	170.7	1.186
BV6	0.83	0.40	1.23	278	279	0.97%	0.45	5.3	339.6	0.351
Bv7	4.77	0.90	1.17	285	288	0.88%	0.45	10.0	225.7	1.344

o Site de Donsin partie 2

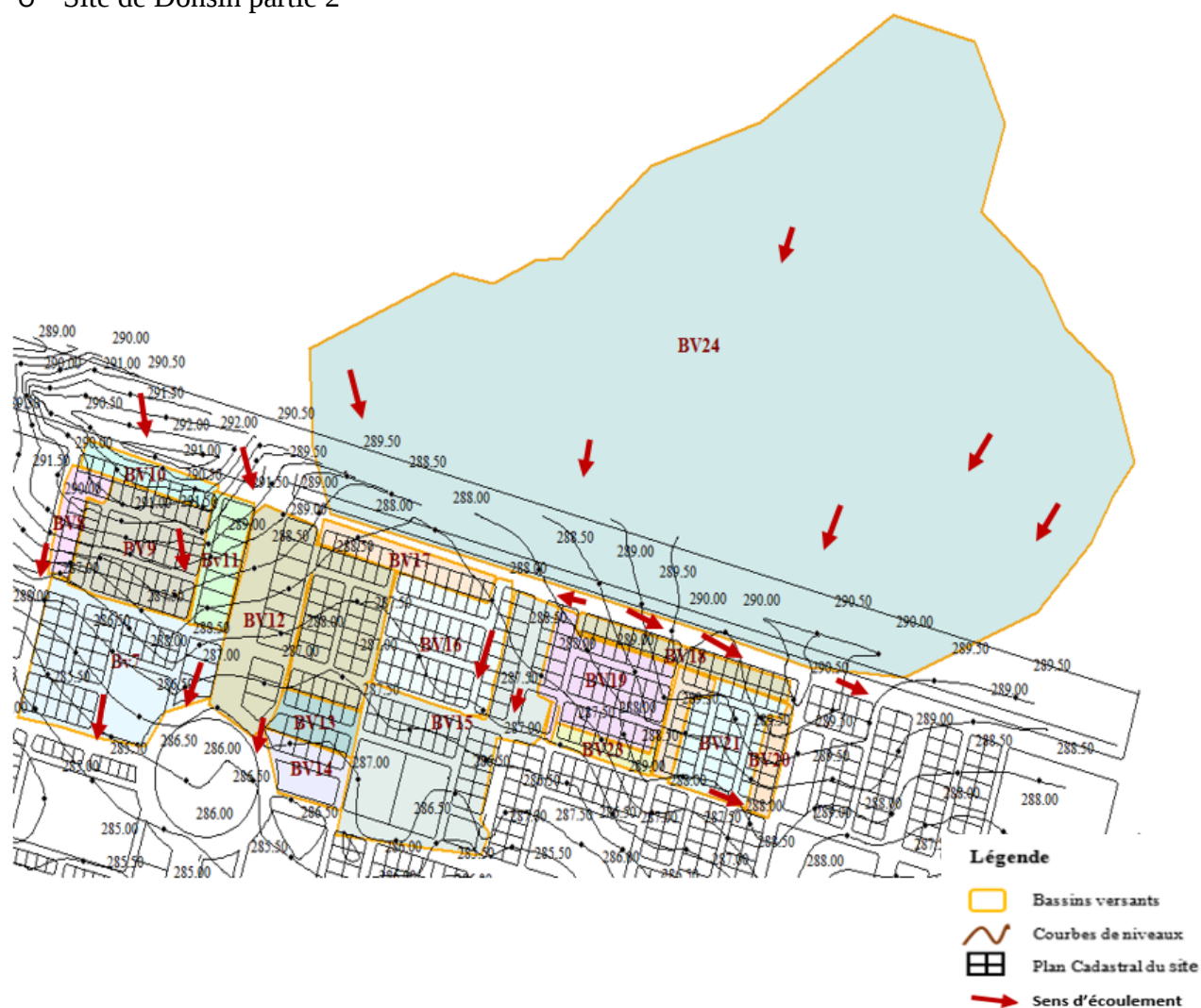


Figure 26: Présentation des bassins versants élémentaires du site de Donsin partie 2

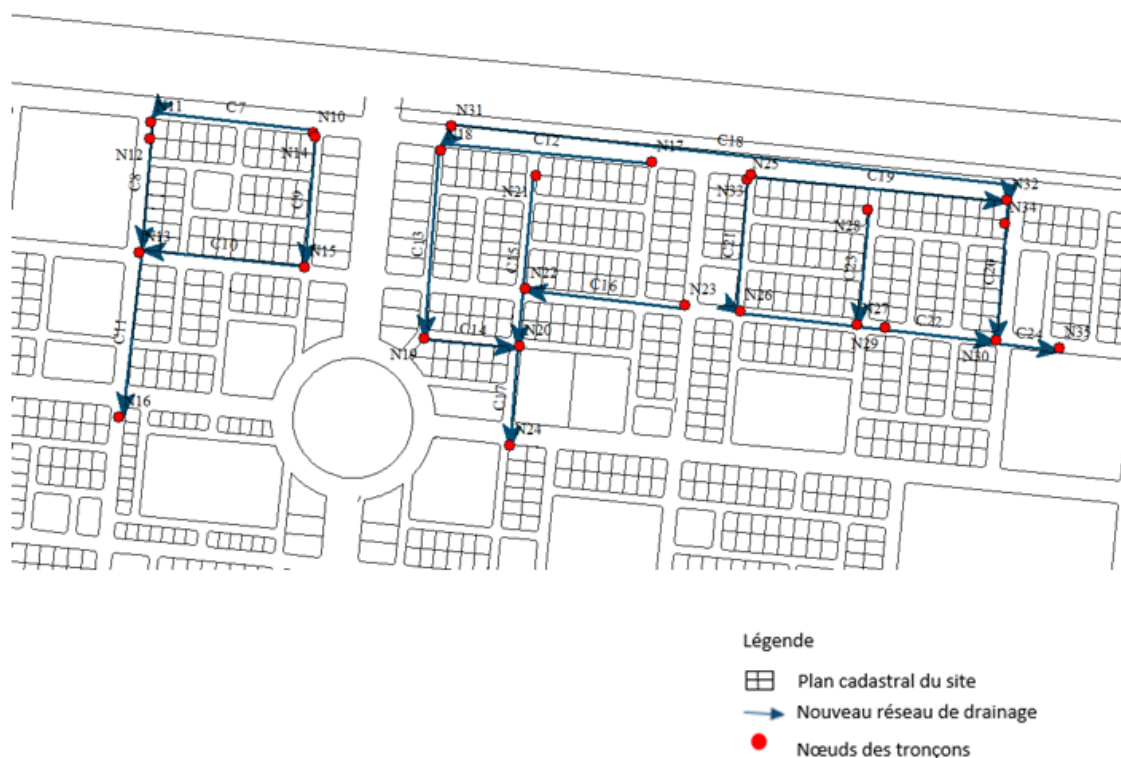


Figure 27: Présentation du nouveau réseau du site de Donsin partie 2

Sur ce dernier site, nous avons jugé nécessaire de prévoir une colature de ceinture au côté Nord du site afin de le préserver des eaux extérieures qui représentent un très grand débit vu l'emprise même du bassin versant. Nous avons en tout 17 bassins versants élémentaires drainés par un réseau de 19 collecteurs. Les eaux sont évacuées hors du site vers 3 exutoires principaux. Le tableau 18 ci-dessous présente les caractéristiques de ces bassins.

Tableau 18: Caractéristiques des bassins versants de Donsin partie 2

Caractéristiques des bassins versants										
Sous-bassin	S (ha)	P (Km)	Kg	Alt Min (m)	Alt Max (m)	Pente I	C	Tc (mn) - Kirpich	I (mm/h)	Q10 (m³/s)
BV8	0.67	0.4	1.5	288	291	1.86%	0.45	4.8	366.2	0.308
BV9	2.85	0.7	1.1	287	291	1.48%	0.45	6.6	297.0	1.059
BV10	0.76	0.5	1.6	290	292	0.72%	0.45	8.0	261.0	0.248
Bv11	1.07	0.5	1.3	288	291	1.70%	0.45	5.1	351.6	0.471
BV12	5.49	1.3	1.6	286	289	0.52%	0.45	18.8	149.9	1.029
BV13	0.81	0.4	1.2	286	287	0.34%	0.45	8.0	261.8	0.265

BV14	0.92	0.4	1.2	286	287	0.43%	0.45	7.2	279.5	0.321
BV15	5.68	1.3	1.5	286	288	0.48%	0.45	19.1	148.6	1.055
BV16	2.96	0.7	1.2	287	288	0.42%	0.45	11.6	205.7	0.761
BV17	0.97	0.6	1.8	288	288	0.25%	0.45	14.5	177.7	0.216
BV18	0.93	0.7	2.2	289	291	0.6%	0.45	12.3	197.5	0.230
BV19	2.49	0.8	1.4	287	290	0.7%	0.45	11.0	212.8	0.662
BV20	0.52	0.4	1.5	289	291	1.2%	0.45	5.0	354.6	0.232
BV21	1.85	0.6	1.2	288	291	1.0%	0.45	7.1	283.7	0.657
BV22	0.54	0.4	1.6	288	290	0.8%	0.45	6.3	304.0	0.204
BV23	0.49	0.4	1.7	287	289	0.8%	0.45	6.9	286.9	0.176
BV24	68.10	3.5	1.2	288	296	0.6%	0.45	32.2	105.7	8.997

Les pentes varient de 0.003% à 1.86%. Cela vient justifier l'adoption de la méthode rationnelle pour le dimensionnement car pour utiliser la méthode de Caquot, il aurait fallu que celles-ci soient incluses dans l'intervalle [0.0065 ; 0.014] (SIGHOMNOU D., 1986).

IV.2.2. Détermination du débit de dimensionnement des collecteurs

L'association des bassins versants en série ou en parallèle selon leur configuration a permis d'obtenir les débits de dimensionnement des tronçons de collecteur. Le calcul détaillé des débits est présenté en annexe 4.

Comme cela a été dit dans la méthodologie, chaque dalot est dimensionné avec le débit du collecteur dont il intercepte les eaux. Lorsque nous considérons l'ensemble des sites, le plus grand dalot sera implanté à Donsin (plateforme) avec un débit de **9 m³/s**. Les résultats de son dimensionnement hydraulique sont consignés dans le tableau 23 au niveau de l'étude hydraulique.

IV.3. Etude hydraulique

IV.3.1. Dimensionnement des collecteurs

Le profil retenu pour les collecteurs est trapézoïdal avec un revêtement en perré maçonné.

- Le calage des collecteurs.

Les profils en long des collecteurs ont permis d'effectuer leur calage par rapport au terrain naturel. Les ruptures de pentes naturelles y sont matérialisées par des chutes. Nous présentons dans le tableau 19 ci-dessous la longueur totale du réseau par site ainsi que la longueur totale du réseau pour le projet. Les profils du site de Kartenga sont présentés en annexe 5

Tableau 19: Longueur totale du réseau par site

Site	Longueur du réseau (m)
Kartenga	4 118
Taonsgo	1 205
Silmiougou	3 721
Voaga	1 285
Tabtenga	3 105
Donsin	6 092
Total	19 525

Le site de Donsin est celui qui a le plus long réseau et le plus petit correspond au site de Taonsgo. La longueur totale du nouveau réseau de drainage est de **19.525 km**.

- Le dimensionnement hydraulique

Le dimensionnement hydraulique des collecteurs est basé sur la formule du débit de Manning Strickler. Pour chaque tronçon, les conditions de vitesse sont vérifiées. Le tableau 20 représente l'exemple du dimensionnement pour le site de Kartenga. Le tableau 21 résume les types de collecteurs retenus pour chaque site et la longueur correspondant à chaque type.

Tableau 20: Dimensionnement du réseau de Kartenga

Tronçon	Q10 final (m3/s)	I_TN (m/m)	I imposée (m/m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Condition Vitesse	Fr
N1_N2	0.650	0.002	0.005	0.7	0.48	0.65	0.17	1.42	V	0.4
N2_N3	0.650	0.014	0.005	0.7	0.48	0.65	0.17	1.42	V	0.4
N4_N3	0.393	0.003	0.005	0.7	0.36	0.65	0.29	1.25	V	0.4
N3_N5	0.705	0.006	0.005	0.7	0.51	0.65	0.14	1.46	V	0.4
N6_N5	0.655	0.002	0.005	0.7	0.49	0.65	0.16	1.43	V	0.4
N5_N7	0.705	0.003	0.005	0.7	0.51	0.65	0.14	1.46	V	0.4
N7_N8	0.705	0.001	0.005	0.7	0.51	0.65	0.14	1.46	V	0.4
N8_N18	0.705	0.004	0.005	0.7	0.51	0.65	0.14	1.46	V	0.4
N14_N15	0.770	0.004	0.005	0.7	0.53	0.65	0.12	1.49	V	0.4
N10_N17	0.369	0.003	0.005	0.7	0.34	0.65	0.31	1.23	V	0.4
N12_N13	0.533	0.004	0.005	0.7	0.43	0.65	0.22	1.35	V	0.4
N16_N13	0.255	0.006	0.005	0.7	0.27	0.65	0.38	1.11	V	0.4
N13_N17	0.693	0.003	0.005	0.7	0.50	0.65	0.15	1.45	V	0.7
N17_N15	0.722	0.012	0.005	0.7	0.52	0.65	0.13	1.46	V	0.4
N15_N18	0.770	0.001	0.005	0.7	0.53	0.65	0.12	1.49	V	0.4
N18_N19	0.770	0.014	0.005	0.7	0.53	0.65	0.12	1.49	V	0.4

À chaque fois que cela était possible, les sections ont été uniformisées afin de faciliter la mise en œuvre. Aussi, une attention particulière a été accordée aux dimensions finies (hauteur et base) afin de retenir des valeurs constructives et faciles à exécuter. Pour ce site, la pente quant à elle a été imposée à 0.005 tout d'abord pour éviter les pentes très faibles de l'ordre de 0.001 pouvant conduire à des vitesses très faibles. De plus, cela facilite également la mise en œuvre.

La vitesse varie de 1.11 m/s à 1.42 m/s, les conditions limites de vitesses sont donc vérifiées. Le nombre de Froude est également inférieur à 1 pour l'ensemble ; l'écoulement dans le réseau est donc de type fluvial.

Les calculs de dimensionnement pour les autres sites suivent la même logique que celui-ci et les détails sont présentés en annexe 4.

Tableau 21: Types de collecteurs et leurs longueurs

Site	Type de caniveau	Dimensions cm*cm*cm	Longueur totale (m)
Kartenga	CT1	100*70*65	4118
Taonsgo	CT2	100*75*70	99
	CT3	100*60*60	719
	CT4	100*80*75	18
Voaga	CT5	100*70*70	500
	CT6	100*60*55	784
Silmiougou	CT2	100*75*70	1301
	CT3	100*60*60	385
	CT7	100*120*100	161
	CT8	100*95*90	1017
Tabtenga	CT2	100*75*70	1067
	CT3	100*60*60	793
	CT9	100*100*0.9	1415
Donsin	CT7	100*120*100	554
	CT10	100*130*120	411
	CT8	100*95*90	2068
	CT3	100*60*60	1258
	CT1	100*70*65	677
	CT11	100*180*150	1258

Le nouveau réseau de drainage est constitué de 11 types de collecteurs que nous avons nommés CT1, CT2, jusqu'à CT11. Certains types se retrouvent à la fois sur plusieurs sites et seul le site de Kartenga a des collecteurs de même type dans son réseau.

IV.3.2. Dimensionnement des ouvrages de franchissement

- Le dimensionnement des dalettes

Elles ont été calculées, avec du béton armé en flexion simple à l'Etat limite de Service (ELS) ; suivant les prescriptions du BAEL 91 révisé 99. Leurs dimensions dépendent de celles des caniveaux sur lesquels elles reposent.

- Le dimensionnement des dalots
 - Dimensionnement hydraulique des dalots

Comme cela a été dit dans la méthodologie, chaque dalot est dimensionné avec le débit du collecteur dont il intercepte les eaux. Lorsque nous considérons l'ensemble des sites, le plus grand dalot sera implanté à Donsin (plateforme) avec un débit de 9 m³/s. Les résultats de son dimensionnement hydraulique sont consignés dans le tableau 22.

Tableau 22: Dimensionnement hydraulique du grand dalot

Ouvrage hydraulique	Débit	Nombre d'ouvertures	Largeur du dalot	Hauteur du dalot	Niveau d'eau amont	Condition d'écoulement	Coefficient de Manning	Tirant d'eau	Condition sur la vitesse	Revanche minimal	Revanche réelle
	Q	n	B	D	H1	Type d'écoulement	K _s	y	Limitation	V2/2g	R
	[m ³ /s]	[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[...]	[m]	[-]	[m]	[m]
Grand dalot	9	1	3.7	1.5	1.29	En surface	67	0.84	Vérifiée	0.42	0.66

- Le dimensionnement structural des dalots

Le dimensionnement structural des dalots a été fait sur la base des hypothèses présentées plus haut dans la méthodologie et suivant les prescriptions techniques des documents également cités plus haut. Il a été effectué avec le logiciel CYPE. Les résultats de ce dimensionnement sont présentés en annexe 3 ainsi que le plan de ferrailage du dalot.

Le tableau 23 ci-dessous présente le nombre de dalots et de dalettes obtenus par site.

Tableau 23: Le nombre total d'ouvrages de franchissement par site

Ouvrages de franchissement		
Site	Dalots	Dalettes
Kartenga	12	444
Taonsgo	5	144
Voaga	5	198
Silmiougou	8	578
Tabtenga	10	306
Donsin	21	732
Total	61	2402

C'est un total de 61 dalots et 2402 dalettes qui a été obtenu pour l'ensemble des six sites

V. Etude financière des travaux

Les prix unitaires dans le cadre de l'étude financière ont été fixés en considérant la moyenne de prix généralement utilisée dans des projets similaires au Burkina Faso. Plus précisément, les prix unitaires proposés par les entreprises ayant travaillé sur la partie déjà réalisée de ce projet ont été considérés après les avoir comparés aux prix moyens.

V.1. Estimation du coût de réalisation des collecteurs

Il y'a deux volets dans la réalisation des collecteurs à savoir la réalisation des fouilles et déblais d'une part et d'autre part, nous avons la pose du perré maçonné.

La réalisation des fouilles est facturée au mètre cube (m^3). Ainsi, connaissant les dimensions des différents types de collecteurs ainsi que la longueur des tronçons correspondants, le volume des fouilles est calculé en tenant aussi compte de l'épaisseur du perré maçonné à mettre en place.

La pose du perré maçonné est facturée par mètre carré de perré posé. Connaissant les dimensions du collecteur, on calcule la surface totale de perré à mettre en place en multipliant la section par la longueur totale des collecteurs de mêmes sections. Les prix unitaires prennent en compte le coût du matériau et de la main d'œuvre.

V.2. Estimation du coût des ouvrages de franchissement

Pour ce qui concerne les dalettes, le prix d'une dalette a été estimé en tenant compte du béton armé employé dans la confection ainsi que de la main d'œuvre. Le coût obtenu a alors été multiplié par le nombre de dalettes de mêmes sections.

Tout comme les collecteurs, le coût du mètre linéaire de dalot a été estimé en fonction des sections et multiplié par la longueur totale des dalots de même section. Le prix unitaire de construction d'un dalot tient compte du ferrailage qui doit s'y loger et de la main d'œuvre.

Le coût de réalisation de l'ensemble du projet est donné dans le tableau 24 suivant :

Tableau 24: Estimation du coût des travaux

Estimation financière des travaux					
	Désignation	Unité	PU (FCFA)	Quantité estimée	Montant estimé (FCFA)
1	Amené / repli	ff	3 000 000	1	3 000 000
2	Réalisation des fouilles (Caniveau, dalots, radier)	m ³	2 000	36006	72 011 261
3	Pose de perré maçonné de section trapézoïdale	m ²	6 000	82632	495 789 990
4	Fourniture et pose de dalettes de passage (Ep.20cm)	u	15 000	2096	31 440 000
7	Construction de dalot	u	800 000	61	48 800 000
	Total HTVA	FFCFA			651 041 252

Le coût global du projet s'élève à 651 041 250 FCFA HTVA. La répartition de ce coût par site est présentée sur le diagramme de la figure 28. Le site de Donsin est celui qui occupe la plus grande part (près de la moitié) du coût ; ce qui est normal puisqu'il est beaucoup plus vaste et que son réseau est plus long que les cinq (05) autres.

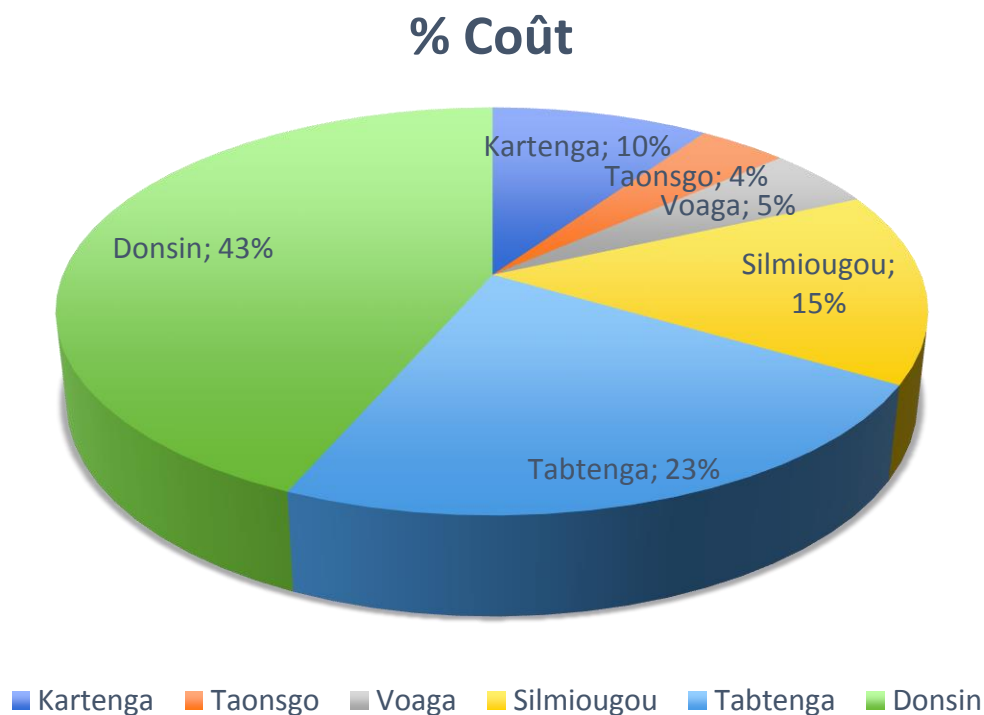


Figure 28: Répartition du coût du projet par site

Aux termes de cette étude financière, nous avons pu constater que le coût du projet est assez élevé. Nous suggérons alors, dans le cas où la maîtrise d'ouvrage ne disposerait pas de la totalité de la somme, de procéder par échéancement des travaux.

Ainsi, nous proposons de prioriser les collecteurs principaux sur chaque site avec les ouvrages de franchissement correspondant ; puis viendront les secondaires et enfin les collecteurs passant devant les habitations si possible.

Toutefois, l'on pourrait aussi prioriser les sites selon leur potentiel d'inondation si la population n'en fait pas un problème.

VI. Impact environnemental du projet

VI.1. Problématique

Comme tout projet d'aménagement, la réalisation d'un réseau d'assainissement pluvial a un effet de modification de l'environnement immédiat dans lequel il se déroule. Cependant, dans la législation de chaque pays, les projets sont classés par catégorie, en fonction des impacts qu'ils sont susceptibles d'avoir sur l'environnement, et à chaque catégorie correspond un modèle d'analyse de ces impacts.

Dans le cas du Burkina Faso, le décret n° 006-2013/AN portant contenu, procédure et champ d'application des Etudes ou Notices d'Impact Environnemental, montre que les projets d'assainissement comme celui-ci sont classés dans la catégorie B. Ces derniers sont soumis à une EIE simplifiée ou Notice d'impact Environnemental (NIE)

VI.2. Objectif de la notice d'impact environnemental

L'objectif global de cette notice d'impact environnemental du projet est d'évaluer le degré de perturbation de l'environnement immédiat par celui-ci. Cela permet de décider, en prenant en compte les aspects négatifs et les aspects positifs de ce projet, s'il convient de le réaliser ou pas ; et aussi de prévoir des mesures d'atténuation des impacts négatifs et de bonification des aspects positifs.

Plus précisément, elle consiste en :

- La description du cadre législatif, réglementaire et institutionnel qui s'applique au projet ;
- La description de l'état initial du milieu physique et du contexte socio-économique de la zone du projet ;
- La justification du projet ;
- L'identification et l'évaluation des impacts du projet sur l'environnement ;
- La proposition d'un modèle de gestion environnementale des impacts du projet.

VI.3. Cadre législatif, réglementaire et institutionnel

Le Burkina Faso dispose d'un cadre juridique réglementaire régissant l'élaboration et la mise en œuvre des Etudes d'Impact Environnemental et Social. En effet, les principaux textes sont :

- o La loi n° 062/95/ADP du 14 décembre 1995 portant Code des Investissements et des formalités au Burkina Faso et son décret d'application n° 96-235/PM/MICIA/MEF ;
- o La loi 006/97/ADP du 31 janvier 1997, portant Code Forestier au Burkina Faso ;
- o Le décret n°98 322/PRES/PM/MEE/MCIA/MEM/MS/MATS/METSS/MEF du 28 juillet 1998, portant conditions d'ouverture et de fonctionnement des établissements dangereux, insalubres et incommodes ;
- o Le décret n° 2001-185/PRES/PM/MEE du 7 mai 2001, portant fixation des normes de rejets de polluants dans l'air, l'eau et le sol ;
- o Le décret n° 2001-342/PRES/PM/MEE du 17 juillet 2001 portant champ d'application, contenu et procédure de l'EIE et de la NIE ;
- o La loi n° 002-2002/AN du 8 Février 2001 portant loi d'orientation relative à la gestion de l'eau qui a été promulguée par le décret n° 2001-126/PRES du 03 avril 2001.

Pour ce qui concerne le cadre institutionnel, il s'appuie essentiellement sur la constitution du 11 juin 1991 qui consacre le principe de protection de l'environnement comme un devoir de l'Etat et de la nation.

VI.4. Description et justification du projet

VI.4.1. Etat initial du site

La description de la zone de projet faite dans la première partie de cette étude présente l'état initial du site. En rappel, la zone concernée est située dans la région du Plateau Central, dans la province de l'Oubritenga et plus précisément dans les communes de Ziniaré, Dapélogo et Loumbila. Les sites étudiés sont situés dans les villages de Donsin, Kartenga, Taonsgo, Voaga, Kourithyaoghin ; Voaga, Silmiougou, Tabtenga, Rogmnogo et Koyinga. Elle est habitée par une population de 5477 personnes dont la majorité est jeune. Les activités sources de revenus sont essentiellement la culture des céréales pour l'autoconsommation, les cultures maraichères, et les petites activités de commerce.

VI.4.2. Description du projet

Le projet consiste en l'étude diagnostic du réseau d'assainissement de la zone décrite ci-dessus et la proposition d'un nouveau réseau d'assainissement prenant en compte les infrastructures existantes, suivi d'une évaluation du coût de réalisation des nouvelles infrastructures.

Il prévoit la construction de caniveaux pour l'évacuation des eaux de ruissèlement, ainsi que des ouvrages de franchissement de ces caniveaux qui sont des dalots et des dalettes.

Il vient en effet résoudre le problème d'inondations sur les sites d'accueil des personnes déplacées pour la construction de l'aéroport de Donsin et améliorer ainsi le cadre de vie de ces derniers.

VI.5. Identification et évaluation des impacts prévisionnels du projet

VI.5.1. Les activités sources d'impacts

Les impacts prévisionnels du projet sur son environnement dépendent de ses différentes phases. Il s'agit de :

- La phase de préparation du site : décapage, désherbage, amené du matériel, approvisionnement du chantier ;
- La phase même de construction des ouvrages : Fouilles, pose du perré, mélange du béton, etc.
- La phase d'exploitation des ouvrages

Chacune des phases impacte à la fois les milieux environnants immédiats à savoir le sol, l'eau, la végétation, les habitations, les activités, la faune et la population.

VI.5.2. Identification des impacts négatifs du projet

Cette partie consiste à citer et à décrire les effets négatifs du projet sur son environnement.

- Les impacts du projet sur l'environnement biophysique
 - La dégradation de la qualité de l'air

Durant la phase de préparation du chantier et aussi la phase de construction, il va y avoir plus d'émission de CO₂ dans l'atmosphère à cause des allers et venues des engins ; cela va donc contribuer à la pollution de l'air. C'est un impact que l'on peut qualifier de moyen.

- La pollution et la dégradation du sol.

Pendant la réalisation des travaux, l'utilisation de machines est susceptible de conduire à des fuites d'huiles ou autres hydrocarbures utilisés pour les moteurs. Il peut arriver aussi que les ouvriers présents sur le chantier ne respectent pas les règles d'assainissement en jetant les sachets d'eau par terre, les résidus de cigarettes, de repas. De plus, l'emprunt de matériaux dans

des carrières environnantes contribue à appauvrir les sols et l'excavation de terre lors de la réalisation de fouilles peut déstructurer les couches du sol. Cet impact est d'intensité moyenne.

- La destruction de la faune et de la flore

Le désherbage et le décapage effectués pour l'installation de la base vie du projet ou l'installation des gros engins entraîne une destruction du couvert végétal. Cela conduit également à la perte des habitats de certains petits animaux. Aussi, il y'a un risque que les gros engins piétinent accidentellement les animaux les plus petits. Cet impact est mineur.

- La diminution de la ressource en eau

Durant la phase de construction des ouvrages, l'utilisation de l'eau des sources environnantes peut contribuer à les assécher beaucoup plus vite en saison sèche. C'est un impact mineur.

- Les impacts du projet sur le milieu humain

- La dégradation de la santé des populations

Pendant la phase de réalisation, les activités d'excavation, d'approvisionnement des sites ; les allers et venues des camions peuvent dégager beaucoup de poussière ; ce qui est nuisible à la santé des populations.

Aussi, l'utilisation des engins est susceptible de faire beaucoup de bruit et cela affecte la tranquillité des populations.

L'émission de fumée et de CO₂ dans l'atmosphère peut aussi créer d'autres maladies à la population. Cela reste néanmoins un impact mineur.

- Les problèmes de sécurité

La circulation des camions et autres engins dans la zone de projet donne lieu à des risques d'accidents si des mesures ne sont pas prises en conséquence. Aussi, vu qu'il s'agit de construction de caniveaux dans ce projet, les fouilles effectuées à cet effet pendant la construction représentent un danger pour les riverains surtout la nuit. Des précautions doivent alors être prises pour l'éviter car c'est un impact majeur.

VI.5.3. Identification et description des impacts positifs du projet

Les avantages que le projet apporte à son environnement sont les suivants :

- La création d'emploi

Pendant le déroulement des travaux, la priorité sera accordée à la main d'œuvre locale ; ce qui va permettre de réduire le chômage au moins pendant toute la durée du projet. Cela va permettre également d'augmenter les revenus des ménages. Il s'agit là d'un impact majeur.

- Le développement de l'économie de la zone de projet

La présence du projet sur le site implique aussi l'arrivée de nouvelles personnes sur le site dont le nombre n'est pas négligeable. Ces personnes représentent de potentiels nouveaux consommateurs et clients pour les commerçants du site. Même les petites stations d'essence seront plus sollicitées. Tout cela va donc contribuer à booster l'économie de la zone. Cet impact est plutôt moyen.

- L'amélioration du cadre de vie des populations

Une fois les ouvrages réalisés, ils vont contribuer à améliorer le cadre de vie des populations en limitant la stagnation des eaux de ruissèlement et en les protégeant des inondations.

La construction des ouvrages de franchissement va également rendre le paysage plus beau sur les sites et aussi améliorer les conditions de transport. C'est donc un impact majeur.

VI.6. Les mesures d'atténuation et de bonification

Afin que la prise en compte de l'environnement dans la réalisation du projet soit effective, les exigences environnementales devront être intégrées dans les cahiers de clauses techniques particulières avec des objectifs clairs à atteindre. L'entreprise responsable des travaux devra désigner un responsable en son sein qui s'assurera du respect de ces exigences.

S'agissant de la protection et la préservation de l'environnement, nous recommandons :

- Les mesures d'atténuation

- Un arrosage régulier des pistes pour atténuer la poussière
- La désignation d'une aire précise pour toutes les opérations employant des lubrifiants (huiles, essences...) susceptibles de se verser ;
- La mise en place de rubans balisés pour signaler toute zone de danger ainsi qu'un dispositif de signalisation routière pour toute la zone de projet ;
- La dotation du personnel de l'entreprise d'un ensemble d'équipements de protection adéquats.

- Les mesures de bonification
 - L'incitation à favoriser l'emploi de la main d'œuvre locale ;
 - La bonne exécution des caniveaux pour assurer un drainage correct des eaux ;
 - La mise en place d'un système de curage régulier des ouvrages ;
 - Le suivi et évaluation des ouvrages.

VI.7. Conclusion de la notice d'impact environnemental

Cette notice a permis d'identifier les impacts positifs et négatifs de ce projet sur l'environnement des sites concernés. De l'évaluation de ces impacts, il ressort que les avantages qu'il présente pour son environnement dominant ses impacts négatifs. Les mesures recommandées permettront d'atténuer fortement les impacts négatifs et d'en consolider les impacts positifs.

Conclusion et recommandations

Rappelons que le présent projet est localisé dans la région du Plateau Central, dans les communes de Ziniaré, Dapélogo, et Loumbila. Les populations affectées par la construction de l'aéroport de Donsin ont été déplacées dans les villages de Kartenga, Taonsgo, Voaga, Silmiougou, Tabtenga abritant chacun un site et les villages de Kourithyaoghin, Nonguestenga, Rogmnongo et Koyinga abritant également un site. Ceux-ci sont dépourvus de réseau de drainage et sont pourtant pour certains traversés par des talwegs non négligeables.

À l'issue du diagnostic de la première étude d'APD, les problèmes ont été dégagés et nous avons tenté de les résoudre en proposant un réseau de drainage respectant les normes de dimensionnement en vigueur au Burkina Faso. C'est un total de **19525 ml** de canalisations, avec **2402** dalettes et **61** dalots pour le franchissement pour un coût de **651 000 000 FCFA HTVA**.

Des mesures de bonification et d'atténuation des impacts environnementales du projet sur la zone ont été proposées, ainsi qu'un plan de gestion des ouvrages.

Cependant, nous relevons que des difficultés ont été rencontrées dans cette étude, liées à l'orientation des portes du fait de la configuration des parcelles sur les sites. Celles-ci sont en effet à l'opposé du sens des pentes. C'est un problème notable surtout sur les sites de Kartenga et Taonsgo.

Nos recommandations sont alors les suivantes :

- Le remblai des cours avec suffisamment de terre pour permettre aux eaux de pluies de s'écouler vers les portes et être ainsi interceptées par les collecteurs plutôt que de stagner dans les cours ou de s'écouler vers les murs des cours voisines comme c'est le actuellement le cas.
- La prise en compte de ce problème de pente dans la délimitation des parcelles pour des prochaines fois dans le choix de sites de relocalisation.
- Un suivi rigoureux lors de l'exécution des travaux pour s'assurer que le perré soit bien posé et que les dimensions et dosages soient respectés, afin que les ouvrages puissent fonctionner de façon optimale.
- La responsabilisation d'un comité pour s'assurer du suivi-évaluation des ouvrages. Il pourra également organiser les populations bénéficiaires pour un entretien et un curage saisonnier des ouvrages (surtout en fin de saison sèche)

Bibliographie

- AMMA 2050, 2iE. (2018).** Réunion d'échanges avec les maires et décideurs sur la prise en compte des risques d'inondations dans la planification urbaine, p20.
- BCEOM, & Nguyen Van Tuu. (1981).** Hydraulique routière. Ed. du Ministère Français de la coopération-Paris.
- Boayedi GORDIO. (2016).** Etudes techniques détaillées pour l'assainissement des neuf (09) sites d'accueil des personnes affectées par le projet de construction de l'aéroport de Donsin et de ses voies d'accès.
- Bourrier Régis. (1997).** Les réseaux d'assainissement, calculs, applications, perspectives Technique et documentation (4^e éd.). Lavoisier Tech &Doc.
- Denis TOE. (2011).** La prise en compte du genre dans l'évaluation environnementale du projet de construction du nouvel aéroport de Donsin au Burkina Faso.
- François-Noël CRES. (2001).** Hydrologie urbaine et quantitative1.
- LCT-CEMAGREF-ENGREF, C.O. (1998).** FAO, Crues et apports.
- Le Barbé, L. (1982).** Etude du ruissellement urbain à Ouagadougou. Essai d'interprétation théorique. Recherche d'une méthode d'évaluation de la distribution des débits de pointes de crues à l'exutoire de bassins urbains. (Urban runoff survey at Ouagadougou. Upper Volta. Attempt of a theoretical interpretation. Study of an assessment method of the discharge peak flows at the outlet of urban basins). Les cahiers de l'ORSTOM. Série Hydrologie Bondy, 19(2), 135-204.
- MOAD. (2012).** Plan d'action de réinstallation des personnes affectées par la construction du nouvel aéroport de Ouagadougou-Donsin.
- Nouhou B, ANAC. (2016).** USAP-CMA : Le BURKINA FASO enregistre un score en nette progression de 70% de taux de conformité. N°12, 28p.

OMS. (1992). Evacuation des eaux de surface dans les communautés à faibles revenus.

Genève : Organisation mondiale de la Santé.

Puech, C., & Chabi-Gonni, D. (1984). Courbes hauteur de pluie-durée-fréquence en Afrique de l'Ouest pour des pluies de durée 5 mn à 24 heures. Ouagadougou : CIEH.

SIGHOMNOU Daniel. (1986). Assainissement pluvial en zone urbaine en Afrique

Tropicale, Cas de Yopougon (Côte d'Ivoire) [Thèse de 3ème Cycle]. Université de MONTPELLIER II.

TRAORE Mohamadou. (2012). Changement climatique : Nouvelles courbes intensité-durée-fréquence au BURKINA FASO (Ouagadougou), p38.

Annexes

ANNEXE 1: Tableau de coefficients de ruissèlement	i
ANNEXE 2: Diagnostic du réseau d'assainissement proposé par l'APD	ii
ANNEXE 3: Dimensionnement du dalot	i
ANNEXE 4: Dimensionnement hydraulique des collecteurs pour les six sites.....	i
ANNEXE 5: Pièces graphiques	xviii

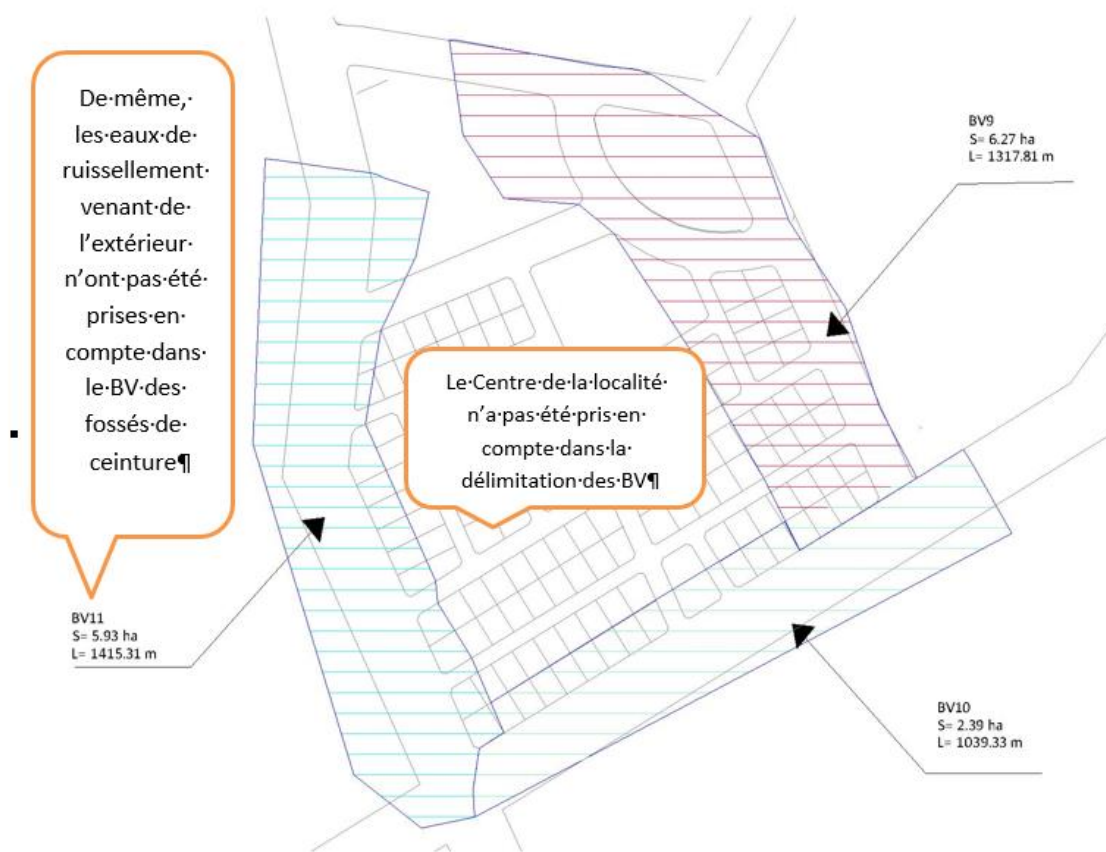
ANNEXE 1: Tableau de coefficients de ruissèlement

Désignation des zones (d'après les catégories d'urbanisation)	Nature du sol			Facteur correctif en fonction de la pente de la zone	
	léger (1)	moyen (2)	lourd (3)	terrain plat <1%	terrain pentu >7%
Zone agglomérée, secteur dense, centre ville - 160 logts/Ha	0.85	0.9	0.9	0.95	1.05
Secteur diffus, centre de quartier - 110 à 150 logts/Ha	0.75	0.8	0.8	0.95	1.05
Banlieue de métropole - 60 à 100 logts/Ha	0.5	0.55	0.6	0.9	1.1
Banlieue éloignée, semi-collectif et pavillons en bande - 40 à 60 logts/Ha	0.4	0.45	0.5	0.9	1.2
Zone pavillonnaire (parcelle de 400m²) - 20 à 30 logts/Ha	0.3	0.35	0.4	0.9	1.2
Zone résidentielle - 18 à 40 logts/Ha	0.25	0.35	0.4	0.9	1.2
Zone pavillonnaire grand standing - 15 à 20 logts/Ha	0.2	0.3	0.35	0.9	1.2
Village rural traditionnel	0.15	0.2	0.25	0.75	1.25
Zone d'habitat de très faible densité - 1 à 5 logts/Ha	0.08	0.1	0.15	0.75	1.25
Zone d'habitat très ancien	0.4	0.5	0.6	0.9	1.2
Zone industrielle et artisanale	0.4	0.5	0.7	0.9	1
Zone industrielle lourde	0.6	0.7	0.8	0.95	1
Zone portuaire	-	0.8	-	0.95	1
Gare routière et entrepôts	0.75	0.8	0.85	0.95	1
Gare et entrepôt ferroviaire	0.15	0.2	0.3	0.75	1
Services publics : hôpital, centre administratif et zone d'équipement	-	0.85	-	0.95	1.05
Centre de repos et hospitalier, zone d'équipement à dominante verte	0.25	0.45	0.6	0.95	1.1
Centre hôtelier et commercial	0.65	0.7	0.8	0.9	1.1
Terrains de sport, terrain de jeux	0.2	0.3	0.35	0.9	1.1
Aérodrome et terrain militaire	0.15	0.3	0.45	1	1.1
Cimetière urbain	0.3	0.4	0.5	0.75	1.25
Entreprise ferroviaire	0.08	0.1	0.15	0.9	1
Emprise autoroute	0.5	0.6	0.65	0.95	1
Emprise route nationale et chemin départemental	0.3	0.4	0.6	0.8	1
Emprise voie urbaine rapide	-	0.8	0.8	1	1
Emprise autres voies urbaines	-	0.9	-	1	1
Emprise échangeurs et carrefours	0.4	0.5	0.6	1	1
Chaussées et parkings	-	0.8	-	0.95	1
Dallage béton	-	0.9	-	0.95	1.05
Pavage serré ou joint coulé	-	0.75	-	0.9	1.1
Pavage large joint sable	0.55	0.6	0.7	0.9	1.1
Circulation piétonne -voies en macadam- accotement stabilisé	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1
Allée en gravier	0.3	0.35	0.45	0.9	1.1
Espaces verts - zone de loisir	0.1	0.15	0.25	0.75	1.25
Espaces libres - zone de dégagement et zone non aedificandi	0.1	0.15	0.2	0.75	1.25
Zones boisée urbaine, parcs et jardins	0.05	0.1	0.15	0.5	1.25
Forêts, bois et landes	0.01	0.04	0.08	0.5	1.2
Terrain de culture - céréales	0.06	0.08	0.1	0.75	1.25
Prés et pâturages	0.05	0.07	0.08	0.66	1.25
Carrières ou mines	0.2	-	0.5	0.9	1.25
Terrains nus (sans végétation, ni culture)	0.04	0.15	0.3	0.5	1.5

(1) Sols sableux, graveleux ou très perméables. (2) Terrains ordinaires courants. (3) Sols argileux, rocheux, peu perméables.

ANNEXE 2: Diagnostic du réseau d'assainissement proposé par l'APD

Illustration de la délimitation incorrecte des bassins versants



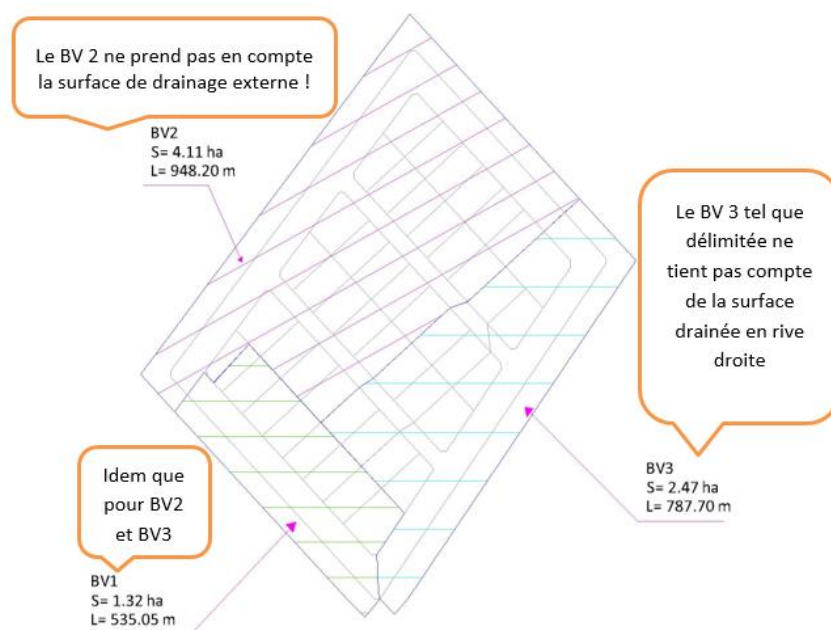
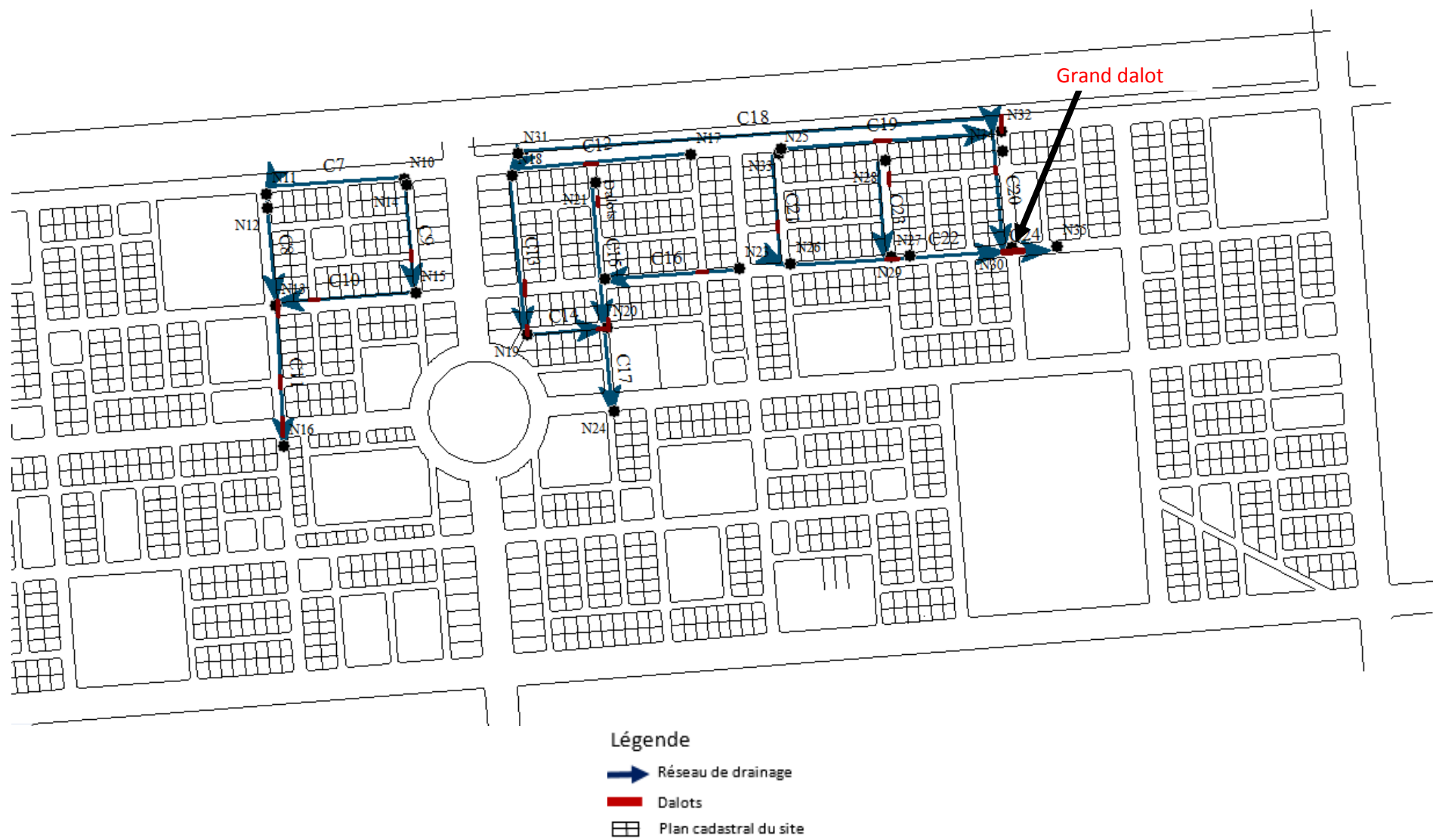


Tableau des coefficients de Montana pour la ville de Ouagadougou utilisées dans l'APD

	t < 1h		t > 1h	
Ouagadougou	Montana		Montana	
	a	b	a	b
T=2	6.05	-0.5	28.29	-0.89
T=5	9,8	-0.5	45.88	-0.89
T=10	12.29	-0.5	57.53	-0.89

ANNEXE 3: Dimensionnement du dalot

Emplacement des dalots sur le site de Donsin (Kourithyaoghin)



Dimensionnement structural du grand dalot de Donsin

1.- Norme et matériaux

Norme : BAEL-91 (R-99)

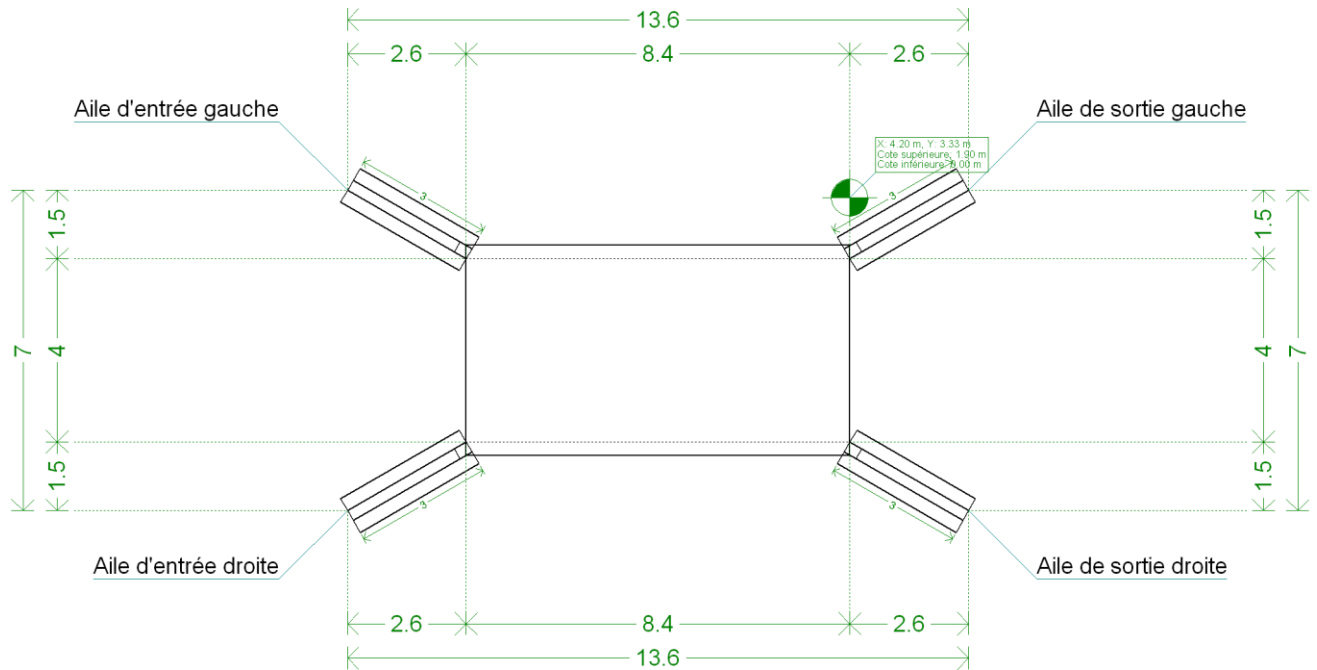
Béton : B25

Acier des barres : Fe E400

Enrobage extérieur : 3.5 cm

Enrobage intérieur : 3.5 cm

2.- Géométrie



Plan supérieur module : Par gabarit (1.50 m)

MODULE

Épaisseurs	Piédroits : 30 cm
	Tablier/radier : 30 cm

MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE

Longueur totale : 3.00 m
Longueur supérieure : 0.30 m
Épaisseur en extrémité : 0.20 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 5.00 kN/m ²
Épaisseur du mur : 0.25 m
Épaisseur de la semelle : 0.35 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.30 m
- Avant : 0.30 m

MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE

Longueur totale : 3.00 m
Longueur supérieure : 0.30 m
Épaisseur en extrémité : 0.20 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 5.00 kN/m²
Épaisseur du mur : 0.25 m
Épaisseur de la semelle : 0.35 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.30 m
- Avant : 0.30 m

MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE

Longueur totale : 3.00 m
Longueur supérieure : 0.30 m
Épaisseur en extrémité : 0.20 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 5.00 kN/m²
Épaisseur du mur : 0.25 m
Épaisseur de la semelle : 0.35 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.30 m
- Avant : 0.30 m

MUR EN AILE DE SORTIE DROITE

Longueur totale : 3.00 m
Longueur supérieure : 0.30 m
Épaisseur en extrémité : 0.20 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 5.00 kN/m²
Épaisseur du mur : 0.25 m
Épaisseur de la semelle : 0.35 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.30 m
- Avant : 0.30 m

3.- Terrains

Module de réaction : 100000.0 kN/m³

Contrainte admissible sol d'assise : 200.00 kN/m²

Poids volumique : 20.0 kN/m³

Angle de frottement interne : 38 degrés

Cohésion : 0.00 kN/m²

Pourcentage de frottement terrain-mur : 0 %

Angle de transmission des charges : 45 degrés

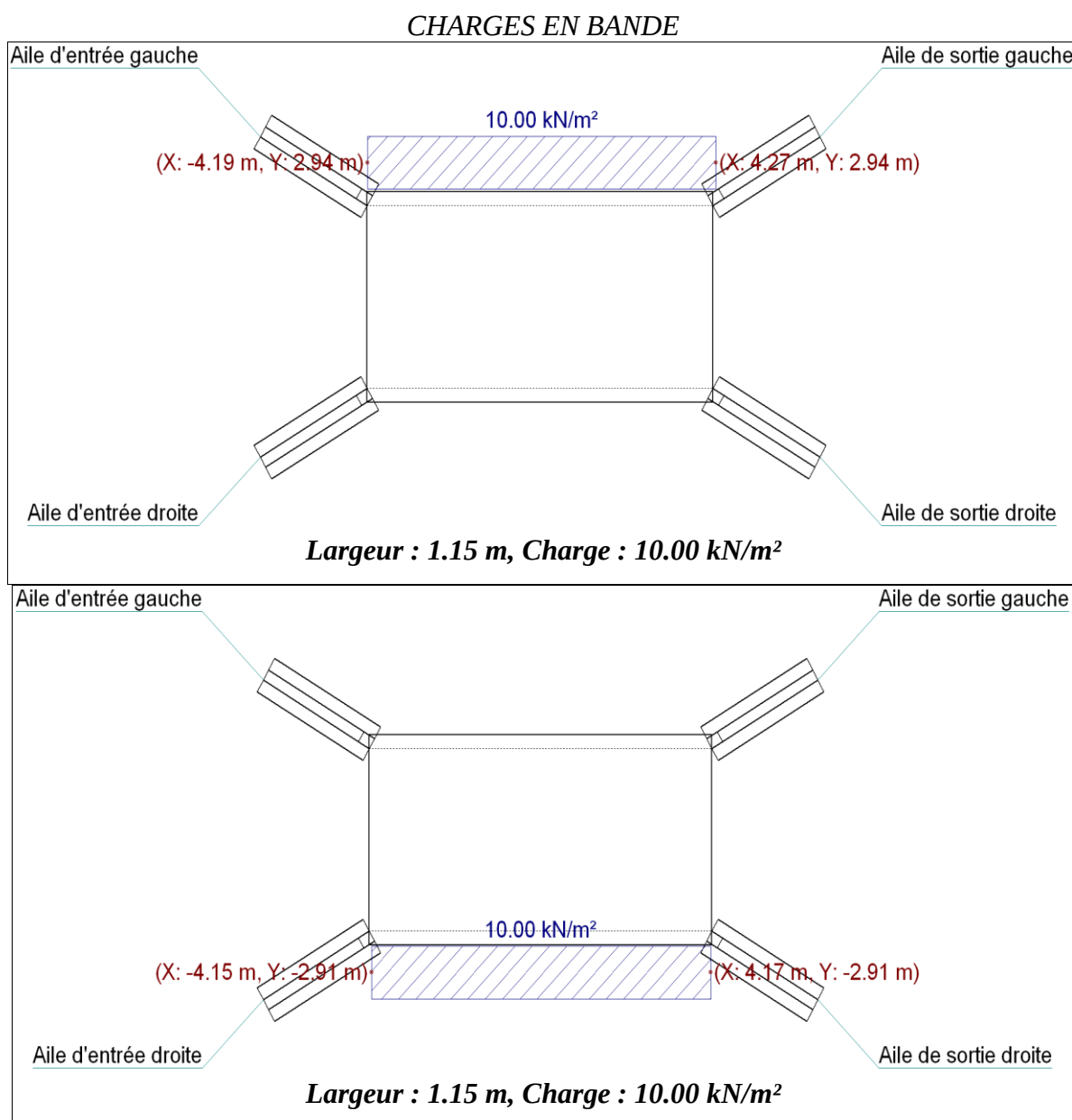
4.- Actions

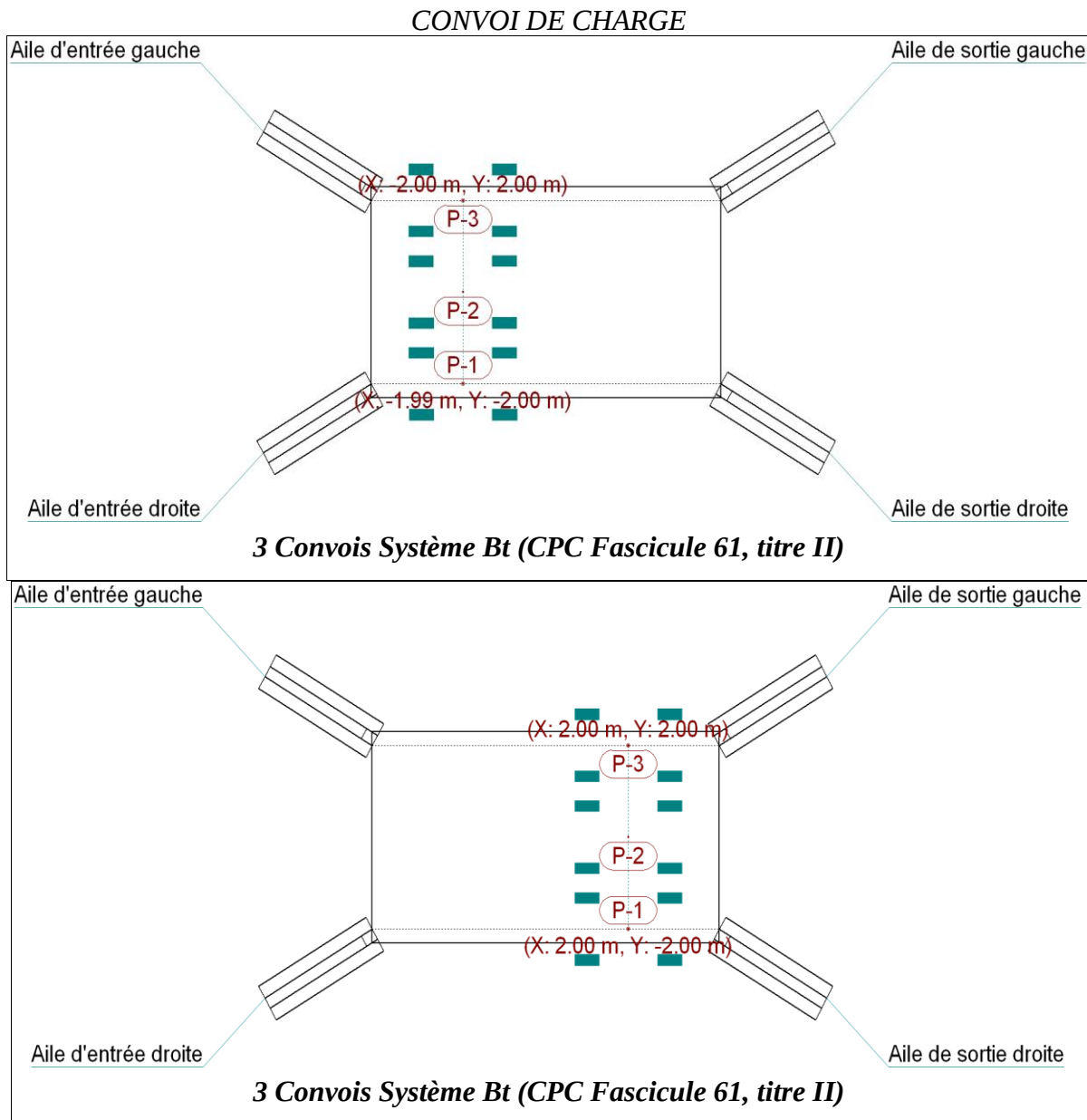
Sans surcharge supérieure

Sans surcharge inférieure

Avec charge hydraulique :

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





5.- Méthode de calcul

Le modèle de calcul utilisé consiste en éléments finis triangulaires du type lamelle épaisse tridimensionnelle, qui considère la déformation par l'effort tranchant. Chaque élément est constitué de six nœuds, aux sommets et aux milieux des côtés, avec six degrés de liberté chacun. Le maillage du pont-cadre est réalisé en fonction de ses dimensions (épaisseur et portée). Sur chaque nœud, après une analyse élastique et linéaire, huit efforts sont obtenus, avec lesquels la section de béton et l'armature sont dimensionnées et vérifiées. A partir des déplacements sont vérifiés la flèche, les pressions sur le terrain, le soulèvement du radier, etc.

6.- Vérification

Référence : Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
Vérification de la stabilité : <i>Critère de CYPE</i> Semelle superficielle : - Coefficient de sécurité au renversement : - Coefficient de sécurité au glissement :	Minimum : 1.8 Calculé : 2.21 Minimum : 1.5 Calculé : 1.97	Vérifiée Vérifiée
Épaisseur minimale : - Semelle superficielle : <i>Critère de CYPE</i> - Mur : <i>Critère du SETRA "Les ouvrages de soutènement : Guide de conception générale"</i>	Minimum : 15 cm Calculé : 35 cm Calculé : 25 cm	Vérifiée Vérifiée
Séparation libre minimale des armatures horizontales : <i>BAEL-91, Article A.7.2,5</i> Mur : - Arrière : - Avant :	Minimum : 3.7 cm Calculé : 14 cm Calculé : 14 cm	Vérifiée Vérifiée
Séparation maximale des armatures horizontales : <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i> Mur : - Arrière : - Avant :	Maximum : 25 cm Calculé : 15 cm Calculé : 15 cm	Vérifiée Vérifiée
Pourcentage géométrique horizontal minimum par face : <i>BAEL-91, Article SETRA 3.4.3</i> Mur : - Arrière (0.00 m) : - Avant (0.00 m) :	Minimum : 0.0015 Calculé : 0.00209 Calculé : 0.00209	Vérifiée Vérifiée
Séparation maximale entre barres : <i>BAEL-91, Article A.4.5,33</i> - Semelle superficielle : - Armature longitudinale inférieure :	Maximum : 25 cm Calculé : 20 cm	Vérifiée

Référence : Mur en aile d'entrée gauche		
Vérification	Valeurs	État
- Armature longitudinale supérieure :	Calculé : 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure :	Calculé : 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure :	Calculé : 20 cm	Vérifiée
- Mur :		
- Armature verticale Arrière :	Calculé : 20 cm	Vérifiée
- Armature verticale Avant :	Calculé : 20 cm	Vérifiée
Séparation minimale entre barres : <i>Critère de CYPE</i>	Minimum : 10 cm	
Semelle superficielle :		
- Armature longitudinale inférieure :	Calculé : 20 cm	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure :	Calculé : 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale inférieure :	Calculé : 20 cm	Vérifiée
- Armature transversale supérieure :	Calculé : 20 cm	Vérifiée
Pourcentage géométrique minimum :	Calculé : 0.00112	
Semelle superficielle :		
- Armature longitudinale inférieure : <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum : 0.001	Vérifiée
- Armature longitudinale supérieure : <i>FASCICULE N°62 - Titre V, Article B.4.3</i>	Minimum : 0.0005	Vérifiée
- Armature transversale inférieure : <i>Critère de CYPE</i>	Minimum : 0.001	Vérifiée
- Armature transversale supérieure : <i>Critère de CYPE</i>	Minimum : 0.001	Vérifiée
Pourcentage mécanique minimal :	Calculé : 0.00112	

ANNEXE 4: Dimensionnement hydraulique des collecteurs pour les six sites

Site de Kartenga

Tronçon	N1_N2															
BV1	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	3.07	0.45	15.60	169.35	0.65	0.005	0.51	0.63	0.7	0.48	0.65	0.17	1.42	V	0.42	F
Tronçon	N2_N3															
BV1	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
					0.65	0.005	0.51	0.63	0.7	0.48	0.65	0.17	1.42	V	0.42	F
Tronçon	N4_N3															
BV1	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	1.82	0.45	15.09	173.02	0.39	0.005	0.42	0.52	0.7	0.36	0.65	0.29	1.25	V	0.39	F
Tronçon	N3_N5															
BV1 + BV1	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	4.89	0.45	28.09	115.53	0.71	0.005	0.53	0.65	0.7	0.51	0.65	0.14	1.46	V	0.42	F
Tronçon	N6_N5															
BV4	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	2.79	0.45	13.28	188.03	0.66	0.005	0.51	0.64	0.7	0.49	0.65	0.16	1.43	V	0.42	F

Tronçon	N5_N7															
BV1+BV'1+BV4	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	7.67	0.45	88.09	54.96	0.71	0.005	0.53	0.65	0.7	0.51	0.65	0.14	1.46	V	0.42	F
Tronçon	N7_N8															
BV_n5 + BV5	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	8.73	0.45	168.21	36.10	0.71	0.005	0.53	0.65	0.7	0.51	0.65	0.14	1.46	V	0.42	F
Tronçon	N8_N18															
BV_n7 + BV6	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	10.18	0.45	347.18	22.53818731	0.71	0.005	0.53	0.65	0.7	0.51	0.65	0.14	1.46	VRAI	0.42	F
Tronçon	N14_N15													V		
BV3	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	2.91	0.45	11.06	211.81	0.77	0.005	0.55	0.67	0.7	0.53	0.65	0.12	1.49	V	0.43	F
Tronçon	N10_N17															
BV'2	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	1.36	0.45	10.70	216.31	0.37	0.005	0.41	0.51	0.7	0.34	0.65	0.31	1.23	V	0.38	F
Tronçon	N12_N13															
BV2	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement

	1.78	0.45	9.12	239.99	0.53	0.005	0.48	0.59	0.7	0.43	0.65	0.22	1.35	V	0.41	F
Tronçon	N16_N13															
BV8	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	0.53	0.45	4.45	382.49	0.25	0.005	0.36	0.45	0.7	0.27	0.65	0.38	1.11	V	0.36	F
Tronçon	N13_N17															
BV8+BV2	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	2.31	0.45	9.12	239.99	0.69	0.005	0.52	0.65	0.7	0.50	0.65	0.15	1.45	V	0.65	F
Tronçon	N17_N15															
BV8+BV2+BV'2	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	3.67	0.45	17.47	157.29	0.72	0.005	0.53	0.66	0.7	0.52	0.65	0.13	1.46	V	0.42	F
Tronçon	N15_N18															
BV8+BV2+BV'2+BV3	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	6.58	0.45	89.47	54.41	0.77	0.005	0.55	0.67	0.7	0.53	0.65	0.12	1.49	V	0.43	F
Tronçon	N18_N19															
BVn15+ BVn8	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	16.76	0.45	599.80	15.80	0.77	0.005	0.55	0.67	0.7	0.53	0.65	0.12	1.49	V	0.43	F

Site de Taonsgo

Tronçon	N1_N2														
BV2	Seq (ha)	Ceq	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	1.39	0.5	399.31	0.77	0.005	0.55	0.67	0.75	0.51	0.70	0.19	1.49	V	0.66	F
Tronçon	N2_N4														
BV2	Seq (ha)	Ceq	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	1.39	0.5	399.31	0.77	0.005	0.55	0.67	0.75	0.51	0.70	0.19	1.49	V	0.66	F
Tronçon	N3_N4														
BV3	Seq (ha)	Ceq	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	1.02	0.45	255.93	0.33	0.005	0.40	0.49	0.6	0.35	0.60	0.25	1.20	V	0.64	F
Tronçon	N4_N6														
BV1 + BV2+Bv3	Seq (ha)	Ceq	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	3.43	0.47	174.71	1.16	0.01	0.56	0.69	0.75	0.53	0.70	0.17	2.14	V	0.93	F
Tronçon	N5_N6														
BV4	Seq (ha)	Ceq	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	1.55	0.45	279.86	0.33	0.005	0.40	0.49	0.6	0.35	0.60	0.25	1.20	V	0.64	F
Tronçon	N6_N8														
BV1+Bv2+Bv3+Bv4	Seq (ha)	Ceq	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	4.98	0.46	74.01	1.16	0.01	0.56	0.69	0.75	0.53	0.70	0.17	2.14	V	0.93	F
Tronçon	N7_N8														

BV5	Seq (ha)	Ceq	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	1.513	0.45	294.12	0.56	0.005	0.48	0.60	0.6	0.48	0.60	0.12	1.37	V	0.63	F
Tronçon	N8_N10														
BV_n6 + BV5	Seq (ha)	Ceq	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	6.49	0.46	51.76	1.16	0.007	0.60	0.74	0.75	0.59	0.70	0.11	1.87	V	0.78	F
Tronçon	N9_N10														
BV6	Seq (ha)	Ceq	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	0.98	0.45	247.87	0.30	0.005	0.38	0.48	0.6	0.34	0.60	0.26	1.17	V	0.65	F
Tronçon	N10_N11														
BV_n8 + BV6	Seq (ha)	Ceq	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	7.47	0.46	149.31	1.16	0.005	0.64	0.79	0.8	0.63	0.75	0.12	1.65	V	0.66	F

Site de Voaga

Tronçon	N1_N2															
BV1	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	3.32	0.45	12.66	193.99	0.81	0.005	0.56	0.69	0.70	0.55	0.70	0.1505194	1.50	V	0.65	F
Tronçon	N2_N4															
BV1	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	3.32	0.45	12.66	193.99	0.81	0.005	0.56	0.69	0.70	0.55	0.70	0.1505194	1.50	V	0.65	F
Tronçon	N3_N4															
BV2	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	0.70	0.45	6.45	300.68	0.26	0.005	0.36	0.45	0.60	0.31	0.55	0.2414532	1.13	V	0.65	F
Tronçon	N4_N6															
BV1 + BV2	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	4.02	0.45	25.20	123.99	0.81	0.005	0.56	0.69	0.70	0.55	0.70	0.1505194	1.50	V	0.65	F
Tronçon	N5_N6															
BV3	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	1.08	0.45	7.05	283.63	0.38	0.005	0.42	0.52	0.60	0.39	0.55	0.1628729	1.25	V	0.64	F
Tronçon	N6_N8															
BV1+BV2+BV3	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	5.10	0.45	73.81	61.66	0.81	0.005	0.56	0.69	0.70	0.55	0.70	0.1505194	1.50	V	0.65	F
Tronçon	N7_N8															

BV4	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	1.20	0.45	7.33	276.58	0.42	0.005	0.43	0.54	0.60	0.41	0.55	0.143809	1.27	V	0.64	F
Tronçon	N8_N10															
BV_n6 + BV4	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	6.31	0.45	123.71	44.08	0.81	0.005	0.56	0.69	0.70	0.55	0.70	0.1505194	1.50	V	0.65	F
Tronçon	N9_N10															
BV5	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	1.23	0.45	7.86	264.39	0.41	0.005	0.43	0.53	0.60	0.40	0.55	0.1485088	1.27	V	0.64	F
Tronçon	N10_N12															
BV_n8 + BV5	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	7.54	0.45	173.97	35.32	0.81	0.005	0.56	0.69	0.70	0.55	0.70	0.1505194	1.50	V	0.65	F
Tronçon	N11_N12															
BV6	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	1.20	0.45	10.19	223.31	0.34	0.005	0.40	0.49	0.60	0.36	0.55	0.1920962	1.21	V	0.64	F
Tronçon	N12_N13															
BV_n8 + BV5+BV6	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	8.74	0.45	218.19	30.48	0.81	0.005	0.56	0.69	0.70	0.55	0.70	0.1505194	1.50	V	0.65	F

Site de Silmiougou

Tronçon	N1_N2															
BV2	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	0.89	0.45	8.87	244.33	0.27	0.01	0.37	0.46	0.6	0.32	0.6	0.28	1.14	V	0.65	F
Tronçon	N2_N3															
BVn1+BV3	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude (Fr)	Régime d'écoulement
	1.83	0.45	175.80	35.08	0.33	0.005	0.40	0.493477	0.6	0.36	0.6	0.24	1.20	V	0.64	F
Tronçon	N3_N4															
BVn1+BV3	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	1.83	0.45	175.80	35.08	0.33	0.005	0.40	0.493477	0.75	0.31	0.7	0.39	1.19	V	0.68	F
Tronçon	N4_N5															
BVn1 + BV3+BV4	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	3.71	0.45	204.93	31.75	0.66	0.01	0.52	0.64	0.75	0.47	0.7	0.23	1.43	V	0.67	F
Tronçon	N5_N6															
BVn4+BV12	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	7.59	0.45	271.85	26.42	0.98	0.005	0.60	0.739944	0.75	0.59	0.7	0.11	1.58	V	0.66	F
Tronçon	N11_N10															
BV5	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	2.32	0.45	17.14	159.29	0.46	0.005	0.45	0.556927	0.75	0.38	0.7	0.32	1.30	V	0.67	F
Tronçon	N9_N10															

BV6	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	2.49	0.45	10.79	215.24	0.67	0.01	0.52	0.64	0.75	0.47	0.7	0.23	1.43	V	0.67	F
Tronçon	N10_N12															
BV5 + BV6	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	4.81	0.45	17.14	159.29	0.96	0.005	0.59	0.732412	0.75	0.58	0.7	0.12	1.57	V	0.66	F
Tronçon	N7_N8															
BV8	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	7.46	0.45	12.50	195.52	1.82	0.005	0.75	0.932401	0.95	0.75	0.9	0.15	1.85	V	0.68	F
Tronçon	N8_N12															
BV7+BV8+BV9	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	9.64	0.45	17.40	157.75	1.900897293	0.01	0.77	0.95	0.95	0.76	0.9	0.14	1.86	V	0.68	F
Tronçon	N12_N13															
BVn8+BVn10	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	14.45	0.45	119.14	45.17	1.90	0.005	0.77	0.95	0.95	0.76	0.9	0.14	1.86	V	0.68	F
Tronçon	N13_N14															
BVn8+BVn10+BV10	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	15.46	0.45	130.44	42.59	1.90	0.005	0.77	0.947112	0.95	0.76	0.9	0.14	1.86	V	0.68	F
Tronçon	N14_N6															
BVn13+BV11	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	16.21	0.45	260.44	27.17	1.90	0.01	0.77	0.95	0.95	0.76	0.9	0.14	1.86	V	0.68	F
Tronçon	N6_N15															
BVn14+Bvn5	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	23.80	0.45	366.36	21.76	1.90	0.005	0.77	0.947112	0.95	0.76	0.9	0.14	1.86	VRAI	0.68	F

Tronçon	N16_N15															
BV1	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	19.85	0.45	25.98	121.55	3.02	0.0065	0.87	1.072036	1.2	0.81	1	0.19	2.31	V	0.82	F
Tronçon	N15_N17															
BVn6+ BV1	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	43.65	0.45	375.61	21.41	3.02	0.005	0.91	1.126092	1.2	0.88	1	0.12	2.09	V	0.71	F
Tronçon	N18_N19															
BV13	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	3.63	0.45	16.01	166.47	0.76	0.005	0.54	0.670314	0.75	0.51	0.7	0.19	1.48	V	0.66	F
Tronçon	N20_N21															
BV14	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	4.62	0.45	16.01	166.47	0.76	0.005	0.54	0.670314	0.75	0.51	0.7	0.19	1.48	V	0.66	F
Tronçon	N21_N19															
BV14+BV15	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	8.28	0.45	82.29	57.45	0.76	0.005	0.54	0.670314	0.75	0.51	0.7	0.19	1.48	V	0.66	F
Tronçon	N19_N22															
BV13+BVn21	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	11.91	0.45	435.09	19.46	0.76	0.005	0.54	0.670314	0.75	0.51	0.7	0.19	1.48	V	0.66	F

Site de Tabtenga

Tronçon	N1_N2															
BV1	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	12.86	0.45	34.60	100.89	1.62	0.005	0.72	0.89	1	0.68	0.9	0.22	1.79	V	0.69	F
Tronçon	N3_N2															
BV2	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	3.00	0.45	12.92	191.44	0.72	0.005	0.53	0.66	0.75	0.49	0.7	0.21	1.46	V	0.66	F
Tronçon	N2_N4															
BV1+BV2	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	15.86	0.45	34.60	100.89	2.00	0.005	0.78	0.97	1	0.77	0.9	0.13	1.89	V	0.69	F
Tronçon	N4_N5															
BV1 + BV2+BV3	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	17.17	0.45	53.70	75.83	2.00	0.005	0.78	0.97	1	0.77	0.9	0.13	1.89	V	0.69	F
Tronçon	N6_N5															
BV4	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	2.12	0.45	6.87	288.58	0.76	0.005	0.54	0.67	0.75	0.51	0.7	0.19	1.48	V	0.66	F
Tronçon	N5_N7															
BVn4+BV4+BV5	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	19.76	0.45	155.20	38.04	2.00	0.005	0.78	0.97	1	0.77	0.9	0.13	1.89	V	0.69	F
Tronçon	N8_N9															
BV7	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	1.54	0.45	24.69	125.66	0.24	0.005	0.35	0.44	0.6	0.29	0.6	0.31	1.10	V	0.65	F
Tronçon	N9_N11															

BV7+ BV8	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	2.99	0.45	24.69	125.66	0.47	0.005	0.45	0.56	0.6	0.44	0.6	0.16	1.31	V	0.64	F
Tronçon	N10_N11															
BV9	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	2.34	0.45	15.27	171.70	0.50	0.005	0.46	0.57	0.6	0.45	0.6	0.15	1.34	V	0.63	F
Tronçon	N11_N13															
BVn9+BV9	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	5.33	0.45	206.68	31.57	0.50	0.005	0.46	0.57	0.6	0.45	0.6	0.15	1.34	V	0.63	F
Tronçon	N13_N15															
BVn11+Bv10	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	6.14	0.45	310.19	24.25	0.50	0.005	0.46	0.57	0.6	0.45	0.6	0.15	1.34	V	0.63	F
Tronçon	N14_N15															
BV6	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	9.72	0.45	37.06	96.50	1.17	0.005	0.64	0.79	1	0.56	0.9	0.34	1.64	V	0.70	F
Tronçon	N15_N16															
BVn13+BV6	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	15.86	0.45	470.02	18.51	1.17	0.005	0.64	0.79	1	0.56	0.9	0.34	1.64	V	0.70	F
Tronçon	N16_N7															
BVn15+BV11	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	17.90	0.45	497.87	17.83	1.17	0.005	0.64	0.79	1	0.56	0.9	0.34	1.64	V	0.70	F
Tronçon	N7_N17															
BVn16+BVn5	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	37.66	0.45	604.71	15.71	2.00	0.005	0.78	0.97	1	0.77	0.9	0.13	1.89	V	0.69	F

Site de Donsin

Tronçon	N1_N2															
BV1	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	27.52	0.45	38.06	94.83	3.26	0.01	0.88	1.085928	1.2	0.83	1	0.17	2.43	V	0.85	F
Tronçon	N2_N3															
BV1+BV2	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	28.98	0.45	38.06	94.83	3.44	0.005	0.96	1.182441	1.3	0.91	1.2	0.29	2.16	V	0.72	F
Tronçon	N3_N4															
BV1+BV2+BV3	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	31.91	0.45	48.30	81.23	3.44	0.005	0.96	1.182441	1.3	0.91	1.2	0.29	2.16	V	0.72	F
Tronçon	N7_N6															
BV5	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	5.56	0.45	15.41	170.71	1.19	0.005	0.64	0.793654	0.95	0.58	0.9	0.32	1.65	V	0.69	F
Tronçon	N5_N6															
BV4	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	6.19	0.45	14.99	173.80	1.34	0.005	0.67	0.831831	0.95	0.62	0.9	0.28	1.71	V	0.69	F
Tronçon	N6_N8															
BV5+BV4	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	11.75	0.45	15.41	170.71	2.51	0.005	0.85	1.050732	1.2	0.79	1	0.21	2.00	V	0.72	F
Tronçon	N8_N4															
BV_n6 + BV6	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	12.58	0.45	30.39	109.77	2.51	0.005	0.85	1.050732	1.2	0.79	1	0.21	2.00	V	0.72	F
Tronçon	N4_N9															

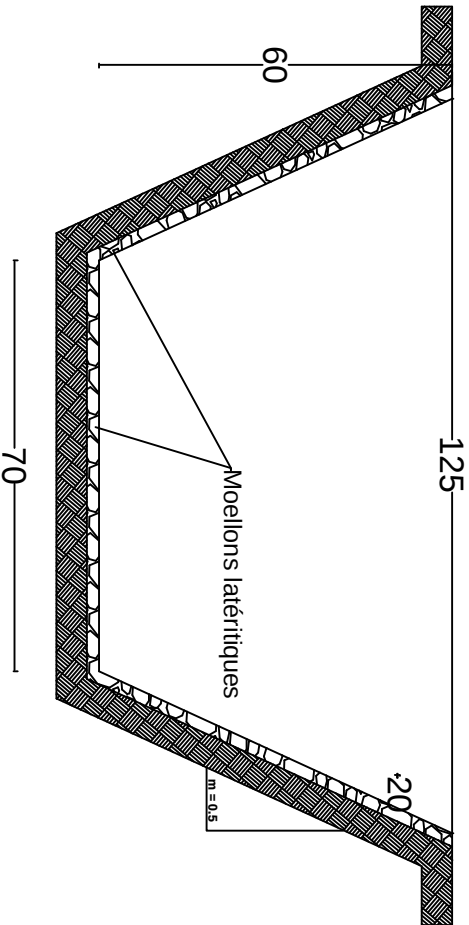
BV_n8 + BV_n3	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	44.48	0.45	218.07	30.49	3.44	0.005	0.96	1.182441	1.3	0.91	1.2	0.29	2.16	V	0.72	F
Tronçon	N10_N11															
BV10	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	0.76	0.45	8.02	260.96	0.25	0.005	0.36	0.441434	0.6	0.30	0.6	0.30	1.11	V	0.65	F
Tronçon	N11_N12															
BV10	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	0.76	0.45	8.02	260.96	0.25	0.005	0.36	0.441434	0.6	0.30	0.6	0.30	1.11	V	0.65	F
Tronçon	N12_N13															
BV_n11+BV8	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	1.43	0.45	27.97	115.87	0.31	0.005	0.39	0.478407	0.6	0.34	0.6	0.26	1.18	V	0.65	F
Tronçon	N14_N15															
BV11	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	1.07	0.45	5.07	351.60	0.47	0.005	0.45	0.561142	0.6	0.44	0.6	0.16	1.32	V	0.64	F
Tronçon	N15_N13															
BV11+BV9	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	3.92	0.45	6.57	296.95	1.46	0.005	0.69	0.857117	0.95	0.65	0.9	0.25	1.74	V	0.69	F
Tronçon	N13_N16															
BV8_n15+BV_n12+BV7	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	10.12	0.45	157.591	37.66	1.46	0.005	0.69	0.857117	0.95	0.65	0.9	0.25	1.74	V	0.69	F
Tronçon	N17_N18															
Bv17	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	0.97	0.45	14.4796	177.74	0.22	0.005	0.34	0.419126	0.6	0.27	0.6	0.33	1.07	V	0.65	F

Tronçon	N18_N19															
BV17+ BV12	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	6.46	0.45	18.8103	149.94	1.21	0.005	0.65	0.799864	0.95	0.59	0.9	0.31	1.66	V	0.69	F
Tronçon	N19_N20															
BV17+ BV12+BV13	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	7.27	0.45	170.35	35.80	1.21	0.005	0.65	0.799864	0.95	0.59	0.9	0.31	1.66	V	0.69	F
Tronçon	N21_N22															
BV16	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	2.96	0.45	11.56	205.74	0.76	0.005	0.54	0.672072	0.95	0.44	0.9	0.46	1.47	V	0.70	F
Tronçon	N23_N22															
BV15	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	5.68	0.45	19.07	148.62	1.06	0.005	0.61	0.759528	0.95	0.54	0.9	0.36	1.60	V	0.70	F
Tronçon	N22_N20															
BV15+BV16	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	8.64	0.45	19.07	148.62	1.61	0.005	0.72	0.888945	0.95	0.69	0.9	0.21	1.79	V	0.69	F
Tronçon	N20_N24															
BV_n22+BV_19+BV14	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	16.83	0.45	246.52	28.16	1.61	0.005	0.72	0.888945	0.95	0.69	0.9	0.21	1.79	V	0.69	F
Tronçon	N25_N26															
BV19	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	2.49	0.45	10.98	212.77	0.66	0.005	0.52	0.637779	0.7	0.49	0.65	0.16	1.43	V	0.65	F
Tronçon	N26_N27															

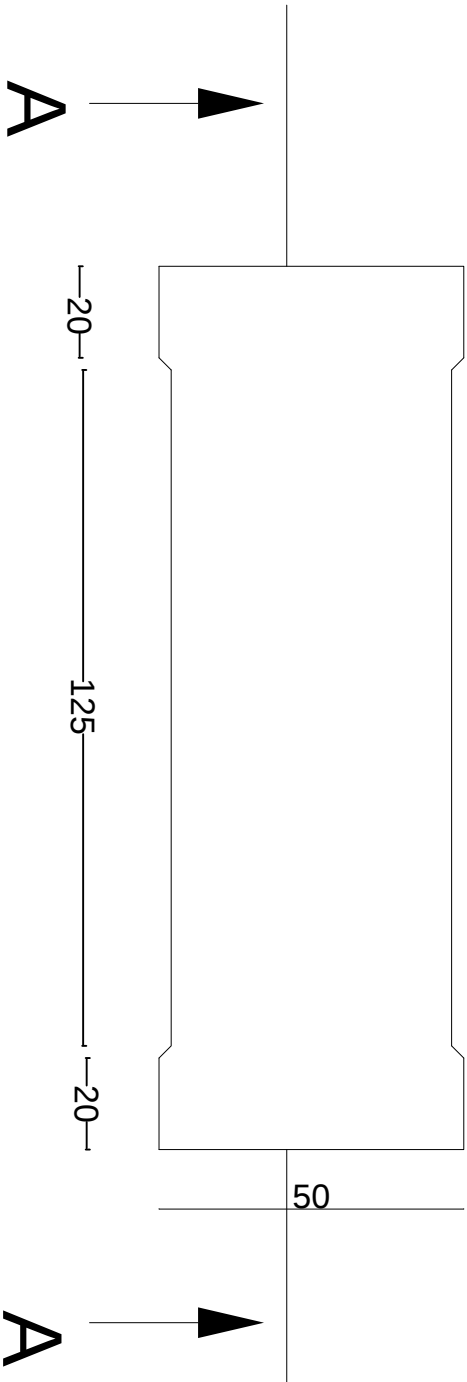
BV19+BV23	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	2.98	0.45	134.579	41.73	0.66	0.005	0.52	0.637779	0.7	0.49	0.65	0.16	1.43	V	0.65	F
Tronçon	N28_N27															
BV22	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	0.54	0.45	6.34	304.01	0.20	0.005	0.33	0.409876	0.7	0.24	0.65	0.41	1.04	V	0.68	F
Tronçon	N27_N29															
BV22+BV_n26	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	3.52	0.45	245.65	28.22	0.66	0.005	0.52	0.637779	0.7	0.49	0.65	0.16	1.43	V	0.65	F
Tronçon	N29_N30															
BV_n27+BV21	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	5.37	0.45	265.72	26.82	0.66	0.005	0.52	0.637779	0.7	0.49	0.65	0.16	1.43	V	0.65	F
Tronçon	N31_N32															
BV24	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	68.10	0.45	32.21	105.70	9.00	0.005	1.37	1.69662	1.8	1.33	1.5	0.17	2.75	V	0.76	F
Tronçon	N33_N32															
BV18	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	0.93	0.45	12.31	197.52	0.23	0.005	0.35	0.428886	0.6	0.28	0.6	0.32	1.09	V	0.65	F
Tronçon	N32_N34															
BV18+BV24	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	69.03	0.45	32.21	105.70	9.12	0.005	1.38	1.705281	1.8	1.34	1.5	0.16	2.76	V	0.76	F
Tronçon	N34_N30															
BV_n32+BV20	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	69.56	0.45	43.67	86.73	9.12	0.005	1.38	1.705281	1.8	1.34	1.5	0.16	2.76	V	0.76	F
Tronçon	2															

BV_n34+BV_n29	Seq (ha)	Ceq	Tceq (mn)	Ieq (mm/h)	Q10 final (m3/s)	I	y SHF (m)	b SHF (m)	b (m)	yn (m)	Hmax (m)	Revanche (m)	U (m/s)	Cond Vitesse	Nombre de Froude	Régime d'écoulement
	74.93	0.45	377.98	21.33	9.12	0.005	1.38	1.705281	1.8	1.34	1.5	0.16	2.76	V	0.76	F

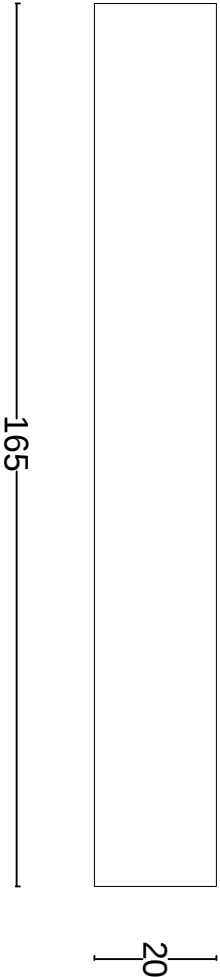
ANNEXE 5: Pièces graphiques



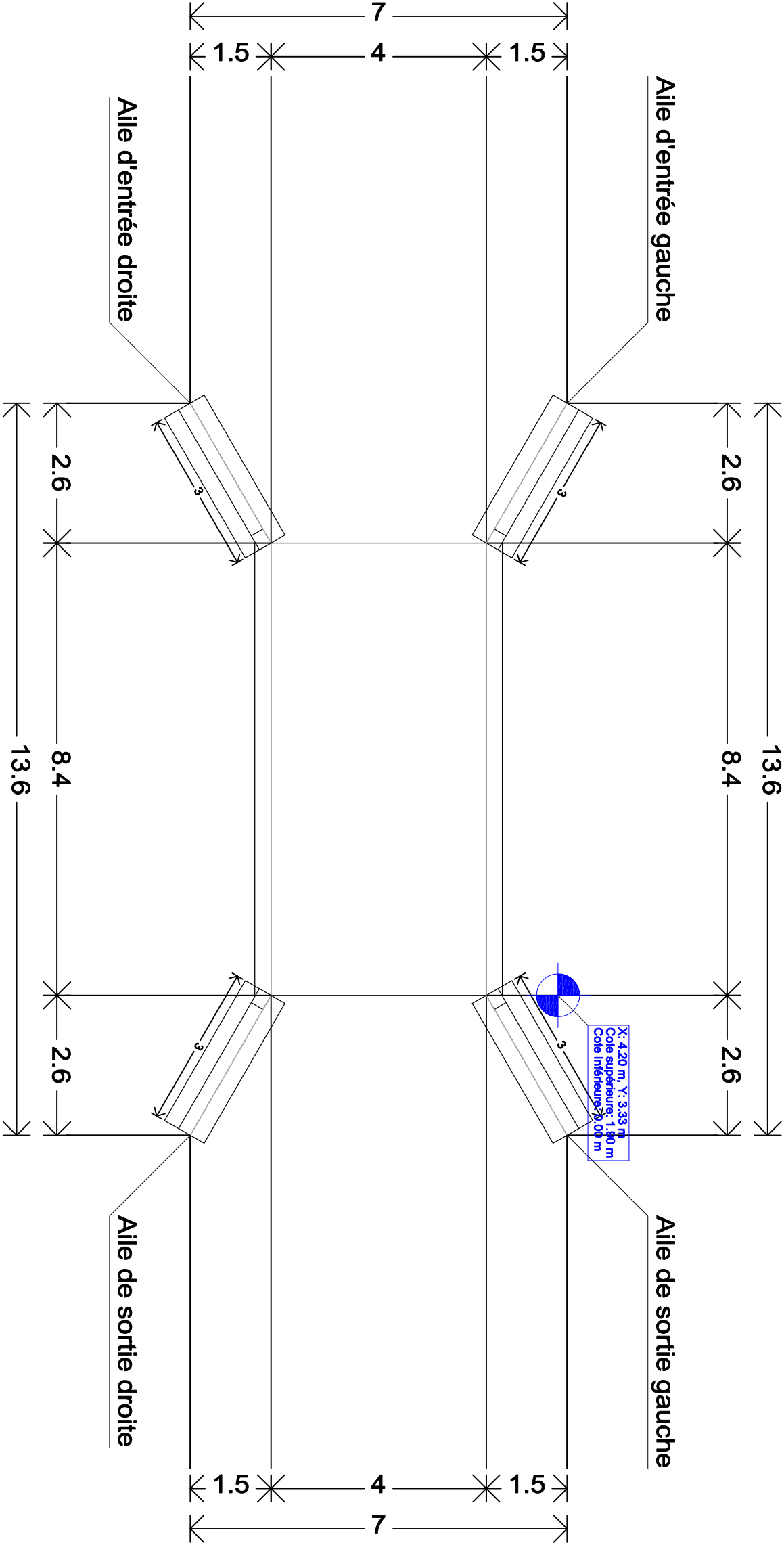
Vue en plan



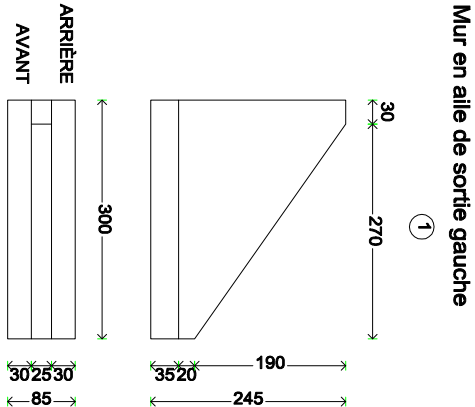
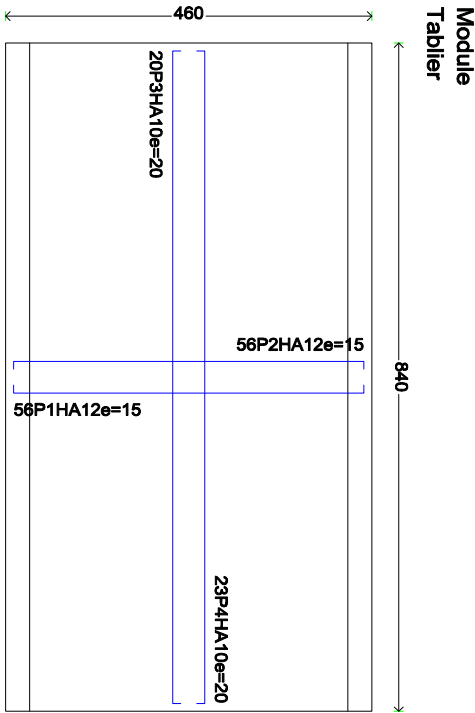
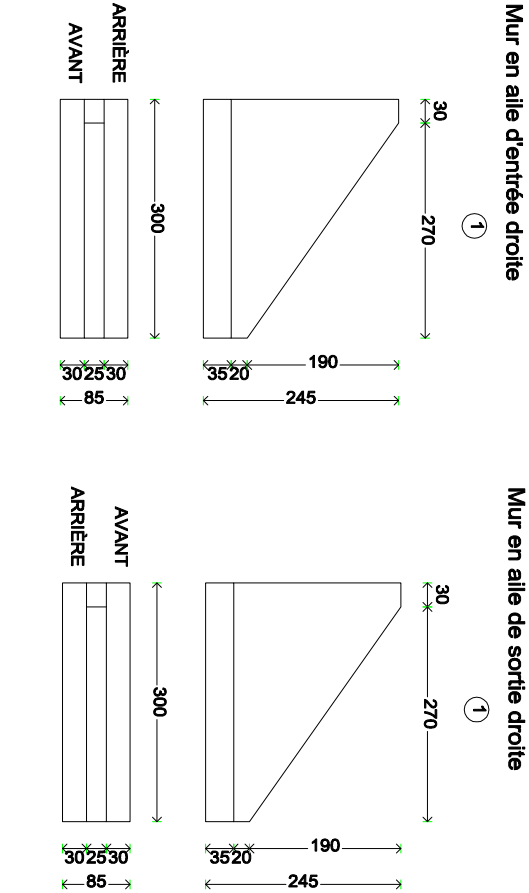
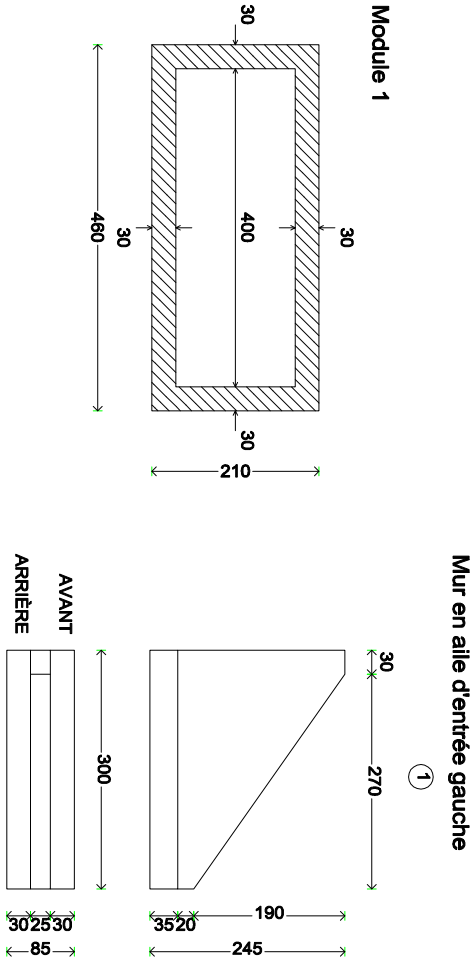
Coupe A-A



Vue de dessus



X: 4.20 m, Y: 3.33 m
Cote supérieure: 1.80 m
Cote inférieure: 0.00 m



Institut International
d'Ingénierie de l'Eau et de
l'Environnement (ZiE)



Bureau d'Etudes et de
Recherches Appliquées
(BERA)

Actualisation de l'étude d'APD
d'assainissement pluvial des sites d'accueil
des personnes affectées par le projet de
construction de l'aéroport de Donsin

Dimensions du grand dalot de
Donsin

KANAZOE M. Fadilah

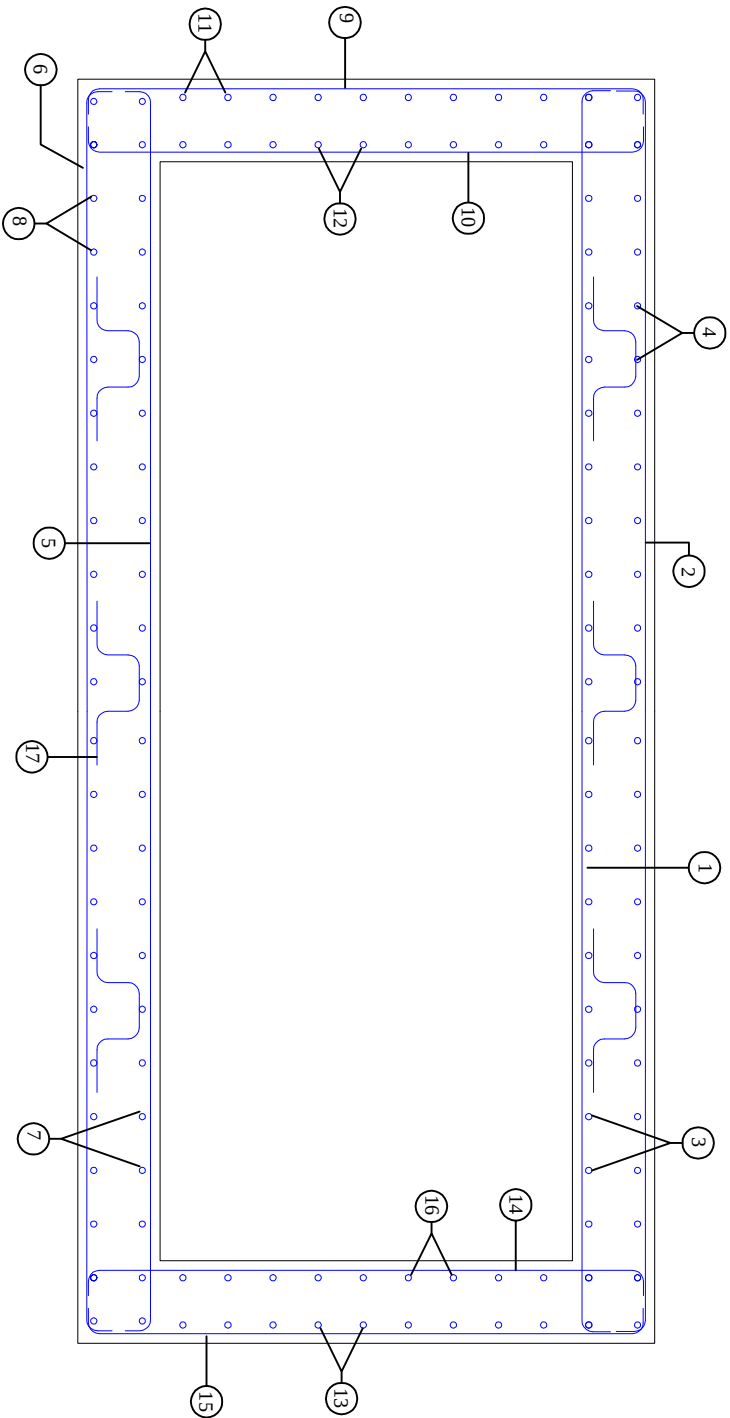
Echelle : 1/100
Indice : 01

Module						
POSITION	Ø mm	NBRE. PIÈCES	LONGUEUR E	ESPACEMENT Es	FAÇONNAGE L=cm	
1	12	56	4.77	15	15 447	15
2	12	56	4.91	15	22 447	22
3	10	20	9.03	20	18 832	18
4	10	23	9.03	20	17 832	17
5	10	56	4.74	15	13 448	13
6	10	56	4.91	15	22 448	22
7	10	20	9.17	20	25 832	25
8	10	23	9.17	20	23 832	23
9	12	56	2.41	15	22 198	22
10	10	42	2.20	20	11 198	11
11	10	13	9.17	15	24 832	24
12	10	10	9.17	15	25 832	25
13	12	56	2.41	15	22 198	22
14	10	42	2.20	20	11 198	11
15	10	13	9.17	15	24 832	24
16	10	10	9.17	20	25 832	25
					HA10	HA12
					1929.02	812.52
					0.62	0.89
					1189.31	721.40
					Poids total	Poids total
					1910.71	1910.71
					Poids total avec chutes (10.00%)	Poids total avec chutes (10.00%)
					2101.78	2101.78

Fe E400

Poids total avec chutes (10.00%)

2101.78



Institut International
d'Ingénierie de l'Eau et de
l'Environnement (2iE)



Bureau d'Etudes et de
Recherches Appliquées
(BERA)

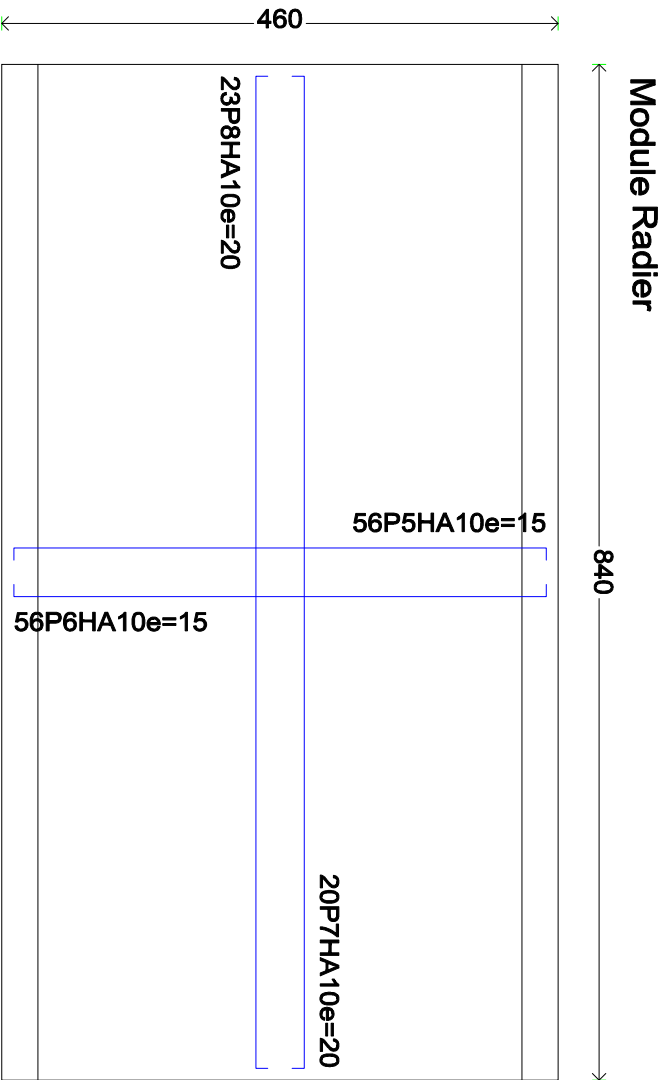
Actualisation de l'étude d'APD
d'assainissement pluvial des sites d'accueil
des personnes affectées par le projet de
construction de l'aéroport de Donsin

Ferrailage de la section
transversale du grand dalot

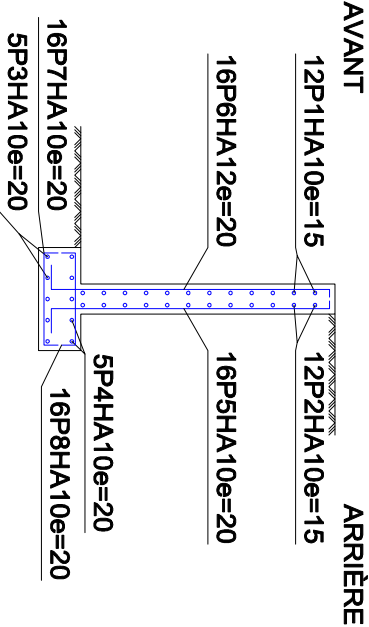
KANAZOE M. Fadilah

Echelle : 1/100

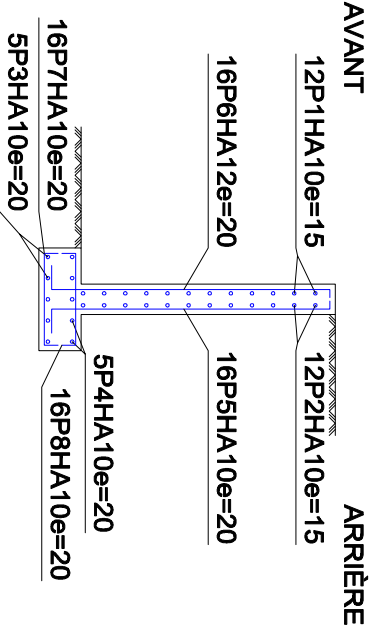
Indice : 02



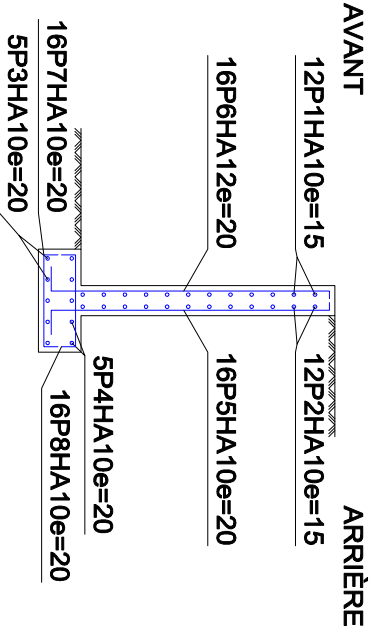
Mur en aile d'entrée gauche



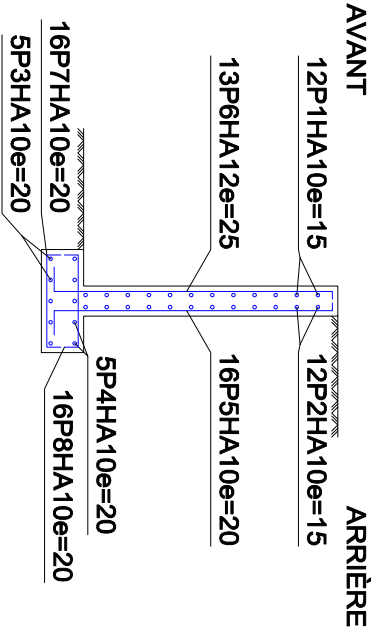
Mur en aile de sortie gauche



Mur en aile d'entrée droite



Mur en aile de sortie droite



Institut International
d'Ingenierie de l'Eau et de
l'Environnement (ZiE)



Bureau d'Etudes et de
Recherches Appliquées
(BERA)

Actualisation de l'étude d'APD
d'assainissement pluvial des sites d'accueil
des personnes affectées par le projet de
construction de l'aéroport de Donsin

Plan de ferrailage du dalot
Radier et Murs en ailes

KANAZOE M. Fadilah

Echelle : 1/100

Indice : 03



Profil dessiné par Covadis
Profil n°: N1_N2

Echelle en X : 1/1000
Echelle en Y : 1/100

PC : 292.00 m

Numéro de profils en travers	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Altitudes TN	301.47 301.66	301.91 301.99	301.92 301.92 301.93	301.88 301.88 301.88	301.76 301.75 301.75	301.75 301.74 301.72	301.40 301.40 301.40	301.31 301.31 301.31 301.24 301.22	301.06
Altitudes Projet	300.82	300.57	300.32	300.07	299.82	299.57	299.32	299.07	298.94
Ecart ^s TN - Projet	0.65	1.34	1.60	1.78	1.94	2.17	2.08	2.24	2.12
Distances partielles TN	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	25.86	
Distances cumulées TN	0.00	50.00	100.00	150.00	200.00	250.00	300.00	350.00	375.86
Distances partielles Projet	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	25.86	
Distances cumulées Projet	0.00	50.00	100.00	150.00	200.00	250.00	300.00	350.00	375.86
Pentes et rampes	PENTE: L = 375.86 m P = -0.50 ‰								
Alignements droits et courbes	DROITE L = 360.88 m								DROITE L = 14.98 m



Institut International
d'Ingénierie de l'Eau et de
l'Environnement (ZiE)



Bureau d'Etudes et de
Recherches Appliquées
(BERA)

Actualisation de l'étude d'APPD
d'assainissement pluvial des sites d'accueil
des personnes affectées par le projet de
construction de l'aéroport de Donsin

Profil en long des caniveaux

KANAZOE M. Fadilah

Echelle : Diverses

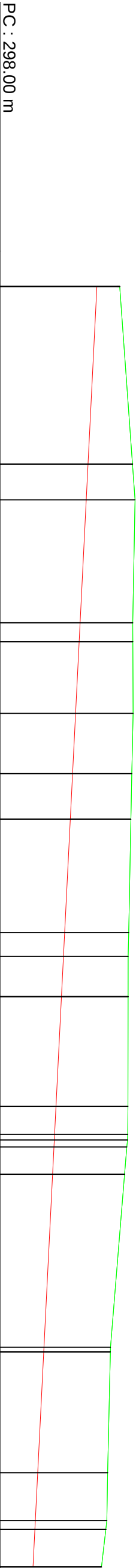
Indice : 01



Profil dessiné par Covadis
Profil n° : N4_N3

Echelle en X : 1/1000

Echelle en Y : 1/100



Numéro de profils en travers		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Altitudes TN		301.39	301.75 301.82	301.75 301.76	301.70	301.64 301.62	301.62 301.61 301.61 301.59	301.12 301.12 301.12	301.02 300.99	300.87
Altitudes Projet		300.74	300.49	300.24	299.99	299.74	299.49	299.24	298.99	298.94
Ecartes TN - Projet		0.65	1.26	1.52	1.71	1.88	2.03	1.88	2.00	1.93
Distances partielles TN		50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	10.57	
Distances cumulées TN		0.00	50.00	100.00	150.00	200.00	250.00	300.00	350.00	360.57
Distances partielles Projet		50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	10.57	
Distances cumulées Projet		0.00	50.00	100.00	150.00	200.00	250.00	300.00	350.00	360.57
Pentes et rampes	PENTE L = 360.57 m P = 0.50 %									
Alignements droits et courbes	DROITE L = 347.54 m									
	DROITE L = 13.03 m									



Institut International
d'Ingénierie de l'Eau et de
l'Environnement (ZiE)



Bureau d'Etudes et de
Recherches Appliquées
(BERA)

Actualisation de l'étude d'APPD
d'assainissement pluvial des sites d'accueil
des personnes affectées par le projet de
construction de l'aéroport de Donsin

Profil en long des caniveaux

KANAZOE M. Fadilah

Echelle : Diverses

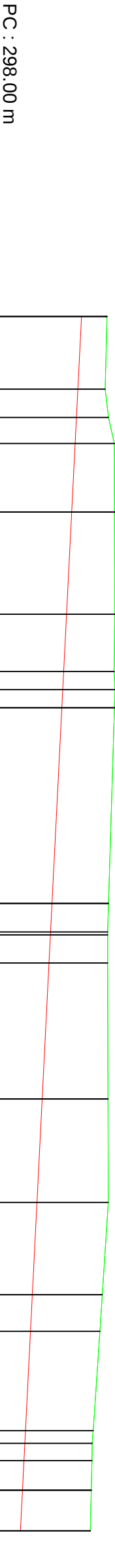
Indice : 02



Profil dessiné par Covadis
Profil n° : N6_N5

Echelle en X : 1/1000

Echelle en Y : 1/100



Numéro de profils en travers	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Altitudes TN	300.74	300.69	300.78	300.93	300.93	300.94	300.92	300.94
Altitudes Projet	300.09	299.84	299.59	299.34	299.09	298.84	298.59	298.54
Ecartés TN - Projet	0.65	1.09	1.34	1.44	1.68	1.78	1.75	1.78
Distances partielles TN	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	10.39	
Distances cumulées TN	0.00	50.00	100.00	150.00	200.00	250.00	300.00	310.39
Distances partielles Projet	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	10.39	
Distances cumulées Projet	0.00	50.00	100.00	150.00	200.00	250.00	300.00	310.39
Pentes et rampes	PENTE L = 310.39 m P = -0.50 %							
Alignements droits et courbes	DROITE L = 310.39 m							



Institut International
d'Ingénierie de l'Eau et de
l'Environnement (ZiE)



Bureau d'Etudes et de
Recherches Appliquées
(BERA)

Actualisation de l'étude d'APD
d'assainissement pluvial des sites d'accueil
des personnes affectées par le projet de
construction de l'aéroport de Donsin

Profil en long des caniveaux

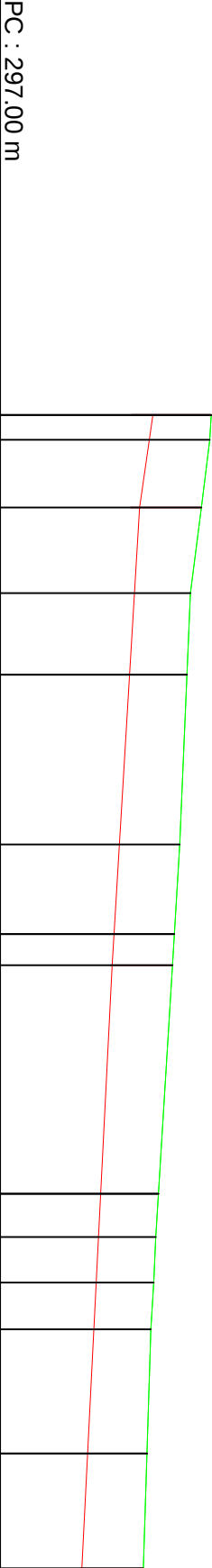
KANAZOE M. Fadilah

Echelle : Diverses
Indice : 03



Profil dessiné par Covadis
Profil n°: N2_N7

Echelle en X : 1/1000
Echelle en Y : 1/100



Numéro de profils en travers		P1	P2				P3		P4				P5	P6
Altitudes TN		301.06 301.03	300.87	300.66	300.60	300.46	300.35	300.31	300.05	300.00	299.95	299.90	299.83	299.76
Altitudes Projet		299.94		299.49		299.19		298.93		298.68		298.57		298.57
Ecarts TN - Projet		1.12		1.11		1.16		1.11		1.15		1.19		1.19
Distances partielles TN		50.00		50.00		50.00		50.00		50.00		22.18		
Distances cumulées TN		0.00		50.00		100.00		150.00		200.00		222.18		
Distances partielles Projet		50.00		50.00		50.00		50.00		22.18				
Distances cumulées Projet		0.00		50.00		100.00		150.00		200.00		222.18		
Pentes et rampes		PENTE L = 17.80 m P = -1.44 %												
Alignements droits et courbes		DROITE L = 17.80 m												



Institut International
d'Ingénierie de l'Eau et de
l'Environnement (ZiE)



Bureau d'Etudes et de
Recherches Appliquées
(BERA)

Actualisation de l'étude d'APD
d'assainissement pluvial des sites d'accueil
des personnes affectées par le projet de
construction de l'aéroport de Donsin

Profil en long des caniveaux

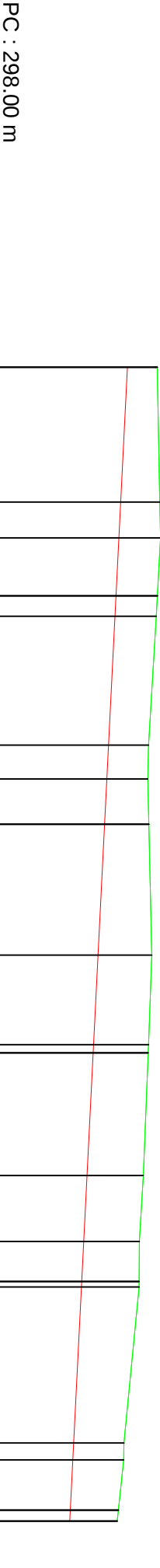
KANAZOE M. Fadilah

Echelle : Diverses
Indice : 04



Profil dessiné par Covadis
Profil n° : N12_N13

Echelle en X : 1/1000
Echelle en Y : 1/100



Numéro de profils en travers	P1	P2	P3	P4	P5	P6 P7
Altitudes TN	301.46	301.52 301.53	301.47 301.44	301.27 301.25 301.28	301.34	301.27 301.26 301.16 301.07 300.73 300.73 300.61 300.59
Altitudes Projet	300.81	300.56	300.31	300.06	299.81	299.56 299.55
Ecart ^s TN - Projet	0.65	0.91	0.97	1.20	1.26	1.05 1.04
Distances partielles TN	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	2.41 2.41
Distances cumulées TN	0.00	50.00	100.00	150.00	200.00	250.00 252.41
Distances partielles Projet	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	2.41
Distances cumulées Projet	0.00	50.00	100.00	150.00	200.00	250.00 252.41
Pentes et rampes	PENTE L = 252.41 m P = 0.50 ‰ ORONTE L = 252.41 m					
Alignements droits et courbes						



Institut International
d'Ingénierie de l'Eau et de
l'Environnement (ZiE)



Bureau d'Etudes et de
Recherches Appliquées
(BERA)

Actualisation de l'étude d'APPD
d'assainissement pluvial des sites d'accueil
des personnes affectées par le projet de
construction de l'aéroport de Donsin

Profil en long des caniveaux

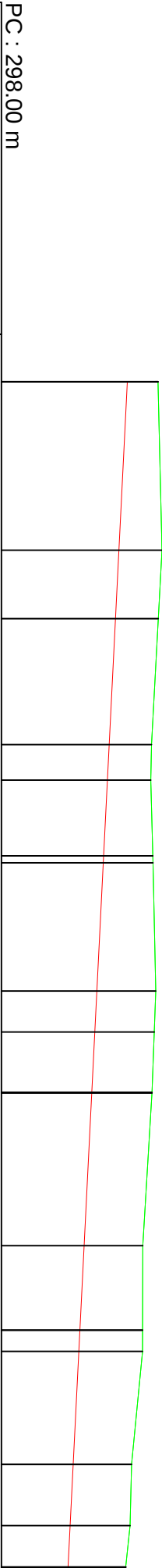
KANAZOE M. Fadilah

Echelle : Diverses
Indice : 05



Profil dessiné par Covadis
Profil n° : N10_N17

Echelle en X : 1/1000
Echelle en Y : 1/100



PC : 298.00 m	
Numéro de profils en travers	P1P2P3P4P5P7
Altitudes TN	301.31301.39301.31301.17301.16301.00301.26301.23301.18300.99300.98300.98300.75300.72300.63
Altitudes Projet	300.66300.41300.16300.11300.11300.11300.11300.11300.11300.11300.11300.11300.11300.11300.11
Ecart ^s TN - Projet	0.650.901.041.271.321.22
Distances partielles TN	50.0050.0050.0050.0050.18
Distances cumulées TN	0.0050.00100.00150.00200.00250.18
Distances partielles Projet	50.0050.0050.0050.0050.18
Distances cumulées Projet	0.0050.00100.00150.00200.00250.18
Pentes et rampes	PENTE L = 250.18 m P = -0.50 %
Alignements droits et courbes	DROITE L = 250.18 m



Institut International
d'Ingénierie de l'Eau et de
l'Environnement (ZiE)



Bureau d'Etudes et de
Recherches Appliquées
(BERA)

Actualisation de l'étude d'APD
d'assainissement pluvial des sites d'accueil
des personnes affectées par le projet de
construction de l'aéroport de Donsin

Profil en long des caniveaux

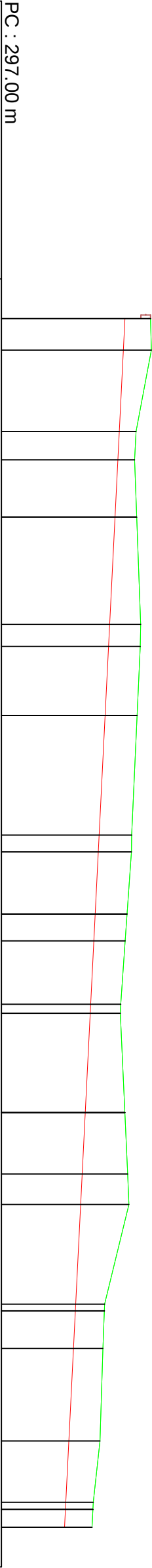
KANAZOE M. Fadilah

Echelle : Diverses
Indice : 06



Profil dessiné par Covadis
Profil n° : N14_N15

Echelle en X : 1/1000
Echelle en Y : 1/100



PC : 297.00 m	
Numéro de profils en travers	P1P2P3P4P5P6P7P8
Altitudes TN	300.76300.78300.39300.36300.41300.51300.50300.42300.28300.27300.16300.12300.00299.99300.11300.18300.21299.60299.59299.56299.48299.32299.31299.28
Altitudes Projet	300.11299.86299.61299.36299.11298.86298.61298.59
Ecart ^s TN - Projet	0.650.550.810.801.000.730.700.70
Distances partielles TN	50.0050.0050.0050.0050.0050.004.49
Distances cumulées TN	0.0050.00100.00150.00200.00250.00300.00304.49
Distances partielles Projet	50.0050.0050.0050.0050.0050.004.49
Distances cumulées Projet	0.0050.00100.00150.00200.00250.00300.00304.49
Pentes et rampes	PENTE L = 304.49 m P = -0.50 ‰
Alignements droits et courbes	DROITE L = 304.49 m



Institut International
d'Ingénierie de l'Eau et de
l'Environnement (ZiE)



Bureau d'Etudes et de
Recherches Appliquées
(BERA)

Actualisation de l'étude d'APD
d'assainissement pluvial des sites d'accueil
des personnes affectées par le projet de
construction de l'aéroport de Donsin

Profil en long des caniveaux

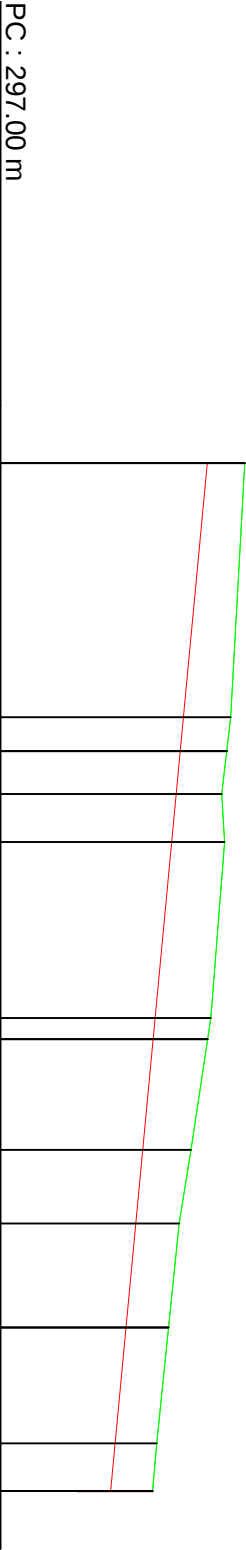
KANAZOE M. Fadilah

Echelle : Diverses
Indice : 07



Profil dessiné par Covadis
Profil n°: N9_N8

Echelle en X : 1/1000
Echelle en Y : 1/100



PC : 297.00 m												
Numéro de profils en travers	P1	P2				P3			P4		P5	
Altitudes TN	301.24	300.99	300.93	300.84	300.89	300.65	300.59	300.30	300.10	299.91	299.71	299.64
Altitudes Projet	300.59	300.12	299.65	299.65	299.65	299.18	298.91	298.91	298.91	298.91	298.91	298.91
Ecart ^s TN - Projet	0.65	0.81	0.94	0.94	0.94	0.73	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Distances partielles TN	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	28.40	28.40	28.40	28.40	28.40	28.40
Distances cumulées TN	0.00	50.00	100.00	150.00	178.40	178.40	178.40	178.40	178.40	178.40	178.40	178.40
Distances partielles Projet	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	28.40	28.40	28.40	28.40	28.40	28.40
Distances cumulées Projet	0.00	50.00	100.00	150.00	178.40	178.40	178.40	178.40	178.40	178.40	178.40	178.40
Pentes et rampes	PENTE L = 178.40 m P = 0.94 ‰											
Alignements droits et courbes	DROITE L = 178.40 m											



Institut International
d'Ingenierie de l'Eau et de
l'Environnement (ZiE)



Bureau d'Etudes et de
Recherches Appliquées
(BERA)

Actualisation de l'étude d'APD
d'assainissement pluvial des sites d'accueil
des personnes affectées par le projet de
construction de l'aéroport de Donsin

Profil en long des caniveaux

KANAZOE M. Fadilah

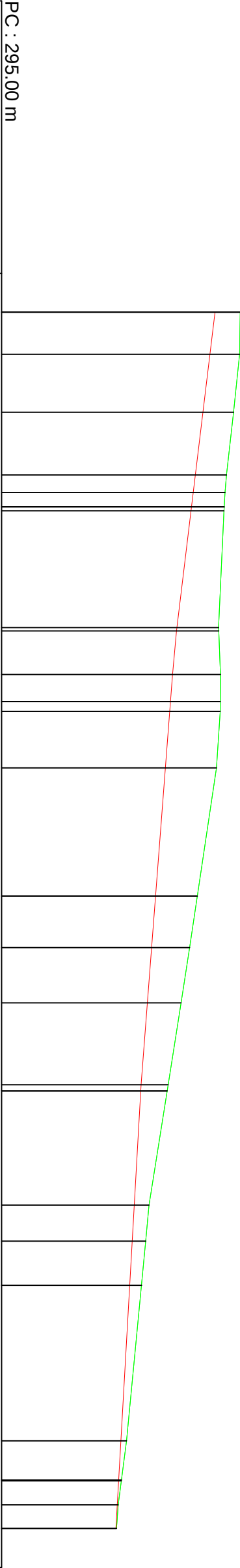
Echelle : Diverses
Indice : 08



Profil dessiné par Covadis
Profil n°: N16_N18

Echelle en X : 1/1000

Echelle en Y : 1/100



Numéro de profils en travers	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8	
Altitudes TN	301.14 301.12 300.97 300.78 300.75 300.72 300.70 300.68 300.63 300.62 300.62 300.53		300.72 300.70 300.68 300.66 300.63 300.62 300.62 300.53		300.62 300.62 300.53		300.04 299.84 299.62 299.28 299.26 299.26		298.79 298.71 298.60		298.22 298.08 298.00 297.96					
Altitudes Projet	300.49		299.89		299.35		298.96		298.58		298.30		298.01		297.94	
Ecart ^s TN - Projet	0.65		0.84		1.28		1.07		0.68		0.30		0.07		0.02	
Distances partielles TN	50.00		50.00		50.00		50.00		50.00		50.00		12.45		12.45	
Distances cumulées TN	0.00		50.00		100.00		150.00		200.00		250.00		300.00		312.45	
Distances partielles Projet	50.00		50.00		50.00		50.00		50.00		50.00		12.45			
Distances cumulées Projet	0.00		50.00		100.00		150.00		200.00		250.00		300.00		312.45	
Pentes et rampes	 PENTE L = 81.85 m P = -1.21 %		 PENTE L = 11.20 m P = -0.89 %		 PENTE L = 105.38 m P = -0.77 %		 PENTE L = 114.02 m P = -0.57 %									
Alignements droits et courbes	DROITE L = 81.85 m		DROITE L = 11.20 m		DROITE L = 105.39 m		DROITE L = 114.01 m									



Institut International
d'Ingénierie de l'Eau et de
l'Environnement (ZiE)



Bureau d'Etudes et de
Recherches Appliquées
(BERA)

Actualisation de l'étude d'APD
d'assainissement pluvial des sites d'accueil
des personnes affectées par le projet de
construction de l'aéroport de Donsin

Profil en long des caniveaux

KANAZOE M. Fadilah

Echelle : Diverses

Indice : 09

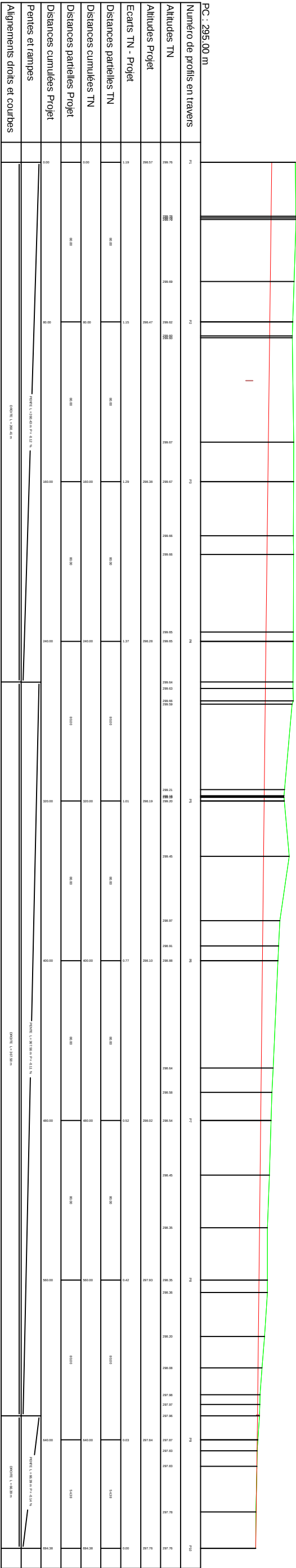


Profil dessiné par Covadis

Profil n°: N7_N19

Echelle en X : 1/1000

Echelle en Y : 1/100



Institut International
 d'Ingénierie de l'Eau et de
 l'Environnement (2iE)



Bureau d'Études et de
Recherches Appliquées
(BERA)

Actualisation de l'étude d'APD d'assainissement pluvial des sites d'accueil des personnes affectées par le projet de construction de l'aéroport de Donsin

Profil en long des caniveaux

KANAZOE M. Fadilah

Echelle : Diverses

Indice : 10