REPUBLIQUE DU BENIN

MINISTERE DU CADRE DE VIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

PRÉSIDENCE DE LA RÉPUBLIQUE DU BÉNIN
AGENCE DU CADRE DE VIE POUR LE DEVELOPPEMENT DU TERRITOIRE

AGENCE DU CADRE DE VIE ET DU DEVELOPPEMENT DU TERRITOIRE

AGETUR
AGENCE D'EXECUTION DES TRAVAUX URBAINS
certifiée ISO 9001 : 2008

Financement **Budget National d'Investissement du MCVDD**

PROGRAMME D'ACTION DU GOUVERNEMENT (PAG)

Mise en Œuvre du Plan Directeur d'Assainissement (PDA) Pluvial de la ville de Cotonou

Mission de maitrise d'œuvre relative à l'Elaboration de l'Avant-Projet Détaillé (APD) et des Dossiers d'Appel d'Offres des ouvrages du Plan Directeur d'Assainissement pluvial de la Ville de Cotonou-LOT MO1906

Volume 1 : Rapport d'APD et Annexes

Version révisée définitive – Mai 2019





ASSURANCE QUALITE

Titre du Projet **Prestations :**	**Mise en œuvre du PDA Pluvial de la ville de Cotonou** **Etudes techniques détaillées (APD) et DAO des actions à court et moyen termes**
Titre du document :	Volume 1 : Rapport d'Avant-Projet Détaillé et Annexes
N° d'acquisition :	AQ571
N° Contrat IGIP AFRIQUE :	ASS30
N° Client :	MO1906-PAPC-190325-PDG-AGETUR
Domaine Technique	Assainissement pluvial

Index	Versions	Date	Rédaction	Chef de projet	Vérification
1	**Version révisée Définitive**	05/2019	DAB-GIC-OEM-VIJ	FL	TOSS-EN
2	Version révisée : Réédition pour la Banque Mondiale	02/2019	DAB-GIC OEM-VIJ	FL	TOSS-EN
3	Version révisée	10/2018	DAB-GIC OEM-VIJ	FL	TOSS-EN
4	Versions Antérieures	06/2018			
5		03/2018			
6		11/2017			
7		11/2017			
8		10/2017			
9		09/2017			
10		08/2017			
11		07/2017			

Projet réalisé par

IGIP AFRIQUE

BP 7112
Cotonou – Bénin
T : +229 21 30 10 91
F : +229 21 30 41 96
www.igipafrique-bj.com

RESUME NON TECHNIQUE

Les études techniques d'Avant-Projet Détaillé de mise en œuvre des travaux à court et moyen termes du PDA Pluvial de Cotonou ont abouti à la projection de quatre types de collecteurs à savoir : i) les collecteurs à ciel ouvert en béton armé ; ii) les collecteurs cadres fermés en béton armé ; iii) les bassins de rétention /écrêtement avec revêtement de talus en matelas iv) et les Fossés en terre.

Sur les trente-quatre (34) bassins versants à problèmes (section hydraulique insuffisante principalement) sur un total de cinquante (50) identifiés lors des études d'actualisation du Plan Directeur d'assainissement pluvial (PDA 2015, Horizon 2045), vingt-six (26) feront l'objet de constructions de nouveaux collecteurs primaires. Les travaux d'entretien et de réhabilitation seront suffisants pour rétablir les huit (08) autres collecteurs primaires dans leurs fonctions.

Le linéaire total des collecteurs primaires projetés est de 51 Km toutes catégories confondues avec une prédominance des collecteurs cadres fermés (29.7 km), soit 58% du total.

En application des recommandations et des conclusions[1] *de l'atelier bilan sur l'assainissement pluvial en milieu urbain au Bénin de Décembre 2016*, il est projeté le pavage de 59 Km de rues (dont des rues de service) auxquelles sont associées environ 120 Km de caniveaux latéraux (collecteurs secondaires / tertiaires). Les caniveaux latéraux projetés sont tous des caniveaux rectangulaires fermés en béton armé.

Au total, **51 Km nouveaux collecteurs primaires** toutes catégories confondues, **59Km de Pavage de rues** et environ **125 km de caniveaux latéraux** sont projetés pour être réalisés dans la mise en œuvre du projet.

Le coût des **travaux** est estimé à **220 milliards FCFA** (**335 M€)** auquel s'ajoutent les imprévus physico financiers de **33 milliards**, soit un coût total estimé à **253 milliards FCFA** (≈ **386 M €)** décomposé suivant le tableau ci-dessous.

Tableau 1: Récapitulatif des coûts

Section	Total travaux FCFA (HT - HD)	Total € (HT - HD)
Coût des travaux	**219 743 920 582**	**334 975 489**
Imprévus physico-financier		
Déplacement de réseaux	**33 239 027 293**	**50 669 249**
Plan de Gestion Environnemental		
Plan d'Actions de Réinstallation		
Maîtrise d'Ouvrage Déléguée		
Contrôle et surveillance des travaux		
Audits et divers		
Totaux Généraux (HT - HD)	**252 982 947 875**	**385 664 738**

[1] Les travaux de construction de collecteurs primaires doivent être accompagnés des travaux de revêtement et d'assainissement de rues pour assurer un bon drainage pluvial.

TABLE DES MATIERES

ASSURANCE QUALITÉ I

RÉSUMÉ NON TECHNIQUE II

TABLE DES MATIÉRES III

FIGURES VI

TABLEAUX XI

1 CONTEXTE ET JUSTIFICATION 1

2 RAPPEL DES TDRS DE LA MISSION 1

3 RAPPELS ET SYNTHESE DES PRINCIPAUX RESULTATS DU PDA. 2

3.1 Bassins versants de la ville de Cotonou 2

3.2 Diagnostic du réseau existant 2

3.3 CARACTERISTIQUES DES bassins versants de la ville de Cotonou 4

3.3.1 Les Zones inondables et zones favorables à la rétention 4

3.3.2 Estimation des coefficients de ruissellement 6

3.3.3 Choix des périodes de retour 10

3.3.4 Méthode pour le calcul des débits de pointe 11

4 DESCRIPTION DES TRAVAUX PRÉPARATOIRES EFFECTUÉS. 14

4.1 SYNTHESE DES ETUDES EFFECTUEES 14

4.2 Dimensionnement des ouvrages 16

4.2.1 Dimensionnement hydraulique 16

4.3 Analyse des conditions hydrologiques à l'exutoire des collecteurs 18

4.3.1 Les côtes à l'exutoire 18

4.3.2 Dimensionnement des structures de chaussée 19

4.3.3 Dimensionnement béton armé 20

5 ETUDES DES BASSINS VERSANTS ET DIMENSIONNEMENTS DES COLLECTEURS 21

5.1 BassinS Pb et Pc 21

5.1.1 Synthèse des travaux projetés 21

5.1.2 Les collecteurs projetés 23

5.1.3 Les aménagements de rues 25

5.2 Bassin Zb 27

5.2.1 Synthèse des aménagements 28

5.2.2 Les Collecteurs projetés 29

5.2.3 Les rues projetées 32

5.3 Bassins WW1, WW2, WW3 et WW4 33

5.3.1 Synthèse des travaux projetés 33

5.3.2 Les Collecteurs projetés 35

5.4 Bassins ABa, ABb, ABc 37

5.4.1 Synthèse des travaux projetés 37

5.4.2	Les collecteurs projetés	39
5.5	**bassin AAs**	**41**
5.5.1	Synthèse des Travaux Projetés	43
5.6	**Bassin wa**	**44**
5.6.1	Synthèses des Travaux projetés	44
5.7	**Bassin L**	**47**
5.7.1	Synthèses des Travaux projetés.	47
5.8	**BASSIN D**	**51**
5.8.1	Synthèse des travaux projetés	51
5.9	**Bassins AAn**	**53**
5.9.1	Synthèse des travaux	53
5.10	**Bassin M**	**57**
5.10.1	Synthèse des travaux projetés	57
5.11	**Bassin AAc**	**62**
5.11.1	Synthèse des travaux projetés	65
5.11.2	Description des travaux projetés	66
5.11.3	Les aménagements de rues	70
5.12	**Bassin Y**	**70**
5.12.1	Synthèses des Travaux projetés	71
5.12.2	Aménagements de rues	76
5.13	**BASSIN Pa**	**76**
5.13.1	Les travaux d'aménagement du sous bassin versant Pa3	78
5.13.2	Les travaux d'aménagement du sous bassin versant Pa2	82
5.14	**BASSIN Q**	**91**
5.14.1	Synthèse des travaux projetés dans les sous bassins Qa et Qc	92
5.14.2	Synthèse des travaux projetés dans le sous bassin Qb	99
5.15	**BASSINS Ra, Rb, Rc, Rd et S**	**102**
5.15.1	Synthèse des travaux projetés	102
5.15.2	Les Collecteurs projetés	106
5.15.3	**Les aménagements de rues**	112
5.16	**Bassin XX**	**113**
5.16.1	Synthèse des Travaux projetés	114
5.16.2	Description des ouvrages de drainage.	116
6	**ANALYSES HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE (ANALYSE H&H)**	**124**
6.1	**Montage du modèle**	**124**
6.2	**Limites du modèle**	**124**
6.3	**Paramètres d'entrée**	**124**
6.3.1	Moteur de calcul	124
6.3.2	Calcul hydrologique (Transformation Pluie-Débit)	125
6.3.3	Calcul hydraulique : écoulement en régime non permanent, non uniforme	125
6.3.4	Paramètres des collecteurs	125
6.3.5	Paramètres des nœuds	125
6.4	**Paramètres de sortie**	**126**
6.4.1	Interprétation des résultats	126

6.4.2 Présentation des résultats 126
6.4.3 Calcul des revanches minimales et maximales 127

7 IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT PROJETÉS 129

7.1 Rappels des causes d'inondations dans la ville de Cotonou 129
7.1.1 Le lac Nokoué 129
7.1.2 Les houles exceptionnelles 129

7.2 Effets des changements climatiques 130
7.2.1 Incidence du changement climatique sur le régime pluviométrique 130
7.2.2 Incidence du changement climatique sur l'inondation marine 130
7.2.3 Incidence du changement climatique sur le lac Nokoué 131

CONTENU DU DOSSIER 134

Volume 1 : RAPPORT APD et annexes 134

Volume 2 : Plans et photos illustrAtions 134

Volume 3 : DQE 134

FIGURES

Figure 1: Répartition des 50 Bassins versants de la ville de Cotonou 2
Figure 2: Exemple d'ortho-photo utilisée pour l'estimation du pourcentage de terrain perméable en zone rbaine 7
Figure 3 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans les bassins Pb & Pc 22
Figure 4 : Profil en travers type du collecteur Pb - Rue 9.121 : Pk 0+00 - Pk 0+225 24
Figure 5 : Profil en travers type du collecteur Pb - Rue 9.121-9.151 : Pk 0+225 - Pk 0+878 24
Figure 6: Collecteur PC: PK 0+000 – PK 0+360 25
Figure 7: Collecteur Pc: PK 0+360 – PK 0+630 25
Figure 8 : Profil en travers type de la rue 9.121 : Pk0+000 à Pk0+225 26
Figure 9 : Profil en travers type de la rue 9.121-9.151 : Pk0+225-PK0+878 26
Figure 10 : Profil en travers type de la rue 9.175 (y compris les collecteurs trottoirs) 27
Figure 11 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin Z 29
Figure 12: Profil type Zb1: RUE 1.101: PK 0+000 – PK 0+450 30
Figure 13: Profil type Zb1- RUE 1.101; PK 0+450 – PK 0+802 30
Figure 14: Profil type Zb2-RUE 1.121-1.119; PK 0+000 – PK 0+450 30
Figure 15: Profil type Zb2-RUE 1.121-1.119: PK 0+450 – PK 0+938 31
Figure 16: Profil type Zb3: RUE 1.137-1.135: PK 0+000 – PK 0+465 31
Figure 17: Profil type Zb3- RUE 1.137-1.135: PK 0+465 – PK 1+022 31
Figure 18: Profil type Zb4 RUE 1.141-1.139: PK 0+000 – PK 0+450 32
Figure 19: Profil Type Zb4: RUE 1.141-1.139: PK 0+450 – PK 1+045 32
Figure 20: Profil type RUE 1.137-1.135 : PK 0+000 – PK 0+450 32
Figure 21: RUE 1.137/1.135: PK 0+450 – PK 1+022 33
Figure 22 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans les bassins WW1, WW2, WW3 et WW4. 34
Figure 23 : Profil en travers type du collecteur WW1 35
Figure 24 : Profil en travers type du collecteur WW2 36
Figure 25: Profil en travers type du collecteur WW3 36
Figure 26 : Profil en travers type du collecteur WW4 37
Figure 27 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans les bassins ABa, ABb, et ABc 38
Figure 28: profil type Fossé en terre domaine aéroportuaire, zone nord-Est (domaine hors-piste) 38
Figure 29: profil type Fossé en terre domaine aéroportuaire (zone piste d'atterrissage) 39
Figure 30: Collecteur ABa : Profil de la Traversée Boulevard du canada : PK 0+000 – PK 0+045 39
Figure 31: Collecteur ABa : Profil type RUE 12.181 : PK 0+045 – PK 0+206 40
Figure 32: Bassin ABa -Profil Type Correction profil Bd du Canada-RUE 12.128 40
Figure 33 : Profil en travers type du collecteur ABc - RUE 12.289 : PK 0+000 à PK0+270 41
Figure 34: Profil Type Collecteur ABc - RUE 12.200 : PK 0+270 – PK 0+325 41
Figure 35 : Profil en travers type du collecteur ABc - Rue 12.200 : PK 0+325à PK0+465 41
Figure 36: schéma hydraulique combine de AAS (à gauche) et de AAc (à droite) 42
Figure 37: Profil d'aménagement du sous bassin AAs1 42
Figure 38: profil type d'aménagement du sous bassin de rétention AAs2 42
Figure 39: profil type d'aménagement du sous bassin de rétention AAs3 43

Figure 40 :	Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin AAs	44
Figure 41 :	Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin Wa	45
Figure 42 :	Profil en travers type du collecteur Wa - (partie avale) : PK 1+575 – PK1+950	46
Figure 43 :	Profil en travers type du collecteur Wab-AMONT - Rue 1.201 : PK 0+000 – PK 0+100	46
Figure 44 :	Profil en travers type du collecteur Wa-AMONT : PK 0+100 – PK 0+525	46
Figure 45 :	Profil en travers type du collecteur Wa-AMONT : PK 0+525 – PK 1+116	46
Figure 46 :	Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin L	48
Figure 47:	Profil en travers type collecteur L : rue 7.002 – rue 11.004 : pk 0+000 – pk 0+525	49
Figure 48:	Profil en travers type collecteur L : rue 11.004 – rue 12.001 : pk 0+525 – pk 1+025	49
Figure 49:	Profil en travers type collecteur L : rue 12.001 : Pk 1+025 – Pk 1+575	49
Figure 50:	Profil en travers type collecteur L : rue 12.001 : Pk 1+575 – Pk 1+825	49
Figure 51:	Profil en travers type collecteur L : Pk 1+825 – Pk 1+914	50
Figure 52:	Profil en travers type collecteur L : traversée domaine portuaire : Pk 1+914 – Pk 2+025	50
Figure 53:	Profil en travers type collecteur L : traversée domaine portuaire : Pk 2+025 – Pk 2+340	50
Figure 54:	Profil en travers type collecteur Secondaire : rue 5.164 : Pk 0+000 – pk 0+638	50
Figure 55 :	Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin D	52
Figure 56 :	Profil en travers type du collecteur D : PK 0+000 – PK 0+240	52
Figure 57 :	Profil en travers type du collecteur D : PK 0+240 – PK 0+475	52
Figure 58:	Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin AAn,	54
Figure 59:	Profil en travers type collecteur AAn : exutoire amont : rue 13.289b : Pk 0+000 – Pk 0+145	55
Figure 60:	Profil en travers type collecteur AAn exutoire amont : RUE 13.502 : PK 0+145 – PK 0+606	55
Figure 61 :	Profil en travers type du collecteur AA - Rue 13.289b : PK 0+000 - PK 0+500	55
Figure 62 :	Profil en travers type du collecteur AA – Rue 13.289 : PK 0+500 - PK 1+630	56
Figure 63 :	Profil en travers type du collecteur AA – Rue 12.615+12.600 : PK 1+670 - PK 2+300	56
Figure 64:	Profil en travers type collecteur AAn : Rue 12.600 : pk 2+300 – pk 3+210	56
Figure 65:	Profil en travers type collecteur AAn exutoire : Rue 12.695	56
Figure 66:	Profil type reconstruction de la rue Fidjrossè-Godomey (Rue 13.400)	57
Figure 67 :	Vue générale des aménagements projetés dans le bassin M.	59
Figure 68 :	Profil en travers type du collecteur M - Rue 11.002 : PK 0+040 – PK0+325	60
Figure 69:	profil en travers type collecteur m : rue 11.002 : Pk 0+325 – Pk0+935	60
Figure 70:	Profil en travers type collecteur m : rue 12.096 : Pk 0+935 – Pk 1+325	60
Figure 71:	Profil en travers type collecteur m : rue 12.163 : Pk 1+325 – Pk 1+450	60
Figure 72:	Profil en travers type collecteur m : rue 12.143 : Pk 0+000 (CODIAM) – Pk 0+350	61
Figure 73:	Profil en travers type collecteur m : rue 12.015 : Pk 0+350 – Pk 0+600	61
Figure 74:	Profil en travers type collecteur M : PK 0+600 – PK 0+725	62
Figure 75:	Profil en travers type collecteur M : PK 0+725 – PK 1+478	62
Figure 76:	schéma hydraulique du bassin de rétention AAc	63
Figure 77:	courbes de variation des niveaux d'eau dans le bassin	63
Figure 78:	courbe de laminage du sous bassin de rétention 1	64
Figure 79:	courbes de laminage du sous bassin de rétention 2	64
Figure 80:	Profil d'aménagement du bas-fond 1 (AAc)	66

Figure 81: Profil type d'aménagement du bas-fond 2a (AAc) 66
Figure 82: profil Type d'aménagement bas-fond 2b (AAc) 66
Figure 83: Profil type d'aménagement du bassin de rétention bas-fond 3a (AAc Zone Est) 67
Figure 84: Profil type d'aménagement du bassin de rétention bas-fond 3b (AAc Zone Est) 67
Figure 85: Profil type d'aménagement du collecteur et de la promenade à GBEDEGBE 67
Figure 86: plan ensemble de la promenade auteur du Collecteur à GBEDEGBE, à côté du siège du 13ème arrondissement 68
Figure 87: Quelques perspectives de la promenade Projetée à GBEDEGBE 69
Figure 88: Profil de correction de profil du tronçon de rue 13.002 (Av de la francophonie) 69
Figure 89 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin AAc 70
Figure 90 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin Y. 72
Figure 91: Vue en plan raccordement du collecteur Y projeté et déconnexion de l'existant au Pk0+000 73
Figure 92: coupe AA du collecteur Y projeté au PK0+000 73
Figure 93 : Profil en travers type du collecteur Y - Rue 4.026 : PK 0+000 – PK 0+275 73
Figure 94: Profil en travers type du collecteur Y - Rue 4.026 : PK 0+0275 – PK 0+650 74
Figure 95: Profil en travers type du collecteur Y - Rue 4.026: PK 0+650 – PK 0+825 74
Figure 96: Profil en travers type du collecteur Y - Rue 4.026: PK 0+0825 – PK 0+930 74
Figure 97: Plan de situation de l'exutoire Y 75
Figure 98: Vue en Plan de la protection de l'exutoire Y 75
Figure 99: Coupe de sur l'exutoire Y 75
Figure 100 Schéma hydraulique du bassin de rétention Pa 76
Figure 101: Courbes de laminage de crue décennale (T=10ans) 77
Figure 102: Coubre d'évolution du niveau d'eau dans le bassin 77
Figure 103: Profil type d'aménagement du Bras Pa3 du bassin de rétention 79
Figure 104: Profil type de réalisation du collecteur cadre Pa3 Amont. 79
Figure 105: Propositions d'aménagements des zones non aedificandi autour du Bassin Pa3. 80
Figure 106: Plan de masse et illustrations de la zone 1 81
Figure 107: Plan d'ensemble et images d'illustrations de la zone 2 81
Figure 108: Plan de masse et illustrations des aménagements Zone 3 82
Figure 109: Profil type d'aménagement du Bras Pa2 du bassin de rétention 83
Figure 110 : Profil en travers type réaménagement du collecteur trapézoïdal existant 83
Figure 111 : Vue d'ensemble des aménagements réalisés projetés dans le bassin Pa 84
Figure 112: Plan d'ensemble d'aménagements des zones non aedificandi autour de Pa2 85
Figure 113: Plan de masse et illustrations des aménagements projetés dans la zone 4 86
Figure 114: plan de masse et quelques aperçus des aménagements de la zone 5 86
Figure 115: Plan de masse et vues aménagements projetés zone 6 87
Figure 116: Plans de masse des aménagements des zones 7, 8 et 9 et vue plage artificielle zone 8 87
Figure 117: Quelques vues et perspectives du projet d'aménagement de l'Ecole Béninoise des Sourds 89
Figure 118: Quelques vues et perspectives du projet d'aménagement de l'EPP VEDOKO 2 91
Figure 119 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin Q 92
Figure 120 : Profil en travers type du collecteur Qc : PK0+175 – PK0+485 94

Figure 121 : Profil en travers type du collecteur Qc : PK0+485 –PK 0+775 et PK 0+875- PK0+950 94
Figure 122 : Profil en travers type du collecteur Qc : PK 0+775 - PK 0+875 95
Figure 123 : Profil en travers type du collecteur Qc : PK0+950 – PK1+230 95
Figure 124: PROFIL EN TRAVERS TYPE_ Qc : RUE 6.043 PK 1+230 – PK 1+263 95
Figure 125: Profil reprise chaussée côté Eglise saint Ste Cécile 96
Figure 126 : Coupe type protection berge en matelas Reno (Exutoire Q) 96
Figure 127: Profil en travers type Qc : Rue 6.144 : Pk 0+000 – Pk 0+090 97
Figure 128: Profil en travers type du collecteur Qc - RUE 6.144: PK 0+090 – PK 0+200 97
Figure 129 : Profil en travers type du collecteur Qc - RUE 6.144 : PK 0+200 et suivant 98
Figure 130: Plans de masse, d'aménagement et perspectives du laboratoire de Type CSC au CS d'Ahouansori99
Figure 131 : Coupe du collecteur Qb de PK 0+150 à PK 0+975 100
Figure 132: Coupe Collecteur Qb, partie Aval, PK0+975 à Pk1+273 101
Figure 133 : Profil en travers type de la rue 6.104 : PK0+000 à PK0+150 101
Figure 134 : Profil en travers type de la rue 6.104 : PK0+150 à PK 0+970 101
Figure 135 : profil type des rues 6.104-6.102 de PK0+970 à PK1+274 102
Figure 136 : Profil en travers type de la rue 6.021 102
Figure 137 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans les bassins Ra, Rb, Rc, Rd & S 105
Figure 138 : Profil en travers type du collecteur "Ra, PK0+000 à PK0+700 et "S ": PK0+000 à PK0+650 106
Figure 139 : Profil en travers type du collecteur "Ra-" : PK 0+7000 - PK 1+150 106
Figure 140: Profil en travers type du collecteur "Ra": rue 3.127, PK 1+150 PK 1+835 107
Figure 141 : Profil en travers type du collecteur Ra exutoire : PK 1+835 – PK2+125 107
Figure 142 : Profil e type Rb-Rd : RUE 4.116 : PK 0+000 – PK 0+313 107
Figure 143: Profil type Rb-Rd: RUE 4.118: PK 0+313 – PK 0+500 108
Figure 144 : Profil en travers type du collecteur RC - Rue 4.127 : PK 0+000 – PK 0+545 108
Figure 145 : Profil en travers type du collecteur RC - Rue 4.127 : PK 0+545 – PK 0+625 109
Figure 146 : Profil en travers type du collecteur RC - Rue 4.168: PK 0+625 – PK 0+690 109
Figure 147 : Profil en travers type du collecteur RC - Rue 4.170: PK 0+730 – PK 1+153 109
Figure 148 : Profil en travers type du collecteur S (à droite) : PK0+000 à PK0+650 110
Figure 149 : Profil en Travers type du collecteur "Sb»: RUE 2.003: PK 0+650 - PK 1+000 110
Figure 150 :Profil en Travers type du collecteur "Sb»: Rue 3.056 intersection rue 3.127 PK 1+000 - PK 1+525 110
Figure 151: Profil en travers type du collecteur Sb: RUE 3.028- PK 1+525 – PK 1+825 111
Figure 152: Profil en travers type du collecteur Sb: RUE 3.028-3.039: PK 1+825 – PK 2+075 111
Figure 153: Profil en travers type du collecteur "Sb" : PK 2+075 - PK 2+536 111
Figure 154 : réhabilitation Collecteur S : Section Ciné concorde-Feu tricolore DEDOKPO 112
Figure 155 : Profil en travers type du collecteur "S - exutoire" : PK 1+885 - PK 2+155 112
Figure 156: Profil en travers type du collecteur "S - exutoire" : PK 2+155-PK2+184 112
Figure 157: Schéma hydraulique de XX 114
Figure 158 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin XX 116
Figure 159: Vue d'ensemble des aménagements projetés (partie amont sud-ouest) 117
Figure 160: vue d'ensemble des aménagements projetés Bassin XX vue bras X3 (Zone Nord-Est) 117
Figure 161: Vue d'ensemble des aménagements projetés (partie avale) 117

Figure 162:	Profil en travers type bassin xx: bras X2-amont	118
Figure 163:	Profil en travers type bassin xx: bras X2 - a, b, c, d	118
Figure 164:	Profil en travers type Bassin XX: Bras X2 Principal	118
Figure 165:	Profil en travers type bassin XX: bassin de rétention	118
Figure 166:	Profil en travers type bassin XX: bras X3	119
Figure 167:	Profil en travers type bassin XX: bras X2-aval	119
Figure 168:	Vue d'ensemble et coupe de l'aménagement projeté après le Matelas Reno (exutoire)	120
Figure 169:	Plans de masse des aménagements autour des bars du Bassin XX	121
Figure 170:	Plans de masse des aménagements des zones 1 et 4 autour du bras X2	122
Figure 171:	Plan de masse et quelques aperçus des aménagements de la zone 2	122
Figure 172:	Plan de masse et Vue Panoramique zone 3	123
Figure 173:	Plans de masses des aménagements des zones 5 ; 6 et Z	123
Figure 174:	Exemple de présentation d'un Profil en long (PFL) d'un collecteur existent (collecteur M)	126
Figure 175:	Exemple de présentation d'un profil en long (PFL) d'un collecteur projeté (Collecteur S).	127

TABLEAUX

Tableau 1: Récapitulatif des coûts ii
Tableau 2: Récapitulatif du réseau de drainage existant Zone Est 3
Tableau 3: Récapitulatif du réseau de drainage existant Zone Ouest 3
Tableau 4: Caractéristiques des Vingt (20) Bassins de l'Est de Cotonou 9
Tableau 5: Caractéristiques des trente (30) Bassins de l'Ouest de Cotonou 9
Tableau 6: Analyse comparative des méthodes d'estimation des débits 11
Tableau 7: Evaluation des débits de pointe des bassins versants T= 10 ans 13
Tableau 8 : Récapitulatif des bassins étudiés 14
Tableau 9 : Synthèse des aménagements projetés 15
Tableau 10 : résultats à T10 du dimensionnement hydraulique des ouvrages projetés 17
Tableau 11 : Niveaux du lac d'après SNC-LAVALIN 18
Tableau 12: Niveau moyen mensuel du lac 19
Tableau 13: Résumé de différents facteurs d'équivalence du système "pavés + lit de pose (adapté de CMA 2004). 20
Tableau 14: Caractéristiques des terrains 21
Tableau 15 : Synthèse des collecteurs projetés Pb & Pc 21
Tableau 16 : Synthèse des rues projetées dans les bassins Pb & Pc 22
Tableau 17: Caractéristiques techniques des Collecteurs des bassins Pb & Pc 23
Tableau 18 : Synthèse des collecteurs projetés dans le bassin Z 28
Tableau 19: Synthèse des aménagements de rue 28
Tableau 20: Caractéristiques techniques des Collecteurs du Bassins Zb 29
Tableau 21 : Synthèse des collecteurs projetés dans les bassins WW1, WW2, WW3 et WW4 33
Tableau 22 : Synthèse des rues projetées dans les bassins WW1, WW2, WW3 et WW4 34
Tableau 23: caractéristiques techniques des Collecteurs WW4, WW3, WW2 et WW1 34
Tableau 24: Synthèse des aménagements 37
Tableau 25: Les caractéristiques techniques des Collecteurs projetés 39
Tableau 26 : Synthèse des Collecteurs projetés dans le Bassin AAs 43
Tableau 27 : Synthèse des rues projetées dans AAs 43
Tableau 28 : Synthèse des Collecteurs projeté dans le bassin Wa 44
Tableau 29 : Synthèse des rues projetées dans le bassin Wa 45
Tableau 30: caractéristiques techniques du Collecteur Wa 45
Tableau 31: Synthèse des Collecteurs projetés dans le bassin L 47
Tableau 32: Synthèse des rues Projetées dans le bassin L 47
Tableau 33: Caractéristiques techniques du Collecteur L 48
Tableau 34 : Synthèse des collecteurs et rues projetés dans le bassin D 51
Tableau 35: Caractéristiques techniques des Collecteurs D 52
Tableau 36 : Synthèse des Collecteurs projetés dans les Bassins AAn 53
Tableau 37 : Synthèse des Rues projetées dans les bassins AAn 53
Tableau 38: caractéristiques techniques du Collecteur AAn 54
Tableau 39: Synthèses des collecteurs projetés dans le bassin M 57

Tableau 40 :	Synthèse des rues projetées dans le bassin M	58
Tableau 41:	Caractéristiques techniques du Nouveau Collecteur Primaire M projeté	59
Tableau 42:	Synthèse des ouvrages de drainage projetés dans le bassin versant AAc	65
Tableau 43:	Synthèse des rues projetées dans le bassin versant AAc	65
Tableau 44 :	Synthèse des collecteurs dans le bassin Y	71
Tableau 45 :	Synthèse des rues Projetées dans le Bassin Y	71
Tableau 46:	caractéristiques techniques du Collecteur Y	72
Tableau 47:	Synthèse des ouvrages de drainage du sous bassin versant Pa3	78
Tableau 48:	caractéristiques techniques du Collecteur cadre Pa3 (Amont)	79
Tableau 49:	Synthèse des rues projetées dans Pa3	79
Tableau 50:	Programme des unités d'aménagements paysagers autour de Pa3 (zones non aedificandi)	80
Tableau 51:	Synthèse des ouvrages de drainage du sous bassin versant Pa2	82
Tableau 52:	Synthèse des rues projetées dans Pa2	84
Tableau 53:	programmation des unités d'aménagements paysagers autour du bassin Pa2	85
Tableau 54 :	synthèse des Collecteurs Projetés dans les sous bassins Qa et Qc.	92
Tableau 55 :	Synthèse des rues Projetées dans les sous bassins Qa et Qc	93
Tableau 56:	caractéristiques Techniques des Collecteurs du Bassin Qa et Qc	93
Tableau 57 :	synthèse des Collecteurs Projetés dans le Bassin Qb	99
Tableau 58 :	Synthèse des rues Projetées dans le bassin Qb	100
Tableau 59:	caractéristiques techniques u Collecteur Qb	101
Tableau 60 :	synthèse des collecteurs projetés dans les bassins Ra, Rb, Rc, Rd & S	103
Tableau 61 :	Synthèse des rues et autres aménagements Projetés dans les bassins Ra, Rb, Rc, Rd et S	104
Tableau 62 :	caractéristiques techniques des collecteurs RA, Rb, Rc, Rd et S	105
Tableau 63 :	Synthèse des ouvrages d'assainissement projetés dans le Bassin XX	114
Tableau 64 :	Synthèse des rues projetées dans le Bassin XX	115
Tableau 65:	Caractéristiques techniques des collecteurs XX (Matelas Reno)	116
Tableau 66:	programme des unités d'aménagements paysagers autour du bassin XX	121
Tableau 67:	Présentation des valeurs minimales et maximales de revanche par bassin versant	127
Tableau 68:	Niveaux du lac Nokoué d'après l'étude SNC-Lavalin	129
Tableau 69:	Niveau des houles en fonction de la période de retour	130
Tableau 70:	Prévisions de l'augmentation des précipitations	130
Tableau 71:	Scénario d'accélération de l'élévation du niveau marin	131
Tableau 72:	Exutoires en mer : tableau comparatif des cotes d'ouvrages et de la houille	131
Tableau 73:	comparaison des côtes d'eau collecteurs pleine section et celle du lac pour T=100 ans	132

1 CONTEXTE ET JUSTIFICATION

Le Plan Directeur d'Assainissement (PDA) pluvial de la ville de Cotonou a fait l'objet d'une actualisation pour laquelle les études techniques ont été achevées en 2015 par le Groupement de bureaux d'études internationaux IGIP /IGIP Afrique. Le nouveau PDA est projeté pour l'horizon 2045.

Aux termes du PDA, la ville de Cotonou est subdivisée en cinquante (50) bassins versants dont vingt (20) à l'Est et trente (30) à l'Ouest.

La proposition de stratégie d'investissement préconisait la réalisation des travaux en trois phases à savoir : i) les travaux à court terme dont les actions étaient projetées pour commencer en 2018 sur quatre (04) années ; ii) le programme d'investissement à moyen terme dont les actions étaient projetées pour démarrer en 2022 et qui s'étaleront progressivement sur vingt ans (2022-2042) ; iii) et enfin le programme d'investissement à long terme qui prévoyait la mise en œuvre du reste des actions pour les trois dernières années de l'horizon du PDA (2042-2045).

Le mandat du Consultant dans le cadre des études d'actualisation du PDA pluvial de Cotonou comprenait entre autres l'étude de faisabilité, le plan d'investissement, l'étude d'Avant-Projet Détaillé et le DAO d'une partie des interventions à réaliser en urgence, etc. De même le PDA Pluvial a été soumis à validation et les documents finaux élaborés par le groupement de bureau d'études IGIP/IGIP AFRIQUE remis au commanditaire.

Faisant suite à la volonté du nouveau gouvernement de régler durablement les problèmes récurrents d'inondations pluviales dans la ville de Cotonou aux fins d'accélérer l'amélioration du cadre de vie des populations, les présentes études ont été commanditées au titre d'Avant-Projet Détaillé et d'élaboration du DAO des actions à court et moyen termes.

Les présentes études sont consacrées au dimensionnement des collecteurs primaires, l'aménagement des rues de service et celles dont l'aménagement contribuera à améliorer le drainage du bassin versant.

Le dossier final des études APD est structuré en trois (03) volumes et les lecteurs trouveront à travers l'ensemble des volumes des éléments techniques nécessaires à la compréhension des présentes études. Il s'agit de : i) Volume 1 : RAPPORT APD et Annexes ; ii) Volume 2 : Plans et photos illustrations ; iii) Volume 3 : devis estimatif et quantitatif (DQE)

De même, dans le rapport APD, il nous a paru utile de consacrer un chapitre aux mesures prises dans le cadre de la résilience aux changements climatiques des ouvrages projetés. Par ailleurs les discussions techniques ont conduit à l'extension de la mission initiale par l'ajout d'une mission supplémentaire dénommée « Analyse Hydrologique et Hydraulique » ou Analyse H&H. L'analyse H&H a fait l'objet d'un rapport final et ses annexes remis au commanditaire. Néanmoins une synthèse est présentée dans le présent rapport APD.

2 RAPPEL DES TDRs DE LA MISSION

Suivant les Termes De Référence (TDRs), la présente mission intervient en complément de la mission d'actualisation du Plan Directeur d'Assainissement des eaux pluviales de la ville de Cotonou dont les résultats constituent l'Avant-Projet Sommaire (APS) de la présente mission d'études techniques d'Avant-Projet Détaillé (APD) et l'élaboration des Dossiers d'Appel d'Offres (DAO) des actions identifiées à court et moyen termes.

De façon quantitative ; les TDRs prévoient les études techniques détaillées et l'élaboration des DAO d'environ quarante kilomètres (**40 km**) de **collecteurs primaires** auxquelles s'ajoutent six kilomètres (**06 km**) de **voirie** de service représentant quinze pour cent (15%) de linéaires de collecteurs.

Les études techniques APD, objet de la mission consistent à : i) réaliser les études topographiques détaillées des zones identifiées avec établissement aux échelles appropriées des vues en plans, des profils en long et des profils en travers des collecteurs et des rues projetées ; ii) dimensionner les canaux primaires de drainage des bassins versants identifiés ; iii) dimensionner d'éventuels ouvrages spécifiques (pont, dalot, station de relevage) ; iv) procéder au dimensionnement de la voirie de service mitoyen ; v) établir les plans d'exécution des ouvrages ; vi) établir le métré et le Devis Quantitatif et Estimatif (DQE) prévisionnel des travaux ; vii) procéder à l'allotissement des travaux projetés ; viii) élaborer le dossier d'appel d'offres pour la réalisation des travaux projetés ; ix) proposer un programme de réalisation des travaux.

3 RAPPELS ET SYNTHESE DES PRINCIPAUX RESULTATS DU PDA.

3.1 BASSINS VERSANTS DE LA VILLE DE COTONOU

Les études d'actualisation du Plan Directeur d'Assainissement Pluvial de la ville de Cotonou (IGIP 2015, Horizon 2045) ont abouti à la définition de cinquante (50) Bassins versants sur l'ensemble du territoire de la ville dont vingt (20) sont situés dans la partie Est et trente (30) dans la partie Ouest de la ville comme l'indique la figure ci-dessous.

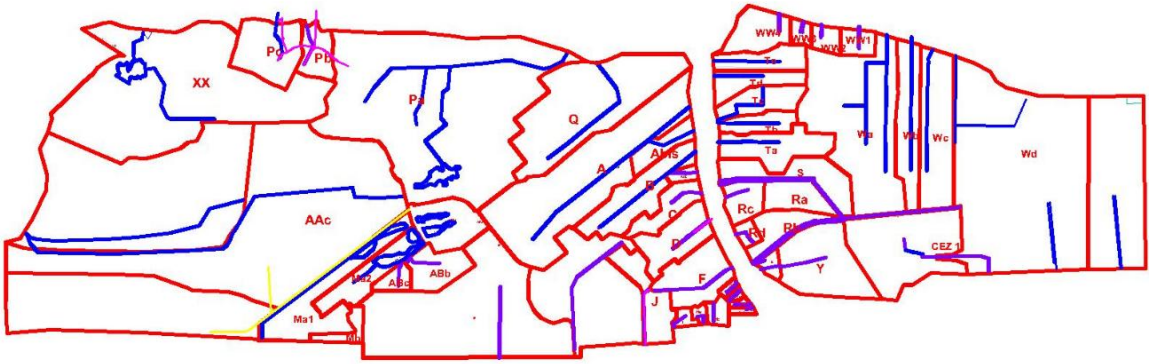


Figure 1: Répartition des 50 Bassins versants de la ville de Cotonou

3.2 DIAGNOSTIC DU RESEAU EXISTANT

Au plan diagnostic, les études du PDA pluvial de Cotonou ont permis de recenser en 2014 environ 305.5 Km de collecteurs toutes catégories confondues dont 60.35Kms à l'Est et 245.15Kms à l'Ouest. Sur les 305.5Kms de réseaux de drainages recensés, 224.3 kms sont des collecteurs secondaires/tertiaires. On en dénombrait 26.3Kms en 1994 à l'élaboration du PDA pluvial précédant.

Les détails du recensement des collecteurs existants et ceux recensés en 1994 sont récapitulés dans les deux tableaux suivants :

Tableau 2: Récapitulatif du réseau de drainage existant Zone Est

N°	Bassin	Surface (ha)	Longueur nouveau réseau secondaire et tertiaire (m) en 2014	Longueur secondaires et tertiaires 1994 (m)	Longueur primaire ouvert (m) en 2014	Longueur primaire fermé (m) en 2014	Total en 2014 (m)
1	**Ra**	51	373	0	0	1 429	**1 802**
2	**Rb**	47	2 823	0	0	1 653	**4 476**
3	**Rc**	36	1 712	0	0	371	**2 083**
4	**Rd**	13	150	0	0	377	**527**
5	**S**	80	1 666	0	0	2 254	**3 920**
6	**Ta**	81	4 595	0	982	0	**5 577**
7	**Tb**	36	1 292	0	969	0	**2 261**
8	**Tc**	51	3 224	0	1 161	0	**4 385**
9	**Td**	44	1 754	0	786	0	**2 540**
10	**Te**	50	1 665	0	1 045	0	**2 710**
11	**Wa**	308	8 000	0	0	0	**8 000**
12	**Wb**	97	2 959	0	0	0	**2 959**
13	**Wc**	160	973	0	0	0	**973**
14	**WW1**	25	1 087	0	0	673	**1 760**
15	**WW2**	20	826	0	0	690	**1 516**
16	**WW3**	13	615	0	0	440	**1 055**
17	**WW4**	57	687	0	0	966	**1 653**
18	**Y**	135	3 524	1 164	340	710	**5 738**
19	**Ya**	9	620	0	0	150	**770**
20	**Z**	140	2 813	1 518	1 314	0	**5 645**
	Total	**1 453**	**41 358**	**2 682**	**6 597**	**9 713**	**60 350**

Tableau 3: Récapitulatif du réseau de drainage existant Zone Ouest

N°	Bassin	Surface (ha)	Longueur nouveau réseau secondaire et tertiaire (m) en 2014	Longueur secondaires et tertiaires 1994 (m)	Longueur primaire ouvert (m) en 2014	Longueur primaire fermé (m) en 2014	Total (m) en 2014
1	A	329	12 489	7 738	3 240	0	**23 467**
2	Abis	36	1 140	670	785	0	**2 595**
3	AAc	680	18 711	0	6 718	0	**25 429**
4	AAn	550	9 144	0	3 632	0	**12 776**
5	ABa	75	4 024	0	0	0	**4 024**
6	ABb	55	5 232	0	0	605	**5 837**
7	ABc	19	674	0	0	405	**1 079**
8	B	102	7 258	1 896	1 925	0	**11 079**
9	B bis	10	0	0	0	448	**448**
10	C	45	4 020	320	0	538	**4 878**
11	D	74	5 646	2 902	0	728	**9 276**
12	F	86	5 234	1 674	0	1 331	**8 239**
13	Ga	5	384	0	0	225	**609**
14	Gb	4	231	0	0	234	**465**
15	Gc	4	0	0	0	265	**265**
16	Gd	4	0	0	0	102	**102**
17	Ha	6	858	0	0	187	**1 045**
18	Hb	14	1 476	0	0	277	**1 753**
19	I	9	1 481	0	0	235	**1 716**

N°	Bassin	Surface (ha)	Longueur nouveau réseau secondaire et tertiaire (m) en 2014	Longueur secondaires et tertiaires 1994 (m)	Longueur primaire ouvert (m) en 2014	Longueur primaire fermé (m) en 2014	Total (m) en 2014
20	J	66	6 225	125	0	897	**7 247**
21	L	237	13 934	5 000	0	2 044	**20 978**
22	M	400	19 036	2 527	0	2 233	**23 796**
23	Ma1	141	1 874	0	1 955	0	**3 829**
24	Ma2	68	1 609	0	0	180	**1 789**
25	Mb	20	2 144	0	0	0	**2 144**
26	Pa	745	24 667	750	2 178	0	**27 595**
27	Pb	41	1 104	0	0	671	**1 775**
28	Pc	65	3 584	0	772	0	**4 356**
29	Q	269	12 524	0	2 185	0	**14 709**
30	XX	524	18 269	0	3 581	0	**21 850**
	Total	**4 683**	**182 972**	**23 602**	**26 971**	**11 605**	**245 150**

3.3 CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS DE LA VILLE DE COTONOU

Au cours de l'actualisation du PDA, l'ensemble des cinquante (50) bassins versants de la ville de Cotonou ont fait l'objet d'une caractérisation dont les principales informations sont regroupées en fin du présent sous chapitre.

3.3.1 Les Zones inondables et zones favorables à la rétention

Une première délimitation de ces zones a été faite lors de la phase préliminaire du PDA, grâce aux visites des sites et à l'analyse de la cartographie disponible. L'élaboration de la cartographie thématique basée sur le Modèle Numérique du Terrain (MNT) a permis une délimitation plus précise en fonction des niveaux d'inondation et les deux types de zones peuvent être classifiés comme suit :

- **Zones inondables :**

Il s'agit de superficies proches des milieux récepteurs naturels et sujettes à des inondations périodiques du fait d'un niveau topographique moyennement inférieur aux niveaux de crue dans le récepteur. Dans le cas de ces zones, l'origine des inondations est donc en prévalence liée à l'augmentation du niveau dans le lac ou dans le chenal de Cotonou. Il s'agit de surfaces marécageuses. Du côté de l'océan il n'y a pas de zones inondables bâties, car la ville fut développée à des cotes bien supérieures aux niveaux de haute marée. En raison de l'origine « exogène » des inondations, les effets négatifs cessent peu après le retrait des eaux.

Les zones inondables identifiées sur le territoire de la Commune de Cotonou et sur les surfaces adjacentes font partie des bassins versants suivants :

- ✓ Bassin Pa : la partie nord-orientale de ce bassin versant, correspondant aux quartiers de Fifadji, Ste Rita et Vossa, se situe approximativement à une cote comprise entre 1,4 et 2,5 m IGN. Plusieurs îlots sont bâtis de part et d'autre de la rue 8.003 en remblai qui traverse une zone humide adjacente au lac. La cote de fond de cette zone est comprise approximativement entre 1,5 et 1,7 m IGN. La simulation effectuée grâce au MNT a permis de montrer que ces zones marécageuses seront inondées en correspondance à un niveau du lac associé

à une crue de période de retour de 10 ans. Une partie du canal primaire Pa serait alors affectée par l'effet de remous du lac. Par contre, l'inondation complète de cette route au niveau des buses ARMCO (devenues HAMCO en 1988) sur le canal primaire ne peut se produire seulement qu'avec un niveau supérieur à celui de la crue centennale (1,92 m IGN). Sur une superficie totale du bassin versant égale à 745 ha, les zones marécageuses représentent 234 ha, soit environ 31% de la surface.

- ✓ Bassin Pc : une petite portion de ce bassin versant est inondée à partir du niveau du lac correspondant à la crue T=50 ans.

- ✓ Bassin XX : même après la construction d'une partie des canaux revêtus envisagés dans le projet d'aménagement des bassins AA et XX de 2005, la plupart des branches formant l'hydrographie du bassin XX restent inondées de façon permanente quand les niveaux du lac dépassent 1,50-1,60 m IGN. Dans la zone aménagée (branche Est), afin de permettre l'entrée des eaux de pluie à partir des zones environnantes, le niveau des berges du nouveau canal en béton armé fut établi à des cotes variables entre 1,80 et 2,00 m IGN. Cela explique le débordement qui a été observé lors de la crue exceptionnelle de septembre 2010 (2,05 m IGN). En général, les berges des différentes branches devraient être remblayées afin de permettre la construction de nouvelles maisons à des cotes appropriées. Pratiquement, beaucoup de parcelles ont été déjà bâties à des cotes plus basses, ce qui rend le remblayage impraticable.

- ✓ Bassins Wa, Wb, Wc : l'inondation de la partie terminale des canaux primaires correspond au niveau de crue décennale dans le lac (environ 1,73 m IGN). Quelques maisons ont été construites sur des îlots à l'exutoire des canaux.

- ✓ Zone d'extension Wd / Wbis : il s'agit de la surface située à l'est du bassin Wc (quartiers Avotrou, Dandji et Pakpakamé). Cette zone, d'une surface de 361 ha, est en prévalence bâtie, même dans les zones à un niveau inférieur à 1,9 m IGN (crue centennale). En 2010 le pourcentage de surface humide inondable était environ 19%, mais les plus récentes photos aériennes (MNT) montrent qu'une partie des zones basses à côté du lac ont été remblayées pour consentir la construction de nouvelles maisons. La voirie n'est revêtue que par endroits et la construction des ouvrages de drainage ne sont qu'à leur début.

- ➢ **Zones favorables à la rétention :**

Il s'agit de cuvettes internes, sujettes à des inondations causées par les précipitations sur des bassins versants urbains. En raison de la conformation de ces zones humides et de l'origine « endogène » des inondations, les effets négatifs perdurent jusqu'à l'infiltration et/ou l'évaporation totale des eaux. Dans le contexte spécifique de Cotonou, le niveau élevé de la nappe phréatique empêche l'infiltration complète des eaux, notamment pendant les saisons pluvieuses. Outre les cuvettes et dépressions naturelles, il existe quelques bassins de rétention artificiels qui ont été aménagés pour servir de récepteur à des systèmes de drainage.

Dans ce cadre, les bassins **AAc** et **AAs** devraient être considérés comme des zones de rétention et l'écoulement en direction Est-Ouest est pratiquement nul pendant la plupart de l'année. La superficie des zones aptes à la rétention et à l'infiltration est très élevée par rapport à la superficie totale des bassins versants, comme indiqué ci-dessous :

- ✓ **AAc**: zone humide **221 ha** (bassin total 680 ha)
- ✓ **AAs**: zone humide **78ha** (bassin total 331 ha)

Les bas-fonds existant à l'intérieur de la zone aéroportuaire représentent les autres zones de rétention (bassins **ABa, Ma2**). Ces bas-fonds constituent actuellement le seul point de décharge pour des systèmes de drainage internes ou externes à l'enceinte aéroportuaire. La superficie des zones humides aptes à la rétention et à l'infiltration est assez importante par rapport à la superficie totale des bassins :

- ✓ **ABa**: zone humide **13 ha** (bassin total 75 ha)
- ✓ **Ma2** : zone humide **16 ha** (bassin total 68 ha)

Il faut noter que les surfaces des zones de rétention indiquées ci-dessus sont en général moins étendues que les zones dites « perméables » utilisées pour le calcul des coefficients de ruisselle-ment.

L'analyse de la condition de ces zones marécageuses pendant les saisons pluvieuse et sèche montre que l'infiltration est en général très limitée du fait de la variation du niveau de la nappe, ce qui n'est pas exclusivement lié au régime des précipitations mais plutôt conditionné par la situation hydrométrique du lac et de l'océan.

3.3.2 Estimation des coefficients de ruissellement

L'étude des caractéristiques morphologiques et de la perméabilité des bassins versants consi-dérés a été effectuée grâce aux visites des sites et à l'analyse des vues aériennes élaborées dans le cadre du PDA.
Du point de vue de la géomorphologie, la ville de Cotonou est construite sur des langues de terre sablonneuses ou vaseuses, correspondant aux cordons dunaires parallèles à la côte, aujourd'hui presque complétement couvertes par l'habitat et la voirie.

- ➢ **Zones non urbanisées**

Les seules zones non urbanisées de la ville correspondent à des cuvettes marécageuses, des lignes d'écoulement naturelles ou des zones inondables, dont le remblayage n'a pas été effectué et qui ont été, en général, préservées de l'édification massive. Ces zones humides et fortement perméables se trouvent particulièrement à l'intérieur des bassins AAc, AAn, ABa, Ma1, Ma2, P, XX, W. Les quartiers situés à l'extrémité orientale de la Commune de Cotonou représentent un cas particulier, car il s'agit de zones « non aedificandi » dépourvues de tout système de voirie revêtue mais de facto occupées par une édification plus ou moins illicite.

Sur la base des considérations ci-dessus, on estime qu'en général la perméabilité des zones non urbanisées (zones humides ou « non aedificandi ») est très élevée, ce qui correspond à un coef-ficient de ruissellement ***Cv très bas, de l'ordre de 0,25***.

En ce qui concerne le développement futur des surfaces perméables ou marécageuses, il est souhaitable qu'une rigoureuse politique de contrôle de l'édification en zone « non aedificandi » soit mise en place, afin de préserver le peu de zones vertes et canaux naturels d'écoulement actuellement existants.

➢ **Zones urbanisées**

Par contre, dans la zone urbanisée qui correspond à la majeure partie des bassins considérés, les surfaces sont en prévalence imperméables en relation à la présence de toitures, voies asphaltées ou pavées, trottoirs, etc... De plus, dans la plupart de la ville, les caniveaux de drainage sont en grande partie en béton, facteur qui influence sur la rapidité de concentration des eaux pluviales. Ces considérations peuvent conduire à une évaluation assez élevée du coefficient de ruissellement pour les zones urbanisées. Toutefois, une analyse plus approfondie a été possible grâce aux photographies aériennes actualisées et aux visites de terrain effectuées en phase de diagnostic des réseaux existants.

La Figure ci-dessous montre un échantillon de terrain urbanisé situé à proximité du Canal A, dans le quartier d'Aidjèdo-Fignon. Il s'agit de l'une des zones les plus densément habitées de la ville, elle est donc représentative de la zone urbanisée. Les mesures effectuées sur la photo aérienne illustrée dans la figure et sur des zones similaires, ainsi que les investigations directes montrent que le réseau routier couvre 24% de la superficie de la zone urbaine. De cette surface de voirie, environ 40% est en sable, ce qui permet de conclure qu'en zone d'habitat dense les voies perméables représentent actuellement un pourcentage d'environ 10% de la superficie totale. A cette estimation il faut ajouter l'effet des cours internes de maison en sable, qui est de toute façon assez limité dans les zones d'habitat dense. Ce pourcentage peut être évalué à 2% de la surface globale : le pourcentage actuel de la surface perméable est donc de 12 %.

Si l'on prend en compte les développements futurs et les interventions d'aménagement préconisés dans le Plan Directeur et les projets d'aménagements urbains annoncés par le gouvernement, il est prévu une extension de la surface pavée ou bitumée, et donc des superficies presque imperméables. Le pourcentage de terrain perméable serait alors réduit à une valeur minimale (environ 5%, y compris l'effet des cours des maisons).



Figure 2: Exemple d'ortho-photo utilisée pour l'estimation du pourcentage de terrain perméable en zone urbaine

En ce qui concerne les zones urbaines de Cotonou, l'analyse de la cartographie a permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

- ✓ Il existe, même dans les zones les plus densément habitées, une surface non revêtue correspondant aux cours des maisons et aux rues non revêtues. Les pentes longitudinales des chaussées et les gradients des caniveaux sont généralement très faibles ; ce qui annule partiellement l'effet des surfaces lisses.
- ✓ la plupart des voies de Cotonou sont revêtues en pavés scellés avec du sable, ce qui engendre une rugosité plus élevée comparée aux surfaces asphaltées et un effet d'infiltration des premières pluies.
- ✓ en ce qui concerne les prévisions pour le futur, on estime que l'édification de la zone urbaine a atteint son niveau de saturation et que le pourcentage de surfaces non revêtues à l'intérieur des propriétés privées (cours des maisons en sable) n'est pas destiné à changer dans les années futures. Par contre, il est fort probable qu'il y aura un développement de la voirie avec pavage ou bitumage de la plupart des rues secondaires actuellement en sable.

En conclusion, au moment des études du PDA, le pourcentage des surfaces perméables en sable peut être estimé à 12% de la surface urbanisée totale, sur la base de l'échantillonnage effectué avec la cartographie actualisée fin 2013. On prévoit que ce pourcentage pourrait baisser jusqu'à 5% à l'horizon de saturation des programmes de pavage et de bitumage de rues dans la ville

Le coefficient représentatif d'un bassin versant de couverture hétérogène est calculé comme moyenne pondérée sur la base des portions de terrain perméable(Sp) et imperméable(Si). La valeur du coefficient C global pour un bassin de superficie Stot est donc obtenue par la relation ci-dessous :

- ✓ C = (Sp*Cp + Si*Ci) / Stot

Les coefficients de ruissellement suivants ont été utilisés pour les zones perméables et imperméables respectivement :

- ✓ Cp= 0,25
- ✓ Ci= 0,75

Sur la base des considérations ci-dessus, le coefficient de ruissellement moyen Cu caractéristique des zones urbanisées de Cotonou est évalué à 0,67 pour la condition actuelle et 0,72 pour la condition future. Ce dernier coefficient prend en compte une possible augmentation du pourcentage de rues pavées ou bitumées, conséquemment à la mise en œuvre de programmes d'aménagement de la voirie. Cette valeur prudentielle a été utilisée dans le cadre de cette étude.

Les résultats de l'analyse sur les coefficients de ruissellement, appliqués aux sections des exutoires des bassins versants considérés sont donnés aux tableaux ci-dessous, respectivement pour la partie orientale et occidentale du territoire de la Commune.

Les tableaux donnent aussi la longueur d'écoulement caractéristique de chaque bassin versant. Cette dimension représente le plus long « chemin hydraulique » pour la surface considérée, calculé en prenant en compte la conformation du réseau de drainage. Ce paramètre influence directement le temps de concentration du bassin.

Comme déjà anticipé, les bassins qui ont un pourcentage très important de zones perméables ou humides sont :

- ✓ AAc
- ✓ AAn
- ✓ ABa

- ✓ Ma1 (aéroport)
- ✓ Ma2 (aéroport)
- ✓ Pa
- ✓ XX

Ces bassins sont caractérisés par un taux d'infiltration supérieur à celui des zones complètement urbanisées, avec coefficient de ruissellement inférieur à 0,60.

Tableau 4: Caractéristiques des Vingt (20) Bassins de l'Est de Cotonou

Bassin	Surface totale (ha)	Surface perméable / bas-fonds (Evalué en 2014)	Surface perméable / bas-fonds (Projeté Horizon 2045)	Coefficient de ruissellement pondéré (Evalué en 2014)	Coefficient de ruissellement pondéré (Projet Horizon 2045)	Longueur d'écoulement maximale pour le bassin versant (m)	Pente caractéristique du bassin versant (m/m)	Temps de concentration (heures)
Ra	51	6,427	1,7	0,670	0,714	2165	0,00146	1,49
Rb	47	11,36	6,5	0,614	0,66	1667	0,0025	0,99
Rc	36	4,672	0,4	0,668	0,725	854	0,00438	0,48
Rd	13	1,912	0,4	0,659	0,715	374	0,00713	0,21
S	80	10,04	0,5	0,670	0,727	2258	0,00146	1,53
Ta	81	13,68	4,5	0,649	0,703	1817	0,00155	1,27
Tb	36	5,552	1,4	0,656	0,711	1136	0,00155	0,88
Tc	51	10,256	4,7	0,633	0,686	1787	0,00124	1,36
Td	44	7,128	2,1	0,652	0,707	1485	0,00181	1,02
Te	50	8,376	2,7	0,650	0,704	1518	0,00085	1,39
Wa	308	59,312	25,4	0,638	0,690	3018	0,00129	2,01
Wb	97	31,792	22,9	0,573	0,617	2432	0,00129	1,7
Wc	160	45,424	29,8	0,594	0,641	3066	0,00122	2,08
WW1	25	3,44	0,5	0,664	0,720	523	0,00464	0,32
WW2	20	3,192	0,9	0,653	0,708	207	0,00286	0,19
WW3	13	1,912	0,4	0,659	0,715	340	0,00348	0,26
WW4	57	10,008	3,6	0,646	0,700	482	0,00554	0,28
Y	135	34,328	20,6	0,608	0,657	1613	0,00172	1,11
Ya	9	2,576	1,7	0,593	0,639	488	0,00529	0,29
Z	140	25,424	9,8	0,643	0,696	2874	0,00361	1,3

Tableau 5: Caractéristiques des trente (30) Bassins de l'Ouest de Cotonou

Bassin	Surface totale (ha)	Surface perméable / bas-fonds (Evalué en 2014)	Surface perméable / bas-fonds (Projeté Horizon 2045)	Coefficient de ruissellement pondéré (Evalué en 2014)	Coefficient de ruissellement pondéré (Projet Horizon 2045)	Longueur d'écoulement maximale pour le bassin versant (m)	Pente caractéristique du bassin versant (m/m)	Temps de concentration (heures)
A	329	40,860	10,300	0,670	0,715	4081	0,00092	2,89
Abis	36	5,170	1,900	0,661	0,705	738	0,00063	0,9
AAc	680	376,490	344,300	0,464	0,487	6786	0,00015	8,6
AAn	550	273,614	244,300	0,491	0,517	4313	0,00014	6,23
ABa	75	29,433	24,600	0,542	0,573	1178	0,00133	0,55
ABb	55	6,630	1,500	0,672	0,717	1278	0,00289	0,76
ABc	19	3,178	1,500	0,650	0,692	763	0,00247	0,54
B	102	15,477	6,300	0,657	0,700	2212	0,00108	1,7
B bis	10	1,773	0,900	0,645	0,687	433	0,00833	0,22
C	45	6,485	2,400	0,661	0,704	1427	0,00697	0,59
D	74	9,085	2,200	0,671	0,716	1664	0,00458	0,78

Bassin	Surface totale (ha)	Surface perméable / bas-fonds (Evalué en 2014)	Surface perméable / bas-fonds (Projeté Horizon 2045)	Coefficient de ruissellement pondéré (Evalué en 2014)	Coefficient de ruissellement pondéré (Projet Horizon 2045)	Longueur d'écoulement maximale pour le bassin versant (m)	Pente caractéristique du bassin versant (m/m)	Temps de concentration (heures)
F	86	12,586	4,800	0,660	0,703	1364	0,00205	0,91
Ga	5	0,841	0,400	0,649	0,692	327	0,00909	0,17
Gb	4	0,564	0,200	0,662	0,706	247	0,01348	0,12
Gc	4	0,564	0,200	0,662	0,706	363	0,01158	0,17
Gd	4	0,474	0,100	0,673	0,718	360	0,0268	0,12
Ha	6	0,666	0,100	0,677	0,722	326	0,00798	0,18
Hb	14	1,704	0,400	0,672	0,716	395	0,00536	0,24
I	9	2,219	1,500	0,612	0,650	629	0,01374	0,24
J	66	11,844	6,100	0,644	0,686	1703	0,00329	0,9
L	237	42,797	22,200	0,643	0,685	2160	0,00171	1,4
M	400	107,068	76,000	0,602	0,639	2982	0,0017	1,79
Ma1	141	75,452	68,500	0,473	0,497	3208	0,00044	3,19
Ma2	68	43,770	41,200	0,421	0,439	1103	0,00107	1
Mb	20	2,370	0,500	0,673	0,718	831	0,0006	1
Pa	745	282,729	233,700	0,548	0,579	4205	0,0007	3,29
Pb	41	5,559	1,800	0,665	0,709	1216	0,00452	0,62
Pc	65	14,822	9,500	0,621	0,660	1373	0,00334	0,76
Q	269	42,249	18,200	0,655	0,698	2893	0,00098	2,17
XX	524	206,205	172,500	0,541	0,572	3966	0,00093	2,82

3.3.3 Choix des périodes de retour

Le choix de la période de retour T associée aux débits de projet conditionne l'ensemble du dimensionnement du réseau d'assainissement pluvial. Ce paramètre doit être choisi en fonction de l'importance des infrastructures concernées et des risques pour les populations touchées par les inondations.

Dans le cas de traversée de voies de communication importantes, telles que chemins de fer et routes d'importance nationale ou internationale, il sera nécessaire d'utiliser une période de retour suffisamment élevée afin de réduire au minimum la possibilité d'inondation de la voie. Par contre, pour la construction de drainages urbains et canaux on peut accepter l'utilisation d'une période T plus basse, à condition qu'un dépassement exceptionnel du niveau des berges ne puisse causer des dégâts importants aux habitants et aux infrastructures.

Sur la base des considérations ci-dessus, la prise en compte des effets des changements climatiques, les discussions techniques menées au cours de l'élaboration des études APD, et enfin les critères liés au coût des ouvrages, les périodes de retour suivantes ont été retenues pour être adoptées en phase de projet de nouveaux ouvrages :

- **T = 10 ans** pour le dimensionnement des collecteurs primaires (y compris les ouvrages de franchissement de voirie urbaine, dalots, buses, etc.)
- T= 5 ans pour le dimensionnement des caniveaux secondaires et tertiaires.

Ce choix de période de retour qui va au-delà des recommandations du PDA pluvial de Cotonou est guidé par le souci de prendre en compte, les conclusions des discussions techniques avec l'ensemble des partenaires techniques et financiers du programme, mais aussi les conclusions de la récente étude intitulée : **Analyse de la vulnérabilité au changement climatique de Cotonou** et de trois villes secondaires du Bénin (Aets Apave, Rapport Final Septembre 2016)

L'adoption en phase de projet de périodes de retour inférieures à cinq (05) ans ne peut pas garantir les niveaux de sécurité appropriés, tout en considérant, entre autres, les effets de changement climatiques, le problème de l'ensablement et la présence d'encombrements et d'obstructions localisées dans les caniveaux.

Par contre, en phase de vérification des ouvrages existants, il est possible d'utiliser la même période de retour employée lors du dimensionnement initial. Cette période est, dans la plupart des cas, égale à 1 an.

Du point de vue des critères visant à assurer la sécurité contre les inondations, le dimensionnement de nouveaux ouvrages a été effectué avec le soin d'éviter leur fonctionnement en charge en calant les cotes fil d'eau aux exutoires à des valeurs supérieures ou égales aux niveaux moyens des exutoires, surtout en saison des pluies où les collecteurs sont plus sollicités.

3.3.4 Méthode pour le calcul des débits de pointe

Le calcul des débits de pointe générés par la pluie de projet sur les bassins versants urbains peut être réalisé à l'aide de différentes méthodologies disponibles dans la littérature hydrologique. Nous avons procédé à une comparaison synthétique des méthodes les plus utilisées, notamment la méthode rationnelle, la formule de Caquot et la méthode de diagramme unitaire. Les avantages et les limites de chacune des méthodes sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau 6: Analyse comparative des méthodes d'estimation des débits

méthode de calcul	description synthétique	avantages	Inconvénients
Formule rationnelle	La méthode est basée sur une correcte estimation du temps de concentration et du coefficient de ruissellement caractéristiques du bassin considéré	La formule donne des résultats très sécuritaires pour les petits bassins urbains avec un taux élevé d'imperméabilisation et une concentration rapide des écoulements (superficie de quelques hectares). Son principal avantage est la simplicité et la possibilité de contrôler facilement l'effet des différentes variables	En l'absence de cartographie adéquate (photos aériennes) le coefficient de ruissellement peut être mal estimé
Formule de Caquot	La méthode est basée sur l'application des coefficients « a » et « b » de la formule de Montana, ainsi que sur l'estimation de certains coefficients additionnels, tels que le coefficient d'abattement spatial de la pluie et le coefficient d'écrêtement du bassin	La formule est bien adaptée aux bassins de taille moyenne-grande et forte couverture végétale, là où un effet d'écrêtement est effectivement à prendre en compte	Certaines variables sont difficilement estimables en l'absence de mesures hydrométriques de calibrage (jauges)

méthode de calcul	description synthétique	avantages	Inconvénients
Hydro-grammes unitaire	La méthode, dans ces différentes formulations, est basée sur la re-construction d'un hydrogramme-type généré par une pluie « uni-taire ».	La méthode permet une reconstruction as-sez fiable de la forme de l'hydrogramme et une « extrapolation » à des bassins simi-laires. Elle peut être appliquée à des bas-sins de taille petite ou moyenne, ainsi qu'à des bassins de grande surface.	L'application donne des résultats fiables seulement là où on peut comparer des hydrogrammes ob-servés avec les hyètogrammes re-latifs. En l'absence de mesures hy-drométriques et pluviographiques de calibrage, la méthode ne donne pas des résultats plus fiables que les formules classiques

Sur la base de l'analyse des avantages et contraintes listés dans le tableau de comparaison ci-dessus, il a été conclu que la **méthode rationnelle** donne les résultats les plus fiables et sécuritaires pour les petits bassins versants urbains qui, comme dans le cadre de ce projet, sont équipés d'un système de drainage artificiel (caniveaux, canaux, etc.) et ont de forts pourcentages de zones imperméables. Par ailleurs l'utilisation de la méthode de l'hydrogramme unitaire n'a pas été possible en absence de mesures hydrographiques précises.

La formule relative à la détermination du débit de pointe en m^3/s est présentée ci-dessous.

formule rationnelle $Q_T = \frac{c * S * h}{3{,}6 * t_c}$ avec Q_T en m^3/s

avec:

c		coefficent de ruissellement
S	(km^2)	surface du bassin versant
h	(mm)	hauteur de précipitation pour le temps t_c
t_c	(heures)	temps de concentration

La variable **t_c** représente le temps de concentration, définit comme le maximum de durée nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydraulique entre le point le plus éloigné du bassin et l'exutoire de ce dernier. Il existe des différentes formules empiriques pour la détermination du temps de concentration en fonction des caractéristiques hydrographiques et morphologiques du bassin versant. Parmi ces formules, celle de Kirpich a été choisie pour la finalité de cette étude, car elle s'adapte convenablement à des bassins urbains de dimension réduite :

temps de concentration (formule de Kirpich) $t_c = 0{,}000325 * [\ L / (p\ ^\wedge\ 0{,}5)\ ]\ ^\wedge\ 0{,}77$ avec t_c en heures

avec:

L	(m)	plus long chemin hydraulique
p	(m/m)	pente du bassin

Les résultats des calculs de débits pour les périodes T= 10 ans sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7: Evaluation des débits de pointe des bassins versants T= 10 ans

		Bassin	surface totale (ha)	débit pour T=10 ans (m^3/s)
1	COTONOU OUEST	A	329,0	25,3
2		Abis	36,0	5,5
3		AAc	680,0	18,6
4		AAn	550,0	22,3
5		ABa	75,0	8,9
6		ABb	55,0	9,4
7		ABc	19,0	4,1
8		B	102,0	10,6
9		B bis	10,0	2,9
10		C	45,0	9,6
11		D	74,0	12,5
12		F	86,0	13,0
13		Ga	5,0	1,6
14		Gb	4,0	1,4
15		Gc	4,0	1,3
16		Gd	4,0	1,5
17		Ha	6,0	1,9
18		Hb	14,0	4,1
19		I	9,0	2,4
20		J	66,0	9,8
21		L	237,0	27,0
22		M	400,0	36,6
23		Ma1 (aéroport)	141,0	7,1
24		Ma2 (aéroport)	68,0	6,1
25		Mb	20,0	2,9
26		Pa	745,0	43,0
27		Pb	41,0	8,7
28		Pc	65,0	10,3
29		Q	269,0	24,0
30		XX	524,0	32,8
31	COTONOU EST	Ra	51,0	5,8
32		Rb	47,0	6,4
33		Rc	36,0	8,5
34		Rd	13,0	4,0
35		S	80,0	9,1
36		Ta	81,0	10,0
37		Tb	36,0	5,6
38		Tc	51,0	5,9
39		Td	44,0	6,2
40		Te	50,0	5,9
41		Wa	308,0	28,4
42		Wb	97,0	8,8
43		Wc	160,0	13,4
44		WW1	25,0	6,7
45		WW2	20,0	6,2
46		WW3	13,0	3,7

		Bassin	surface totale (ha)	débit pour T=10 ans (m^3/s)
47		WW4	57,0	15,4
48		Y	135,0	16,9
49		Ya	9,0	2,2
50		Z	140,0	16,9

4 DESCRIPTION DES TRAVAUX PREPARATOIRES EFFECTUES.

Les itinéraires des collecteurs à projeter et des rues à aménager ont fait l'objet d'identification précise par l'équipe d'ingénieurs mobilisés à cet effet et les levés topographiques se faisaient au fur et à mesure. Les levés effectués sur les différents tronçons ont permis de définir les fils d'eau des collecteurs, de fixer la ligne rouge des rues projetées et le cas échéant de définir les aménagements confortatifs. Les levés topographiques ont permis également de fournir des détails sur les emprises disponibles, le positionnement des obstacles physiques et autres informations nécessaires à la projection des nouvelles infrastructures.

De plus, Les visites de terrain effectuées par les ingénieurs ont permis aussi d'identifier les contraintes liées au tracé des collecteurs et à l'aménagement des rues. Elles leur ont permis également d'apprécier l'état des rues afin d'en tenir compte dans les projections et les estimations notamment les zones nécessitant des purges importantes, des démolitions, ou autres obstacles particuliers, etc.

Par ailleurs, les visites de terrain qui se sont déroulées pendant la grande saison des pluies de 2017 ont été édifiantes pour relever un certain nombre d'informations liées au disfonctionnement du système de drainage pluvial existant et de proposer des solutions pour y remédier. C'est ainsi qu'une prévision de curage et de remplacement de dallettes de collecteurs/caniveau existants a été faite et concerne les ouvrages d'assainissement qui appartiennent au même système de drainage que le collecteur primaire projeté. Il en est de même pour les exutoires des rues à aménager.

Sur les 34 Bassins à problèmes identifiés (section insuffisante, fil d'eau mal calé, etc.), vingt-six (26) feront l'objet de construction de nouveaux collecteurs. Les travaux d'entretien et de réhabilitation seront suffisants pour rétablir les huit (08) autres restants collecteurs dans leurs fonctions. Le tableau ci-dessous récapitule les bassins dans lesquels de nouveaux collecteurs primaires sont projetés.

Tableau 8 : Récapitulatif des bassins étudiés

ZONES	BASSINS
COTONOU OUEST	AAs, AAc, AAn, ABa, ABb, ABc, D, L, M, Pa, Pb, Pc, Q, et XX.
COTONOU EST	Ra, Rb, Rc, Rd, S, Wa, W1, W2, W3, W4, Y et Z.

4.1 SYNTHESE DES ETUDES EFFECTUEES

Les études d'avant-projet détaillé ont abouti à la définition de quatre types de collecteurs : les collecteurs cadres, les collecteurs trapézoïdaux à ciel ouvert, la protection des talus des bassins de rétention/ écrêtement par des matelas de type Reno et les fossés en terre. Le tableau ci-dessous récapitule les différents collecteurs projetés et leurs linéaires respectifs de même que le linéaire des rues projetées. Les linéaires ne prennent pas en compte les amorces des collecteurs secondaires, ni les caniveaux latéraux des rues projetées qui sont estimés à environ 85Km.

Tableau 9 : Synthèse des aménagements projetés

Bassins sous / bassins		Collecteurs (ml)					Rues (ml)
		Collecteur cadre	Collecteur à ciel ouvert en béton	Fossé en terre	Matelas Renos	Total Collecteur	
Pb		878				878	878
Pc		1 260				1 260	630
Q	Qa-Qc	1 090			250	1 340	4 448
	Qb	305	820			1 125	1 430
Zb	Zb1	1 606				1 606	
	Zb2	938				938	
	Zb3	1 023				1 023	1 023
	Zb4	1 046				1 046	
Ra		1 835	290			2 125	300
Rb-Rd		500				500	87
Rc		1 153				1 153	1 153
S		2 536	300			2 836	1 836
Wa (Pris en Charge par PAVICC))		750				750	3 076
Wab (Pris charge par PAVICC)		2 232				2 232	
WW1		332				332	
WW2		1 700				1 700	250
WW3		432				432	216
WW4		560				560	280
L		2 455				2 455	640
D		1 040				1 040	235
ABa		206		**550**		756	950
ABb		30				30	
ABc		465		4 800		5 265	
Y		955				955	1 595
M		4 105				4 105	2 687
Pa	Pa2		717		1 282	1 999	10 140
	Pa3	470			846	1 316	5 555
AAc					2 693	2 693	4 980
AAn		2 250	2 710			4 960	11 995
AAs					1 926	1 926	2 530
XX	X1	115			295	410	
	X2	70			2 950	3 020	5 124
	X3	308			1 303	1 611	
Total Partiel /Total Général (Exclu PAVICC)		29 663	4 837	5 350	11 545	51 395	58 962
						51 395	**58 962**

4.2 DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES

4.2.1 Dimensionnement hydraulique

Les débits de dimensionnement des collecteurs projetés seront ceux évalués pour une période de retour de dix ans (T10). Les sections des ouvrages sont dimensionnées par la résolution de l'équation de Manning Strickler V= $\mathbf{KsR_h^{2/3} I^{1/2}}$

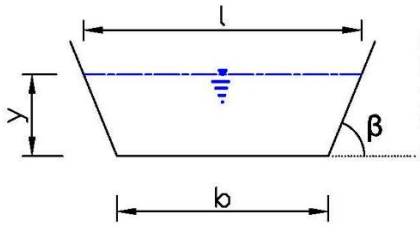
V = vitesse de l'écoulement

I = pente longitudinale du canal

Ks= rugosité de la paroi du canal

R_h = rayon hydraulique avec Rh = $= \frac{Sm}{Pm}$ avec S_m et P_m section mouillée et périmètre mouillé respectivement

La résolution de cette équation est schématisée par le modèle suivant :



l= largeur au miroir
b= largeur au plafond
y=hauteur d'eau
m=cotanβ=fruit du talus
m=0→section rectangulaire

Soit un collecteur de largeur au plafond (radier) b ; de fruit au talus m dans lequel transite un débit Q correspondant à une hauteur d'eau y, l'équation de la section mouillée et du périmètre mouillé s'écrivent respectivement.

Sm = y (b + my)

Pm = b + 2y $\sqrt{1+m^2}$ le rayon hydraulique s'écrit Rh= $\frac{Sm}{Pm}$

Démarche = Calculer la section hydrauliquement favorable (section économique) c'est-à-dire la section d'écoulement optimale par la résolution de l'équation ci-dessus où ***b et y sont les variables***. A la suite des valeurs calculées, seront retenues les sections à exécuter en ajoutant une revanche et en prenant essentiellement en compte les contraintes de terrain et les contraintes de mise en œuvre (Emprise disponible, hauteur maximale de l'ouvrage, etc.)

Le rayon hydraulique passe par son optimum lorsque le périmètre mouillé Pm et la section mouillés Sm passent par leurs optimums respectifs d'où dSm = 0 et dPm = 0.

$\Rightarrow$ ydb + bdy + 2my dy = 0 et

db + 2dy $\sqrt{1+m^2}$ = 0

$\Rightarrow S_m = y^2 (\sqrt{1+m^2} - m)$

$\Rightarrow P_m = 2y (2\sqrt{1+m^2} - m)$

Le débit Q s'écrit

$Q=V*S_m=Ks*R_h^{2/3}I^{1/2}*S_m \Rightarrow Q= KsI^{1/2} \frac{y^{8/3}}{2^{2/3}}(2*\sqrt{1+m^2}-m)$

On en déduit

$y=\left[\frac{Q*2^{2/3}}{Ks*I^{1/2}(2*\sqrt{1+m^2}-m)}\right]^{3/8}$ et b= 2y ($\sqrt{1+m^2}$ –m)

Ces expressions qui décrivent les valeurs géométriques y et b seront ensuite traduites sous forme de formule Excel qui permettent de résoudre les équations une fois les valeurs ; le débit **Q**, le fruit au talus **m,** la rugosité de Manning Strickler **Ks** et la pente **I,** sont connues.

- Les valeurs 70 et 40 seront retenus pour les canaux en béton et revêtement en matelas Renos.

Les résultats du dimensionnement hydraulique des différents collecteurs primaires (partie avale) sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 10 : résultats à T10 du dimensionnement hydraulique des ouvrages projetés

Bassins versants		Période de retour	Paramètres de dimensionnement		Section retenue					taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**I(‰)**	**Q (m³/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**Vitesse (m3/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
Pb	41,0	10	1,5	8,7	2,50	2,00	2,15	0,38	0	81%
Pc (Gauche)	48,6	10	2,0	8,6	2,40	1,50	2,39	0,00	0	100%
Pc (Droit)	16,4	10	2,0	2,9	1,20	1,50	1,75	0,14	0	91%
Qb (à Ciel ouvert)	58,0	10	1,0	5,7	3,00	1,00	1,63	0,10	1	87%
Qb (Collecteur cadre)	58,0	10	1,0	5,7	3,60	1,00	1,63	0,03	0	97%
QC	60,7	10	1,0	5,9	5,10	0,80	1,54	0,05	0	94%
Zb1-Gauche		10	1,5	4,9	2,40	1,10	1,87	0,01	0	99%
Zb1-Droit		10	1,5	4,9	2,40	1,10	1,87	0,01	0	99%
Zb2	70,8	10	1,0	9,8	5,40	1,00	1,80	0,00	0	100%
Zb3	49,4	10	1,1	5,4	3,40	1,10	1,67	0,15	0	86%
Zb4	66,2	10	1,1	8,0	4,80	1,00	1,78	0,07	0	93%
Rc	36,0	10	1,2	8,0	3,40	1,30	1,93	0,08	0	94%
Ra	51,0	10	1,7	5,8	3,00	1,00	1,98	0,22	1	74%
S	80,0	10	1,7	4,1	2,00	1,00	1,87	0,21	1	74%
Sb	60,0	10	1,0	7,6	3,00	1,50	1,79	0,09	0	94%
Rb-Rd	60,0	10	3,5	9,2	2,50	1,50	3,00	0,28	0	81%
WW4	28,0	10	2,0	4,0	2,50	1,00	1,95	0,19	0	81%
WW3	13,0	10	2,0	1,9	2,50	0,70	1,54	0,22	0	68%
WW2	20,0	10	2,0	3,1	1,70	1,00	1,86	0,01	0	99%

Bassins versants		Période de retour	Paramètres de dimensionnement		Section retenue					taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**I(‰)**	**Q (m³/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**Vitesse (m3/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
WW1	25,0	10	1,4	6,7	5,00	0,70	1,80	-	0	106%
Wa	380,0	10	1,0	28,4	11,50	1,50	2,15	0,35	0	77%
D (Gauche)	45,0	10	1,5	7,6	2,50	1,80	2,08	0,34	0	81%
D (Droit)	29,0	10	1,5	5,1	1,70	1,80	1,84	0,16	0	91%
L	237,0	10	1,2	27,0	6,40	1,80	2,56	0,15	0	82%
ABa	75,0	10	2,0	8,9	3,00	1,50	2,41	0,27	0	82%
ABc	19,0	10	2,0	4,1	2,50	1,00	1,97	0,17	0	83%
M	400,0	10	1,0	29,3	8,00	1,60	2,38	0,06	0	96%
Y	135,0	10	1,6	16,9	4,50	1,60	2,58	0,14	0	91%
Pa3 Amont	77,0	10	1,0	5,4	2,50	1,50	1,65	0,19	0	88%
AAn	550,0	10	0,7	22,3	7,00	1,50	1,93	0,12	1	91%
XX (X1)	524,0	10	0,2	32,8	30,00	2,50	0,70	1,01		58%
XX (Dalot)	400,0	10	0,5	26,3	8,00	2,00	1,81	0,19		91%
XX (X2)	400,0	10	0,2	26,3	40,00	2,50	0,52	1,98		68%

4.3 ANALYSE DES CONDITIONS HYDROLOGIQUES A L'EXUTOIRE DES COLLECTEURS

4.3.1 Les côtes à l'exutoire

Selon les résultats du PDA SNC LAVALIN repris par IGIP/IGIP AFRIQUE dans le cadre de l'actualisation du PDA 2015, les niveaux du lac et du chenal pour différentes périodes de retour se résument comme suit :

Tableau 11 : Niveaux du lac d'après SNC-LAVALIN

Condition hydrologique	Niveau du lac (m IGN)
En étiage	0,64
En moyenne	0,70
Crue période de retour T = 2 ans	1,08
Crue période de retour T = 10 ans	1,25
Crue période de retour T = 100 ans	1,36

De même, dans le cadre du Projet d'Urgence de Gestion Environnementale en milieu Urbain (PUGEMU), les études techniques des Collecteurs AA, P et Wbis menées par le groupement SAFI/TPE/TECKNICART en 2013 ont permis d'établir le niveau moyen du lac de chaque mois en se basant sur les données de la Direction des pêches,

Dans ce cadre, le niveau moyen du lac de chaque mois se résume comme suit.

Tableau 12: Niveau moyen mensuel du lac

Mois	Cote moyenne (cm)
Janvier	58,30
Février	60,65
Mars	60,20
Avril	61,00
Mai	60,18
Juin	**57,85**
Juillet	57,99
Août	65,92
Septembre	85,90
Octobre	100,75
Novembre	78,90
Décembre	60,50
moyenne	**67.35**

De ces deux tableaux, ressort une convergence du niveau moyen établi en 2013 dans le cadre des études du PUGEMU et les valeurs de SNC LAVALIN.

Par ailleurs, dans la ville de Cotonou, les évènements pluvieux les plus importants sont enregistrés entre mars et Juin-juillet avec le pic en juin. Pendant cette période y compris les deux mois précédents (saison sèche), le niveau du lac-chenal varie très peu. On peut en déduire que les pluies de Cotonou ont peu d'effet sur la variation du niveau du lac et du chenal. Par contre on enregistre une augmentation du niveau du lac à partir du mois d'Août pour atteindre le pic en octobre, ce phénomène appelé crue est plutôt dû à la descente des eaux de pluie de la région septentrionale du Bénin pour laquelle le Sud dont Cotonou constitue l'exutoire ; ce flux transite par le fleuve Ouémé et ses affluents. De plus les décharges de collecteurs n'interagissent pas, de même qu'ils n'influencent pas le niveau d'eau dans les exutoires respectifs (Chenal, Lac et Mer). Le niveau moyen de 0.70 sera donc retenu comme valeur de référence des fils d'eau des collecteurs débouchant sur le lac ou le chenal.

S'agissant des exutoires en mer, le niveau de la marée de vive eau sera considéré comme la référence, cette valeur est de 1.265 IGN. Toutefois, pour les collecteurs L et M, cette valeur n'a pu être respectée du fait des contraintes liées aux ouvrages existants notamment le fait de reprendre les fils d'eau des ouvrages secondaires qui se raccordent à l'existant qui sera remplacé par les nouveaux.

4.3.2 Dimensionnement des structures de chaussée

La cartographique géotechnique des sols en place des zones du projet indique qu'il s'agit des sols de faible à moyenne portance dont les CBR dépassent rarement 15. Aussi Pour les sols de très faible portance (CBR < 5), une substitution de matériaux (purge et remblais) est envisagée. Le dimensionnement de la structure des chaussées sera basé sur une plate-forme de type S3 (10<CBR<15).

S'agissant du trafic, aucune campagne de comptage n'a été faite dans le cadre de la présente étude, et ce, conformément aux TDRs. Toutefois les rues projetées sont des dessertes dont le niveau de trafic modéré peut être assimilé à un trafic de type T3 ($1.5x10^6 < TPL^2 < 4x10^6$) trafic cumulé pour une durée de vie fixée à 15 ans.

La structure de la chaussée sera basée sur une classe de portance de sol (S3) et de trafic (T3). Conformément au guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux, le recensement des facteurs d'équivalence de CMA[3] (2004) dont la synthèse ci-dessous, les expériences au Bénin en matière de pavage depuis 1992, le consultant a projeté les structures[4] suivantes :

- Pour la chaussée ;
  - Un revêtement en pavé de 11 cm sur un lit de pose de 3 cm
  - 15 cm de couche de base en sable silteux traité au ciment de classe C3/4[5] (environ 5%)
  - 20 cm de couche de fondation en sable silteux
- Pour le trottoir
  - Un revêtement en pavé de 8 cm sur un lit de 3 cm
  - Une couche de base de 20 cm en sable silteux

Tableau 13: Résumé de différents facteurs d'équivalence du système "pavés + lit de pose (adapté de CMA 2004).

Pays	Correspondance
Argentine	2,5 fois l'épaisseur de sous-fondation granulaire
Australie	2,1 à 2,9 fois l'épaisseur de fondation de pierres concassées 1,1 à 1,5 fois l'épaisseur d'enrobé bitumineux
USA	165 mm de revêtement d'enrobé bitumineux 2 à 2,85 fois l'épaisseur de fondation granulaire
Royaume uni	225 mm de sol stabilisé au ciment 160 mm de béton bitumineux coulé
Israël	0,8 cm d'épaisseur de pavés équivaut à 1 cm d'épaisseur d'enrobé bitumineux et que le lit de pose n'a pas de valeur structurale.
Interlocking Concrete Pavement Institute (1995),	Pavé de 80 mm de hauteur reposant sur un lit de pose de 25 mm est comparable à une épaisseur d'enrobé bitumineux de 105 mm avec un module de 3100 MPA

Il ressort de ce tableau que quel que soit la référence, un pavé d'épaisseur donnée à une équivalence supérieure à un béton bitumineux de même épaisseur. Mieux des équivalences ont été établies pour d'autres matériaux comme une sous-fondation granulaire, les pierres concassées, de sol stabilisé au ciment.

4.3.3 Dimensionnement béton armé

Les structures des collecteurs en béton Armé seront étudiées conformément aux règles de Béton Armé aux Etats Limites Modifiés (BAEL Modifié 99) suivant le règlement ci-dessous

Béton

Dosage 350 Kg/m3 de CPA

Résistance caractéristique

[2] Trafic cumulé poids lourds

[3] CMA : Concrete Manufacture Association,

[4] Voir une note justificative sur la structure de la chaussée en annexe

[5] Résistance minimale en MPA à 28 jours pour des éprouvettes cylindriques (3) et cubiques (4) respectivement

En compression : f_{c28} = 25 MPa

En traction : f_{t28} = 2.1 MPa

Etat limite de service (ELS)

Contrainte admissible du béton = 0.6 f_{c28} = 15 MPa

Facteur d'équivalence n = 15

Acier

Acier à haute adhérence HA, classe Fe E400 type 1

Limite élastique f_e = 400 MPa

$\gamma_\sigma = 1.15$

$\eta = 1.6$

Etat limite de service (ELS) # 202 MPa

$$Sifissurationpréjudiciable\ contra\,int\,e\ admissible = Min\left((2/3)\,f_e\,;\,Max\,(0{,}5\times f_e\,;110\sqrt{\eta\times f_{t28}})\right)$$

Tableau 14: Caractéristiques des terrains

ϕ°	γ (τ/μ³)	K
35	1.8	0.27

5 ETUDES DES BASSINS VERSANTS ET DIMENSIONNEMENTS DES COLLECTEURS

5.1 BASSINS Pb et Pc

Les bassins Pb et Pc couvrent les quartiers de ZOGBOHOUE et de MENONTIN. En plus des collecteurs primaires Pb et Pc associés aux bassins qui portent les mêmes noms, il est prévu l'aménagement des rues de service. Suivant l'adressage de la ville de Cotonou, il s'agit :

- des rues 9.121 et 9.151, rues de service du collecteur Pb,
- et de la rue 9.175, rue de service du collecteur Pc.

5.1.1 Synthèse des travaux projetés

Tableau 15 : Synthèse des collecteurs projetés Pb & Pc

Collecteur / surface drainée	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
Pb (41 ha)	878	Collecteur Cadre enterré 2 x (1.5x 2.00)	Intersection rues 9.100 et 9.121	Lac Nokoué	Profondeur importante de **fouille dépassant 4 mètres par endroits**
Pc (65 ha)	2x630	Deux collecteurs trottoirs : - à gauche 120x150 sur 360 ml et 2x (1.20x1.50) sur 270 ml - à droite Collecteur Trottoir 1.20x1.50	Intersection Rue 9.122 et 9.175	Lac Nokoué	
Linéaire Total	**2 138**				

Tableau 16 : Synthèse des rues projetées dans les bassins Pb & Pc

Rues	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
9.121-9.151	878	Emprises : 10 m et 15 m Projection : Chaussée de 7m+T2+CS2 + trottoirs incluant caniveau à droite (emprise 10 m) et 9.00 m de chaussée +deux (02) trottoirs y compris caniveaux latéraux de part et d'autre aménagés jusqu'aux riverains. + plantations d'arbres le cas échéant.	Intersection Rues 9.100 et 9.121	Intersection Rues 9.121 et 9.122	
9.175	630	Emprise 20 m Projection : chaussée de 9.00m +T2-CS2- + trottoirs jusqu'aux riverains incluant les collecteurs	Intersection Rues 9.175 et 9.122	Lac Nokoué	Présence de tas d'immondices, purge importante à réaliser.
Linéaire Total	**1 508**				

L'ensemble des différentes infrastructures projetées est schématisé sur l'extrait du plan d'adressage de la ville comme suivant :

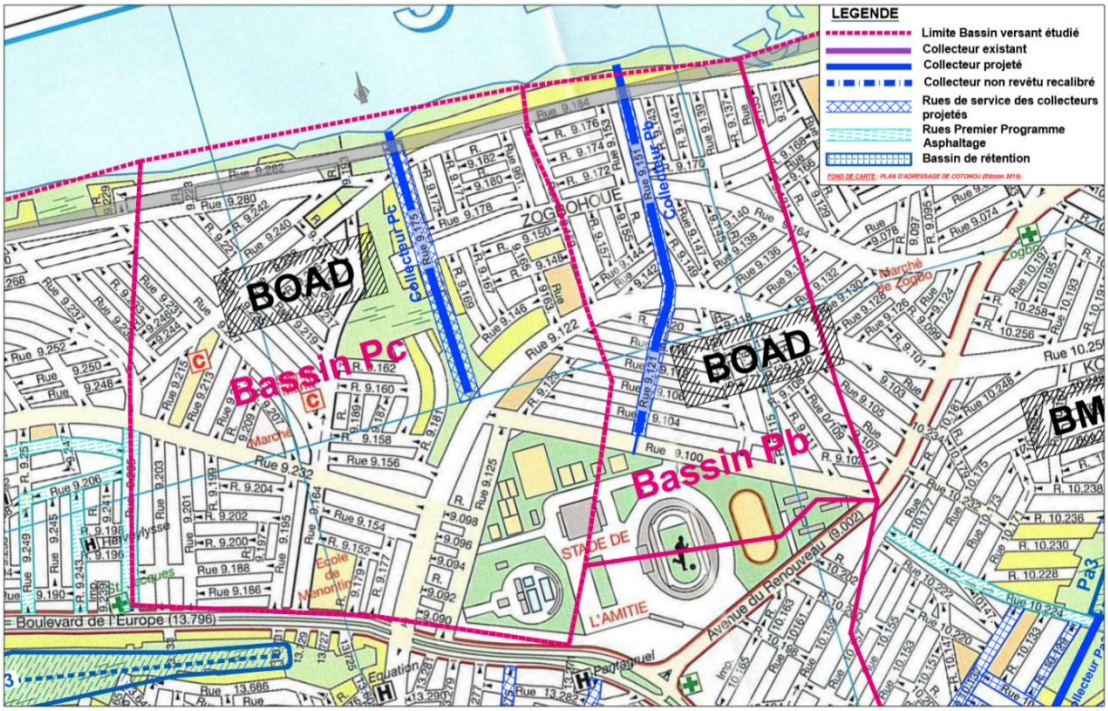


Figure 3 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans les bassins Pb & Pc

Les caractéristiques techniques des Collecteurs Pb et Pc se présentent comme suit :

Tableau 17: Caractéristiques techniques des Collecteurs des bassins Pb & Pc

Bassins versants		Période de retour	Pente	Débit	Section retenue et conditions d'écoulement					taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**I(‰)**	**Q m³/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**V (m/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
Pb	41,0	10	1,5	8,7	2,50	2,00	2,15	0,38	0	81%
Pc (Gauche)	48,6	10	2,0	8,6	2,40	1,50	2,39	-	0	100%
Pc (Droit)	16,4	10	2,0	2,9	1,20	1,50	1,75	0,14	0	91%

5.1.2 Les collecteurs projetés

- **Le Bassin Pb**

Le bassin Pb draine une superficie de 41ha. Le collecteur primaire Pb existant est une buse Ø100.

Il suit l'itinéraire des rues 9.121-9.151 et se déverse dans le lac Nokoué. La pente estimée par l'extrapolation des relevés topographiques effectués est de 1.5‰. Le débit de pointe T10 (période de retour 10 ans) est 8.7 m^3/s.

La buse en place a une capacité hydraulique de 1m^3/s en pleine section, un peu plus pour un fonctionnement en charge. Cette capacité hydraulique représente 11.5 % environ du débit de pointe décennal.

Le nouveau collecteur projeté en remplacement de la buse existante est un caniveau cadre enterré de section 2 x (1.25 m x 2.00 m) pour un débit T10. Le collecteur sera rallongé vers l'amont par un caniveau cadre 100x100 enterré sous la chaussée de la rue pavée 9.100 en remplacement du caniveau superficiel existant.

En plus du Collecteur cadre enterré projeté, Il est prévu la réalisation de regards d'accès munis d'échelons encastrés en acier inoxydable jusqu'au fond du collecteur. Les regards seront de dimensions intérieures 80 cm x 80 cm fermé en surface avec un tampon de type D400 réalisés tous les cinquante mètres (50 m) environ avec réajustement sur les rues adjacentes au besoin.

Le fil d'eau du nouveau collecteur varie suivant une pente de 1.2 à 1.5‰ d'amont en l'aval.

Le collecteur projeté sera centré sur les emprises des rues de service 9.121 et 9.151. Les bras secondaires seront réalisés sous formes de caniveau cadre 100 x 100 avec des pentes de fil d'eau d'environ 1% aux intersections des rues adjacentes pour faciliter la connexion des collecteurs secondaires.

La partie amont du collecteur existant qui vient du stade de l'amitié et qui traverse la rue pavée 9.100 longeant le Nord-Est du stade de l'Amitié sera raccordé au nouveau collecteur au Pk0+000 de ce dernier.

Afin d'éviter la remontée des eaux du lac/chenal dans le canal pendant les grandes crues (remous), il est prévu un clapet anti-retour en aval auquel s'ajoute un ouvrage de tête sous forme de mûr en aile + bêche + enrochement au niveau du lac Nokoué pour prévenir les affouillements.

Les profils types successifs du collecteur Pb incluant le pavage et l'assainissement des rues de service se présentent comme suit :

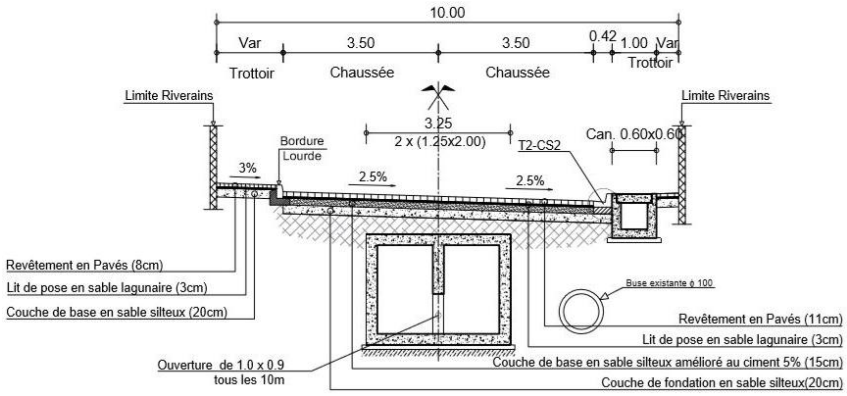


Figure 4 : Profil en travers type du collecteur Pb - Rue 9.121 : Pk 0+00 - Pk 0+225

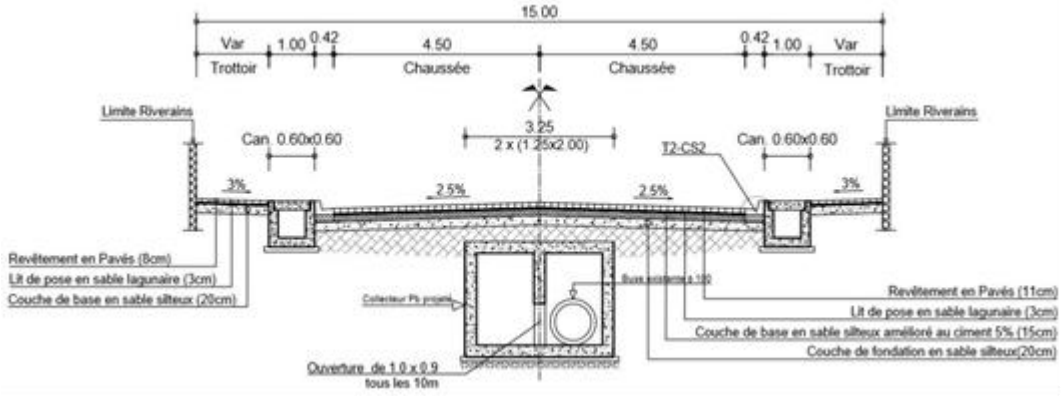


Figure 5 : Profil en travers type du collecteur Pb - Rue 9.121-9.151 : Pk 0+225 - Pk 0+878

- **Le Bassin Pc**

Il n'existe pas de collecteur primaire dans le bassin Pc. Un bassin de rétention naturel d'eau s'est constitué. Il s'écrête grâce à un dalot construit à la limite de la rue 9.238. Le drainage se fait ensuite par un fossé en terre jusqu'au lac.

Le Collecteur primaire projeté est constitué de deux caniveaux trottoirs le long de la rue de service 9.175. En partant de la rue 9.122 vers le lac Nokoué, il est prévu la construction d'un caniveau trottoir de sections variables de 120 x 150 (360 premiers mètres) à 2 x (1.20 x1.50) à gauche et un autre de section 1.20 x1.50 à droite de la rue de service. La pente fil d'eau des collecteurs est de 2‰. Un clapet anti-retour et un ouvrage de tête sous forme de mur en aile avec bêche et enrochement sera réalisé à la fin de chaque caniveau. Les deux collecteurs servent aussi de caniveaux latéraux de drainage pour la rue de servie prévue pour être pavée dans en même que la construction des collecteurs.

Les bras de collecteurs en attente sous forme de caniveau cadre 100 x 100 sont prévus aux intersections des rues.

Les profils en travers type des collecteurs prenant en compte le pavage des rues se présentent comme suit :

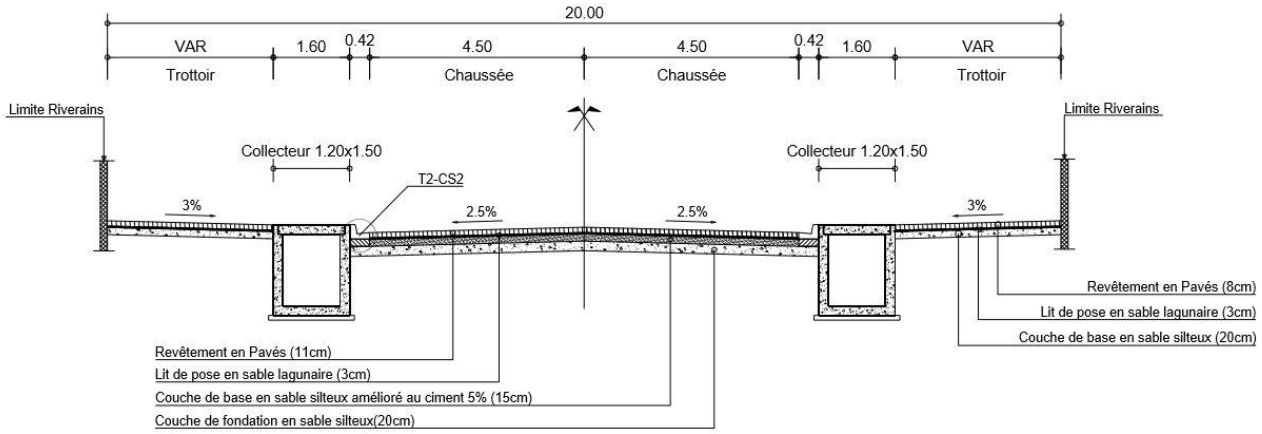


Figure 6: Collecteur PC: PK 0+000 – PK 0+360

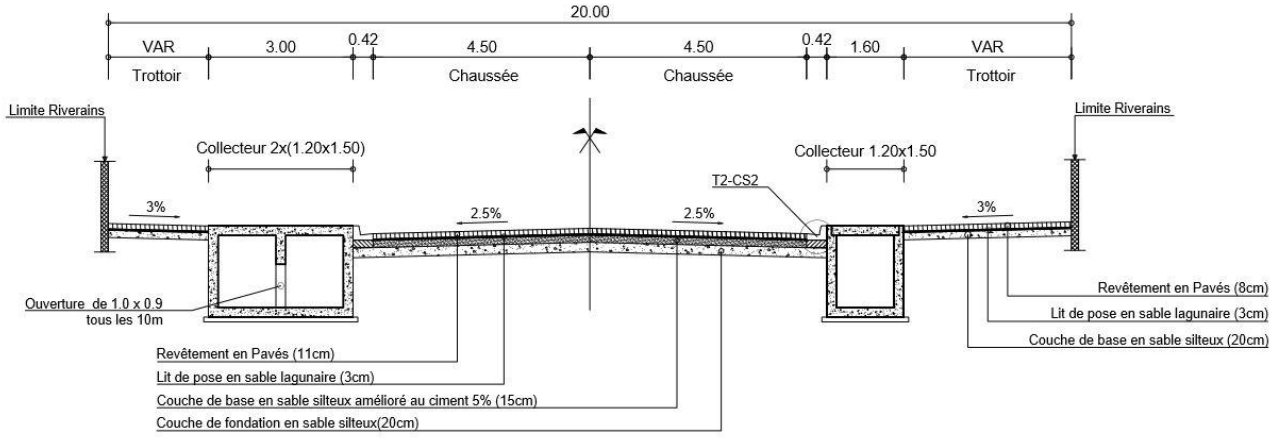


Figure 7: Collecteur Pc: PK 0+360 – PK 0+630

5.1.3 Les aménagements de rues

La structure de chaussée adoptée est une couche de fondation de 20 cm en sable silteux naturel, une couche de base de 15 cm en sable silteux traité au ciment (5%) et un revêtement en pavé de 11 cm sur un lit de sable de 3 cm.

La structure des trottoirs est composée d'une couche de base de 20 cm en sable silteux naturel et un revêtement en pavé de 8 cm sur un lit de sable de 3 cm.

- **Les rues 9.121 et 9.151**

Les rues 9.121 et 9.151 sont les rues de service du collecteur Pb et ont une longueur cumulée d'environ 878 m identique à celle du collecteur Pb lui-même. L'emprise est de 10 m de Pk0+000 à PK0+225 et de 15 m de Pk0+225 à Pk 0+878. Elles n'avaient jamais été aménagées. Le collecteur primaire projeté en remplacement de la buse existante y est enterré et centré sur l'emprise des rues.

L'aménagement projeté sur l'emprise de 10 m est une chaussée de 7 m à dévers unique et deux (02) trottoirs jusqu'aux riverains y compris le caniveau côté droit. Sur l'emprise de 15 m la chaussée sera de 9.00 m avec un profil en toit et deux trottoirs aménagés jusqu'aux riverains y compris les caniveaux latéraux. Le dévers unique est orienté gauche-droit pour la chaussée de

7.00 m et les caniveaux longitudinaux seront implantés à droite sur cette section de rue longue de 225 m.

Les différents profils types des aménagements projetés sont les suivants.

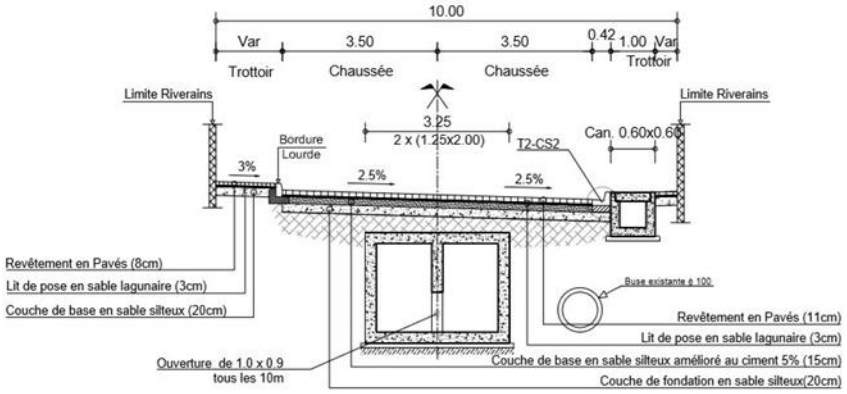


Figure 8 : Profil en travers type de la rue 9.121 : Pk0+000 à Pk0+225

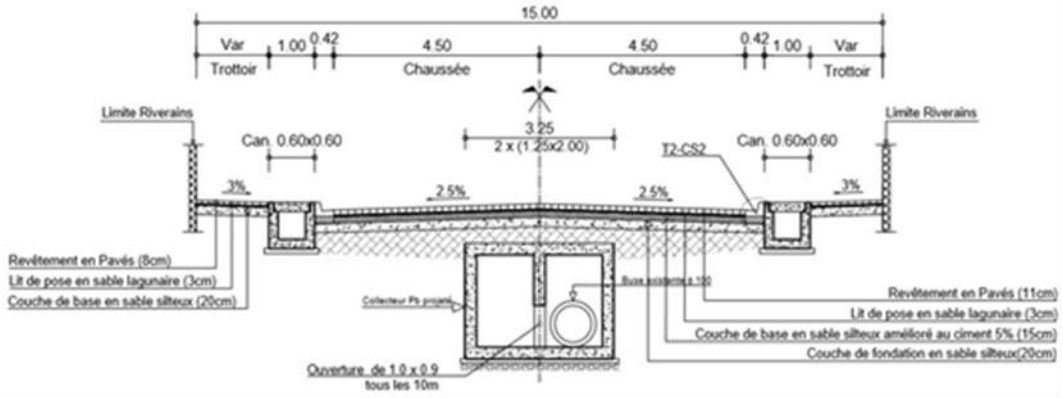


Figure 9 : Profil en travers type de la rue 9.121-9.151 : Pk0+225-PK0+878

- **La rue 9.175**

La rue est à l'état actuel sous forme de bas-fonds impraticable sur 350 m environ à compter du début (intersection avec la rue 9.122). La suite est une rue remblayée avec des ordures ménagères dont l'aménagement nécessite des travaux de purge. Il abrite le collecteur primaire Pc sur toute sa longueur.

L'aménagement projeté est une chaussé de 9.0 m et des bordures de type T2-CS2 jouant à la fois le rôle de fil d'eau (CS2) et celui de protection des feuillures des caniveaux (T2). Les avaloirs sont prévus pour l'évacuation des eaux de pluie vers les deux collecteurs qui servent en même temps de caniveaux latéraux à la chaussée. Les profils types des aménagements proposés se présentent comme suit :

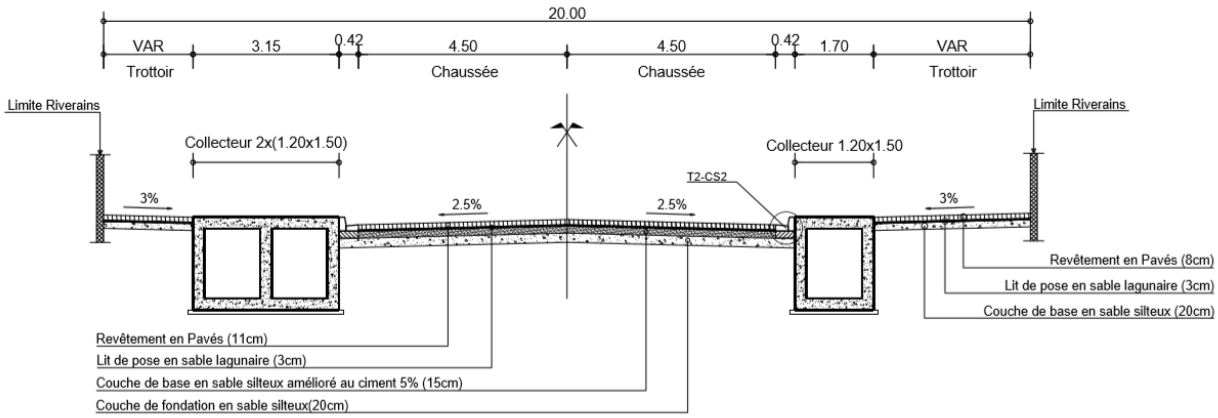


Figure 10 : Profil en travers type de la rue 9.175 (y compris les collecteurs trottoirs)

5.2 BASSIN Zb

Le bassin **Zb** est une extension du bassin Z. Il draine les quartiers de **Finagnon** et de **Topklégbé**. La superficie drainée est de **268 ha** comparable au bassin ***Q (*269 ha)**. Il n'existe vraiment pas de collecteurs primaires dans ce bassin. Seuls les caniveaux longitudinaux ont été construits de part et d'autre de la rue 1.129-1.127 (rue pavée opposée à l'abattoir) et de la rue 1.153-1.151 (rue pavée carrefour bélier-plage) frontalière des communes de Cotonou (côté ouest) et de Sèmè Podji (Côté Est) et donnant accès aux villas CENSAD. Par ailleurs, trois (03) émissaires ont été construits dans le cadre du drainage de la route Cotonou-Porto Novo. Deux (02) des émissaires sont des buses **Ø100**. Les buses sont implantées dans les rues 1.121 -1.119 (à 3 m des riverains côté droit) et 1.135-1.137 (au milieu de la rue). A la réalisation, Les deux buses seront déposées au profit des collecteurs projetés Zb2 et Zb3. Le troisième émissaire est un caniveau cadre de section 100 x 70 implanté à gauche à 4.60 m des riverains dans la rue 1.101. Le dimensionnement projeté prévoit la construction des caniveaux trottoirs de part et d'autre dans la rues 1.101 et les caniveaux cadres centrés sur l'emprise de la voirie dans les rues (1.121-1.119) ; (1.137-1.135) et (1.141-1.139)

Les regards avaloirs sont prévus côté chaussée de manière à assurer le drainage de la rue en ce qui concerne le collecteur Zb1. Quant aux caniveaux-cadres projetés, il est prévu de réaliser aussi des regards munis de couvercle type D400 inviolable.

Les exutoires des collecteurs Zb1 à Zb4 sont des plages en équilibre dynamique, c'est-à-dire une alternance de cycle d'érosion et d'engraissement au bout duquel la ligne de trait retrouve son niveau initial. Afin d'éviter les risques d'érosion ou d'ensablement, Il est projeté la construction d'un bassin en enrochement en aval de chaque collecteur Zb y compris un bassin pour le collecteur Z existant et rajouté aux travaux de Zb1. Le bassin est réalisé avec une ceinture de digue en enrochements dont les largeurs à la crête varient de 3.0 m à 4.5 m et calées à la côte 4.5 IGN. Le bassin sera réalisé en retrait de la ligne de trait dynamique et rallongé vers l'océan par une batterie de buses. La batterie de buses de rallonge est appelée à encaisser les variations de la ligne de trait de côte. Il est donc prescrit de la surveiller : en effet, en cas d'engraissement excessif entrainant le bouchage de la buse, il faudra la déboucher surtout en saison des pluies et en cas d'érosion importante, il faudra penser à remplacer le tronçon endommagé.

Les amorces de secondaires en attente sont prévues sur les rues adjacentes pour faciliter les raccordements futurs.

5.2.1 Synthèse des aménagements

Tableau 18 : Synthèse des collecteurs projetés dans le bassin Z

Collecteur /surface drainée	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
Zb1 (81 ha)	2x803	Collecteur trottoir 120 x 110 en amont et 2x(120x110) en aval de part et d'autre de la rue	Début Rue 1.101 (intersection rue 1.101 et route de Porto Novo)	Plage Océan atlantique	Débouche sur la mer, Bassin de rétention à la plage +buse jusqu'à la mer. Nécessité de surveiller (ensablement /érosion)
Zb2 (71 ha)	938	Collecteur cadre centré sur l'emprise de la route 2x(180x100) en amont et 3x(180x100) en aval	Début Rue 1.121-1.119 (intersection avec la route de Porto Novo)	Plage Océan atlantique	idem
Zb3 (49 ha)	1 023	Collecteur cadre centré sur l'emprise de la voirie 170x1.10 en amont et 2x170x1.10 en aval	Début Rue 1.137-1.135 (intersection avec la route de Porto Novo)	Plage Océan Atlantique	idem
Zb4 (49 ha)	1 046	Collecteur cadre centré sur la voirie 180x100 en amont et 3x180x100 en aval	Début Rue 1.141-1.139	Plage Océan Atlantique	idem
Linéaire Total	**4 613**				

Tableau 19: Synthèse des aménagements de rue

Rues	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
1.137-1.135	1023	Emprise 15 : Chaussée de 9.00+T2+T2-CS2 + trottoirs y compris deux (02) caniveaux latéraux Emprise 40 : 2 chaussée de 9 m +T2-CS2+ caniveaux latéraux + aménagements jusqu'aux riverains	Intersection avec ma rue de Porto Novo	Plage océan Atlantique	Rue non prise en compte par le projet Asphaltage
Linéaire Total	**1 023**				

Ci-dessous le plan d'ensemble des ouvrages projetés

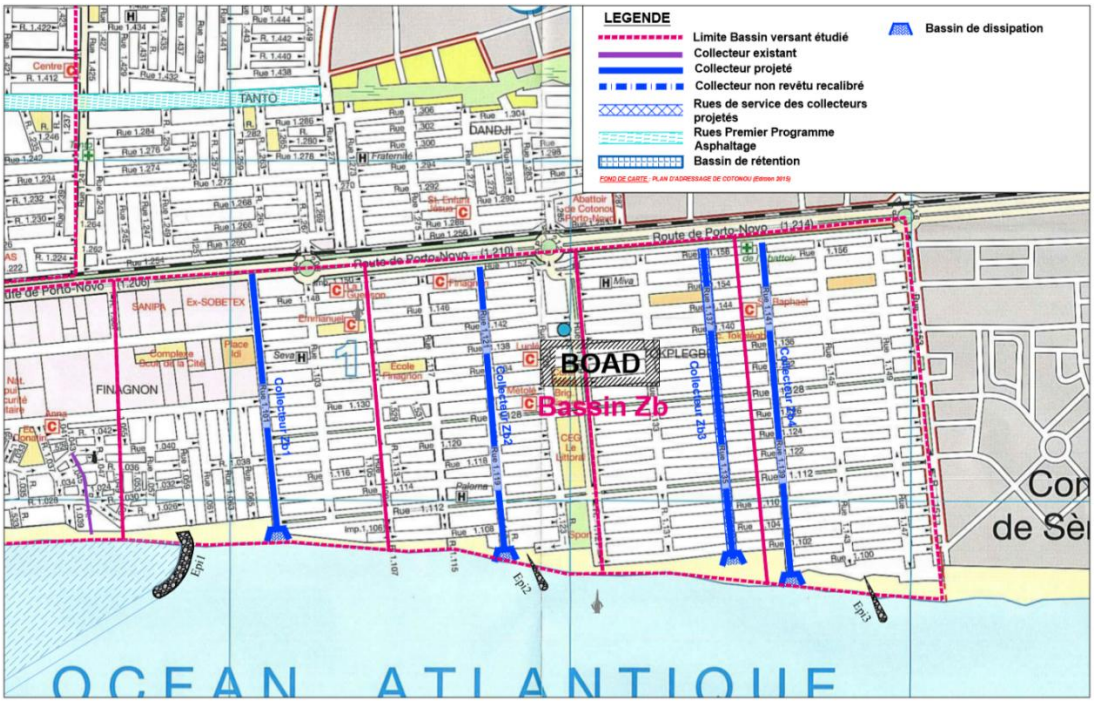


Figure 11 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin Z

Les caractéristiques techniques des Collecteurs du Bassin Zb sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 20: Caractéristiques techniques des Collecteurs du Bassins Zb

Bassins versants		Période de retour	Pente	Débit	Section retenue et conditions d'écoulement					taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**I(‰)**	**Q (m^3/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**V (m/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
Zb1 -Gauche	81,6	10	1,5	4,9	2,40	1,10	1,87	0,01	0	99%
Zb1 -Droit		10	1,5	4,9	2,40	1,10	1,87	0,01	0	99%
Zb2	70,8	10	1,0	9,8	5,40	1,00	1,80	0,00	0	100%
Zb3	49,4	10	1,1	5,4	3,40	1,10	1,67	0,15	0	86%
Zb4	66,2	10	1,1	8,0	4,80	1,00	1,78	0,07	0	93%

5.2.2 Les Collecteurs projetés

- **Le Bassin Zb1**

Le Bassin Zb1 couvre une superficie de 81 ha et le collecteur primaire Zb1 associé sera construit sur 803 m dans la rue 1.101. Son exutoire est l'océan Atlantique. Le fil d'eau varie de 1.3‰ à 1.5‰ de l'amont vers l'aval. Les collecteurs projetés sont sous forme de caniveau trottoir dont les sections varient de 120x110 à 2x(120x110) de l'amont vers l'aval et réalisés de part et d'autre délimitant une chaussée d'environ 10.m +fil d'eau + bordure entre les collecteurs trottoirs,7 m de chaussée + deux Bandes d'Arrêt d'Urgence (BAU) de 1.50 m chacun et des bordures T2-CS2. L'émissaire existant passera sous chaussée le long du collecteur à gauche dès le revêtement de la rue suivant les profils type ci-dessous. La capacité hydraulique de chaque collecteur est de 4.7m^3/s.

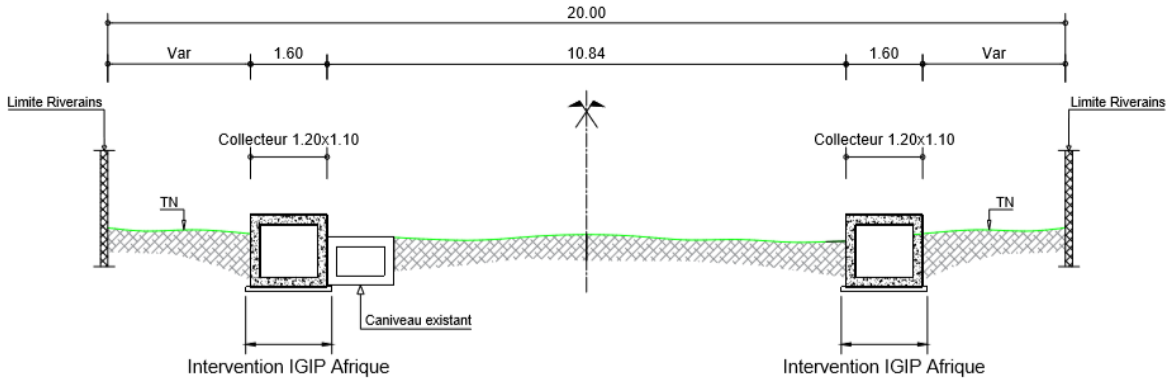


Figure 12: Profil type Zb1: RUE 1.101: PK 0+000 – PK 0+450

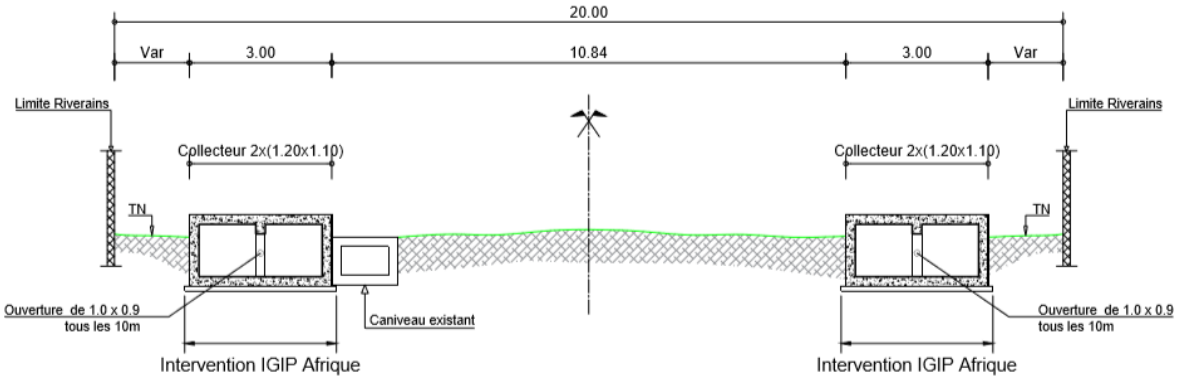


Figure 13: Profil type Zb1- RUE 1.101; PK 0+450 – PK 0+802

- **Le Bassin Zb2**

Le Bassin Zb2 a une superficie de 71 ha. Le Collecteur Zb2 est implanté dans les rues 1.121-1.119 et sera réalisé sous forme de caniveau cadre centré sur l'emprise de la voirie. La section du Collecteur varie de 2 x (180x100) à 3 x (180x100) de l'amont vers l'aval. L'exutoire est l'océan atlantique. Le fil d'eau est 1 ‰. La buse exutoire existante sera déposée et l'ouvrage en amont raccordé au nouveau collecteur qui servira aussi d'exutoire pour la route de Porto Novo.
Les profils du collecteur projeté de l'amont vers l'aval se pressentent comme suit.

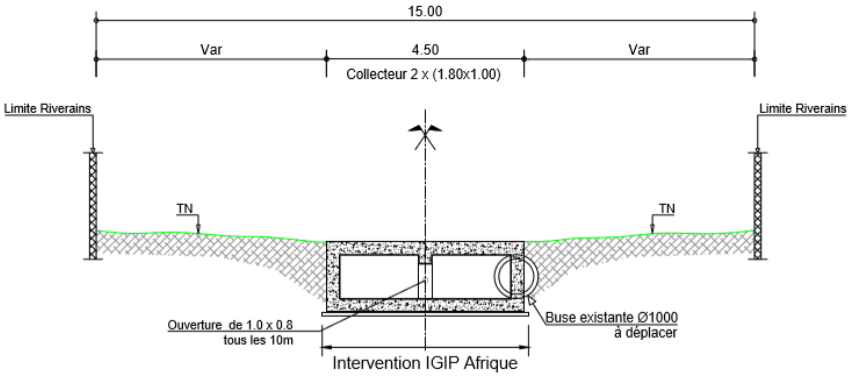


Figure 14: Profil type Zb2-RUE 1.121-1.119; PK 0+000 – PK 0+450

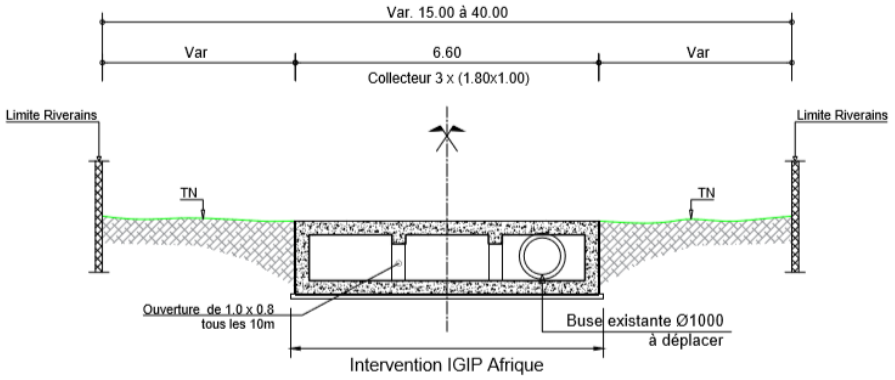


Figure 15: Profil type Zb2-RUE 1.121-1.119: PK 0+450 – PK 0+938

- **Le Bassin Zb3**

Le collecteur Primaire associé suit l'itinéraire des 1.137-1.135. La superficie du bassin est de 49 ha. Le collecteur projet est un caniveau cadre centré sur l'emprise de la voirie. La section du collecteur varie de 1.70 x 1.10 à 2 x (1.70 x 1.10) de l'amont vers l'aval. Le fil d'eau varie de 1.1‰ à 1.2‰. La buse existante sera déposée et l'ouvrage en amont de la buse raccordé au nouveau collecteur sur les profils types ci-après.

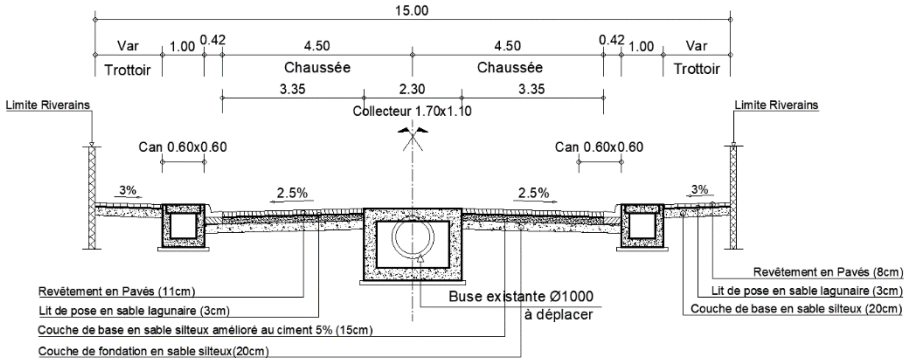


Figure 16: Profil type Zb3: RUE 1.137-1.135: PK 0+000 – PK 0+465

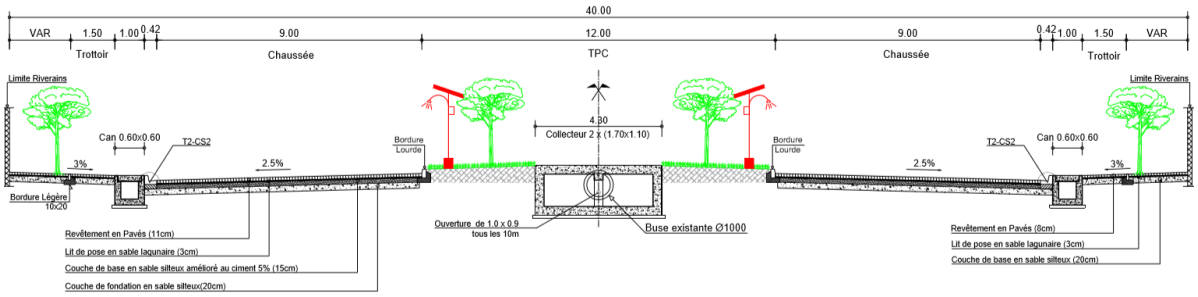


Figure 17: Profil type Zb3- RUE 1.137-1.135: PK 0+465 – PK 1+022

- **Le Bassin Zb4**

D'une superficie de 66 ha, le drainage du Bassin Zb4 sera assuré par un collecteur primaire sous forme de caniveau cadre centré sur l'emprise de la voirie. Le collecteur suit l'itinéraire des rues 1.141 et 1.139. Les sections du collecteur varient de 180 x 100 à 3 x (180x100) de l'amont vers l'aval. Le fil d'eau varie de 1‰ à 1.1‰. Les profils type ci-dessous indiquent les positions et les sections des collecteurs suivant leurs PK respectifs

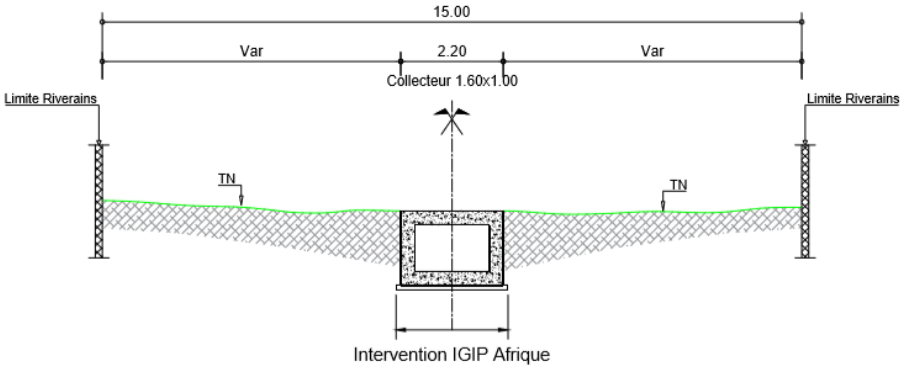


Figure 18: Profil type Zb4 RUE 1.141-1.139: PK 0+000 – PK 0+450

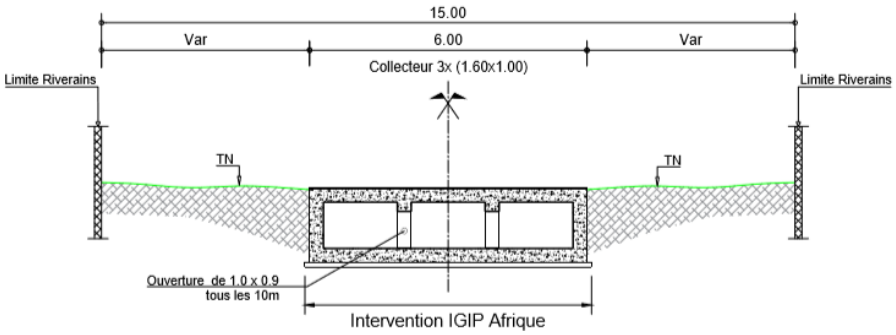


Figure 19: Profil Type Zb4: RUE 1.141-1.139: PK 0+450 – PK 1+045

5.2.3 Les rues projetées

A l'exception des rues de service du Collecteur Zb3, les rues de services des collecteurs Zb1, Zb2 et Zb4 ont été prises en compte par le Projet asphaltage. Ainsi donc seule la rue 1.137/1.135 est projetée pour être pavée dans le cadre du présent projet.

- **La rue 1.37/1.135**

La rue 1.135 se situe dans le prolongement de la rue 1.137. En quittant la route de Porto Novo pour la plage, la rue 1.137 est d'emprise 15 et prend fin à la hauteur de la rue 1.112. La rue 1.135 est d'emprise 40 m. La proposition d'aménagement est d'une chaussée bidirectionnelle de 7 m et pour la rue 1.137, deux chaussées unidirectionnelles de 9.0 m chacune séparées par un TPC de 12 m dans lequel sera érigé le Collecteur Zb3.

Les profils successifs d'aménagement de rue de service de Zb3 se présentent comme suit :

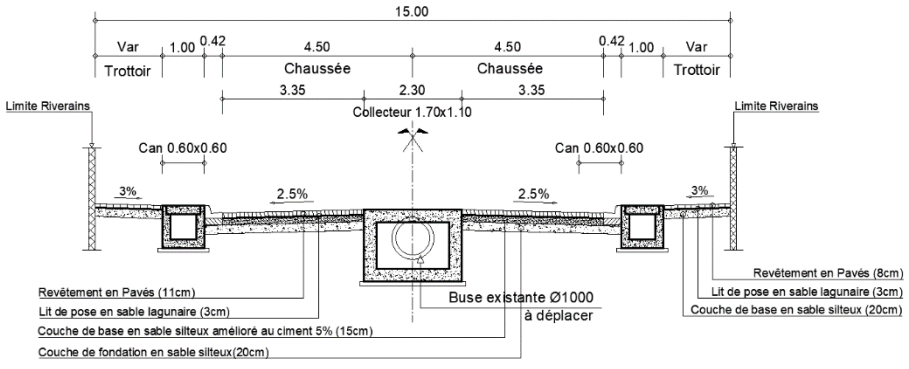


Figure 20: Profil type RUE 1.137-1.135 : PK 0+000 – PK 0+450

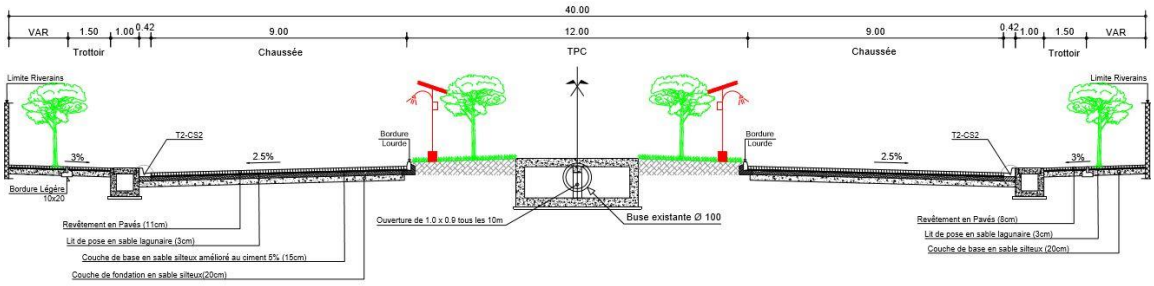


Figure 21: RUE 1.137/1.135: PK 0+450 – PK 1+022

5.3 BASSINS WW1, WW2, WW3 ET WW4

5.3.1 Synthèse des travaux projetés

Les bassins WW1, WW2, WW3 et WW4 drainent des superficies respectives de 25 ha, 20 ha, 13 ha et 57 ha et leur exutoire commun est le Lac Nokoué. Les collecteurs primaires associés seront construits dans les rues de service respectives. Afin de faciliter les raccordements, les Collecteurs seront rallongés au sud de la rue pavée 2.210. Le collecteur WW2 ira un peu plus loin au sud dans la rue 2.069, au-delà des limites du bassin à la demande du programme d'asphaltage pour servir d'exutoire. Les solutions proposées sont soit le renforcement de collecteurs existants, soit la construction de nouveaux.

Tableau 21 : Synthèse des collecteurs projetés dans les bassins WW1, WW2, WW3 et WW4

Collecteur /surface drainée	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
WW1 (25 ha)	332	Caniveau cadre 4 x (125 x70) servant de chaussée	Rue 2.210 côté opposé (Sud)	Lac Nokoué	Traversée de la rue pavée 2.210
WW2 (20 ha)	2x850	Caniveaux cadres 170 x100 de part et d'autre de la chaussée prévue pour être aménagée par le programme asphaltage (rue 2.069)	A la crête de la rue 2.069 à 600 m de la rue 2.210	Lac Nokoué	Prolonger au-delà de la limite du bassin versant
WW3 (13 ha)	2x216	Caniveaux cadre 150 x 70 coté riverain le long de l'existant et de part et d'autre de la chaussée	Rue 2.210 côté opposé (Sud)		Un caniveau 100 x 70 à gauche + 0.60 x 70 à droite délimitant une chaussée de 7.00
WW4 (57 ha)	2x280	Caniveau cadre 150 x100 côté chaussée le long de l'existant et de part et d'autre de la chaussée	Rue 2.210 (sud)	Lac Nokoué	caniveaux 100 x 100 existants délimitant une plate de 20m (deux chaussée de 9 chacune et un TPC de 2.00m) sur une emprise 30
Linéaire Total			**3 024**		

Tableau 22 : Synthèse des rues projetées dans les bassins WW1, WW2, WW3 et WW4

Rues	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
3.127 (suite)	280	Emprise 30m : deux Chaussées de 9.00m chacune y compris T2-CS2 + 2.0m de TPC et des trottoirs	3.242	Lac Nokoué	Nécessité de faire des purges importantes
2.145	216	Emprise : 20m : Une chaussée bidirectionnelle de 7 m + deux trottoirs incluant les collecteurs	2.210	Lac Nokoué	Nécessite des substitutions importantes de matériaux
2.239	250	Emprise 30 m : deux chaussées unidirectionnelles de 9.00m chacune + TPC de 2.00 + trottoirs incluant les collecteurs	2.210	Lac Nokoué	Nécessite des substitutions importantes de matériaux
Linéaire Total	**746**				

.

Ci-dessous le plan d'ensemble des interventions dans les quatre bassins.

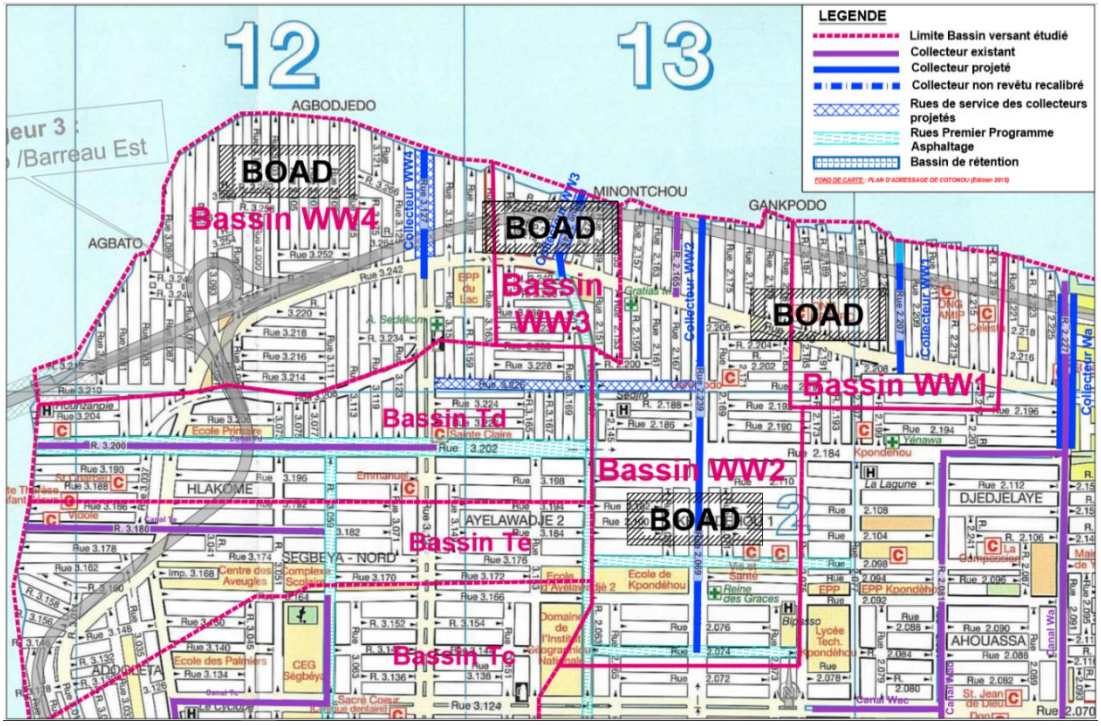


Figure 22 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans les bassins WW1, WW2, WW3 et WW4.

Les caractéristiques techniques des collecteurs WW1, WW2, WW3 et WW4 sont représentées et regroupées dans le tableau suivant.

Tableau 23: caractéristiques techniques des Collecteurs WW4, WW3, WW2 et WW1

Bassins versants		Période de retour	Pente	Débit	Section retenue et conditions d'écoulement					taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**I(‰)**	**Q (m³/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**V (m/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
WW4	28,0	10	2.0	4,0	2,50	1,00	1.95	0,19	0	81%
WW3	13,0	10	2.0	1,9	2,50	0,70	1,54	0.22	0	68%

Bassins versants		Période de retour	Pente	Débit	Section retenue et conditions d'écoulement					taux de rem-plissage
									0	
WW2	20,0	10	2,0	3,1	1,70	1,00	1,86	0,01	0	99%
WW1	25,0	10	1,4	6,7	5,00	0,70	1,80	N/D	0	106%

5.3.2 Les Collecteurs projetés

➢ **Le Bassin WW1**

Le bassin WW1 a une superficie de 25 ha et draine partiellement le quartier GANKPODO. Les collecteurs existants sont implantés dans la rue 2.207 et sont constitués de deux caniveaux 100 x 70 et 60 x 70 respectivement à gauche et à droite délimitant une chaussée de 6 m sur une emprise de 10. Le débit T10 est évalué à 6.7 m^3/s. Le collecteur projeté sera un caniveau cadre 4 x (125x70) occupant toute la chaussée délimitée par les collecteurs existants et dont le tablier servira de chaussée suivant le profil type ci-après :

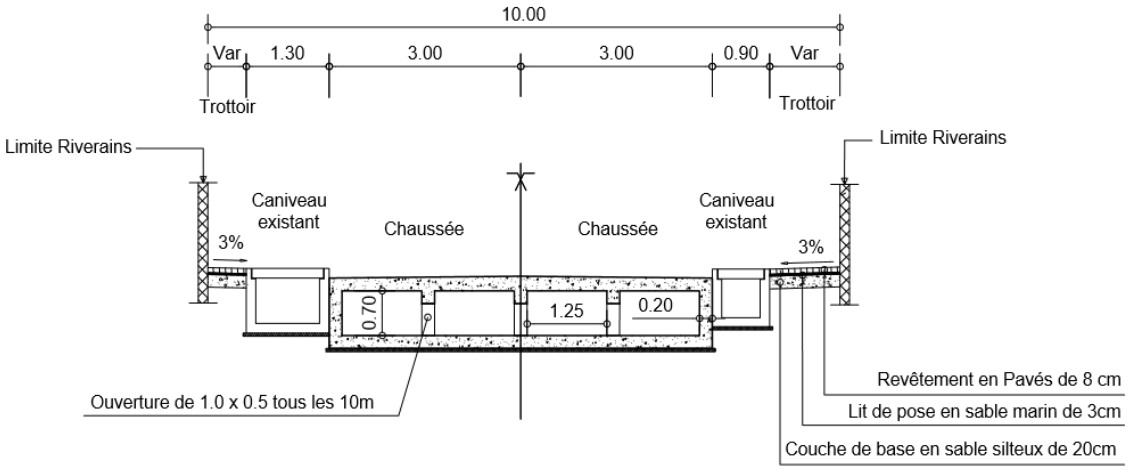


Figure 23 : Profil en travers type du collecteur WW1

Afin de faciliter l'entretien, le tablier sera constitué d'une alternance de dalles coulées sur place et de dalle préfabriquée.

➢ **Le Bassin WW2**

Le bassin WW2 a une superficie de 20 ha et draine une partie du quartier MINONTCHOU. Deux caniveaux construits dans la rue 2.165 d'emprise 10 m constituent le collecteur dans ce bassin. Le débit T10 est évalué à 6.2 m^3/s. Le collecteur existant sera délaissé par la construction d'un autre collecteur dans la rue voisine d'emprise 30m située à l'est (rue 2.239). Le collecteur projeté sera constitué de deux caniveaux trottoirs 170 x100 à réaliser de part et d'autre délimitant une plateforme de 20.84m constituée de deux chaussées de 9.00 m chacune + TPC de 2.00 m et deux (Bordure + fil d'eau) de 0.42 m chacun. Les deux collecteurs traversent la rue 2.210 et remonte dans la rue 2.069 jusqu'à la hauteur des rues 3.184 à l'ouest et 2.104 à l'est, un peu avant l'Ecole Primaire Publique de KPONDEHOU. Le profil en travers type correspondant à cet aménagement se présente comme suit :

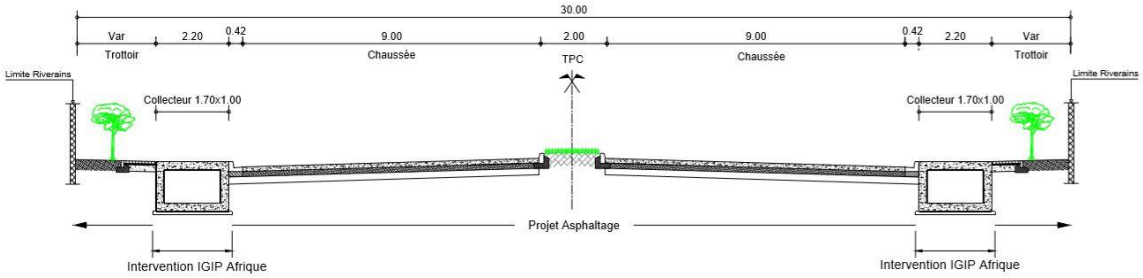


Figure 24 : Profil en travers type du collecteur WW2

- **Le Bassin WW3**

Le bassin WW3 a une superficie de 13 ha et draine en partie le quartier MINONTCHOU ; le débit T10 est de 3.4 m^3/s. Les collecteurs existants sont constitués de deux caniveaux 100 x 70 et 60 x70 respectivement à gauche et à droite dans la rue 2.145 d'emprise 20 m. Il est projeté la construction de deux caniveaux 150 x 70 côtés riverains le long des caniveaux existants suivant le profil type ci-dessous :

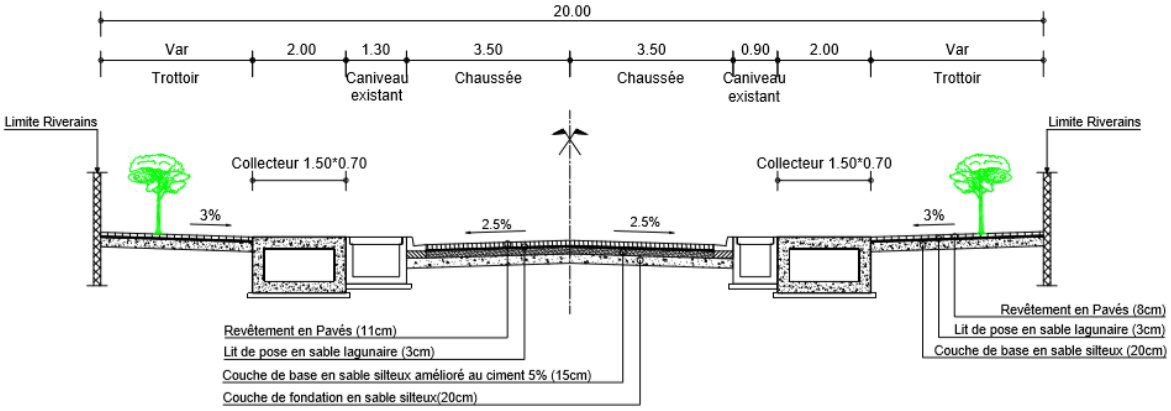


Figure 25: Profil en travers type du collecteur WW3

- **Le Bassin WW4**

Le bassin couvre partiellement les quartiers d'AGBODJEDO, et d'AGBATO. Sa superficie est de 57 ha. Le débit T10 est évalué à 15.4 m^3/s. Le collecteur existant est constitué de deux caniveaux trottoirs de 100 x 100 délimitant une plateforme de 20 m (deux chaussées de 9.00 m chacune + TPC de 2.00 m).

La topographie du bassin devrait conduire à un drainage naturel d'une bonne partie du bassin directement vers le lac. Il y a lieu de reconsidérer le débit réel qui transite par les collecteurs. Ce redécoupage conduit à une surface de 28 ha dont le drainage passe par le collecteur. Le débit T10 correspondant est de 8.0 m^3/s. Il est alors projeté le renforcement des collecteurs existants par la construction de caniveaux trottoirs 150 x 100 du côté des riverains le long des caniveaux existants. La plateforme sera aménagée sous de deux chaussées unidirectionnelles de 9.00m chacune y compris les bordures T2-CS2, un TPC de 2.0 m et deux trottoirs incluant les caniveaux et aménagés jusqu'aux riverains.

Le profil type correspondant prenant en compte les caniveaux existants est représenté comme suit :

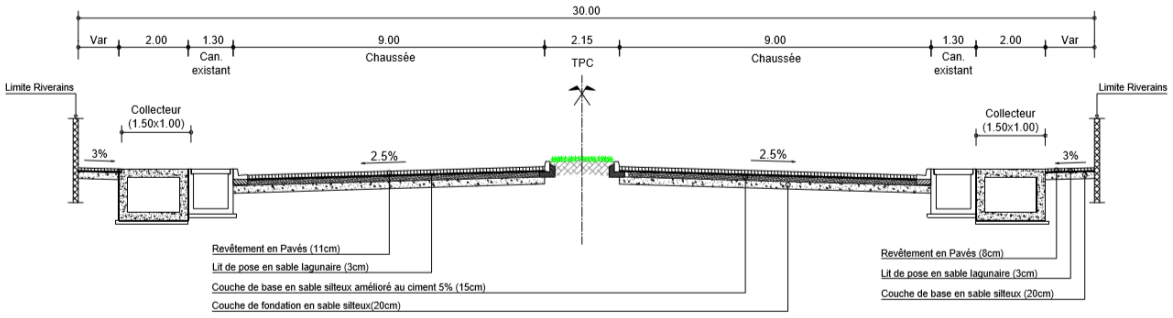


Figure 26 : Profil en travers type du collecteur WW4

5.4 BASSINS ABa, ABb, ABc

Les bassins ABa, ABb, ABc, sont trois bassins versants qui se connectent au domaine aéroportuaire.

Au plan diagnostic, tous les collecteurs ABa, ABb et ABc sont de sections hydrauliques insuffisantes pour un débit T10. Il n'existe pas d'emprise physique disponible pour renforcer le Collecteur ABb en aval ; de plus la fin de ce collecteur a été étranglée par son raccordement à un dalot de section (70x100) construit en biais sur la piste périphérique interne de la clôture de l'aéroport.

Le collecteur ABa construit sur le profil en travers du Bd du Canada à la hauteur de Franc Prix est à reconstruire alors que le collecteur ABc est à renforcer.

5.4.1 Synthèse des travaux projetés

Tableau 24: Synthèse des aménagements

Collecteur /surface drainée	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
ABa (75 ha)	206 + Recalibrage de 500ml de fossé en terre	Caniveau cadre 2x(150x150) Recalibrage de fossé sur 500ml	Intersection Bd du Canda rue 12.183	Intersection rues 12.181-12.132-cloture de l'ASECNA	La réalisation de ce collecteur en lieu et place de l'existant qui sera démoli ; nécessité de **correction de profil du Bd du Canda sur (Rue 12.128)**
ABb (Existant)		2.70x120 (Existant) + dalot à construire sur la piste (route en terre) périphérique interne de l'aéroport)	Intersection RNIE2/Rue 12.192	Clôture Aéroport)	Nécessité de faire une ouverture ponctuelle dans la clôture de l'aéroport
ABc	465 +4800 ml de fossés	Collecteur 100x100 sur 330 ml en amont et 2x(125x100) sur 135 ml en aval	Intersection rues12.170/ 12.289	Collecteur ABb (Intersection Rue 12.200 /Collecteur Ab	Exutoire occupé par un immeuble bâti
Linéaire Total	**671 ml (Collecteurs) + 5 300 ml de fossé + 950 ml de correction de profil de la rue 12. 128 (tronçon Bd Canada)**				

L'ensemble des aménagements projetés sont schématisés sur le plan ci-dessous :

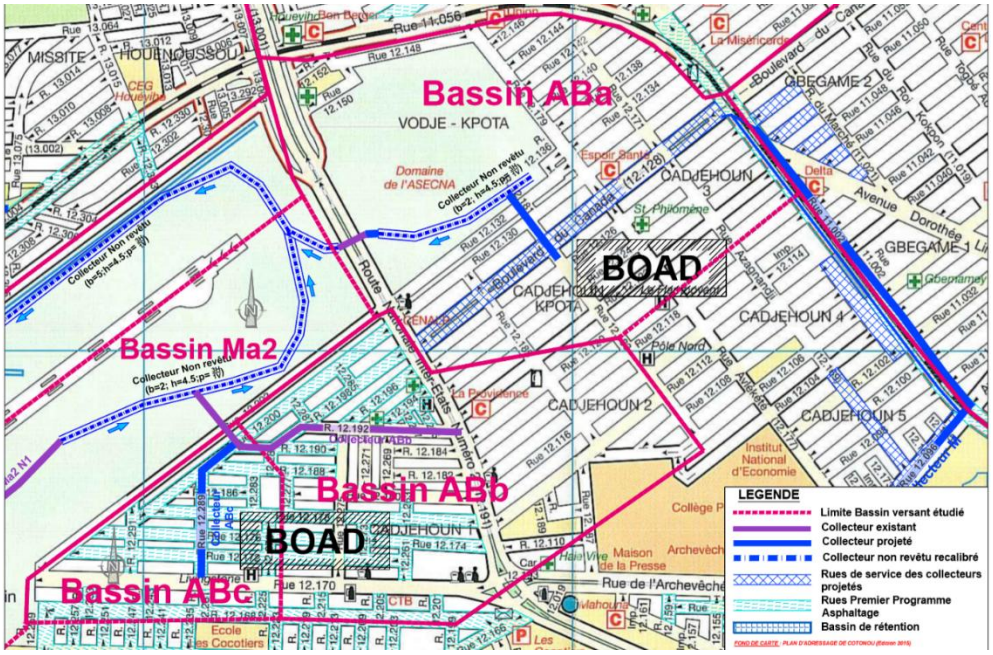


Figure 27 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans les bassins ABa, ABb, et ABc

De même les fossés sur lesquels débouchent les collecteurs ABa, ABb dans les domaines aéroportuaires seront recalibrés au gabarit approprié. Les résultats des essais géotechniques de pénétromètre dynamique et de cisaillement indiquent que nous sommes en présence d'un sol sableux à faibles caractéristiques de résistances mécaniques. Un angle de frottement inférieur à vingt-cinq degré (25°) a été recommandé pour les talus. Suivant cette recommandation, les talus des fossés seront de 1/3 (3H/1V) correspondant à un angle de frottement de 18.45°. Par ailleurs il est prévu de végétaliser les talus afin d'en assurer la durabilité. Deux espèces du milieu ont été identifiées, il s'agit de :

- du *Typha australis* qui se développent aisément dans les zones inondables des bas-fonds de la ville.
- *du Paspalum vaginatum encore* appelé chiendent des marais qui est une plante herbacée à rhizome ou à stolon

Après avoir analysé les avantages et inconvénients des deux plantes, le paysagiste a recommandé le ***Paspalum vaginatum (****voir note complète en annexe****).*** Deux profils types ont été définis pour faire face aux débits à transiter dans les fossés. Dans la zone Nord Est du Domaine de l'aéroport, seul le débit du collecteur ABa transite par le fossé projeté tandis que le fossé dans la zone Sud-Ouest (zone piste d'atterrissage) prend en compte, plus loin en aval l'ensemble des bassins AB. Les profils types respectifs des fossés en terre se présentent comme suit :

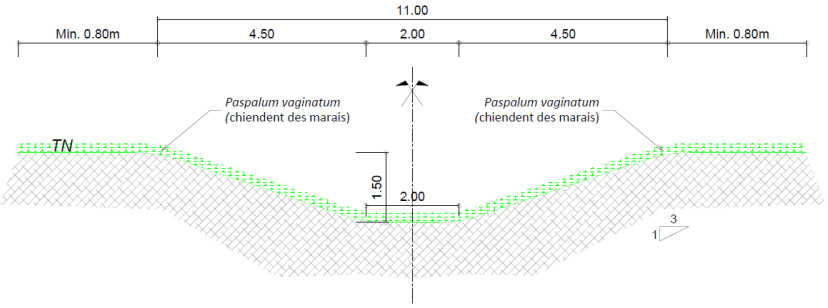


Figure 28: profil type Fossé en terre domaine aéroportuaire, zone nord-Est (domaine hors-piste)

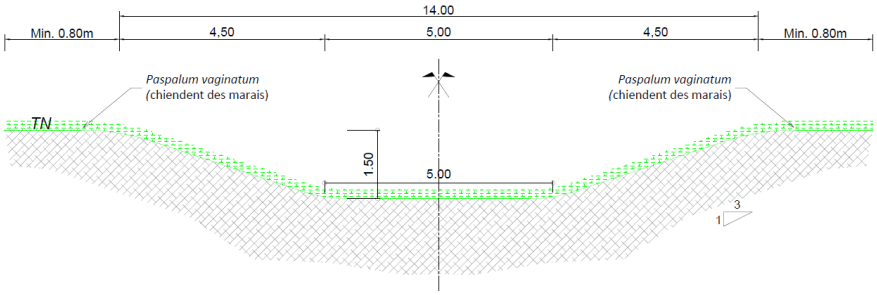


Figure 29: profil type Fossé en terre domaine aéroportuaire (zone piste d'atterrissage)

Les caractéristiques techniques des collecteurs projetés sont récapitulées dans le tableau suivant

Tableau 25: Les caractéristiques techniques des Collecteurs projetés

Bassins versants		Période de retour	Pente	Débit	Section retenue et conditions d'écoulement					taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**I(‰)**	**Q (m³/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**V(m/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
ABa	75,0	10	2,0	8,9	3,00	1,50	2,41	0,27	0	82%
ABc	19,0	10	2,0	4,1	2,50	1,00	1,97	0,17	0	83%

5.4.2 Les collecteurs projetés

- **Le Bassin ABa**

Le bassin ABa couvre les quartiers de CADJEHOUN 1, CADJEHOUN KPOTA & VODJE KPOTA. Il draine une superficie de 75ha. Le débit T10 est de 8.9 m³/s. Il existe un collecteur primaire traversant le Boulevard du Canada à la hauteur du supermarché Franc Prix. Le collecteur ABa se jette dans le domaine aéroportuaire. L'ouvrage est mal calé et de section insuffisante. Le collecteur sera remplacé par un autre de section 2x(150x150). La construction du collecteur nécessite la correction du profil du Boulevard du Canada sur ce tronçon (Rue 12.128). Les profils types correspondants au collecteur ABa ainsi que celui de la correction de profil du Bd du Canada se présentent comme suit :

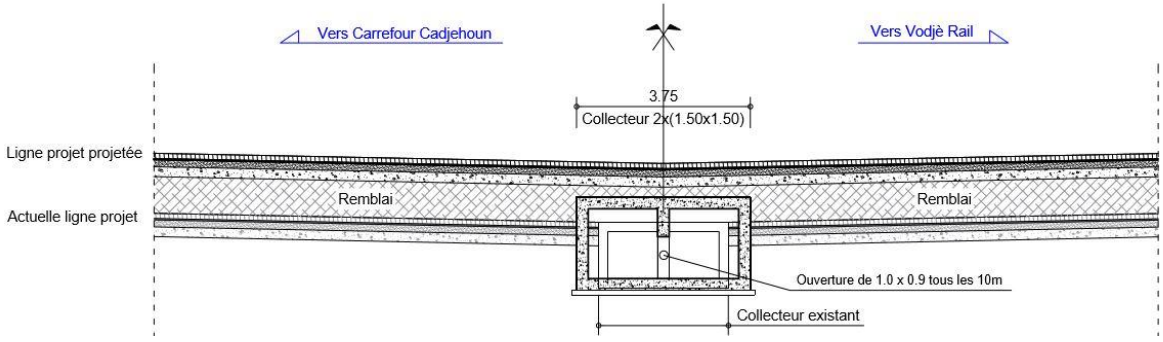


Figure 30: Collecteur ABa : Profil de la Traversée Boulevard du canada : PK 0+000 – PK 0+045

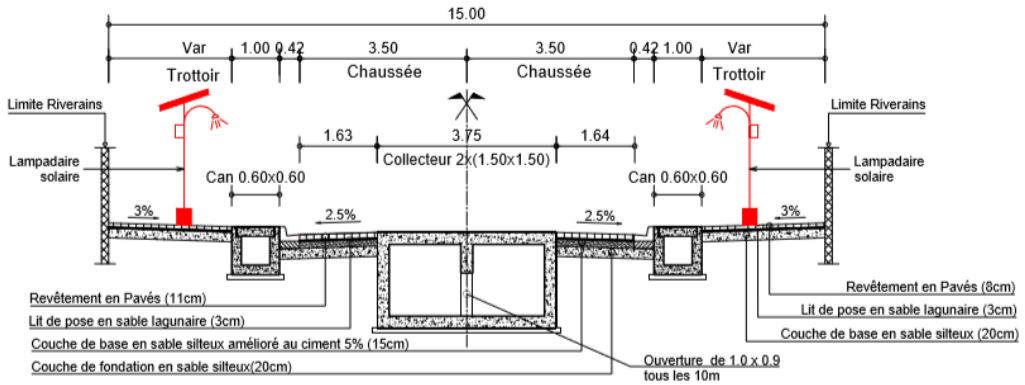


Figure 31: Collecteur ABa : Profil type RUE 12.181 : PK 0+045 – PK 0+206

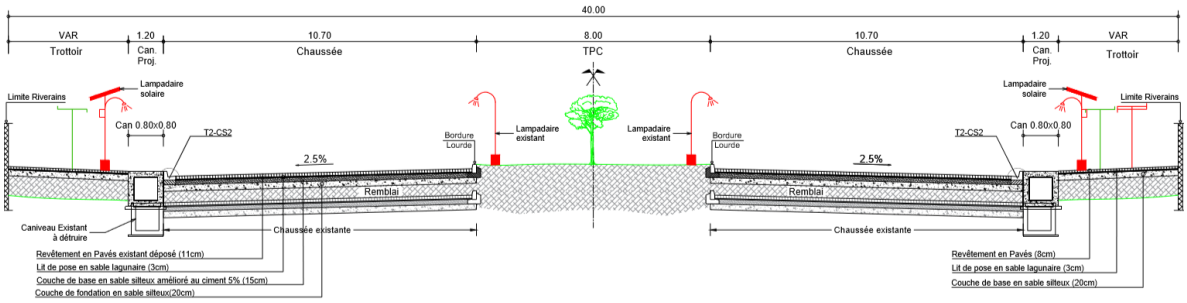


Figure 32: Bassin ABa -Profil Type Correction profil Bd du Canada-RUE 12.128

➢ Le Bassin ABb

Le bassin ABb couvre les quartiers de CADJEHOUN 1 & 2 ; sa superficie est de 55 ha. Le collecteur primaire est de section 2.70 m x 1.20 m. Sa section hydraulique est insuffisante pour un débit T5 (5 ans). De plus, à l'arrivée au niveau du domaine aéroportuaire, le collecteur est étranglé avec changement de direction pour se raccorder à un dalot de section 0.70m x 1.00 m construit sur la piste périphérique à l'intérieur de la clôture du domaine aéroportuaire (Zone piste d'atterrissage)

Le collecteur ABb sera donc rallongé vers le fossé du domaine aéroportuaire avec un dalot de section 3.00 m x 1.50 m et un ouvrage de tête (mûr en aile + bêche) construit sur la piste périphérique interne du domaine aéroportuaire.

➢ Le Bassin ABc

La superficie couverte par le bassin ABc est de 19 ha et draine le quartier Haie Vive Cocotier. Le collecteur existant est un caniveau 100 x 70 construit dans la rue 12.289 (côté droit) et qui rejoint le domaine aéroportuaire à gauche en traversant la rue 12.200 pour passer ensuite dans un immeuble bâti de N° adressage 506 (probablement côté garage). Il est établi que le collecteur soit bouché à l'intérieur de l'immeuble avec déversement de l'eau en permanence dans la rue 12.200 à la hauteur de l'immeuble à la moindre pluie. En plus d'être bouchée, la section du collecteur est insuffisante pour drainer le bassin. Il est projeté la construction d'un second caniveau côté opposé à l'existant au départ et suivant les rues 12.289 et 12.200. La section du collecteur est au départ de 100x100. Au croisement du caniveau existant, la section du caniveau passe à 2 x (125 x 100) centré sur l'emprise de la Rue 12.200. Le collecteur devrait normalement traverser l'immeuble d'adressage 506 et déboucher sur le domaine aéroportuaire (**Option de**

base). A défaut de passer à l'intérieur de l'immeuble, il est prévu que **le collecteur se raccorde provisoirement au Collecteur ABb** situé à environ 135 m plus loin dans son prolongement. En effet la section du collecteur ABb est à peine suffisante pour un débit T2 et il n'existe pas d'emprise physique disponible pour le renforcer (Servitude presque entièrement occupée par le collecteur ABb).

Les profils types du collecteur sont représentés comme suit.

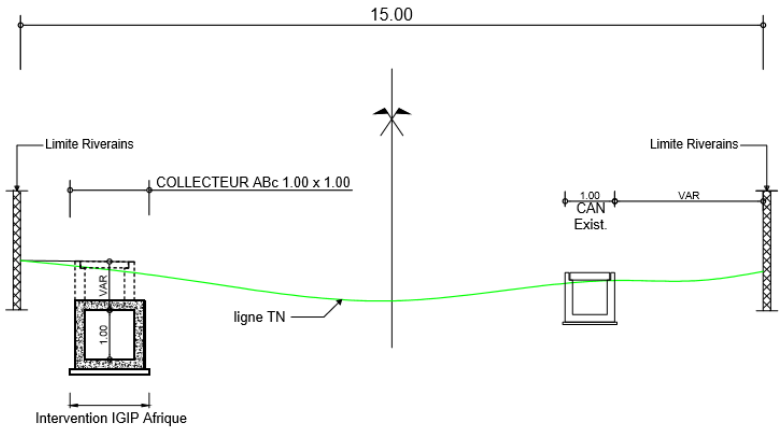


Figure 33 : Profil en travers type du collecteur ABc - RUE 12.289 : PK 0+000 à PK0+270

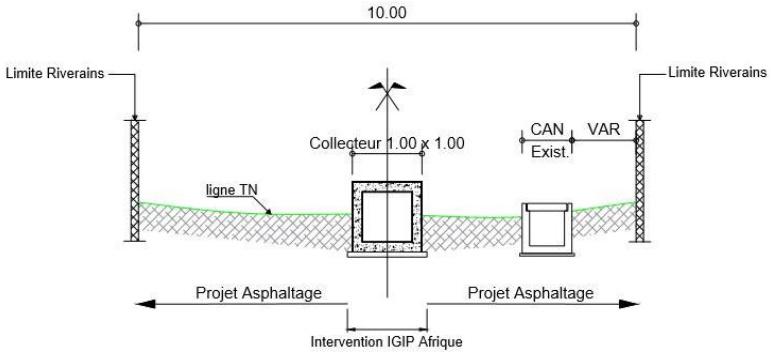


Figure 34: Profil Type Collecteur ABc - RUE 12.200 : PK 0+270 – PK 0+325

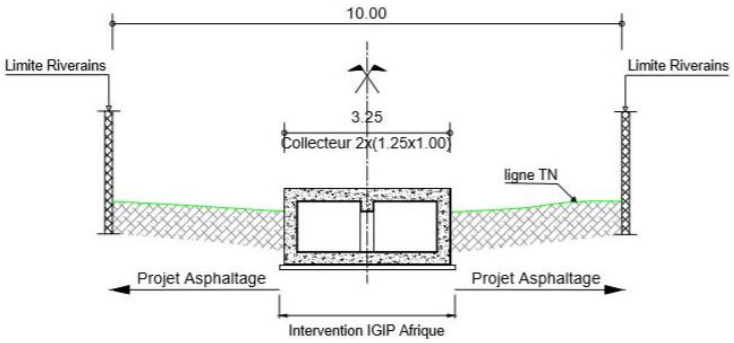


Figure 35 : Profil en travers type du collecteur ABc - Rue 12.200 : PK 0+325à PK0+465

5.5 BASSIN AAs

Le bassin AAs est situé dans la partie Sud-Ouest de Cotonou et draine les quartiers de FIYEGNON 1 & 2. Sa superficie est de 334 ha dont une partie est en zone marécageuse non habitée. La partie en zone marécageuse non habitée servira de bassin de rétention et de couloir de drainage et d'exutoire pour le bassin AAc.

Les travaux projetés consistent à la réalisation des bassins de rétention interconnectés par des dalots. Ces bassins de rétention, au nombre de trois (03), sont disposés en série et leur exutoire final est le bas-fond de Togbin qui est une lagune côtière s'étendant sur plusieurs dizaines de kilomètres. Il est prévu l'aménagement des berges en matelas de type Reno suivant l'emprise disponible. La figure ci-dessous indique le schéma hydraulique du bassin AAs (partie ouest de la figure) de même que sa connexion au AAc situé à l'est.

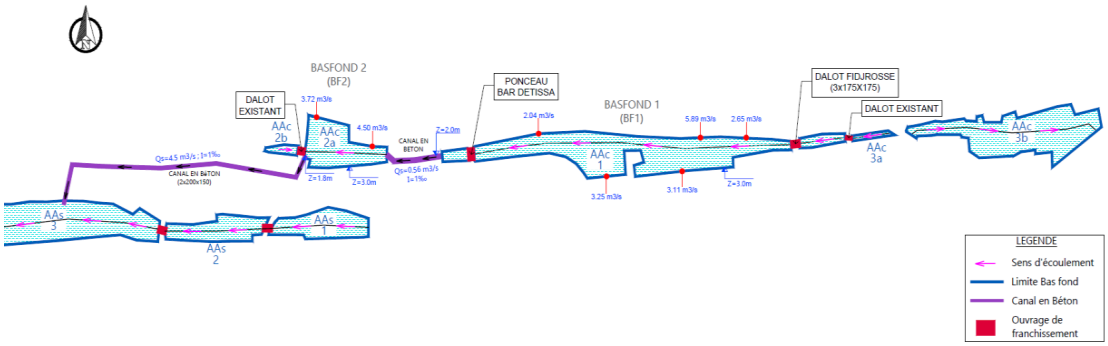


Figure 36: schéma hydraulique combine de AAS (à gauche) et de AAc (à droite)

Les sous bassins de rétention de AAs seront reliés par un dalot en béton armé 4 x (2.50 m x 1.50 m). Les différents profils types d'aménagement du bassin de rétention AAs se présentent comme suit :

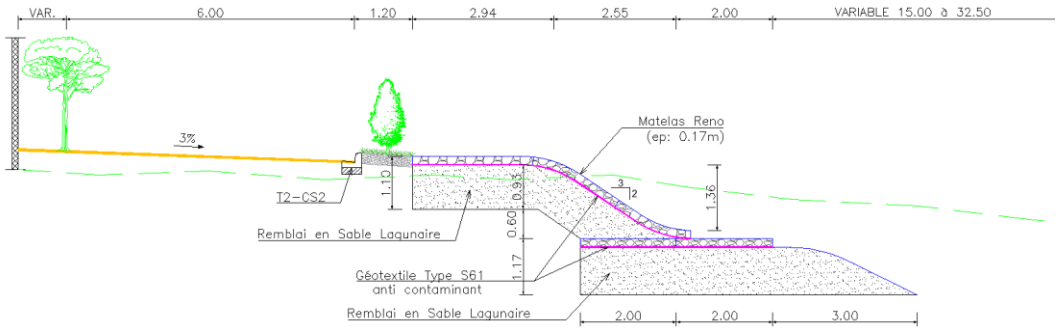


Figure 37: Profil d'aménagement du sous bassin AAs1

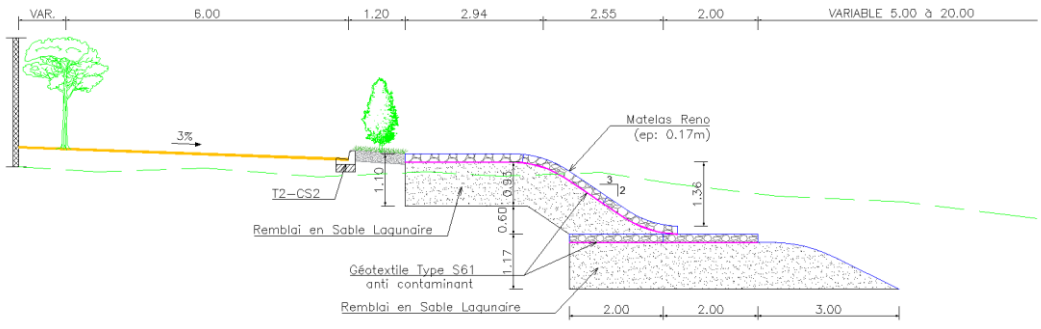


Figure 38: profil type d'aménagement du sous bassin de rétention AAs2

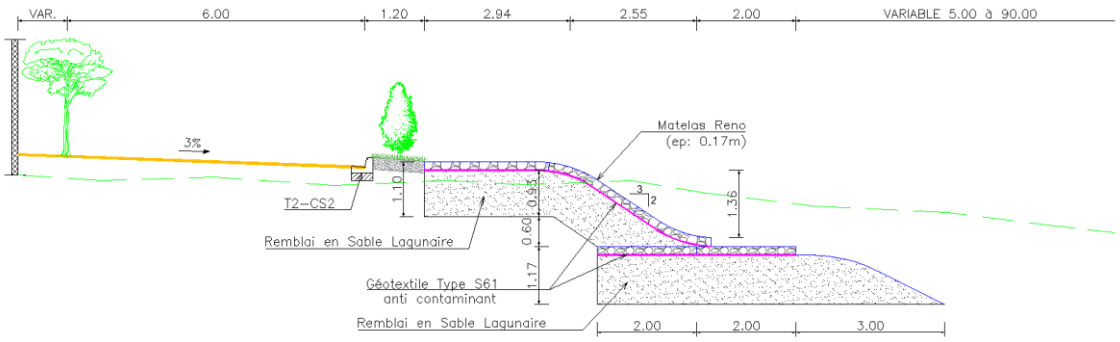


Figure 39: profil type d'aménagement du sous bassin de rétention AAs3

Par ailleurs, il a été projeté le pavage de certaines rues afin d'améliorer le drainage de la zone ciblée.

5.5.1 Synthèse des Travaux Projetés

Tableau 26 : Synthèse des Collecteurs projetés dans le Bassin AAs

Collecteur /sur-face drainée	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
AAs (334 ha)	Bassins de rétention interconnectés par des dalots cadres couvrant 22.8 ha (2.83+2.82 +17.13) Longueur totale des bassins 1 926ml (353+427+1 146) pour un périmètre (talus) de 4 036ml à protéger en matelas Reno La capacité de stockage totale est de 308 000 m^3	Rue 12.556	A la hauteur de la rue 12.595	Travaux en zone marécageuse
Linéaire Total projeté	**1 926 ml**			

Tableau 27 : Synthèse des rues projetées dans AAs

Rues	Linéaire cumulé (m)	Caractéristiques	particularité
12.583 (730ml) et 12.581-12.579 (400ml)	1 130	Emprise 10 m: chaussée 6.00 m + trottoirs jusqu'aux riverains y compris les caniveaux latéraux le cas échéant	Rues destinées à améliorer le draine dans le bassin
Rue 12.647	575	Emprise 12 m chaussée de 7.00 m + trottoirs jusqu'aux riverains y compris caniveaux le cas échéant.	
Rue 12.555	825	Emprise 12 m chaussée de 7.00 m + trottoir y compris caniveaux	
Linéaire Total	**2 530**		

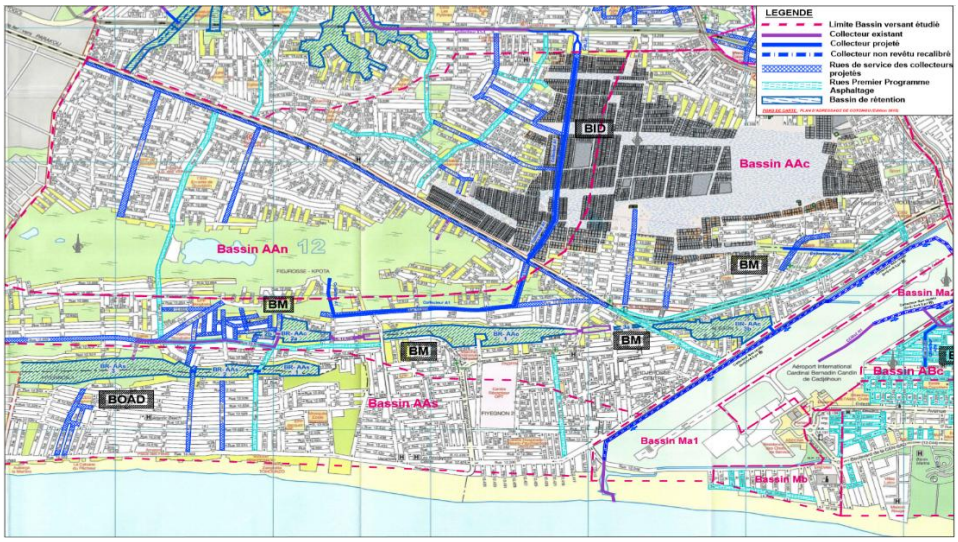


Figure 40 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin AAs

5.6 BASSIN Wa

La superficie de ce bassin versant est de 380 ha et draine les quartiers KPONDEHOU, DJEDJELAYE, AHOUASSA, SENADE 1 & 2, NVENAMEDE, SODJATINME EST, IREDE et LOM-NAVA.

Le débit T10 est évalué à 24.4 m^3/s

Les plus grands collecteurs du bassin sont Wa, Wab et Wac. Et le collecteur Wa représente le collecteur primaire.

La répartition de l'ensemble des collecteurs et leurs sections respectives devraient assurer le drainage correct du bassin versant. L'ouvrage en aval est constitué d'un collecteur central rectangulaire à ciel ouvert de section 2.00 m x 2,15 m et de deux dalots 2.50 m x1.50 m chacun situé de part et d'autre du collecteur à ciel ouvert. L'ensemble du collecteur présente une profondeur morte (Fil d'eau trop bas) qui réduit la capacité hydraulique de l'ouvrage. La côte fil d'eau à l'arrivée est négative. L'aval du collecteur sera donc renforcé par la construction de deux dalots : un dalot 2x150x150 à gauche de l'existant et un autre 150x150 à droite. De même le collecteur Wab sera rallongé en amont.

5.6.1 Synthèses des Travaux projetés

Tableau 28 : Synthèse des Collecteurs projeté dans le bassin Wa

Collecteur /surface drainée	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
Wa (308ha)	2x 375 (Partie avale)	Renforcement du collecteur existant par la construction de deux dalots : un dalot 2x(150x150) à gauche et un dalot 150x150 à droite pour prendre en compte les espaces disponibles.	Intersection Collecteurs Wa et Wab ou intersection rues 2.184-2.091	Lac Nokoué	Section à profondeur (Fil d'eau très bas)
Wa (Amont)	1 116 x2	Caniveaux trottoirs de part et d'autre de la chaussée projetée	Intersection rues 2.027-4.236-1.216 (Route de Porto Novo)	Départ Wab existant	Section variable
Linéaire Total	**2 982**				

Tableau 29 : Synthèse des rues projetées dans le bassin Wa

Rues	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
1.201	500	Emprise 20 m Chaussée : 9.00m + 2 BAU de 2.00 chacune +T2-CS2 + trottoirs y compris caniveau	Route Cotonou-Porto Novo	Rue 2.000	Nécessité de faire des purges et remblais importants.
2.027	616	Emprise 30 m Chaussée : 2 x 9.00m +T2-CS2 + trottoirs	Rue 2.000	Intersection avec Rue 2.028	
2.055 – 2.081 – 2.184 – 2.227	2x1960m 1600m le long de Wab et 360m de Wac	Chaussée de 2 x 7.00 + T2-CS2 + trottoirs	Pavage le long du collecteur existant Wab et Wac jusqu'aux riverains		
Linéaire Total	**3 076**				

Le plan d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin Wa se présentent comme suit :

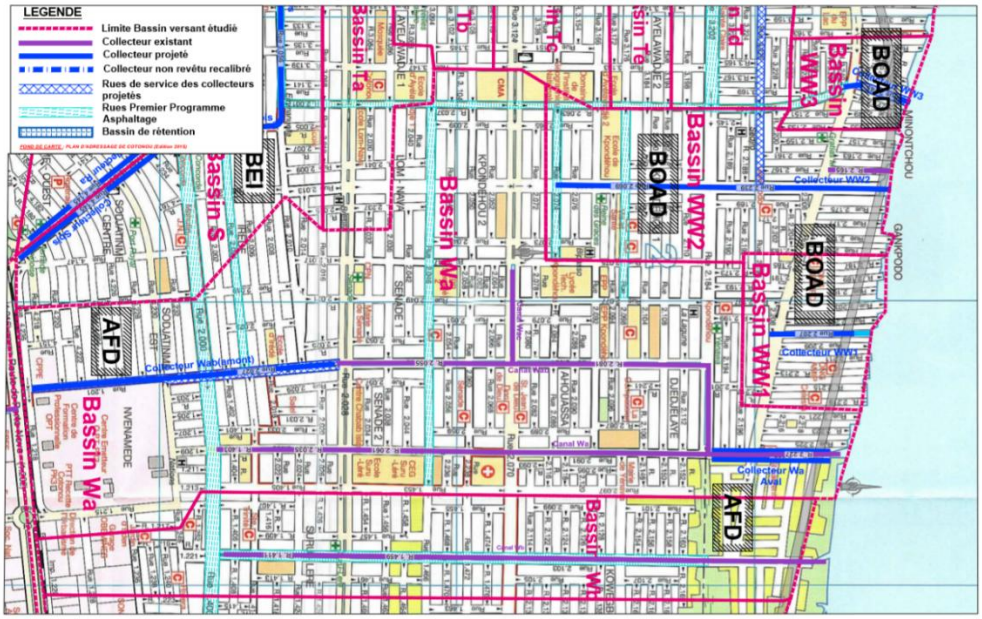


Figure 41 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin Wa

Le tableau ci-dessous renseigne les caractéristiques techniques du Collecteur Wa

Tableau 30: caractéristiques techniques du Collecteur Wa

Bassins versants		Période de retour	Pente	Débit	Section retenue et conditions d'écoulement					taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**I(‰)**	**Q (m^3/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**V(m/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
Wa	380,0	10	1,0	28,4	11,50	1,50	2,15	0,35	0	77%

La partie aval Le collecteur Wa sera renforcée suivant le profil ci-dessous

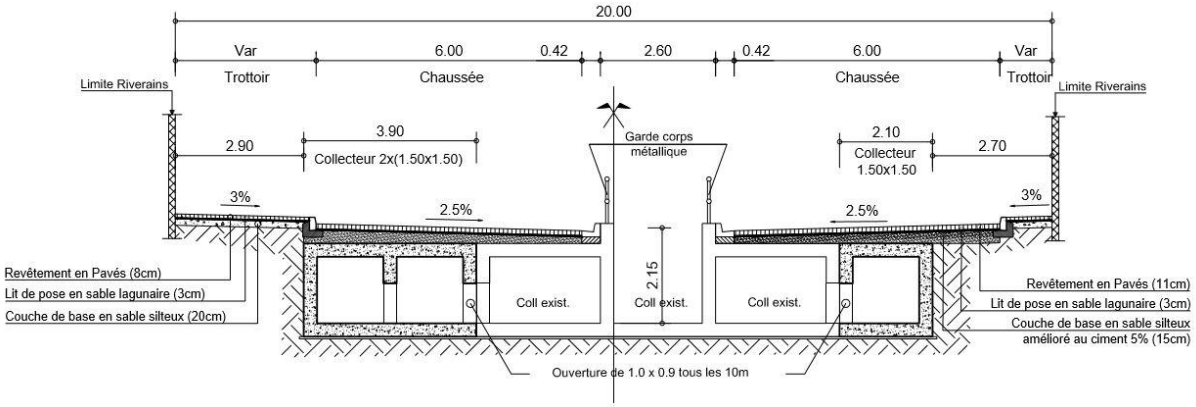


Figure 42 : Profil en travers type du collecteur Wa - (partie avale) : PK 1+575 – PK1+950

Quant au collecteur Wab, il sera rallongé vers l'amont jusqu' à la hauteur de la Route de Porto Novo pour faciliter des raccordements dans cette partie du bassin dépourvu de collecteur primaire/secondaires suivant les profils types ci-dessous :

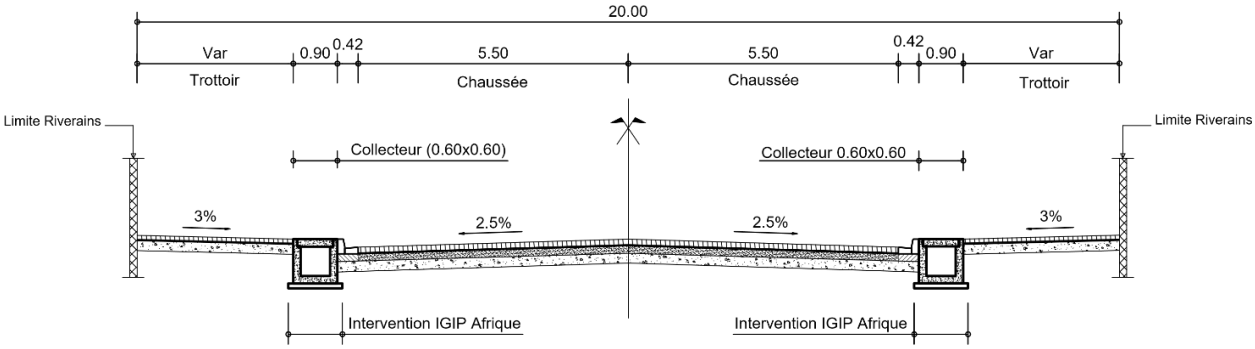


Figure 43 : Profil en travers type du collecteur Wab-AMONT - Rue 1.201 : PK 0+000 – PK 0+100

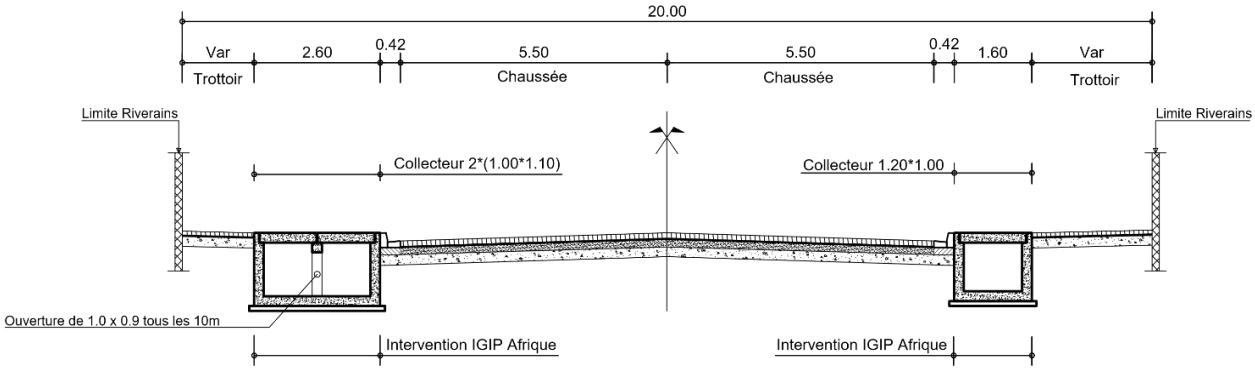


Figure 44 : Profil en travers type du collecteur Wa-AMONT : PK 0+100 – PK 0+525

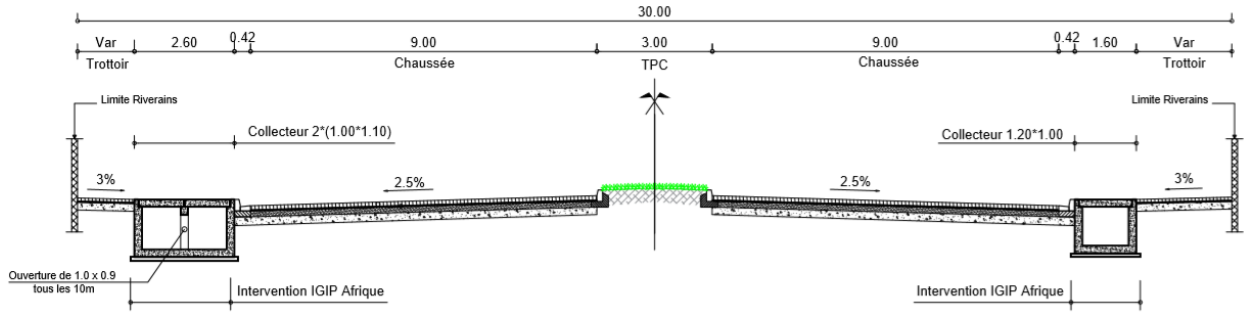


Figure 45 : Profil en travers type du collecteur Wa-AMONT : PK 0+525 – PK 1+116

5.7 BASSIN L

Le bassin L couvre une superficie de 237 ha et draine les quartiers ZONGO-EHUZU, ZONGO-NIMA, MIFONGOU, GBEDIGA, AWLANLEKO, GBEDOMIDJI, GBEDOKPO. Le collecteur primaire existant est une buse de diamètre 1.800 mm enterrée et implantée dans le TPC du Boulevard Saint Michel, puis sous la chaussée unique bidirectionnelle du même Bd. Le collecteur démarre à la hauteur du Prêt à porter « La Diversité » (intersection des rues 7.002/7.025) et se jette dans le bassin portuaire en suivant l'itinéraire du Bd St Michel.

La buse existante est de section très insuffisante pour drainer un débit décennal. La partie amont jusqu'à la hauteur du Hall des arts, juste après l'intersection du boulevard des armées sera maintenue et réhabilitée. La suite sera remplacée par des collecteurs cadres de section variable.

5.7.1 Synthèses des Travaux projetés.

Tableau 31: Synthèse des Collecteurs projetés dans le bassin L

Collecteur /surface drainée	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	Particularité
	525	Buse Φ1000 existante	Intersection avec rue 7.025		Buse existante à réhabiliter
L (237 ha)	1 815	Caniveau cadre 2x(160x180) sur 1050ml, 3x(160x180) sur 250ml et 4x(160x180) sur 515	Intersection rue Bd St Michel Rue 5.164 (Rue des amoureux)	Bassin Portuaire	Nécessité de chercher le financement pour les études techniques et les travaux de réhabilitation du Bd St Michel qui sera impacté par les travaux de reconstruction du collecteur et non pris en compte dans la présente étude
	640 Bras secondaire	100x150	Intersection rues 5.164/Bd St Michel	Rue 5.164/ 5.148	
Linéaire Total (à construire)	**2 455 ml + 525 ml de Buse à curer / réhabiliter**				

Tableau 32: Synthèse des rues Projetées dans le bassin L

Rues	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
Rue 5.164	640	Emprise 20 : Chaussée de 9 m + 2x2 m de BAU + deux (02) T2-SC2+ Trottoir jusqu'aux riveraines	Intersection de la rue avec le Bd St Michel	Intersection avec la rue 5.148	Rue de service du bras secondaire du collecteur L
Linéaire Total	**640**				

L'ensemble des aménagements projetés est schématisé sur la figure ci-dessous

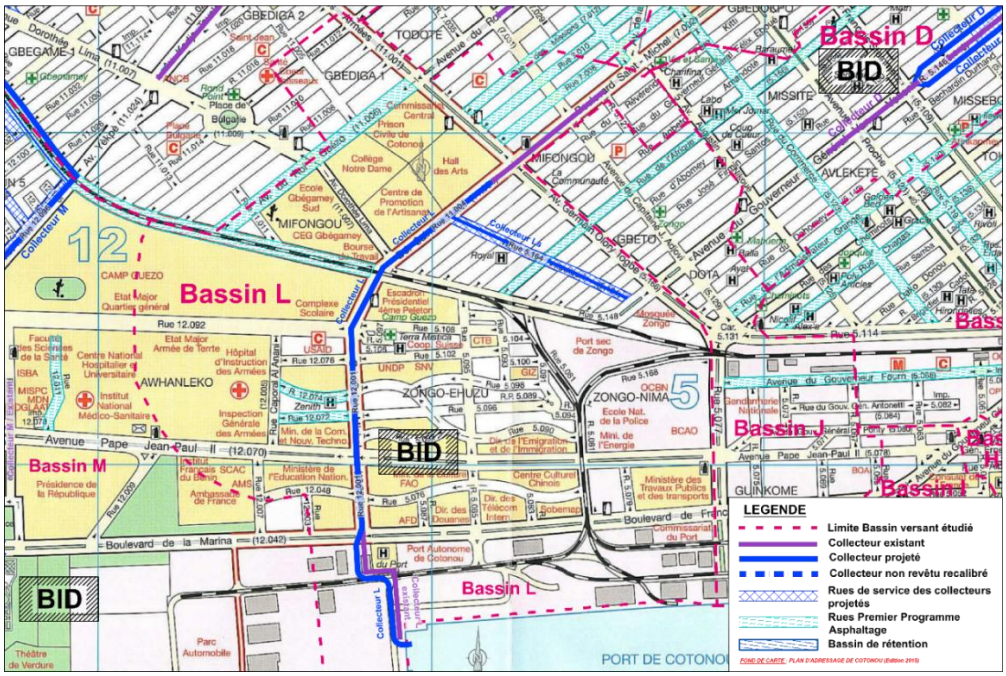


Figure 46 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin L

Les caractéristiques techniques du collecteur L projeté sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 33: Caractéristiques techniques du Collecteur L

Bassins versants		Période de retour	Pente	Débit	Section retenue et conditions d'écoulement					taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**I(‰)**	**Q (m^3/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**V(m/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
L	237,0	10	1.2	27,0	6,40	1.8	2,6	0,15	0	82%

Le débit T10 est de 27.0 m^3/s. La nouvelle projection consiste à maintenir, à curer et à réhabiliter[6] la buse existante depuis son origine jusqu'à la hauteur du hall des arts, peu après le Bd des armées (PK0+000 à PK0+525). Pour la suite la buse sera remplacée par des collecteurs cadres. Du hall des arts à la hauteur de la direction générale de la SONEB, peu avant l'Av Pape Jean Paul II (PK0+525 à PK1+575, le collecteur projeté est de section 2x160x180. Il est projeté sur ce tronçon et dans l'angle de rue de NSIA (Rue 5.164 ou rue des amoureux), un bras secondaire long de 640 ml et qui s'étend jusqu'à la rue 5.148 en face de la mosquée Zongo. En plus du collecteur secondaire, la rue 5.164 (rue de service du collecteur) sera pavée. De la SONEB à la hauteur du petit palais, peu avant le Bd de la Marina, le collecteur projeté est de section 3x160x180. Enfin du petit palais au bassin portuaire, le collecteur projeté est de section 4x160x180.

Les profils types des interventions projetées se présentent comme suit :

[6] Réparation des regards endommagés et pose de nouveaux couvercles de regards là où c'est nécessaire.

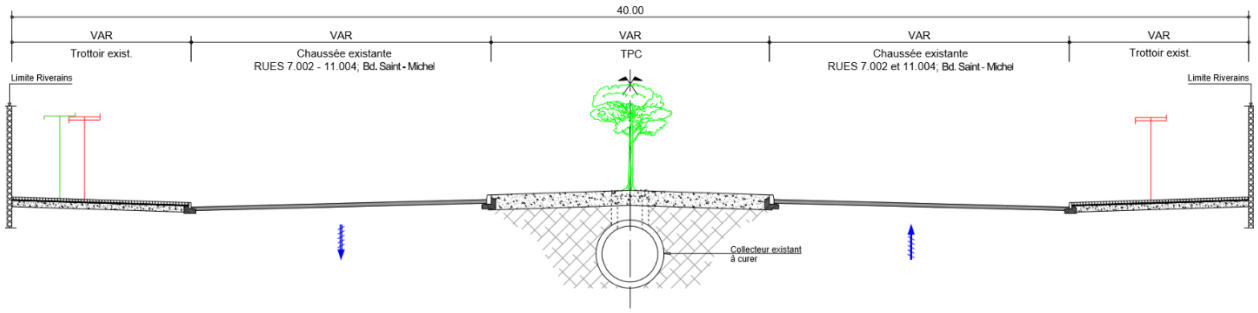


Figure 47: Profil en travers type collecteur L : rue 7.002 – rue 11.004 : pk 0+000 – pk 0+525

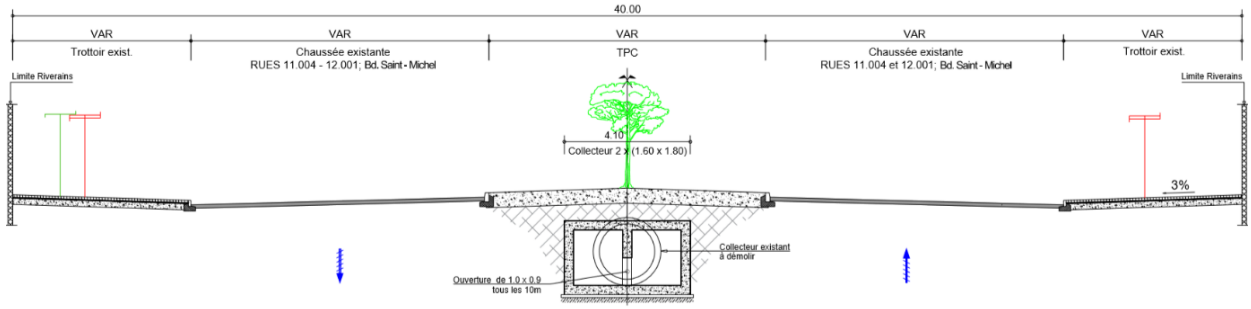


Figure 48: Profil en travers type collecteur L : rue 11.004 – rue 12.001 : pk 0+525 – pk 1+025

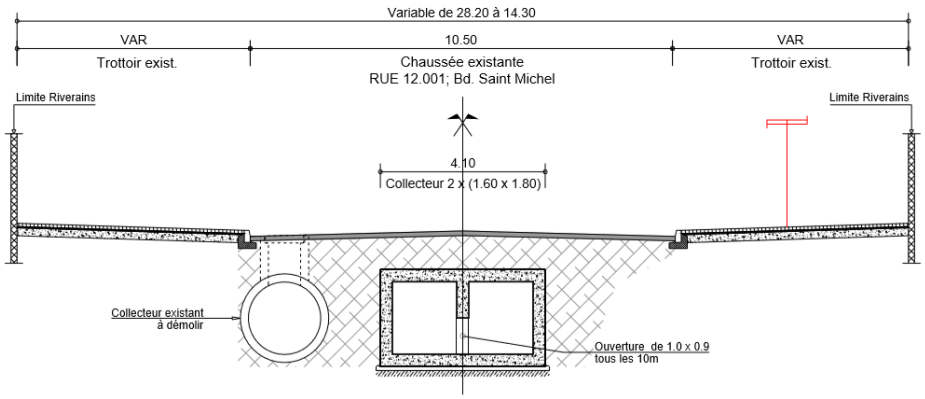


Figure 49: Profil en travers type collecteur L : rue 12.001 : Pk 1+025 – Pk 1+575

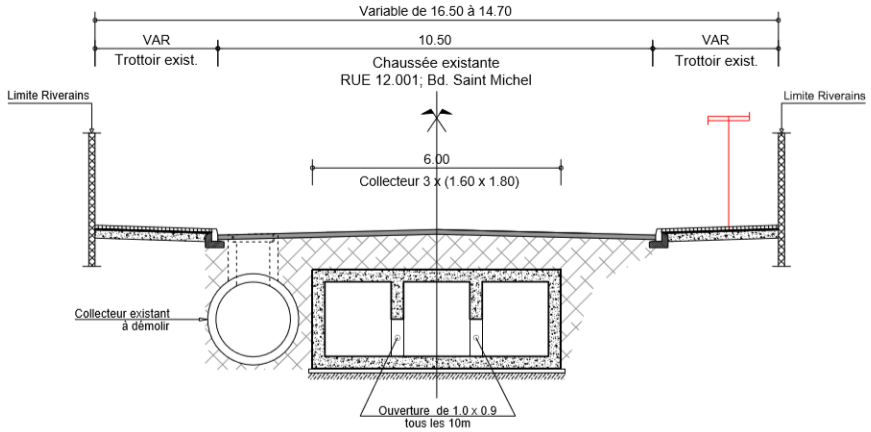


Figure 50: Profil en travers type collecteur L : rue 12.001 : Pk 1+575 – Pk 1+825

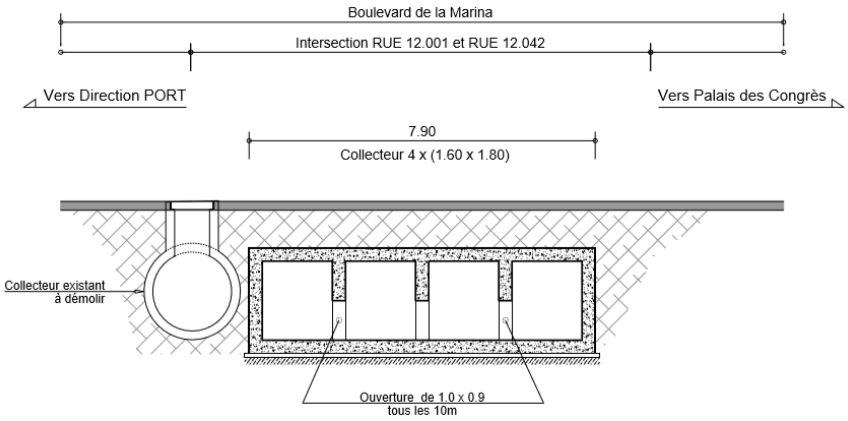


Figure 51: Profil en travers type collecteur L : Pk 1+825 – Pk 1+914

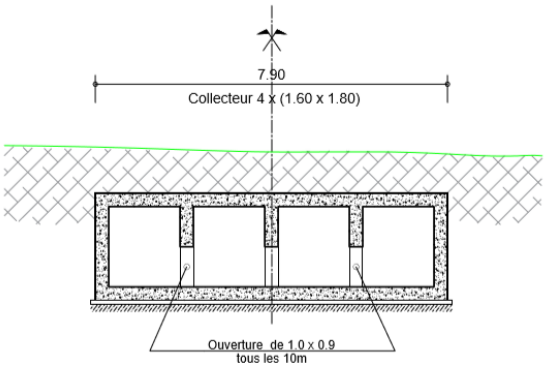


Figure 52: Profil en travers type collecteur L : traversée domaine portuaire : Pk 1+914 – Pk 2+025

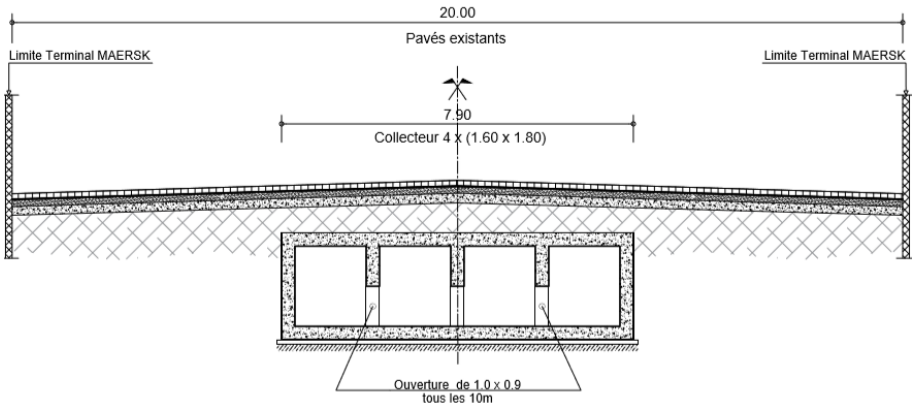


Figure 53: Profil en travers type collecteur L : traversée domaine portuaire : Pk 2+025 – Pk 2+340

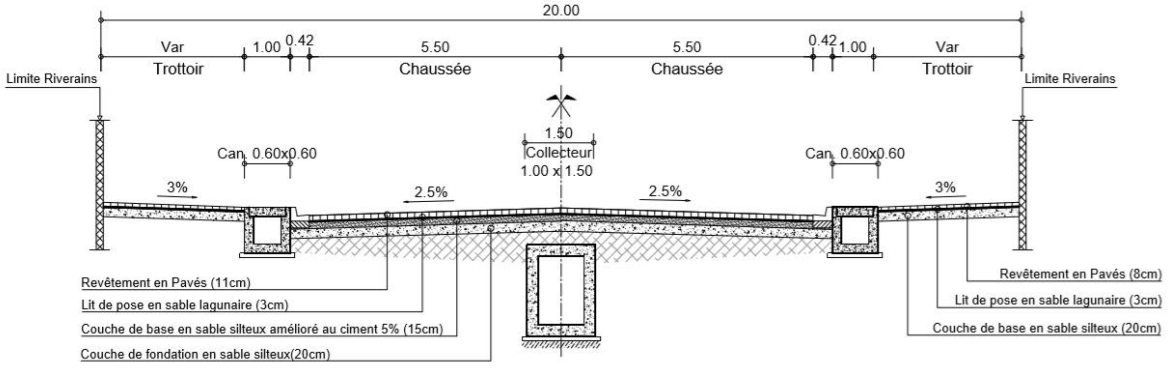


Figure 54: Profil en travers type collecteur Secondaire : rue 5.164 : Pk 0+000 – pk 0+638

5.8 BASSIN D

Le bassin D draine une superficie de 74 ha et couvre les quartiers de BOKOSSI-TOKPA, MISSEBO, MISSITE, AVLEKETE, GBEDOKPO, le débit T10 évalué est de 12.47 m^3 /s. L'ouvrage existant est une buse de diamètre 2.00 m. Il est implanté dans l'emprise de l'Avenue du Général Gouverneur Van VollenHoven (Rue 5.146) et se jette dans le chenal de Cotonou.

Sur la base d'une pente de 1.5‰, la buse devrait drainer environ 4m^3/s représentant environ le tiers du débit T5.

La section de la buse est insuffisante pour drainer tout le bassin. Néanmoins, la capacité hydraulique de la buse permet de drainer à peu près la partie amont du bassin jusqu'à la hauteur du Boulevard Steinmetz.

5.8.1 Synthèse des travaux projetés

Tableau 34 : Synthèse des collecteurs et rues projetés dans le bassin D

Collecteur /surface drainée	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
Collecteur D (74 ha)	520 x 2	En quittant l'Avenue STEINEMEZ pour le chenal Caniveau cadre 2x(125) x180 à gauche (520 ml) et Caniveau cadre (170 x 180) à droite (520) ml	Intersection Rues 5.109 (Bd STEINMETZ) et Rue 5.146 (Av Van VollenHoven)	Chenal de Cotonou	Epouse les mêmes côtes fils d'eau que la buse existante.
Rue 5.146 (Av Von VollenHoven)	235 ml	Rue double chaussée de 11m chacune	Intersection avec la rue 5.101 (Av Delorme)	Rue 5.099	Exécutée suivant la géométrie du profil type existant
Linéaire Total	**1 040 ml (Collecteurs) + 235 ml de rue**				

La solution du consultant est de réhabiliter la partie amont de la buse. Les travaux de réhabilitation comprennent la réparation des regards endommagés et le remplacement des dalles en béton par des couvercles de type D400. Au-delà du Boulevard Steinmetz (intersection des rues 5.109 et 5.146), il est projeté la construction d'un collecteur de part et d'autre de l'Avenue Van VollenHoven. Les collecteurs sont projetés entre le trottoir et les riverains. Au départ, les nouveaux collecteurs seront raccordés à la buse dont le drainage amont sera récupéré à ce point. Les deux collecteurs ont pour exutoire le chenal de Cotonou. Un clapet anti-retour et un ouvrage de fin de type mur en aile avec bêche + enrochement sera réalisé au bout de chaque collecteur. Le tronçon de l'avenue Van VollenHoven entre l'avenue Delorme (Rue 5.101) et le chenal sera pavé conformément au profil type du tronçon précédent.

Le plan des aménagements projetés se présente comme suit :

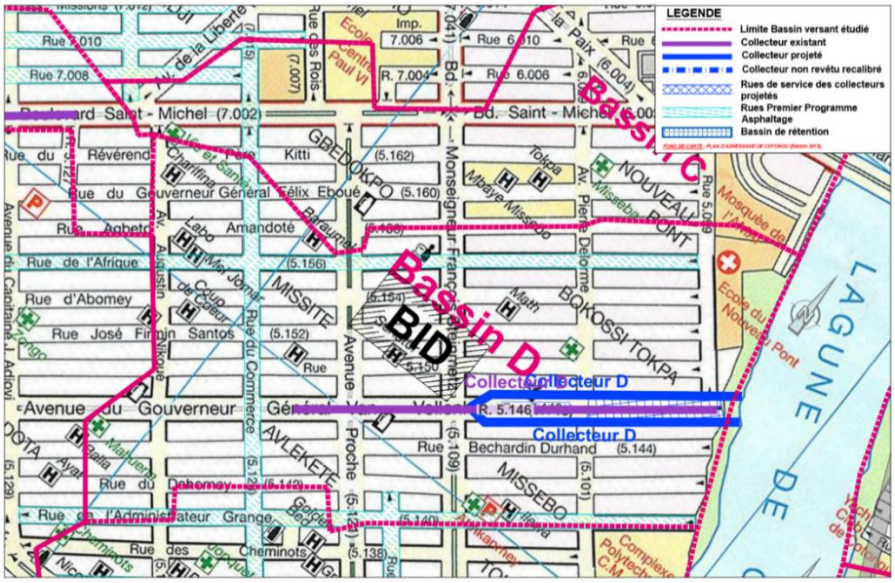


Figure 55 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin D

De même les caractéristiques techniques des Collecteurs D sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 35: Caractéristiques techniques des Collecteurs D

Bassins versants		Période de retour	Pente	Débit	Section retenue et conditions d'écoulement					taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**I(‰)**	**Q (m³/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**V(m/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
D (Gauche)	45,0	10	1,5	7,6	2,50	1,80	2,08	0,34	0	81%
D (Droit)	29,0	10	1,5	5,1	1,70	1,80	1,84	0,16	0	91%

Les profils en travers types des différents aménagements se résument comme suit.

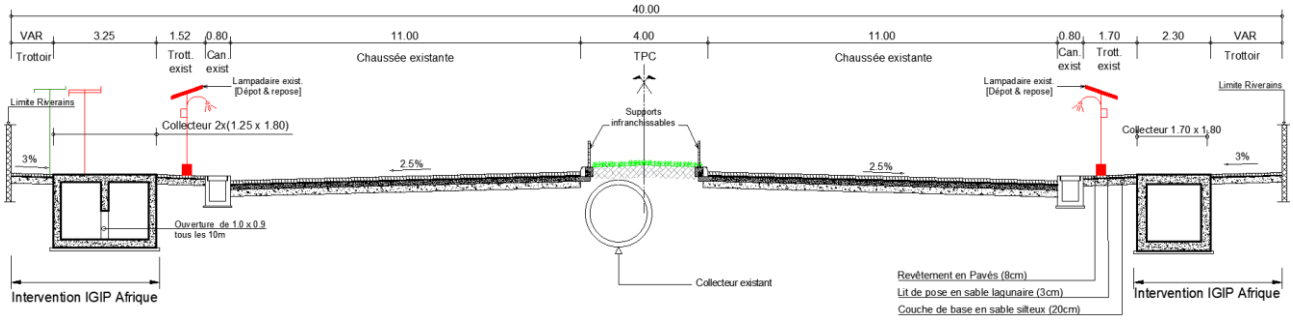


Figure 56 : Profil en travers type du collecteur D : PK 0+000 – PK 0+240

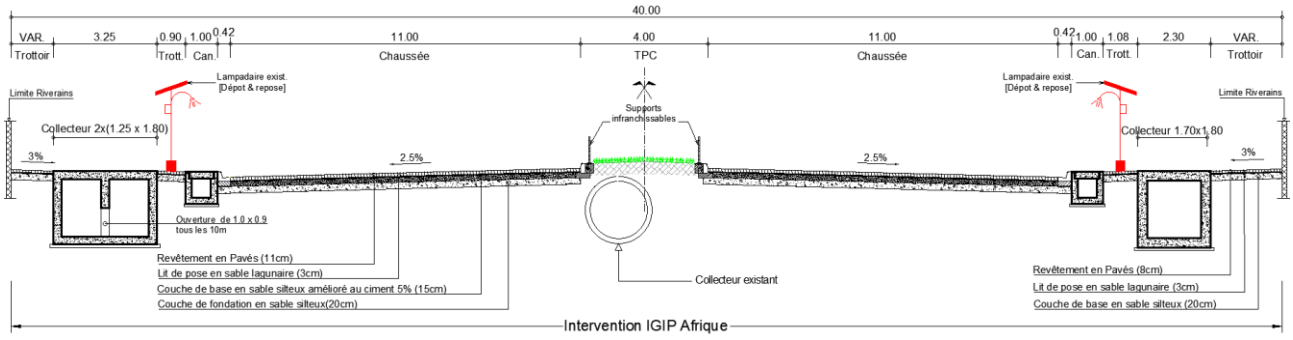


Figure 57 : Profil en travers type du collecteur D : PK 0+240 – PK 0+475

5.9 BASSINS AAn

Le bassin AAn couvre les quartiers AGLA, FIDJROSSE KPOTA et partiellement AIBATAN et AHOGBOHOUE. Il draine une superficie totale de 550 ha dont une partie est en zone marécageuse non habitée.

Les informations reçues lors des présentes études APD, les documents transmis par la mairie de Cotonou, ceux téléchargés sur le site de l'Agence Nationale du Domaine et du Foncier (ANDF) indiquent que la partie du bassin versant au Nord de la rue 13.400 est lotie. Cette information nous à amener à reconsidérer les hypothèses de drainage retenues au PDA dans le bassin versant. Nous avons donc adopté un coefficient de ruissellement plus élevé. Le débit de dimensionnement du collecteur primaire sera de 22.3 m^3/s. Le collecteur primaire retenu est trapézoïdal et la largeur au plafond varie de 4.0 m à 7.0 m de l'amont vers l'aval et la largeur en gueule de 7.0 m à 10.0m. La profondeur du Collecteur est h= 1.5m.

Par ailleurs, il a été projeté dans le bassin, le pavage de certaines rues y compris la rue de service du collecteur, afin d'améliorer le drainage pluvial de la zone.

5.9.1 Synthèse des travaux

Tableau 36 : Synthèse des Collecteurs projetés dans les Bassins AAn

Collecteur /surface drainée	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
AAn (550 ha)	2x450	150x100	Exutoire du collecteur suivant pour rapporteur au Collecteur trapézoïdal en BA existant (Collecteur d'AGLA)		
	2x500	150x100	Amont du Collecteur Trapézoïdal projeté		
	1150	Collecteur trapézoïdal B = 4; H=1.5 fruit du talus m= 1/1	Au Nord (Amont de la Rue 13.400 ; Route Fidjrossè-Godomey)		Zone marécageuse
	650	Collecteur trapézoïdal B = 5; H=1.5 fruit du talus m= 1/1	Au sud de la rue pavée 13.400 (Fidjrossè Godomey)		
	910	Collecteur trapézoïdal B = 7; H=1.5 fruit du talus m= 1/1	Construit dans l'emprise de la rue 12.600 et prenant fin à la rue 12.695		
	350	Dalot 4 x (250x150)	Réalisé dans l'emprise de la rue 12.695 pour se jeter dans le bas fond de TOGBIN, l'exutoire		
Linéaire Total projeté	**4 960 ml**				

Tableau 37 : Synthèse des Rues projetées dans les bassins AAn

Rues	Linéaire cumulé (m)	Caractéristiques	particularité
Rues 13.478-13.476 (625ml) 13.482 (435) 13.412-13.431 (395)	1 455	Emprise 10 : Chaussée de 6.00 +T2+CS2 + trottoir incluant les caniveaux latéraux	

Rues	Linéaire cumulé (m)	Caractéristiques	particularité
Rues 12.911 (1100ml) et 12.867 (830ml) ; 13.448-13.446-13.442 (900ml) ;	2 830	Emprise 15 : Chaussée de 9.00 +T2+CS2 + trottoir incluant les caniveaux latéraux	
Rue 13.373	550	Emprise 20 : Chaussée de 11.00 +T2+CS2 + trottoir incluant les caniveaux latéraux	
Rue 12.289-12.600	3 210	Emprise de 40 : deux chaussée unidirectionnelle de 9.00 chacune séparées un TPC de 12.00 incluant le collecteur trapézoïdal.	
Rue 13.400	3 950	Reconstruction de la chaussée gauche avec construction de nouveaux caniveaux côté riverains : chaussée de 11 m + trottoir jusqu'aux riverains	Le nouveau profil type est dévers unique contre un profil en toit actuellement
Linéaire Total	**11 995ml**		

Le plan ci-dessous récapitule les aménagements projetés



Figure 58: Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin AAn,

De même les caractéristiques techniques du Collecteur projeté (partie avale) se résume dans le tableau suivant.

Tableau 38: caractéristiques techniques du Collecteur AAn

Bassins versants		Période de retour	pente	Débit	Section retenue			Vitesse	taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**I(‰)**	**Q (m^3/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**Fruit Talus**	**V (m^3/s)**	**(%)**
AAn	550,0	10	0,7	22,3	7,00	1,50	1	1,93	91%

Le collecteur Primaire projeté suit l'itinéraire des rues 13.289, 12.615, 12.600 et 12.695. Le collecteur traverse la rue 13400 (Rue pavée Fidjrossè Godomey magasin) où un ouvrage de traversée en attente est construit depuis plusieurs années. Cet ouvrage sera remplacé par un autre

dalot. A la traversée de la rue 13.400, le collecteur suit l'itinéraire des rues 12.615 et 12.600. A l'intersection des rues 12.600 et 12.695, le collecteur est orienté vers le Nord pour se déverser dans le bas-fond de TOGBIN, son exutoire en prenant l'itinéraire de la rue 12.695.

Pour des raisons de topographie, les cinq cent (500) premiers mètres du collecteur AAn sont projetés sous forme de caniveaux trottoirs latéraux de section 150x100 chacun et sont orientés vers le Nord pour être connecté au collecteur primaire trapézoïdal XX en BA existant. Leur connexion au collecteur XX se fait par un caniveau cadre projeté de section 2x100x100 auquel les deux caniveaux latéraux seront préalablement reliés en amont et dont les profils en travers se présentent comme suit.

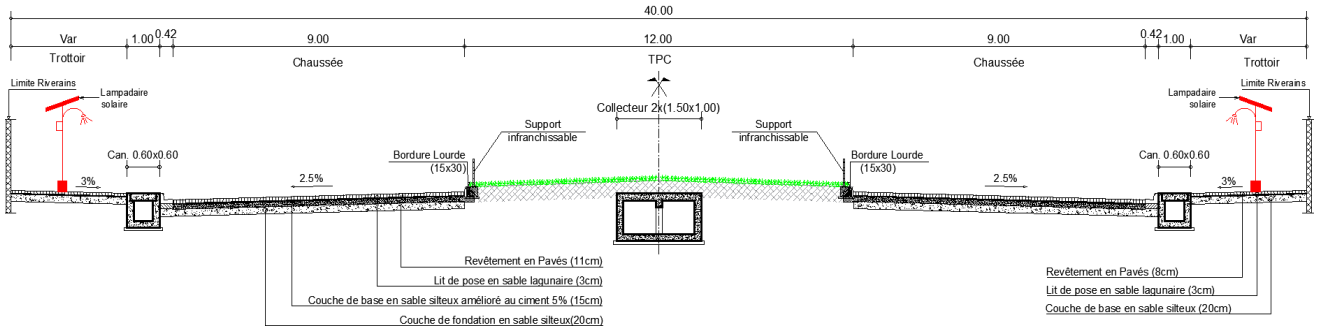


Figure 59: Profil en travers type collecteur AAn : exutoire amont : rue 13.289b : Pk 0+000 – Pk 0+145

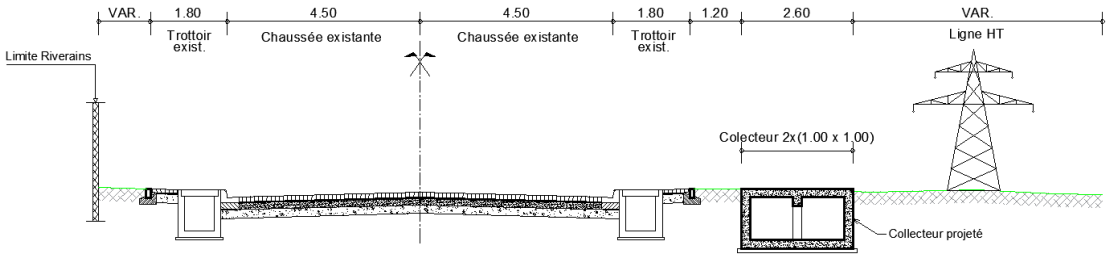


Figure 60: Profil en travers type collecteur AAn exutoire amont : RUE 13.502 : PK 0+145 – PK 0+606

De même les zonages des profils successifs du collecteur AAn projeté se présente comme ci-dessous :

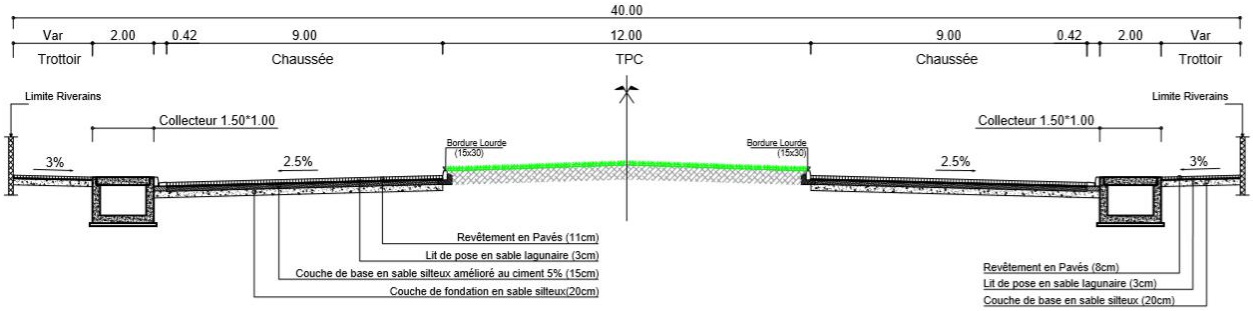


Figure 61 : Profil en travers type du collecteur AA - Rue 13.289b : PK 0+000 - PK 0+500

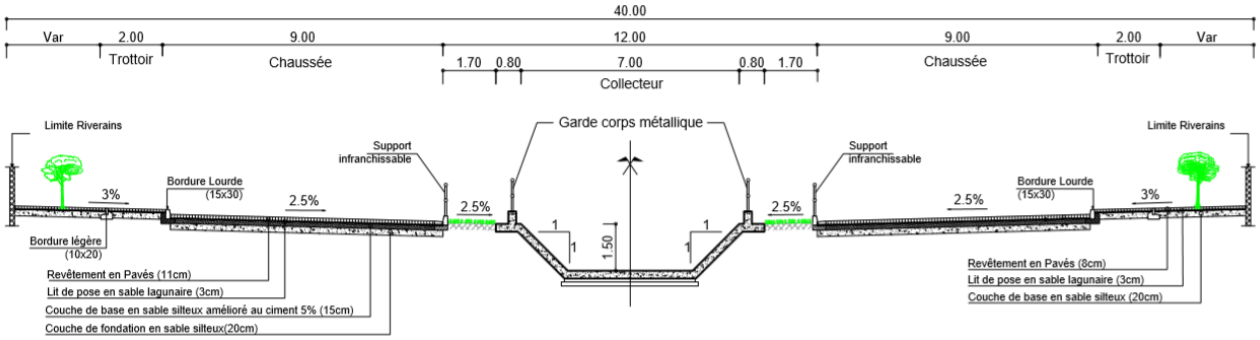


Figure 62 : Profil en travers type du collecteur AA – Rue 13.289 : PK 0+500 - PK 1+630

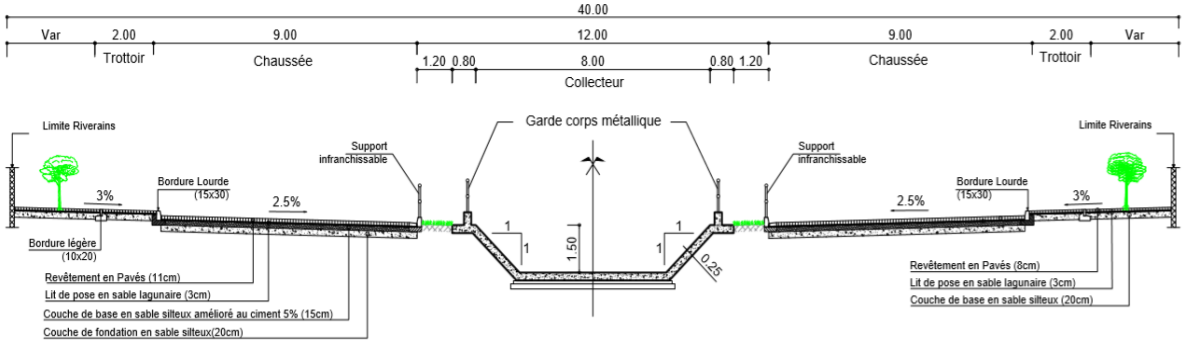


Figure 63 : Profil en travers type du collecteur AA – Rue 12.615+12.600 : PK 1+670 - PK 2+300

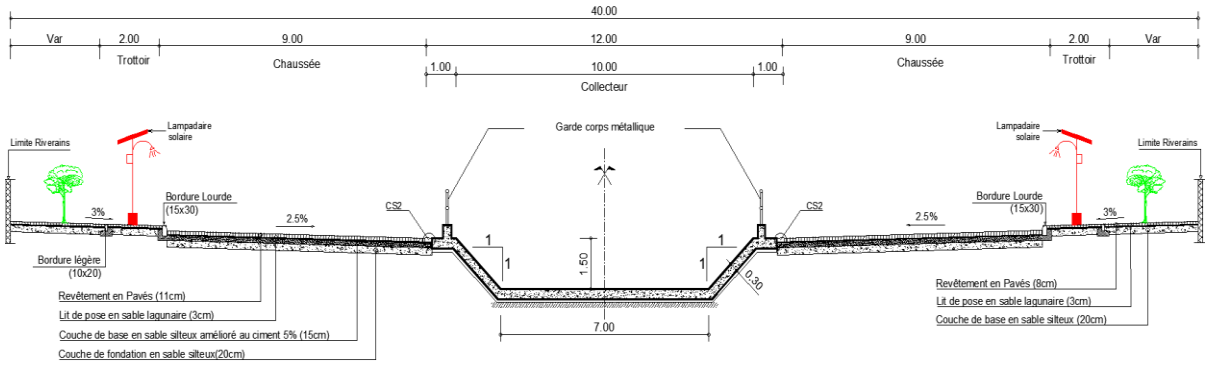


Figure 64: Profil en travers type collecteur AAn : Rue 12.600 : pk 2+300 – pk 3+210

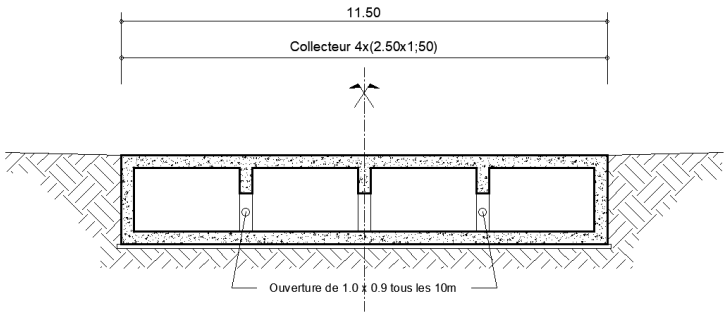


Figure 65: Profil en travers type collecteur AAn exutoire : Rue 12.695

Dans le même bassin il est prévu aussi :

1. La reconstruction de la route carrefour Fidjrossè Kpota-Godomey Magasin (FIGO : les travaux inscrits au titre reconstruction sont :
    - La dépose des pavés et des bordures de la chaussée existante.

- La démolition des caniveaux de rue.
- La dépose des lampadaires pendant la démolition du caniveau longitudinal côté droit (côté rail)
- La correction de profil de la chaussée suivant le profil en long joint aux pièces graphiques.
- La construction de nouveaux caniveaux côté riverains, la mise en œuvre du corps de chaussée, le revêtement pavé et la repose des lampadaires solaires côté rail suivant le profil suivant.

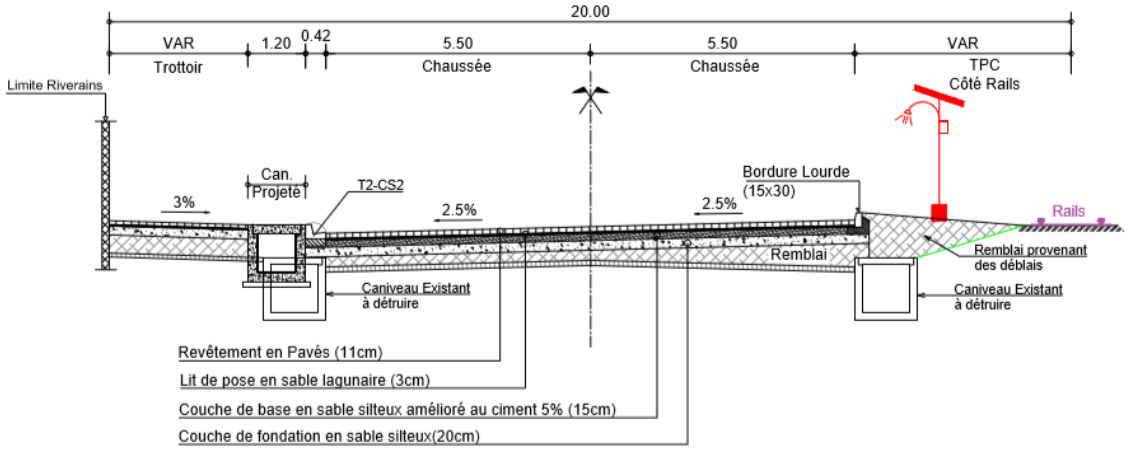


Figure 66: Profil type reconstruction de la rue Fidjrossè-Godomey (Rue 13.400)

- Des aménagements des rues 12. 911 et 12.867 avec une chaussée de 9.00 +T2-CS2 et des trottoirs jusqu'aux riverains y compris les caniveaux.

5.10 BASSIN M

Le Bassin M prend en compte le drainage des quartiers CADJEHOUN 4, CADJEHOUN 5, DJOMEHOUNTIN et les COCOTIERS. La superficie totale drainée est de 400 ha.

Le collecteur existant est constitué :

- d'une buse de ø120 en amont entre le marché GBEGAMEY et CODIAM (rues 12.094/12.092). Il est établi que la buse ne fonctionne plus pour diverses raisons.
- d'un caniveau cadre 2x160x160 sur lequel se raccorde la buse précédente à la hauteur de CODIAM. Le caniveau cadre traverse respectivement le champ de foire, la place de la République, la porte de retour et se jette dans un fossé juste au sud de la porte de retour et situé à 375 m environ de la mer

5.10.1 Synthèse des travaux projetés

Tableau 39: Synthèses des collecteurs projetés dans le bassin M

Collecteur /surface drainée	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
M (400 ha)	925	Caniveau cadre 120 x 80	Carrefour VODJE	Début Rue 12.096	Passage sous les rails à la hauteur à l'intersection des rues 11.002 et 12.096

Collecteur /surface drainée	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
	525	Caniveau cadre 2x (100 x 100)	Fin caniveau cadre précédent	Rue 12.094	En remplacement de la buse existante
	350	Caniveau cadre 3x160x160	Rue 12.094 (CODIAM)	Av Jean Paul II	
	1 130	Collecteur 4x160x160 (375) et enfin 5x160x160 (755)	Bd Jean Paul II	Sud de la Porte de Retour	Il sera aménagé un bassin à la plage auquel sera raccordé le collecteur et la suite vers la mer sera remplacé par une batterie de buses
	935	100x80	Bd du Canada	Centre de transfert de (rue 12.096)	
	240	100x100, Bras secondaire dans la rue 12.169	Rue 12.169	Rue 12.096	Collecteur secondaire
Linéaire Total projeté	**4 105**				

Tableau 40 : Synthèse des rues projetées dans le bassin M

Rues	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
Rue 11.002 (côté Ouest)	900	Emprise variable allant à 25m longeant les rails Chaussée de 11.0m + caniveau côté riverains	Carrefour VODJE (Rue12.128)	Camp GUEZO (Rue 12.096)	Rue longeant les rails
Rue 12.169	240	Emprise 20 : Chaussé 7.00m + BAU 2x2.00m + T2+CS2	Rue 12.102	Rue 12.096	
Rue 12.015	225	Emprise 15 ; chaussée 9.00 +T2+CS2 + trottoirs	Cour d'appel	Fin clôture Tribunal (Côté primature)	Reconstruction d'une chaussée existante
Rue 11.021 Rues 11.046 ; 11.048 ; 11.050 ; 11.052	932	Emprise 15m : Correction de profil d'une chaussée existante pour la rue 11.021 et aménagement d'une chaussée de 9.00 +T2-CS2 + trottoirs y compris caniveaux latéraux pour les autres	Poste de GBEGAMEY	Boulevard du Canda	Correction de profil d'une Chaussé existante et la reconstruction d'ouvrages de drainage latéraux

Rues	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
Rues 12.096	390	Emprise 40m : une chausse de 9.00m à droite pour compléter la chaussée existante + aménagement de TPC	Rails à la hauteur du Centre du Transfert	Intersection avec la rue 12.177	
Linéaire Total	**2 687**				

Le plan d'ensemble des travaux projetés dans ce bassin se présente comme suit.

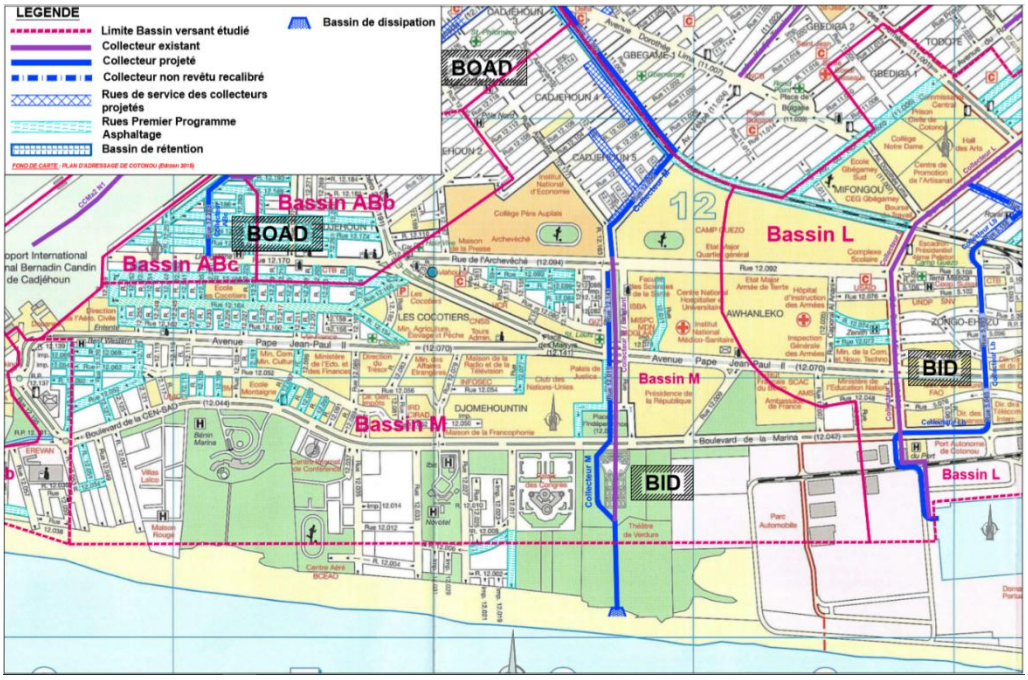


Figure 67 : Vue générale des aménagements projetés dans le bassin M.

Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques techniques du Collecteur primaire M

Tableau 41: Caractéristiques techniques du Nouveau Collecteur Primaire M projeté

Bassins versants		Période de retour	Pente	Débit	Section retenue et conditions d'écoulement				taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**I(‰)**	**Q (m^3/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**V(m/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
M	400,0	10	1,0	29,3	8.00	1,60	2,38	0,06	0	96%

Le débit T10 est de 29.3 m^3 /s et les aménagements projetés consistent, dans un premier temps à remplacer la buse par un caniveau cadre et d'étendre ce dernier vers le carrefour VODJE à la limite des bassins A et Aba. Le caniveau projeté est de section 120x80 et suit l'itinéraire de la rue 11.002 longeant les rails (côté riverains), puis traverse les rails à droite, ensuite la section du collecteur passe à 2x100x100 au PK0+935 juste à la traversée des rails. Après les rails, Le collecteur sera implanté dans le TPC de la rue 11.096 (rue longeant la clôture du camp GUEZO) de même qu'il est prévu le pavage de la chaussée droite de la même rue jusqu'à la hauteur de CODIAM (Rues 12.094 /12.092) suivant les différents profils types dessous :

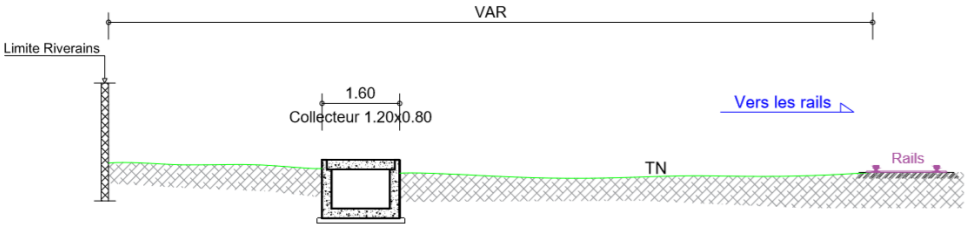


Figure 68 : Profil en travers type du collecteur M - Rue 11.002 : PK 0+040 – PK0+325

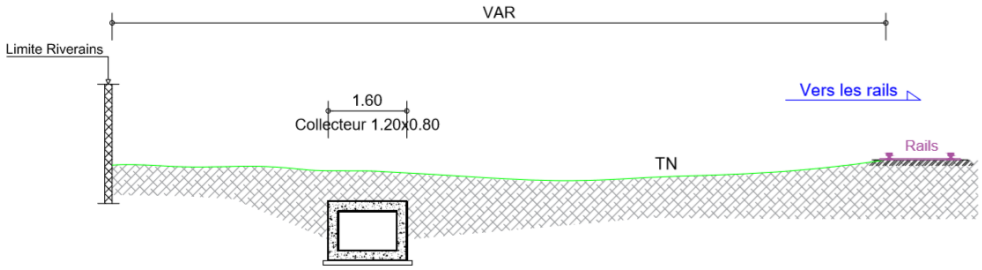


Figure 69: profil en travers type collecteur m : rue 11.002 : Pk 0+325 – Pk0+935

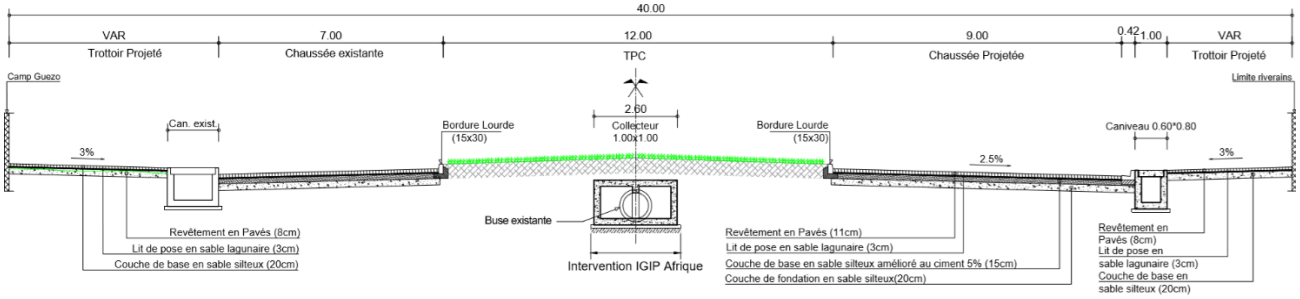


Figure 70: Profil en travers type collecteur m : rue 12.096 : Pk 0+935 – Pk 1+325

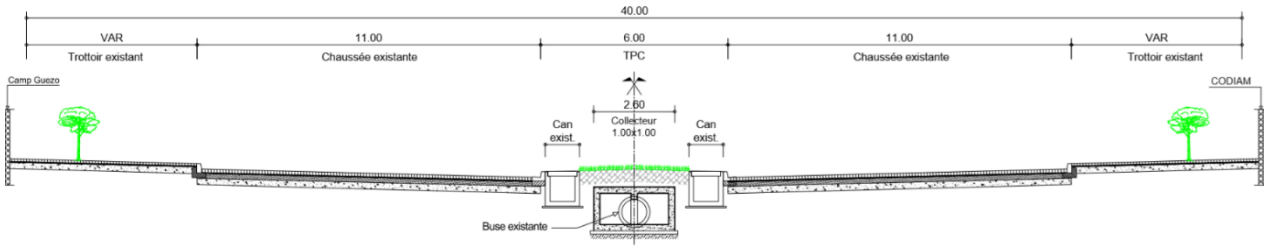


Figure 71: Profil en travers type collecteur m : rue 12.163 : Pk 1+325 – Pk 1+450

L'extension du collecteur à la hauteur du carrefour VODJE est destinée à drainer l'ilot derrière la Poste de GBEGAMEY délimité par les rues 11.021, rue 12.128 (Boulevard du Canada), et la rue 11.002. Il s'agit d'une zone mal assainie où on enregistre une stagnation d'eau de pluie. Cette accumulation d'eau est perceptible à la moindre pluie sur la rue 11.021 située entre la Poste de GBEGAMEY et le Boulevard du Canada prévue pour être reconstruit dans le cadre du projet asphaltage ; de même et à l'intérieur de l'ilot désigné ci-dessus, il est prévu le pavage des rues, 11.046, 11.048, 11.050 et 11.052, ce qui devrait permettre d'assainir convenablement la rue 11.021 et tout l'îlot.

Par ailleurs, prenant en compte, les contraintes liées au projet d'aménagement de la place des amazones qui s'étend selon les projections actuelles du champ de foire jusqu'à la porte de retour et quasiment sur toute l'emprise disponible, le collecteur existant 2x160x160 sera détruit sur toute sa longueur et un autre sera construit du côté Ouest à environ 3m des riverains. Le collecteur projeté suivra cet itinéraire Nord-Sud jusqu'à l'exutoire. Peu avant l'exutoire, un bassin de rétention sera réalisé en enrochement et sera raccordé en aval une batterie de cinq (05) buses de diamètre 1800mm. La réalisation d'un bassin de rétention et les rallonges en buses sont des dispositions techniques adoptées pour l'ensemble des collecteurs projetés et débouchant sur la mer à l'exception de L qui découche sur le bassin portuaire bien projeté et à l'abri des variations des traits de côtes. Une note justificative de ce choix a été élaborée à cet effet joint au présent rapport. La réalisation du collecteur suivant cet itinéraire nécessité vers l'exutoire la démolition des immeubles se trouvant sur l'emprise, opération de démolition sur laquelle le maitre d'ouvrage nous a rassuré.

Les différents profils type de la suite du collecteur M depuis CODIAM jusqu'à l'exutoire se présente comme suit :

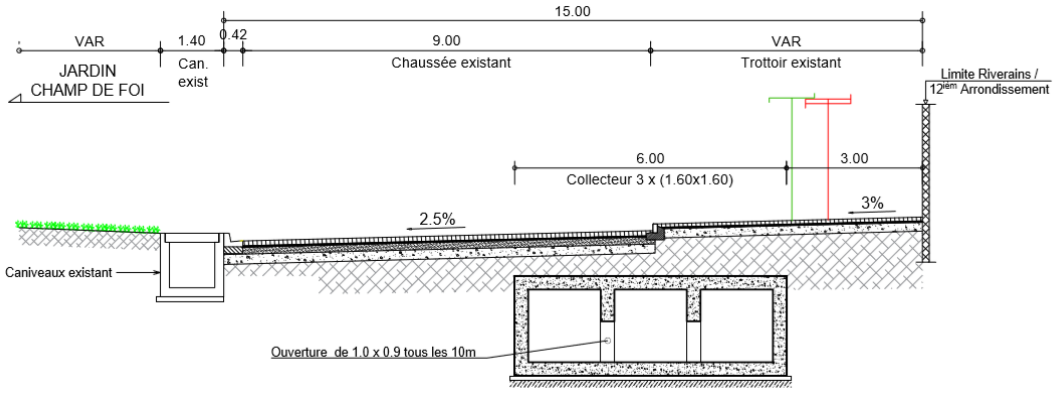


Figure 72: Profil en travers type collecteur m : rue 12.143 : Pk 0+000 (CODIAM) – Pk 0+350

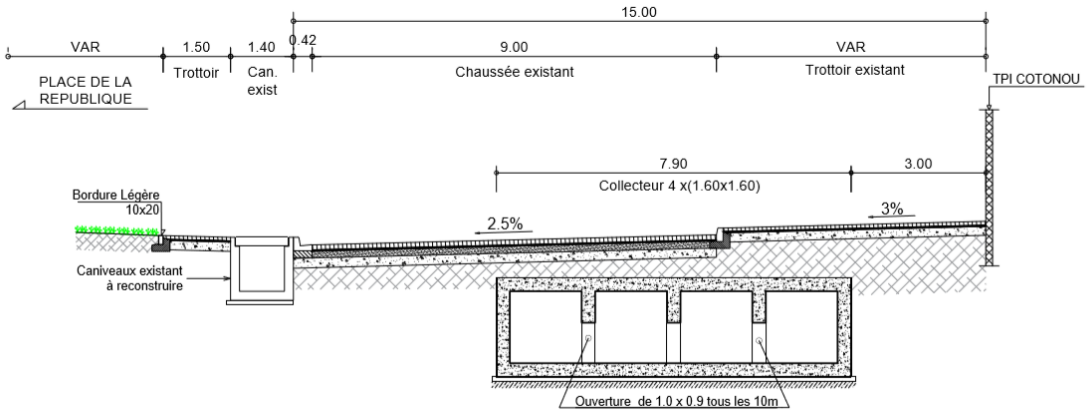


Figure 73: Profil en travers type collecteur m : rue 12.015 : Pk 0+350 – Pk 0+600

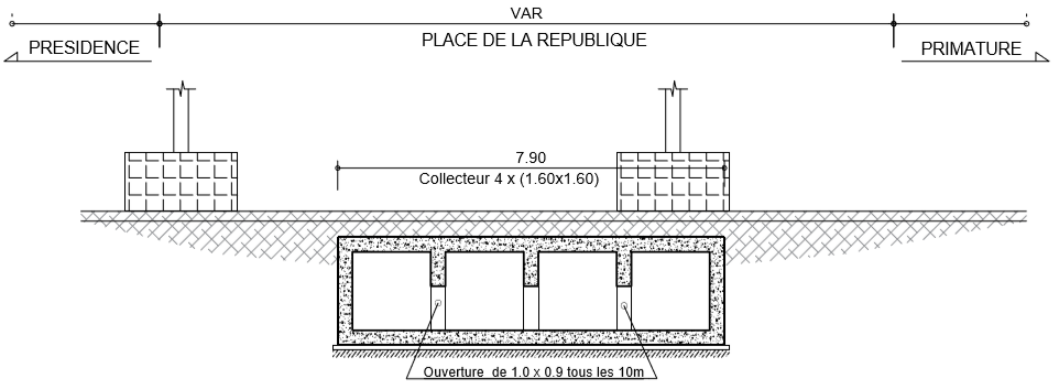


Figure 74: Profil en travers type collecteur M : PK 0+600 – PK 0+725

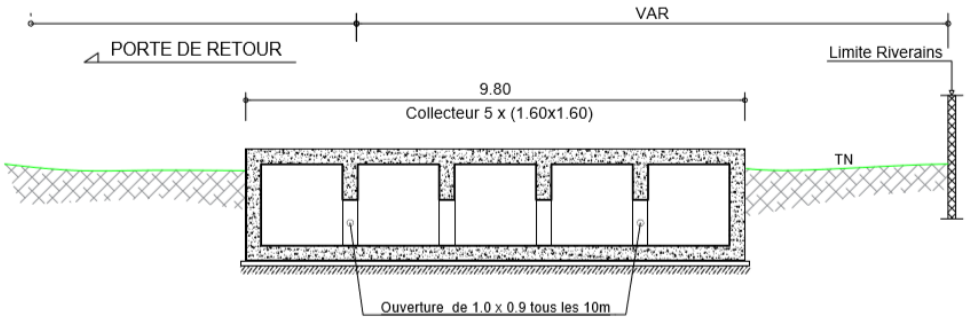


Figure 75: Profil en travers type collecteur M : PK 0+725 – PK 1+478

5.11 BASSIN AAc

Le bassin AAc draine les quartiers de AIBATIN1, FIDJROSSE KPOTA ; FIEYON 2 et AHOGBOHOUE. La superficie drainée est de 680 ha pour un débit de pointe décennal de 18.6 m^3/s. L'absence de pente longitudinale nette, sa configuration formée de cuvettes par endroits, l'occupation du sol a conduit à adopter les solutions suivantes pour le drainage du bassin versant: i) la construction d'un bassin de rétention composé de deux sous bassins de rétention inter connectés par un dalot ; un canal de décharge à la fin du deuxième sous bassin de rétention permettant d'écrêter le bassin de rétention et qui se jette dans le bas fond de TOGBIN dont les berges seront protégés en matelas Renos dans le cadre du 2ème financement BOAD du présent programme ; ii) la construction d'un autre sous bassin de rétention à l'est, à Aïbatin1 et qui pour des raisons topographiques sera préférentiellement écrêté vers le fossé en terre dans l'enceinte aéroportuaire et dont le recalibrage (pour servir de couloir d'exutoire aux Collecteurs AB) est projeté dans les travaux d'urgence de la BOAD du présent programme (1er financement BOAD) ; iii) la construction d'un collecteur trapézoïdal en amont du dalot de GBEDEGBE non loin du siège du 13ème arrondissement de la ville Cotonou, la protection de l'aval du dalot en matelas Renos sur 50 ml et l'aménagement d'une promenade autour du collecteur (espace vert et de repos) incluant deux voies d'accès aux riverains ; iv) la correction de profil de l'avenue de la francophonie (rue 13.002) sur 642 ml de part et d'autre du dalot ci-dessus, entre l'Ecole Primaire Publique de MISSITE (Eglise catholique St Louis de GBEDEGBE) et la rue 13.032, un peu après la pharmacie FIDJROSSE située au bord de la même rue.

Le fonctionnement hydraulique du bassin de rétention est schématisé comme suit.

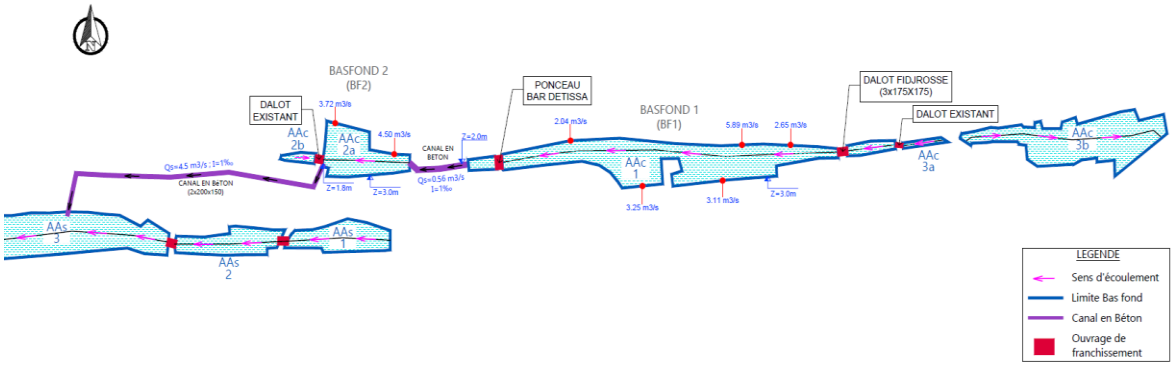


Figure 76: schéma hydraulique du bassin de rétention AAc

De même, les courbes du niveau d'eau et de laminage ont été élaborées avec le module Storm Water Mangement Model (SWMM) de MIKE URBAN et se présentent comme suit :

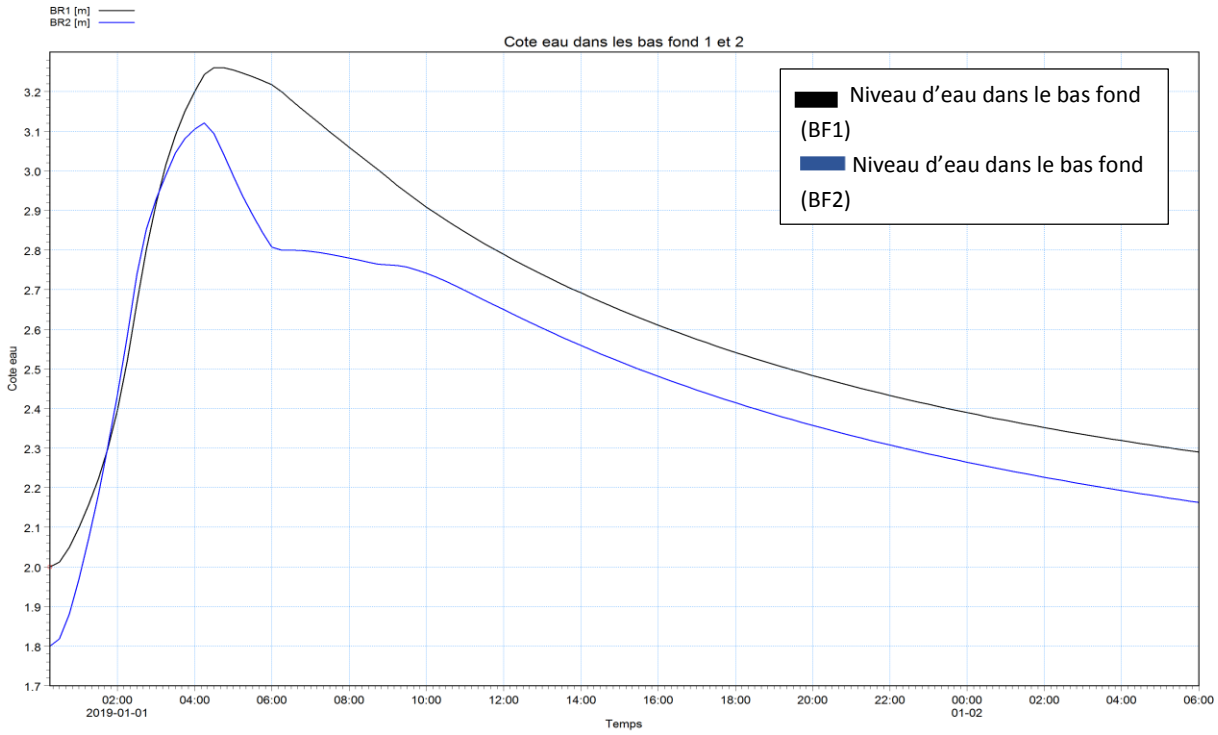


Figure 77: courbes de variation des niveaux d'eau dans le bassin

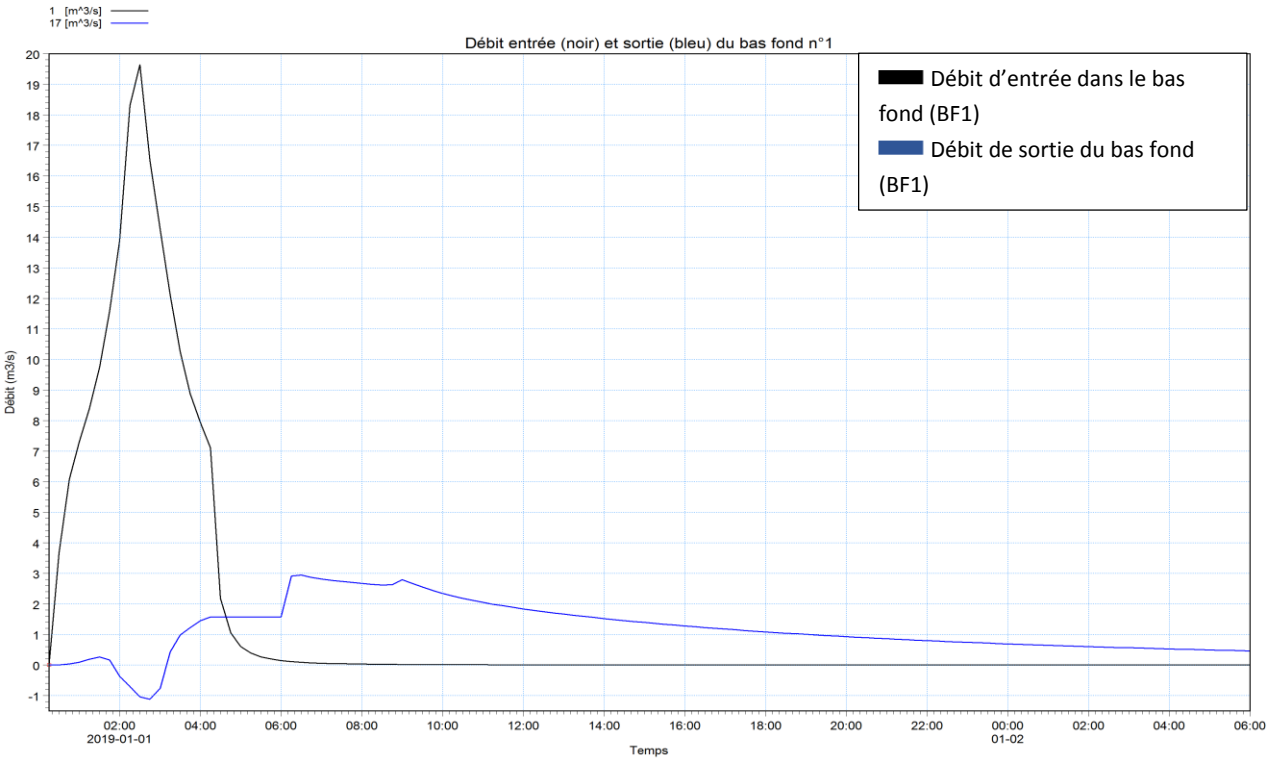


Figure 78: courbe de laminage du sous bassin de rétention 1

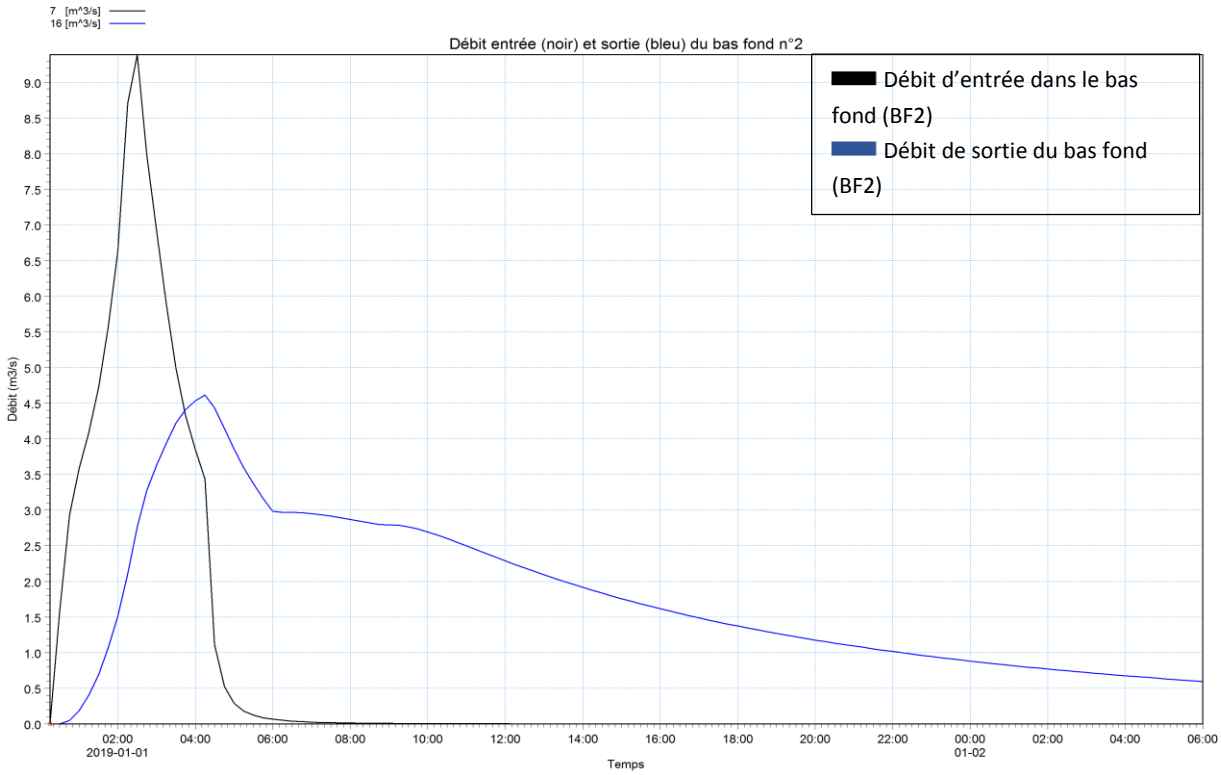


Figure 79: courbes de laminage du sous bassin de rétention 2

Une partie des travaux a été réalisée dans le cadre des projets antérieurs notamment le PUGEMU et concerne : i) le curage et l'aménagement partiel du sous bassin1 ; ii) la construction du dalot de connexion iii) la correction de profil de l'Av de la francophonie au droit du dalot avant la place « Calvaire » ; iv) La construction d'un ponceau sur la rue 12.517 (non loin du Bar DETINSA), le pavage et l'assainissement de la même rue ; v) la construction du canal de dé-charge.

5.11.1 Synthèse des travaux projetés

Tableau 42: Synthèse des ouvrages de drainage projetés dans le bassin versant AAc

Collecteur /surface drainée	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
AAc (680 ha)	1) Bassin de rétention interconnecté couvrant 15.64 ha (12.33 +3.31) pour un volume de stockage de *211 000 m³*. Longueur totale des bassins des sous Bassins 1877 ml pour un périmètre (talus) de 3 826 ml revêtu en matelas Reno. 2) bassin de rétention Est couvrant 8.57 ha pour un volume de stockage de 116 000 m³ Longueur totale du bassin sur 816 ml pour un périmètre de 1650 ml en matelas Reno.	1) Dalot avant Calvaire rue pavée Av de la francophone 2) rue 12.336 prévue pour être aménagée dans le cadre de l'asphaltage	1) Aire de jeu d'AKOGBATO 2) limite Nord-Ouest domaine aéroportuaire	Travaux en zone marécageuse.
	3) Collecteur trapézoïdal en BA sur 425ml et matelas Renos sur 50 ml	3) rue 13.004	3) dalot de GBEDEBGE pour le collecteur et 50 ml après le dalot pour le matelas Renos	Travaux en zone marécageuse
Linéaire Total	**3 168 ml**			

Tableau 43: Synthèse des rues projetées dans le bassin versant AAc

Rues	Linéaire (m)	Caractéristiques des aménagements projetés	particularité
12.602 (780 ml)	780	Rues d'emprise 40 m : 2 chaussées unidirectionnelles de de 9 m chacune +TPC pavé de 12 m + T2-CS2 + trottoirs jusqu'aux riverains y compris les caniveaux latéraux le cas échéant.	Certaines Rues, nécessitent des purges
13.139 (360 ml)	360	Rues d'emprise 20 m : chaussée de 11 m +T2-CS2 + trottoirs jusqu'aux riverains y compris les caniveaux latéraux le cas échéant	
12.652 (330 ml) ; 12.709 (270 ml) ; 12.729 (225 ml) ;	825	Rues d'emprise 15 m Chaussée de 9 m +T2-CS2 + trottoirs jusqu'aux riverains y compris les caniveaux latéraux le cas échéant.	
12.594 (380 ml) ; 12.711 (115 ml)	495	Rues d'emprise 12 m : chaussée de 7 m + T2-CS2 + trottoirs jusqu'aux riverains y compris les caniveaux latéraux le cas échéants.	
12.735 (160 ml) ; 12.733 (170ml) ; 12.731 (215 ml) ; 12.592 (170 ml) ; 12.596 (240 ml) ; 12.717 (115 ml) ; 12.715 (170 ml) ; 12.590 (300 ml) ; 12.658 (200 ml) ; 13.137 (780 ml).	2520	Rues d'emprise 10 m : chaussée de 6 m + T2-CS2 + trottoirs jusqu'aux riverains y compris les caniveaux latéraux le cas échéant,	
Linéaire Total (ml)		**4 980**	

5.11.2 Description des travaux projetés

➢ **La construction de bassins de rétention**

Il s'agit de la poursuite des interventions à la suite des interventions déjà faites dans le cadre de projets antérieurs (PUGEMU essentiellement). Les travaux se résument au curage du bassin naturel par l'enlèvement de boues, les travaux de purges, le renforcement du talus par apport de matériaux (essentiellement du sable), la protection de talus des berges par des matelas de type Reno, l'engazonnement et la plantation d'arbustes le long du bassin (cavalier), une piste de service aménagée après l'engazonnement, la plantation d'arbres et la pose de lampadaires solaires à la limite extérieure de la piste suivant les profils types suivants :

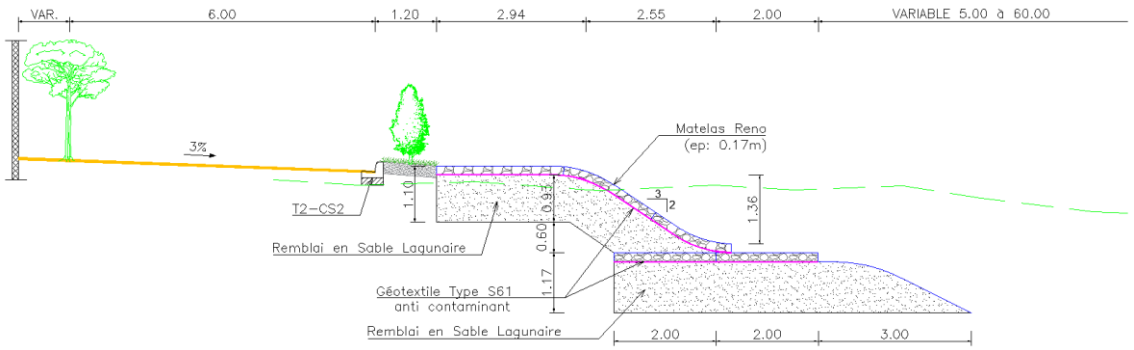


Figure 80: Profil d'aménagement du bas-fond 1 (AAc)

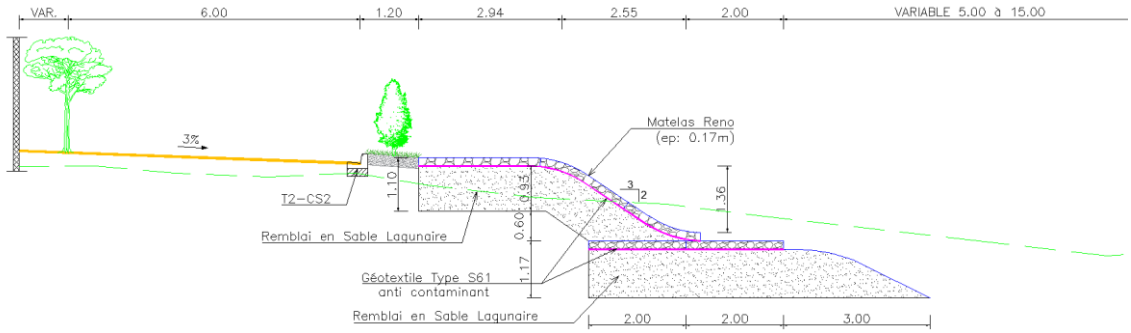


Figure 81: Profil type d'aménagement du bas-fond 2a (AAc)

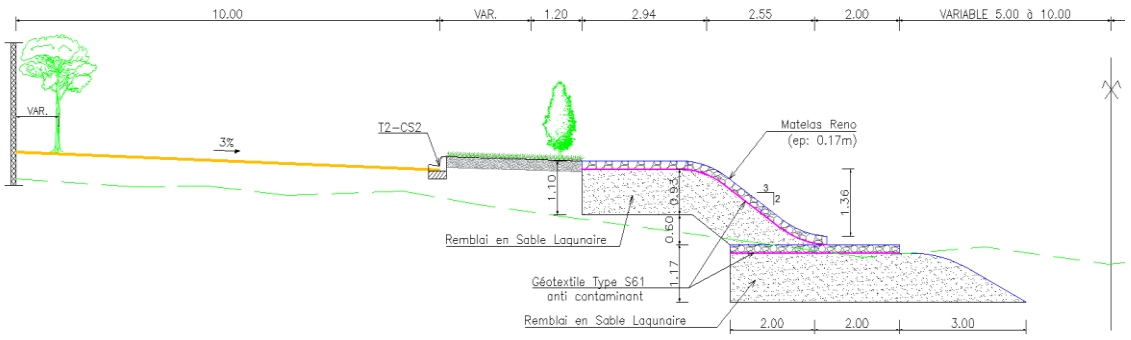


Figure 82: profil Type d'aménagement bas-fond 2b (AAc)

En plus du bassin de rétention ci-dessus composé de deux sous bassins interconnectés, il sera aménagé dans la limite Est du bassin versant AAc, un autre bassin de rétention et qui, pour des raisons topographiques sera écrêté dans le fossé à l'intérieur du domaine aéroportuaire (Bassins

Ma). Il est prévu le recalibrage dudit fossé dans la réalisation des exutoires des Collecteurs AB retenus dans la phase d'urgence du présent programme financé par la BOAD.

Le profil type retenu pour l'aménagement du bassin de rétention Est se présente comme suit :

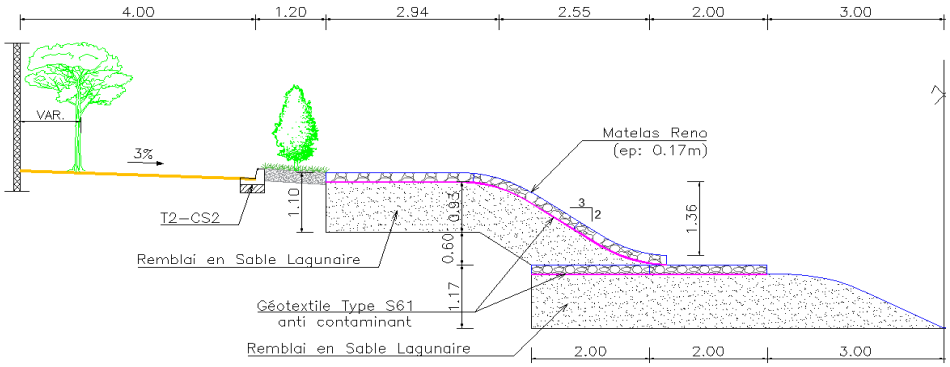


Figure 83: Profil type d'aménagement du bassin de rétention bas-fond 3a (AAc Zone Est)

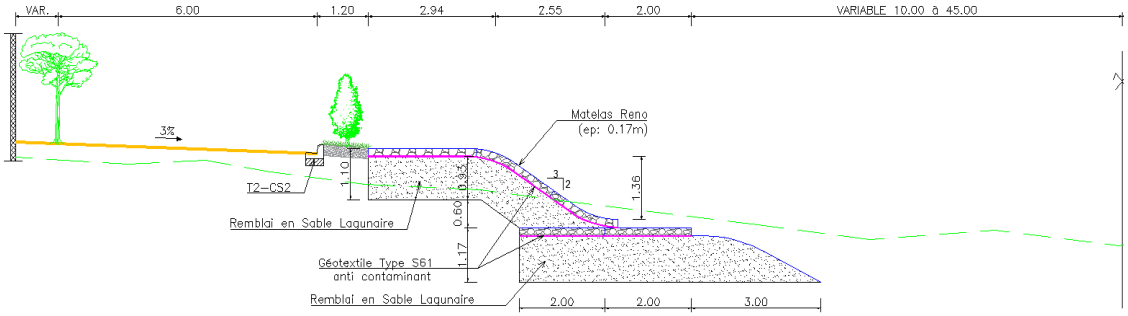


Figure 84: Profil type d'aménagement du bassin de rétention bas-fond 3b (AAc Zone Est)

- **La construction d'un collecteur à ciel ouvert et l'aménagement d'une promenade**

Dans le cadre des travaux d'aménagement du bassin AAc, il est projeté dans la partie Est du bassin versant, la construction d'un collecteur trapézoïdale (b=1.5, h=1.5 m =1) sur 425 ml entre les rues 13.004 et 13.002 en amont du dalot à la hauteur de la station-service de GBEDEGBE et VIDEO LEADER non loin du siège du 13ème Arrondissement de Cotonou ; de même que 50 ml de protection de talus en matelas Reno en aval du même dalot. Le profil type d'aménagement autour de ce collecteur est le suivant.

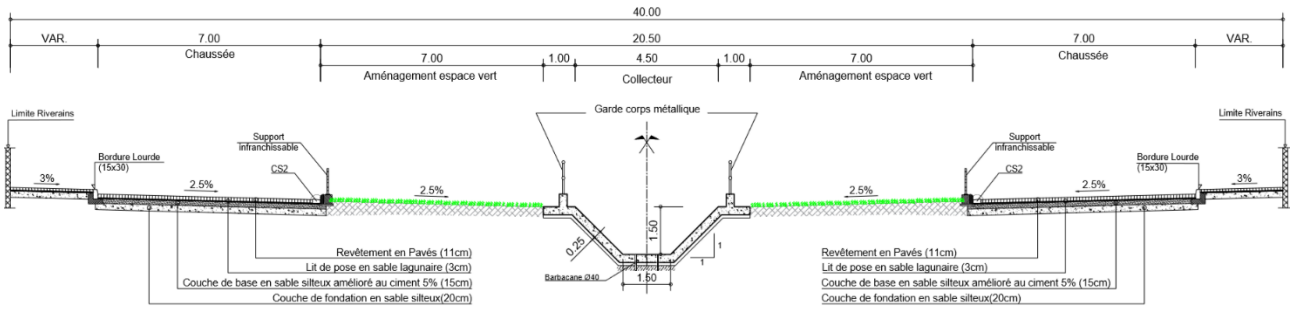


Figure 85: Profil type d'aménagement du collecteur et de la promenade à GBEDEGBE

Autour de ce collecteur il est prévu l'aménagement d'une promenade constituée de trois zones et de quatre ambiances :

- **Ambiance 1 :** un alignement d'arbustes sur le trottoir de la voie pavée et ceci vers la limite riveraine. Les arbustes de *gayac* sont positionnés à un écartement de 10 mètres

sur le trottoir sans limiter le passage des riverains. Cet aménagement couvre les zones 1, 2 et 3.

- **Ambiance 2 :** une bande en gravillons roulés avec au centre, des pelouses carrées ou rectangulaires (*Cynodon chinensis, chrysopogon aciculatus*) habillées avec des palmiers véchia et autres fleurs décoratives. Des bancs publics y sont déposés. Cet aménagement couvre l'entrée et la sortie de la promenade (une partie de la zone 1 et 2)
- **Ambiance 3 :** une bande de pelouse avec des haies basses en ceinture, des palmiers royaux au centre avec un écartement de 5 mètres et quelques arbustes décoratifs (*jatropha* à fleurs rouges). Quelques blocs de roches granitiques sont déposés par endroits en décoration. Cet aménagement couvre l'entrée et la sortie de la promenade (une partie de la zone 1 et 2).
- **Ambiance 4 :** cet aménagement couvre toute la zone 3. Il comprend une succession d'arbres d'alignement (*terminalia superba, terminalia mentalis, terminalia katapa ou kaya senegalensis*), des pelouses rectangulaires et circulaires (en dôme). Les arbres d'alignement sont positionnés dans des plates formes rectangulaires revêtues en gravillons roulés avec des pas japonais. Les pelouses sont décorées au centre par des palmiers véchia. Des bancs publics sont harmonieusement déposés pour favoriser une bonne exploitation de la promenade par les riverains.

  L'aménagement proposé est composé aussi de chaussées riveraines dont l'accessibilité n'est possible que par le côté Ouest (Rue 13002), le côté Est étant fermée par une grille métallique encastrée dans un muret en béton armé. Le plan d'ensemble et les images ci-dessous illustrent les aménagements projetés dans cette zone.

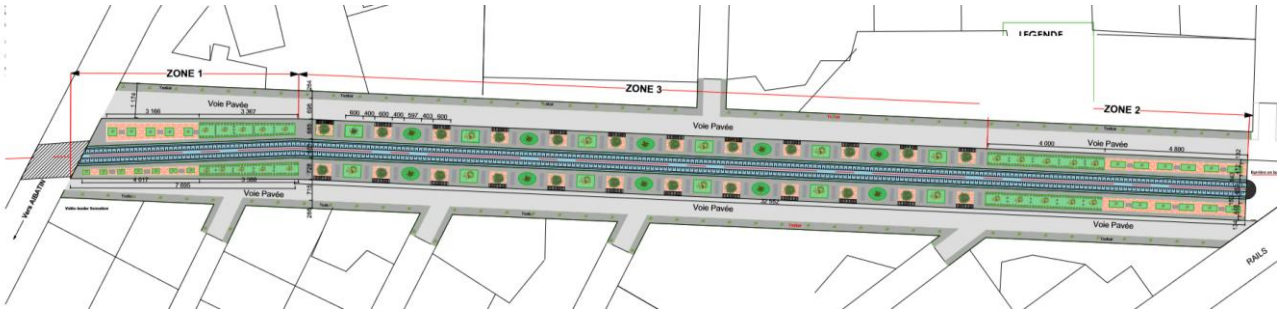


Figure 86: plan ensemble de la promenade auteur du Collecteur à GBEDEGBE, à côté du siège du 13ème arrondissement



Figure 87: Quelques perspectives de la promenade Projetée à GBEDEGBE

- **La correction de profil sur l'Avenue de la francophonie (tronçon de la rue 13.002)**

De part et d'autre du dalot auquel se raccorde le collecteur trapézoïdal ci-dessus, il est projeté la correction de profil de la rue pavée sur laquelle le dalot est érigé (l'Avenue de la francophonie ou Rue pavée 13.002). La correction de profil de la chaussée de l'avenue de la Francophonie est projetée sur le tronçon Ecole Primaire Publique de MISSITE et de l'église catholique St Louis de GBEDEGBE jusqu'à la hauteur de la rue 13.032, un peu après la pharmacie FIDJROSSE. La correction de profil est prévue sur 642 ml. Les travaux comprennent la dépose des pavés existants, le rehaussement du niveau de chaussée et des voiles des caniveaux existants, les terrassements généraux, la mise en place d'une nouvelle couche de chaussée conformément au standard adopté dans le présent programme (20 cm de couche de fondation en sable silteux ; 15 cm de couche de base en sable silteux améliorée au ciment) et la pose de revêtement pavé. La correction de profil fera passée le dalot sous chaussée et éliminera les affaissements observés au droit du dalot et qui ralentit le trafic. La correction de profil mettra également le tronçon de la rue à l'abri du débordement d'eau de pluie sur la chaussée observée par moments ces dernières années. Les travaux de correction de profil de l'Av de la francophonie se fera suivant le profil type suivant :

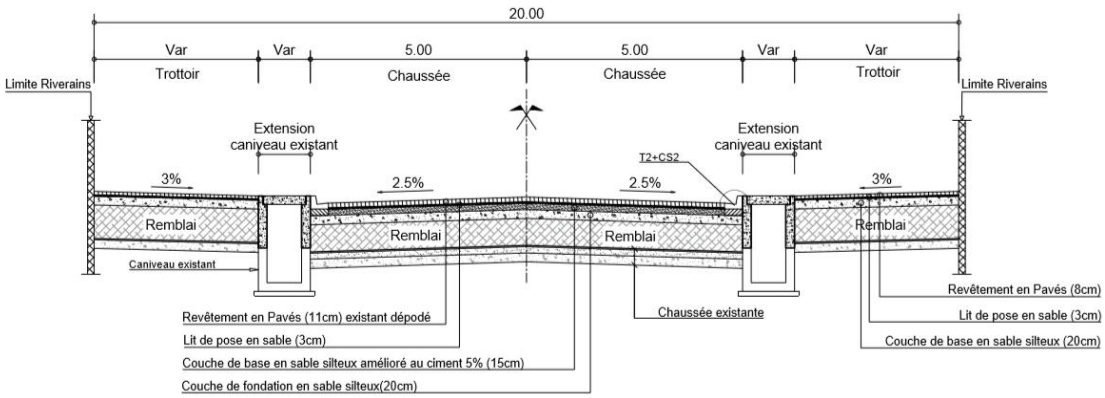


Figure 88: Profil de correction de profil du tronçon de rue 13.002 (Av de la francophonie)

5.11.3 Les aménagements de rues

En plus des ouvrages de drainage projetés, plusieurs rues et tronçons de rues ont été retenus pour être pavés dans le bassin versant pour un total d'environ 5 km. La structure de la chaussée est une couche de fondation de 20 cm en sable silteux, une couche de base de 15 cm de sable silteux traité au ciment et un revêtement en pavé de 11 cm. Le trottoir sera aménagé avec une couche de sable silteux de 20 cm et un revêtement pavé de 8 cm ; environ 20% des pavés de trottoir proposés sont de type décoratif ou d'embellissement du cadre de vie.
L'ensemble des aménagements prévus dans le bassin versant AAc sont reportés sur le plan d'ensemble ci-dessous.

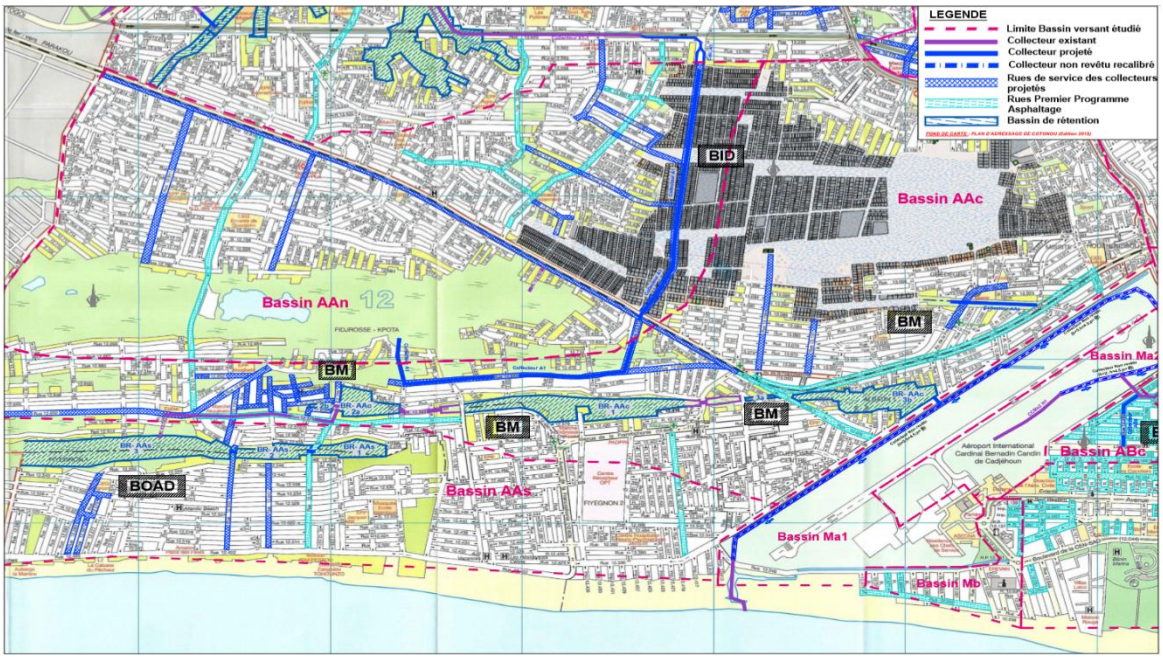


Figure 89 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin AAc

5.12 BASSIN Y

La superficie du bassin Y est de 135 ha et couvre les quartiers de ENAGNON et FIFADJI HOUTO. Le débit T10 est 16.9 m^3 /s. Le bassin Y couvre la zone comprise entre la RNIE2 au Nord et l'estuaire du chenal de Cotonou au Sud-Ouest. La surface du bassin est occupée dans son secteur septentrional par des installations industrielles (SONACOP, SOBREBRA, etc..). Le collecteur existant est un caniveau cadre de section 130 x 90 implanté d'Est en Ouest, dans l'emprise de la rue 4.028 à droite dans le sens de parcours Est-Ouest. Les visites de terrain et les recherches effectuées n'ont pas permis de suivre l'itinéraire du collecteur au-delà de la rue 4.014. Sur la base d'une pente d'environ 1.5 ‰ issue de l'extrapolation des levés topographiques. La capacité hydraulique du collecteur existant est d'environ 1.5 m^3/s soit moins de 10 % du débit T10. Les informations recueillies indiquent la présence de deux (02) conduites PEHD ø315 posées dans l'emprise de la même rue par la Société Béninoise de Brasserie (SOBEBRA) pour l'évacuation des eaux Usées de la société. Il est prévu que les conduites seront déposées pendant les travaux puis remplacées par des conduites identiques.

5.12.1 Synthèses des Travaux projetés

Tableau 44 : Synthèse des collecteurs dans le bassin Y

Collecteur /sur-face drainée	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
Y (135 ha)	955	Caniveau cadre 3x150 x 160	Intersection rues 4.039 - 4.026	Chenal de Cotonou au pied de la digue à l'Em-bouchure, côté nord	Exutoire au pied de la digue (enrochement) à l'embouchure
Linéaire Total	**955**				

Tableau 45 : Synthèse des rues Projetées dans le Bassin Y

Rues	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
4.028-4.026	950	Emprise 12 m, avec des sur largeurs importantes et variable à droite de PK0+275 à Pk0+770 et servant d'aires de jeux (informations de ter-rain). L'emprise 12 m de la voirie sera donc utilisée pour le projet : Chaussée bidirectionnelle de 7.00 m et deux trottoirs de 2.50 m incluant les caniveaux latéraux	Intersection Rue 4.039/4.028	4.026	
4.020	230	Emprise 12 m Chaussée bidirectionnelle de 7.00 m et deux trottoirs de 2.50 m incluant les caniveaux latéraux	Rue 4.026	Rue 4.003	
4.012	415	Emprise 10 à 12 m : Une chaussée bidirectionnelle de 7 m + deux trottoirs de 1.5 à 2.5 m chacun incluant les caniveaux laté-raux	Rue 4.026	Rue 4.005	
Linéaire Total	**1595**				

L'ensemble des aménagements projeté est reporté sur l'extrait de la carte d'adressage ci-dessous de la ville.

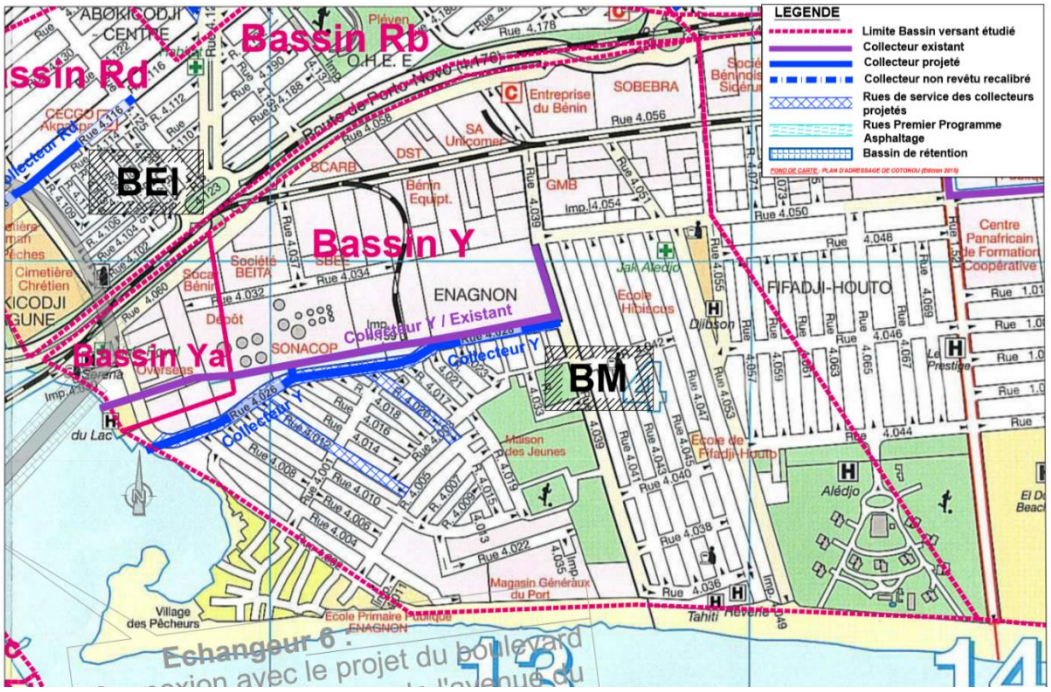


Figure 90 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin Y.

Les caractéristiques techniques du collecteur projetées sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau 46: caractéristiques techniques du Collecteur Y

Bassins versants		Période de retour	Pente	Débit	Section retenue et conditions d'écoulement					taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**I(‰)**	**Q (m^3/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**V(m/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
Y	135,0	10	1,6	16,9	4,50	1,60	2,58	0,14	0	91%

La solution proposée consiste à réaliser un autre collecteur centré sur la même rue (4.026) et qui se jettera au pied de la digue (enrochement) à l'embouchure. La section du collecteur Y est de 3 x (150 x 160) avec de pentes variant de 1.2‰ à 1.6‰.

Le collecteur primaire existant sera déconnecté des trois bras de collecteurs secondaires existants au PK0+000 pour laisser place au primaire projeté. Les détails de déconnection du collecteur Y existant et le raccordement au collecteur primaire Y projeté sont présentés sur les schémas ci-dessous :

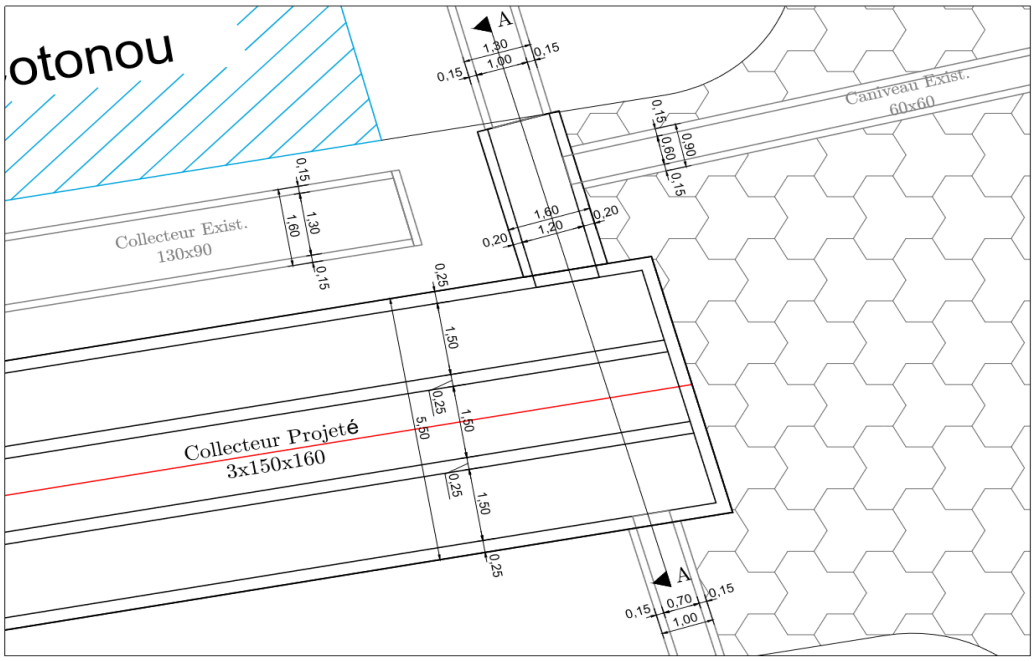


Figure 91: Vue en plan raccordement du collecteur Y projeté et déconnexion de l'existant au Pk0+000

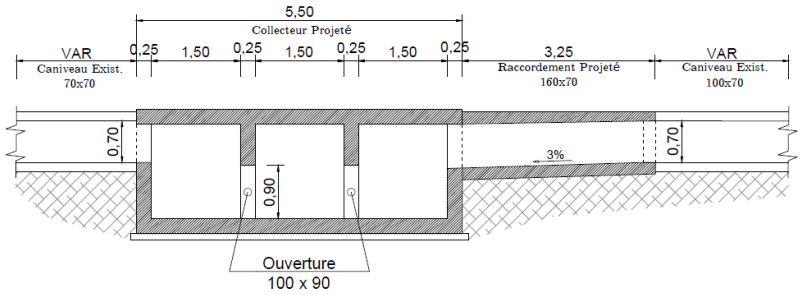


Figure 92: coupe AA du collecteur Y projeté au PK0+000

Les différents profils types correspondants au collecteur primaire projeté se présentent comme suit :

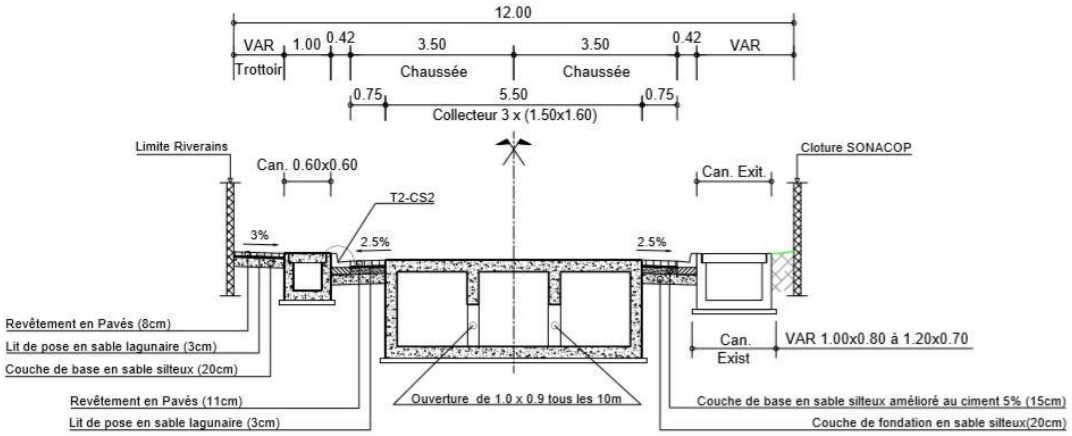


Figure 93 : Profil en travers type du collecteur Y - Rue 4.026 : PK 0+000 – PK 0+275

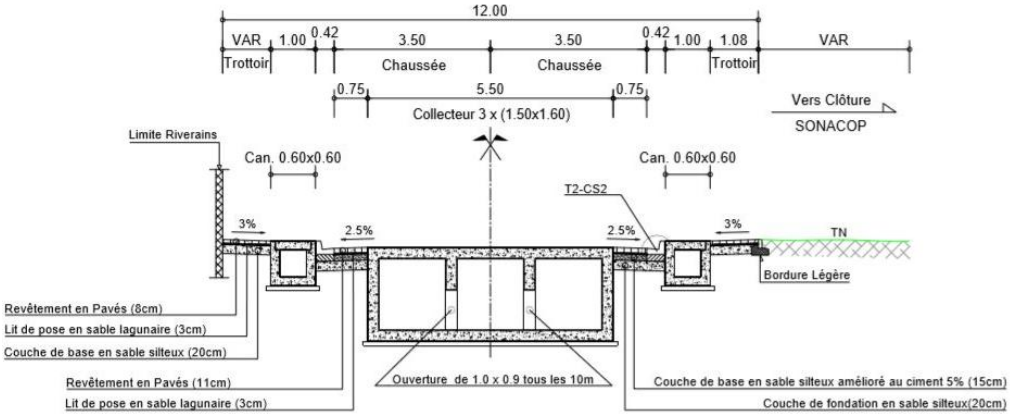


Figure 94: Profil en travers type du collecteur Y - Rue 4.026 : PK 0+0275 – PK 0+650

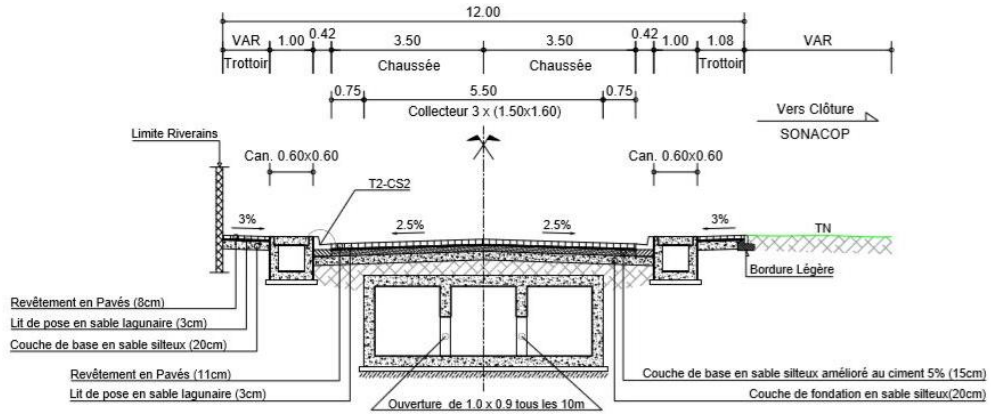


Figure 95: Profil en travers type du collecteur Y - Rue 4.026: PK 0+650 – PK 0+825

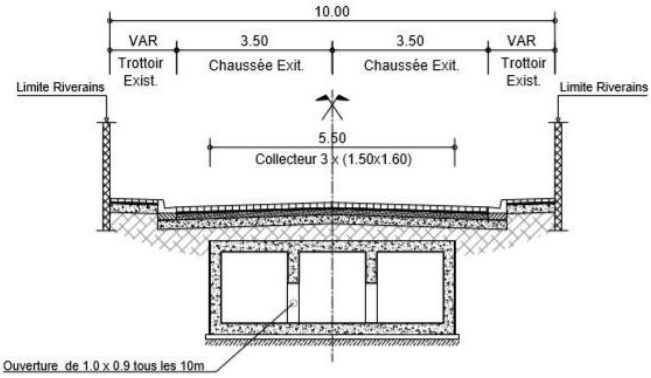


Figure 96: Profil en travers type du collecteur Y - Rue 4.026: PK 0+0825 – PK 0+930

Le colleteur Y se déverse dans le chenal de Cotonou au pied de la digue en enrochement côté nord (lagune). La digue en enrochement est réalisée en 1976-1978 à la hauteur de l'embouchure de la lagune de Cotonou et constitue un ouvrage de protection efficace contre les ouvrages situés au nord de la digue. Néanmoins afin de prévenir les affouillements, il sera réalisé au pied de l'exutoire Y une protection en enrochements. Le plan de situation de Y par rapport à la digue de même que la vue en plan et la coupe de l'exutoire sont schématisés comme suit.

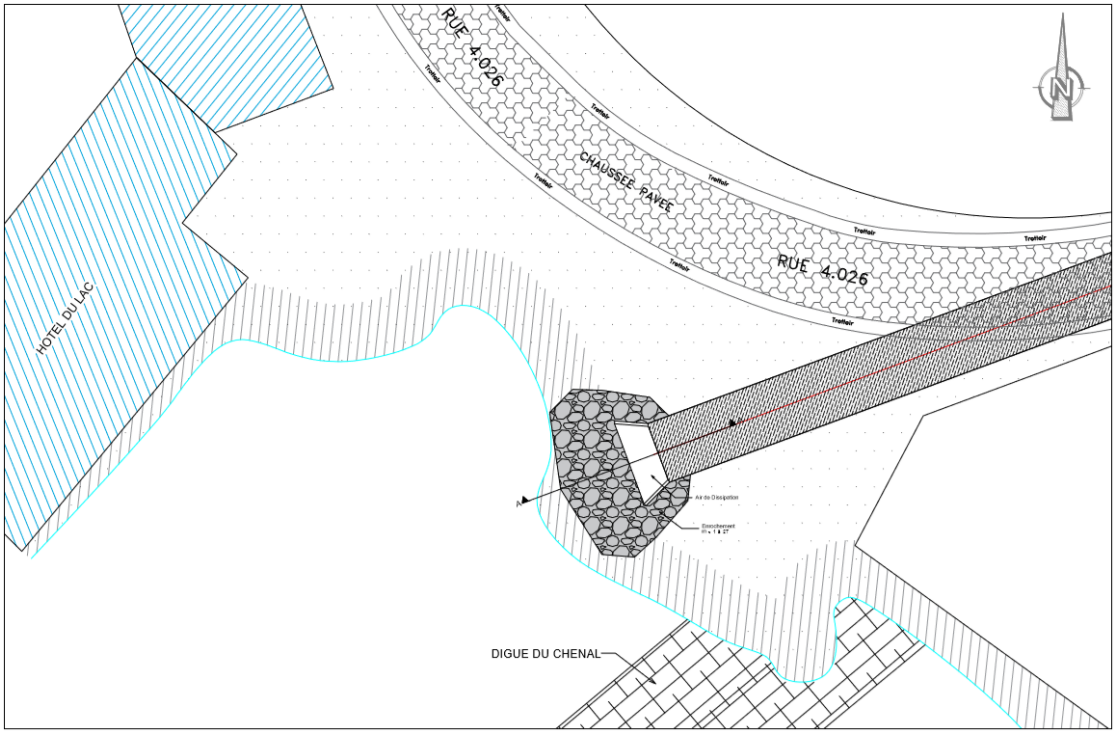


Figure 97: Plan de situation de l'exutoire Y

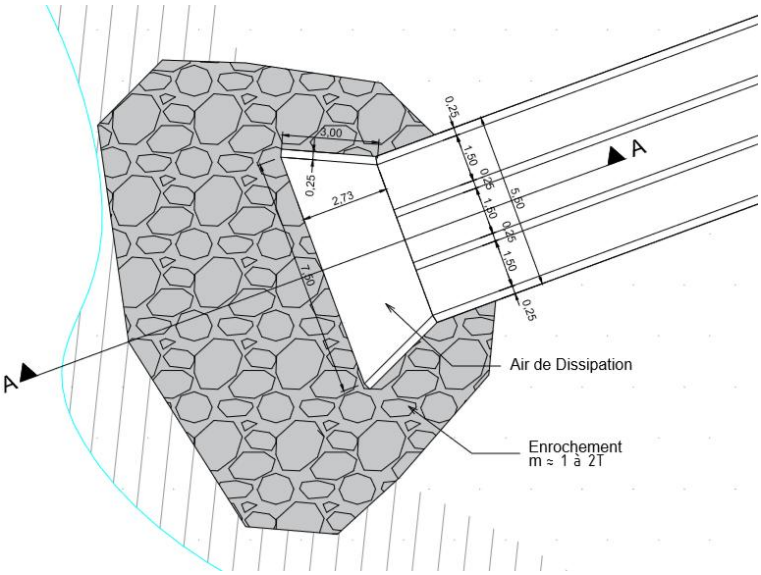


Figure 98: Vue en Plan de la protection de l'exutoire Y

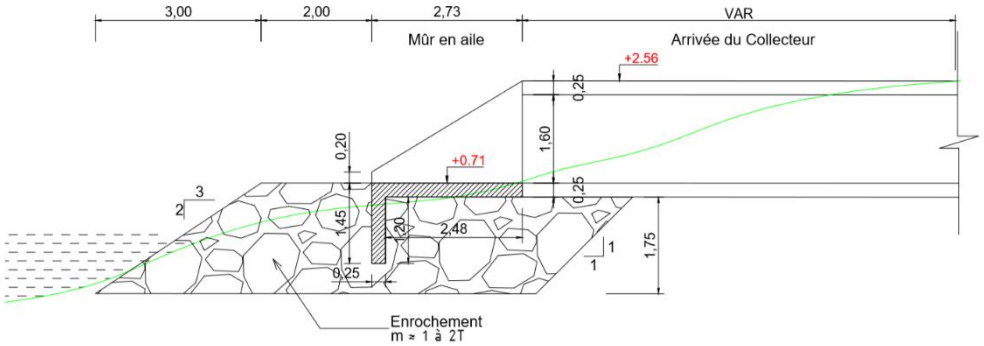


Figure 99: Coupe de sur l'exutoire Y

5.12.2 Aménagements de rues

En plus du collecteur primaire, il est projeté l'aménagement de la rue 4.028 - 4.026, rue de service du collecteur primaire et deux (02) rues adjacentes : les rue 4.020 et 4.012. Toutes les rues seront pavées avec construction de caniveaux latéraux qui vont se décharger dans le collecteur primaire projeté.

5.13 BASSIN Pa

Le Bassin Pa couvre les quartiers de FIFADJI, VOSSA, MISSEKPLE, GBENONKPO, MIDEDJI ; sa superficie est de 745 ha. Le débit T10 est 43 m^3/s. le même débit pour la partie Amont du bras Pa3 au sud-ouest de la rue 10.224 est de 5.4 m^3/s et draine une surface de 77 m^2.

Le bassin P fonctionne comme un bassin de stockage et d'écrêtement et est composé :

- d'un bassin de stockage qui s'étend sur une superficie d'environ 42 ha
- d'un ouvrage de **contrôle de type déversoir (**muni de deux dalots de fond avec batardeaux pour la vidange**)** réalisé en amont de la digue (batterie de buses) de VOSSA, rue 8.003 au Nord.
- d'un **bassin de dissipation** entre l'ouvrage de contrôle et la digue
- d'un **canal de vidange** construit en aval de la digue et qui se déverse dans le lac Nokoué. Le canal de vidange est un fossé avec revêtement de talus en matelas de type Reno.

Le bassin de rétention est constitué d'un bras principal (Pa1), de deux autres bras secondaires dénommés **Pa2** et **Pa3** auxquels s'ajoute un collecteur à ciel ouvert en béton armé (en aval de Pa2) suivant le schéma hydraulique ci-après :

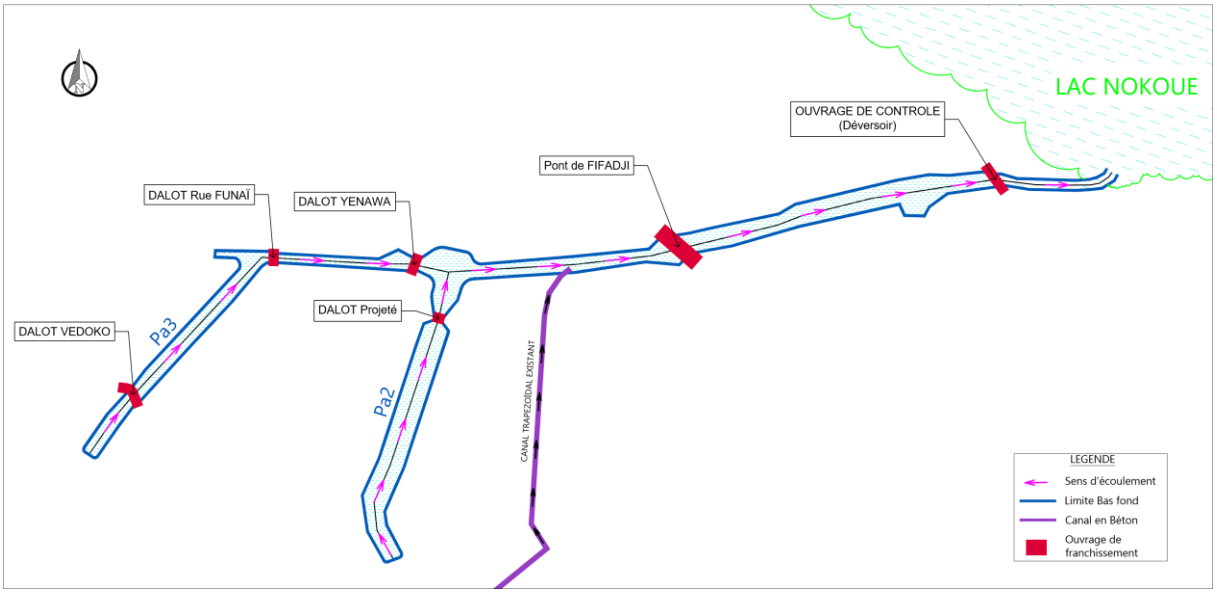


Figure 100 Schéma hydraulique du bassin de rétention Pa

La simulation du bassin effectuée sous Storm Water Management Model **(SWMM)** a permis d'établir les courbes suivantes de laminage et d'évolution de hauteur pour une crue T10.

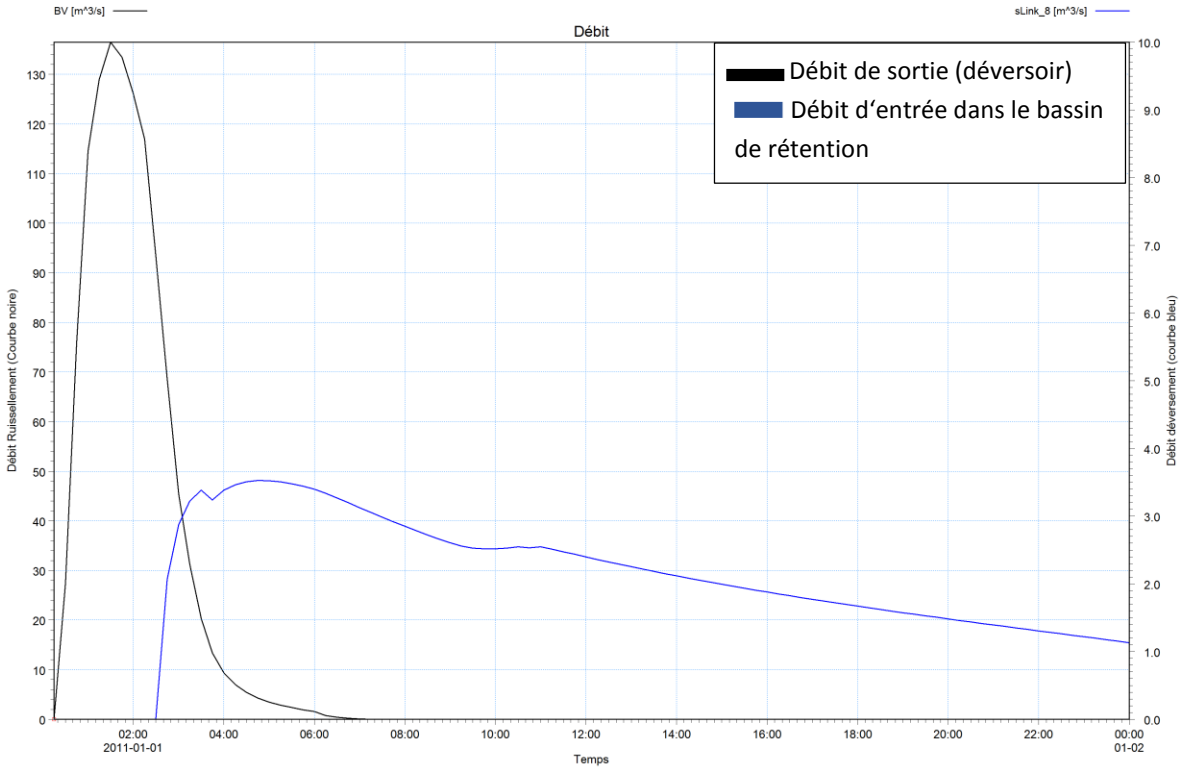


Figure 101: Courbes de laminage de crue décennale (T=10ans)

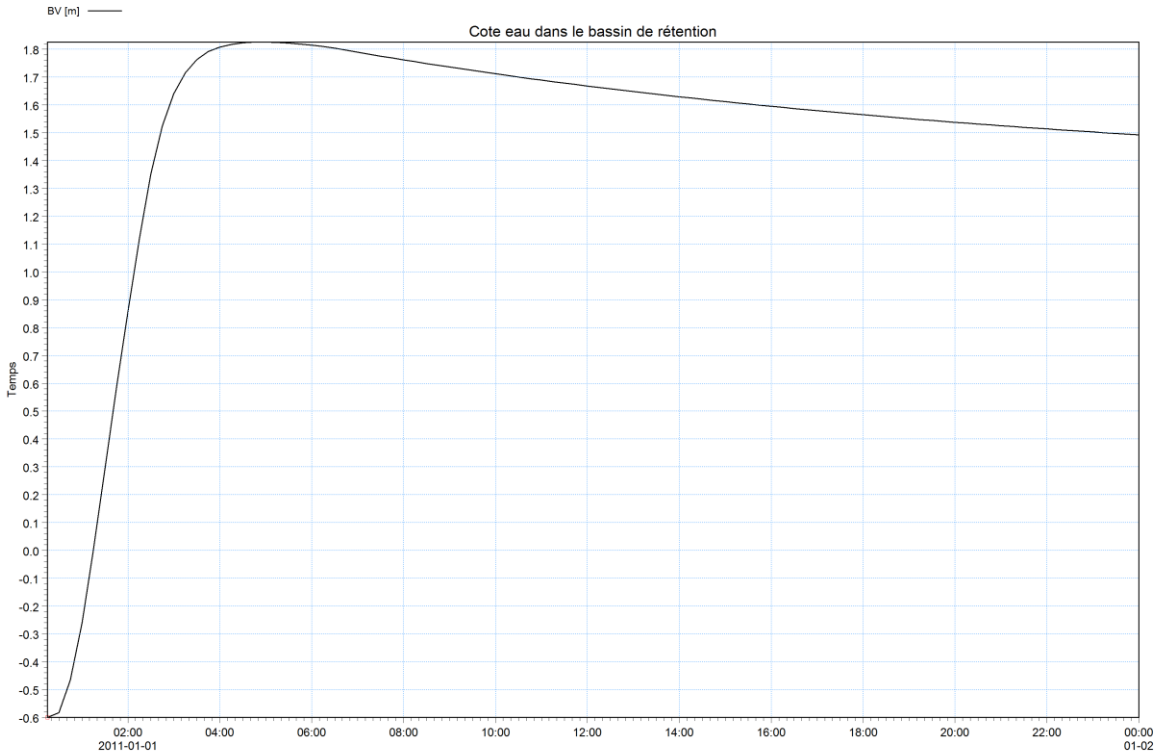


Figure 102: Coubre d'évolution du niveau d'eau dans le bassin

Une bonne partie des travaux de ce bassin versant a été réalisée dans le cadre de projets antérieurs et notamment le PUGEMU et se résume comme suit :

- la réalisation de l'ouvrage de contrôle +bassin de dissipation et le canal de vidange
- l'aménagement de la quasi-totalité du bras principal Pa1

- la construction de plusieurs ouvrages de franchissement sur le bras principal Pa1 dont un pont à FIFADJI, un ponceau sur la rue 10.079, un dalot quadruple sur la rue 10.045, le pavage et l'assainissement de rues, etc.

La suite des travaux prévus dans le présent programme concerne les bras dénommés Pa2 et Pa3 ainsi que l'aménagement d'un linéaire assez important de rues (15.7Km environ) et les canaux secondaires attachés à ces rues pour améliorer le drainage en amont et autour des bras Pa2 et Pa3 essentiellement.

5.13.1 Les travaux d'aménagement du sous bassin versant Pa3

Les travaux prévus au bras Pa3 concernent : i) la construction d'un caniveau cadre 2x1.25x1.50 en amont suivant l'itinéraire des rues 10.123 et tourne à droite entre les rues 10.129 et 10.146/10.216 pour se raccorder au bassin de rétention Pa3 à la hauteur de la rue 10.224 sur laquelle il est projeté un dalot de raccordement de section 2x200x200 ; ii) l'aménagement d'un bassin de rétention (bras secondaire amont) dont les travaux consistent à l'enlèvement de boues, les purges et autres travaux de terrassement, la protection de talus des berges par des matelas de type Reno, l'engazonnement et la plantation d'arbustes le long du bassin (cavalier), une piste de service aménagée après l'engazonnement, la plantation d'arbres et la pose de lampadaires solaires à la limite extérieure de la piste de service ; iii) le pavage et le drainage de rues. Les ouvrages de drainage et hydrauliques projetés au bassin Pa3 sont renseignés dans le tableau ci-après.

Tableau 47: Synthèse des ouvrages de drainage du sous bassin versant Pa3

Collecteur /surface drainée	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
Sous bassin Pa3 (116 ha)	1) Bassin de rétention couvrant *7.76 ha* pour un volume de stockage de *104 771 m³*. Longueur du Bassin 846 ml pour un périmètre (talus) de 1 976 ml revêtu en matelas Reno.	1) rue 10.224	1- Bras primaire du collecteur Pa.	Travaux en zone marécageuse .
	2) Collecteur Cadre 2x1.25x150 sur 470 ml + Dalot 2x200x200	2) Rue 10.140 le long de la clôture de la CEB au Nord-Ouest	Rue 10.224	
Linéaire Total	**1 316 ml**			

L'aménagement du bras Pa3 du bassin de rétention est projeté suivant le Profil type ci-dessous

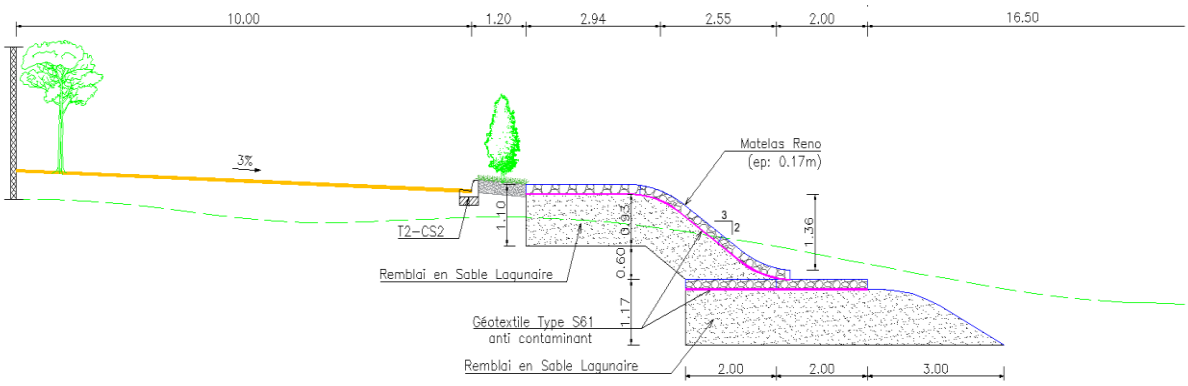


Figure 103: Profil type d'aménagement du Bras Pa3 du bassin de rétention

Les caractéristiques techniques du bras amont du collecteur Pa se présente comme suit :

Tableau 48: caractéristiques techniques du Collecteur cadre Pa3 (Amont)

Bassins versants		Période de retour	Pente	Débit	Section retenue et conditions d'écoulement					taux de rem-plissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**I(‰)**	**Q (m^3/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**V(m/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
Pa3 Amont	77,0	10	1,0	5,4	2,50	1,50	1,65	0,19	0	88%

Le collecteur Pa3 amont sera aménagé en suivant l'itinéraire des rues 10.023 et suivant comme l'indique la figure suivante :

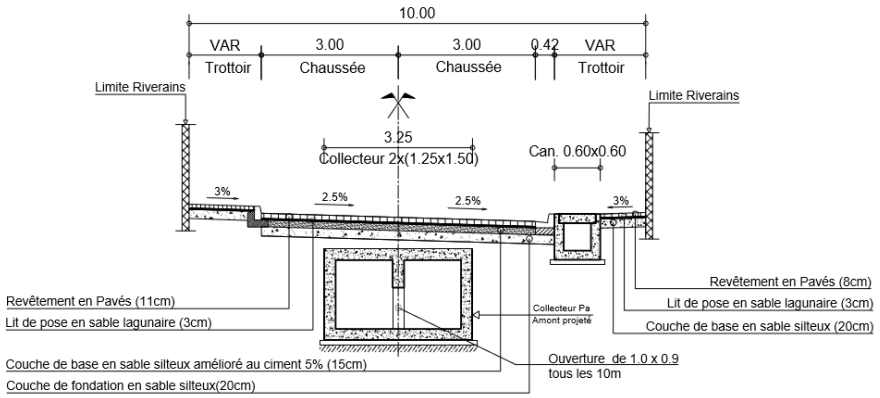


Figure 104: Profil type de réalisation du collecteur cadre Pa3 Amont.

- **Synthèse des rues projetées dans le sous bassin versant Pa3**

En complément des ouvrages de drainage et dans le souci d'améliorer le drainage, certaines rues feront l'objet des travaux de pavage et d'assainissement afin de collecter le maximum de ruissellement pluvial vers le collecteur Primaire. Aussi les rues visées sont à l'état de bas-fonds ou de tas d'immondices et leur aménagement contribuera à l'amélioration du cadre de vie des populations et l'amélioration des conditions de circulation dans le périmètre visé de même que certaines rues constitueront des raccourcis (rues 10.180-10.178 ; 10.176-10.174 ; 10.137). Le tableau ci-dessous renseigne sur les rues projetées.

Tableau 49: Synthèse des rues projetées dans Pa3

Rues	Linéaire (m)	Caractéristiques des aménagements projetés	particularité
10.174 -10.176 (600ml) ; 10.178-10.180 (725ml) ;	1 325	Rues d'emprise 20 m : chaussée de 11 m +T2-CS2 + trottoirs jusqu'aux riverains y compris les caniveaux latéraux le cas échéant.	Rues, nécessitant des purges
10.140 (490ml) ; 10.146 (400ml) ; 10.172 (300ml) ; 10.137 (625ml) ; 10.216 (100ml) ;	1 915	Rues d'emprise 15 m Chaussée de 9 m +T2-CS2 + trottoirs jusqu'aux riverains y compris les caniveaux latéraux le cas échéant.	
10.212 (235ml) ; 10.208 (220 ml) ; 10.210 (220ml) ; 10.182 (180ml) ; R10.133 (180ml) ; 10.133 (300ml)	1 335	Rues d'emprise 12 m : chaussée de 7 m + T2-CS2 + trottoirs jusqu'aux riverains y compris les caniveaux latéraux le cas échéant.	
10.123 et 123 bis (470ml) ; 10.125 (150ml) ; 10.127 (150ml) ; R 10.129 (210ml) ;	980	Rues d'emprise 10 m : chaussée de 6 m + T2-CS2 + trottoirs jusqu'aux riverains y compris les caniveaux latéraux le cas échéant,	
Linéaire Total (ml)		**5 555**	

- **Aménagement des zones non aedificandi**

Des zones non aedificandi ont été identifiées autour du bassin de rétention Pa3 : ces zones au nombre de trois (03) ont fait l'objet de propositions d'aménagement. Le plan suivant donne une vue d'ensemble des aménagements proposés

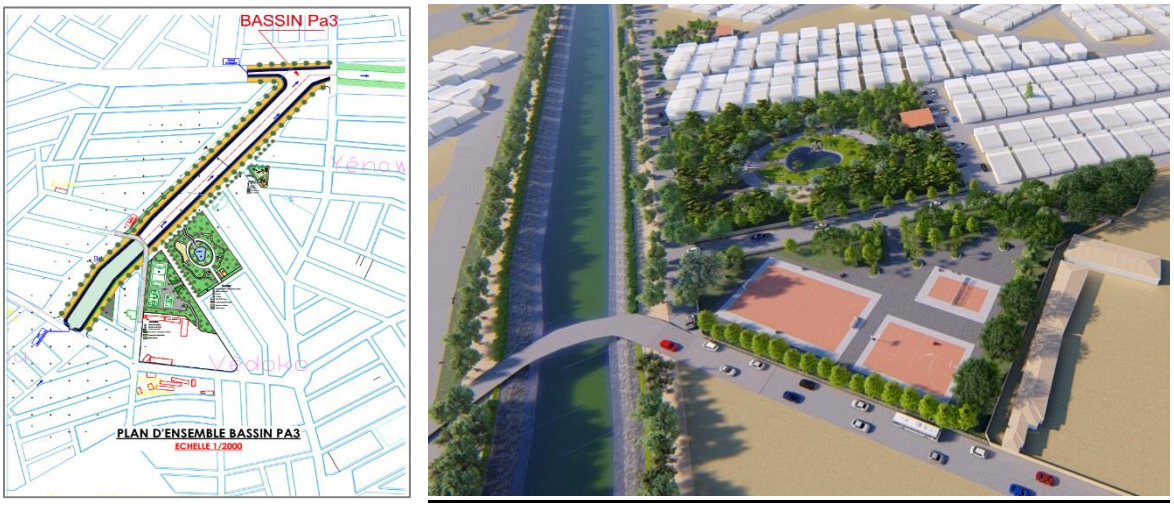


Figure 105: Propositions d'aménagements des zones non aedificandi autour du Bassin Pa3.

Les programmes d'aménagements communs et spécifiques sont résumés comme suit :

Tableau 50: Programme des unités d'aménagements paysagers autour de Pa3 (zones non aedificandi)

Aménagements paysagers commun à tous les bassins :		
- Pelouse anti érosion le long des bassins - Plantation d'alignement en arbustes le long des bassins - Plantation d'alignement d'arbres en bordure des bassins		
Aménagements paysagers spécifiques au Pa3		
Bassins	*Zones aménagées*	*Unités d'aménagement*
	Zone 1	Parc sportif, aire de repos, allée piétonne et bloc de gestion

Bassin Pa3	Zone 2	Foret urbaine, étang, jardin d'agrément, enrochement, allées piétonne, parcours sportifs, espace pique-nique, parking, administration et restaurant
	Zone 3	Bac à sable pour enfant, aire de repos, plantation, bloc de gestion et restaurant

La description complète des aménagements sont annexés au présent rapport et les propositions d'aménagements des trois (03) zones sont illustrées par des images suivantes :



Plan de masse de l'aménagement de la zone 1



Entrée de la zone 1 du bassin Pa3



Parc sportif de la zone 1 du bassin Pa3

Figure 106: Plan de masse et illustrations de la zone 1



Plan de masse de l'aménagement de la zone 2

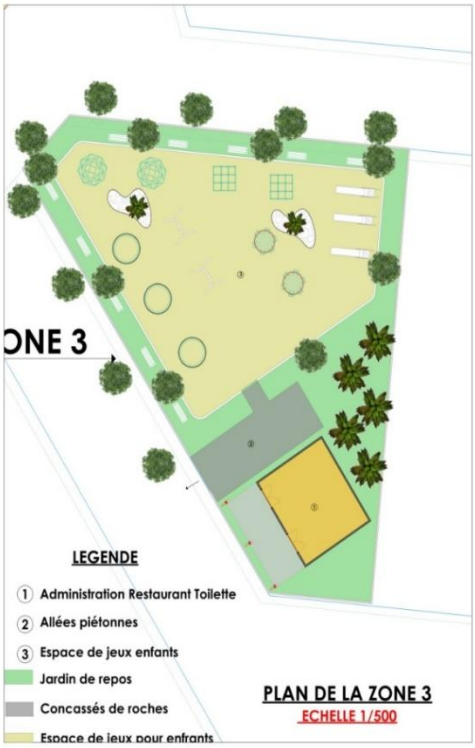


Vue de l'entrée de la zone 2 du bassin Pa3



Vue panoramique sur l'étang de la zone 2 du bassin Pa3

Figure 107: Plan d'ensemble et images d'illustrations de la zone 2



Plan de masse de l'aménagement paysager zone 3



l'aire de jeux pour enfant de la zone 3



Vue panoramique sur l'aire de jeux pour enfants de la zone 3

Figure 108: Plan de masse et illustrations des aménagements Zone 3

5.13.2 Les travaux d'aménagement du sous bassin versant Pa2

Les travaux prévus sur le bras Pa2 concernent i) l'aménagement d'un bassin de rétention (bras secondaire) dont les travaux consistent à l'enlèvement de boues, les purges et autres travaux de terrassement, la protection de talus des berges par des matelas de type Reno, l'engazonnement et la plantation d'arbustes le long du bassin (cavalier), une piste de service après l'engazonnement, la plantation d'arbres et la pose de lampadaires solaires à la limite extérieure de la piste de service ii) la construction d'un dalot quadruple à l'intersection de la rue 10.092 avec le bassin de rétention, iii) le pavage et le drainage de rues, iv) la reconstruction et l'équipement de l'école béninoise des Sourds (EBS) et la reconstruction et l'équipement de l'école primaire publique VEDOKO 2 (EPP VEDOKO 2) en termes de mesures d'accompagnement. En effet l'EBS et l'EPP VEDOKO 2 sont deux infrastructures scolaires qui font corps au bassin de rétention Pa2 et pour lesquelles les bâtis sont en état de délabrement. Les travaux de drainage projetés dans le sous bassin Pa2 sont récapitulés dans le tableau ci-après.

Tableau 51: Synthèse des ouvrages de drainage du sous bassin versant Pa2

Collecteur /surface drainée	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
	1) Bassin de rétention couvrant *16.33 ha* pour un volume de stockage de *318 000 m³*. Longueur du Bassin 1 282 ml pour un périmètre (talus) de 2 647 ml revêtu en matelas Reno.	1) Intersection rues 10.027 /10.036 ou Ecole Béninoise des Sourds (EBS)	1- Bras primaire du collecteur Pa	Travaux en zone marécageuse .

Collecteur /surface drainée	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
Sous bassin Pa2 (141 ha)	2) Collecteur trapézoïdal en BA sur 717 ml	2) Rue 10.002 pavée passant devant la Mission catholique de Ste RITA	2- Bras principal Pa	Collecteur Existant, Rehaussement du cavalier par construction d'un mur de soutènement
Linéaire Total	**1 999 ml**			

L'aménagement du bassin de rétention est projeté suivant le profil type ci-après avec une largeur en gueule variant de 45 m à 65 m.

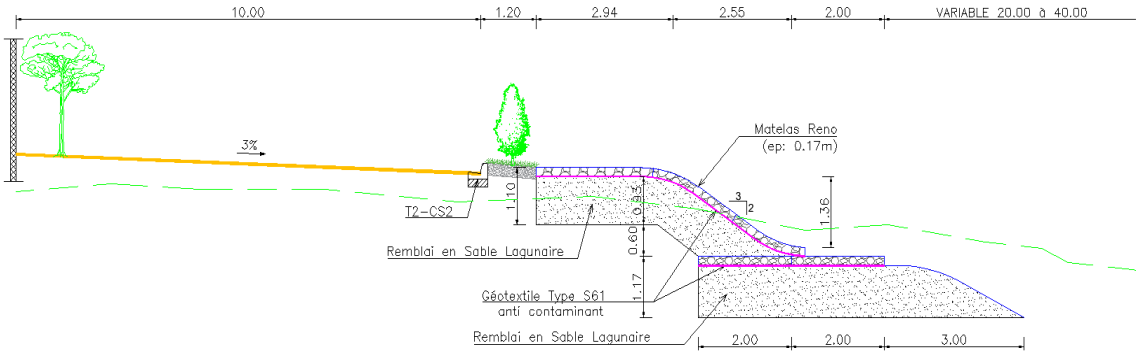


Figure 109: Profil type d'aménagement du Bras Pa2 du bassin de rétention

De même le rehaussement du cavalier du collecteur trapézoïdal et le pavage de la rue de service se fera suivant le profil suivant

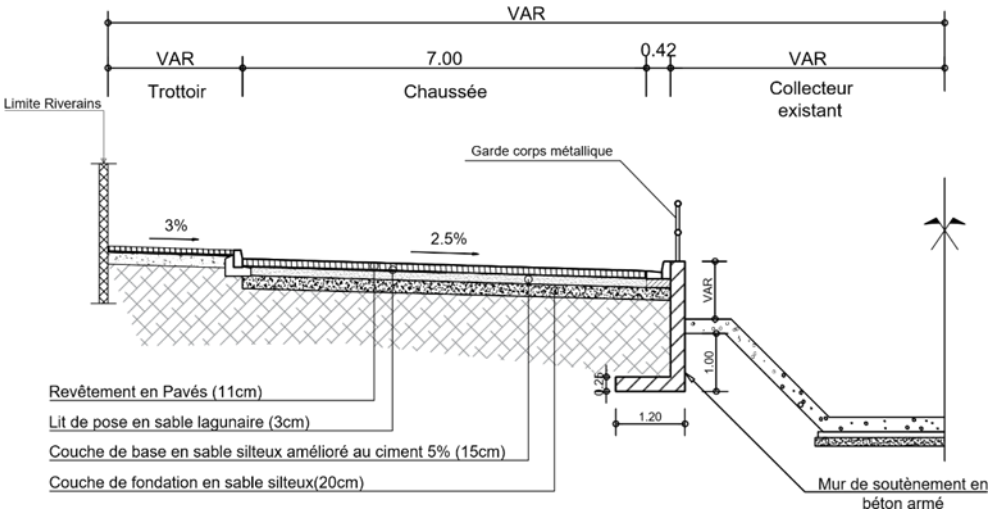


Figure 110 : Profil en travers type réaménagement du collecteur trapézoïdal existant

- **Synthèse des rues projetées dans le sous bassin versant Pa2**

En plus de l'aménagement du bassin de rétention et de la réhabilitation du collecteur trapézoïdal à ciel ouvert, il est projeté le pavage des rues autour du bassin de rétention Pa2 afin d'améliorer le drainage du sous bassin versant. En effet une bonne partie de la partie Sud autour du Pa2 est constituée de zones mal drainées et les travaux de pavage et de drainage des rues visent à améliorer les conditions de vie et de circulation autour du bassin.

Tableau 52: Synthèse des rues projetées dans Pa2

Rues	Linéaire (m)	Caractéristiques des aménagements projetés	particularité
10.015[7] (400ml) ; 10.009[8] (550ml) ;	950	Rues d'emprise 20 m : chaussée de 11 m +T2-CS2 + trottoirs jusqu'aux riverains y compris les caniveaux latéraux le cas échéant.	Rues, nécessitant des purges
10.027 (300ml) ; 10.038 (450ml) ; 10.003 (495ml) ; 10.016 (425ml) ; 10.011[9] (540ml) ; 10.013[10] (530ml)	2 740	Rues d'emprise 15 m Chaussée de 9 m +T2-CS2 + trottoirs jusqu'aux riverains y compris les caniveaux latéraux le cas échéant.	
10.028 (450ml) ; 10.032 (450ml) ;10.023-10.042 (650ml) ;10.019 (270ml) ; 10.040 (100ml) ; 10.030 (310ml) ; 10.034 (270ml) ; 10.029 (155ml) ;10.060 (200ml) ; 10.066 (170ml) ; 10.068 (175ml) ; 10.037 (200ml) ; 10.039 (170ml); 10.041 (150ml)	3720	Rues d'emprise 12 m : chaussée de 7 m + T2-CS2 + trottoirs jusqu'aux riverains y compris les caniveaux latéraux le cas échéant.	
10.050 (300ml ; 10.092 (540ml) ; 10.036 (650ml) ; 10.031-10.033 (400ml) ; 10.064 (250ml) ; 10.062 (375ml) ; 10.018 (215ml) ;	2 730	Rues d'emprise 10 m : chaussée de 6 m + T2-CS2 + trottoirs jusqu'aux riverains y compris les caniveaux latéraux le cas échéant,	
Linéaire Total (ml)		**10 140**	

L'ensemble des aménagements existants et projetés dans le bassin Pa sont reportés sur le plan d'ensemble ci-dessous.

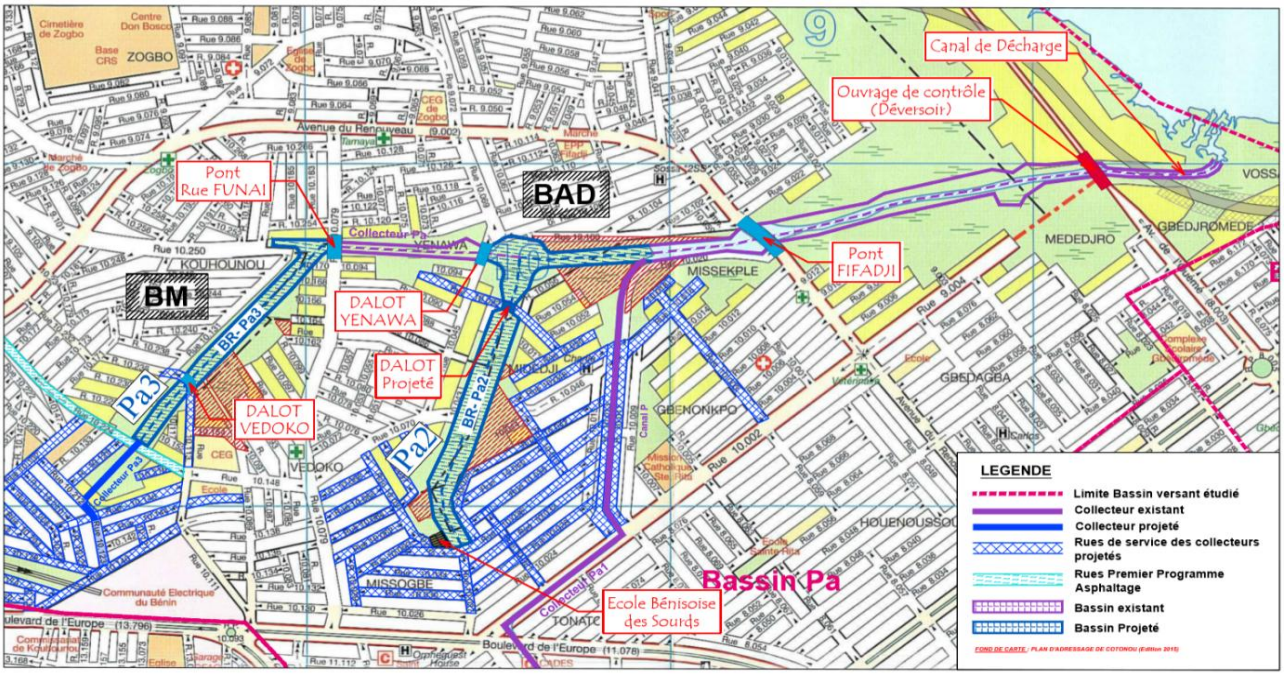


Figure 111 : Vue d'ensemble des aménagements réalisés projetés dans le bassin Pa

[7] Probablement l'autre chaussée longeant Le collecteur côté gauche opposée à la rue 10.013 ; la rue N° 10.015 n'a pas été retrouvé comme marquée sur le Plan d'adressage de la ville

[8] Cette rue (10.009) n'a pas été retrouvée sur le terrain bien qu'apparaissant clairement sur la plan d'adressage

[9] Cette rue (10.011) n'a pas été retrouvée sur le terrain bien apparaissant sur le plan d'adressage

[10] La rue N° 10.013 existe mais apparait de l'autre côté du collecteur par rapport à ce qui est indiqué sur le plan adressage

➢ **Aménagement des zones non aedificandi**

Autour du bassin de rétention Pa2, il a été identifié des zones non aedificandi pour lesquelles des aménagements spécifiques ont été projetés dont des vues d'ensemble se présente comme suit :

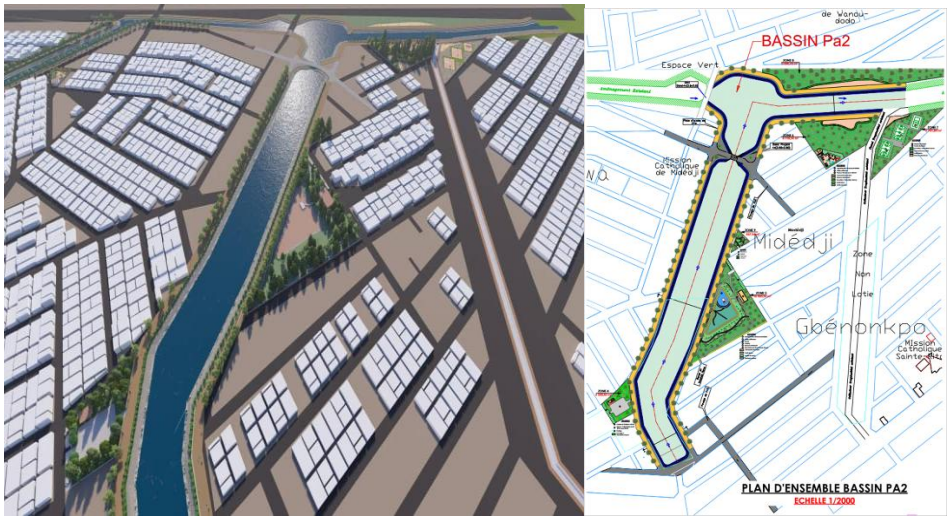


Figure 112: Plan d'ensemble d'aménagements des zones non aedificandi autour de Pa2

Les aménagements projetés ont été répartis en six (06) zones numérotées de 4 à 9 à la suite de celles de Pa3. Les différents aménagements par zone sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 53: programmation des unités d'aménagements paysagers autour du bassin Pa2

Aménagements paysagers commun à tous les bassins			
- Pelouse anti érosion le long des bassins - Plantation d'alignement en arbustes le long des bassins - Plantation d'alignement d'arbres en bordure des bassins			
Aménagements paysagers spécifiques au Pa2			
Bassins	***Bras du bassin***	***Zones aména-gées***	***Unités d'aménagement***
	PA2	Zone 4	Place de fêtes, ceinture d'arbres et parking
		Zone 5	Foret urbaine, étang, parcours sportifs, allées piétonnes, parking, restaurant, aire de repos, jardin boisé, bloc administratif et pro-montoire,
		Zone 6	Bac à sable pour enfant, aire de repos, plantation, bloc de gestion et restaurant
		Zone 7	Parc sportif, aire de repos, allée piétonne et bloc de gestion, foret urbaine, plage artificielle et zone de promenade
		Zone 8	aire de repos, allée piétonne, foret urbaine, plage artificielle et zone de promenade
		Zone 9	Jardin de repos, allée piétonne et zone de promenade.

Les images ci-dessous illustrent les aménagements projetés zone par zone, *un rapport complet détaillé des aménagements est joint annexe du projet rapport.*



Plan de mase de la zone 4



Image des aménagements de la zone 4



Vue de la place des fêtes de la zone 4

Figure 113: Plan de masse et illustrations des aménagements projetés dans la zone 4



Plan de masse de la zone 5

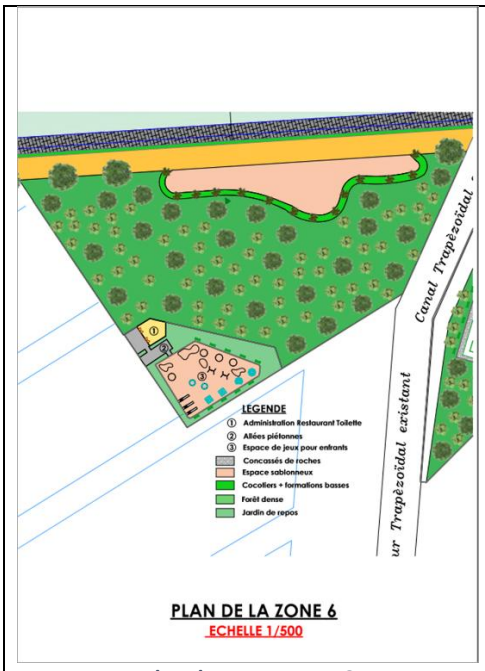


Vue panoramique sur la zone 5



Aménagement paysager de la zone 5

Figure 114: plan de masse et quelques aperçus des aménagements de la zone 5



Plan de masse zone 6

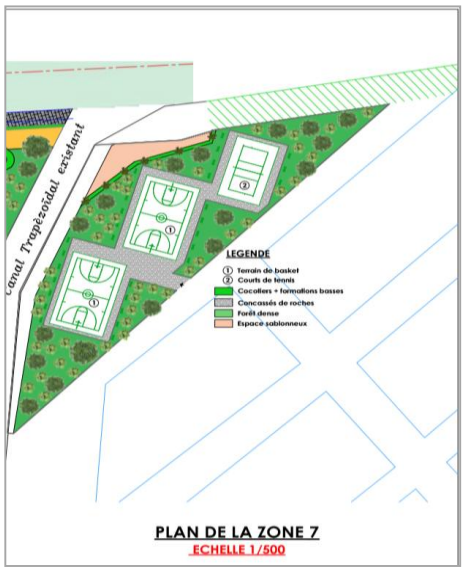


Plage artificielle zone 6



jardin boisé avec bac à sable zone 6

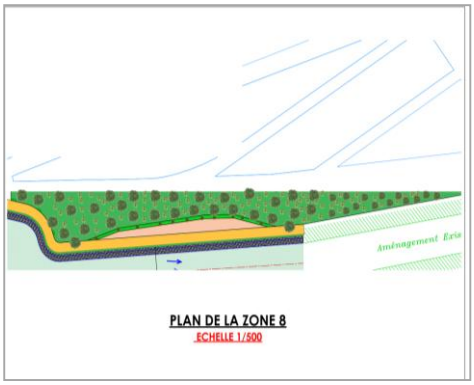
Figure 115: Plan de masse et vues aménagements projetés zone 6



Plan de masse zone 7 du bassin Pa2



Plan de masse zone 9



Plan de masse zone 8



Plage artificielle zone 8

Figure 116: Plans de masse des aménagements des zones 7, 8 et 9 et vue plage artificielle zone 8

➢ **Les mesures d'accompagnement**

Aux travaux d'aménagement du sous bassin Pa2 sont associées deux mesures d'accompagnement importantes : i) la reconstruction et l'équipement de l'Ecole Béninoise des Sourds (EBS) et, ii) la construction/reconstruction et l'équipement de modules de classes et aménagements divers à l'Ecole Primaire Publique (EPP) VEDOKO 2.

▪ **<u>La reconstruction et l'équipement de l'Ecole Béninoise des Sourds (EBS)</u>**

La consistance des travaux prévus au niveau de l'Ecole Béninoise des Sourds se résume comme suit :

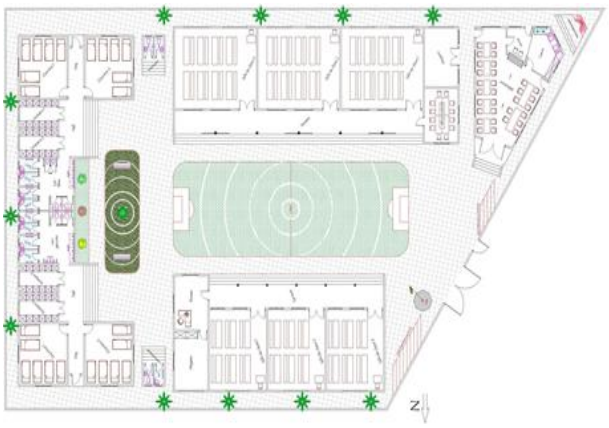
1. La démolition de tous les ouvrages existants (salles de classes, clôture, autres constructions abandonnées)
2. La construction d'un module de trois salles de classes + bureau + magasin + rampes aux salles et une rampe d'accès aux personnes à motricité réduite.
3. La construction d'un (01) autre module de trois (03) salles de classes + salle polyvalente + magasin + rampe d'accès aux personnes à motricité réduite
4. La construction d'un réfectoire y compris une salle de service avec comptoir et cuisine moderne
5. La construction d'une cuisine traditionnelle ;
6. La construction de quatre (04) dortoirs + 04 vestiaires + deux (02) salles d'eau équipées chacune de quatre (04) toilettes et 02 WC capables d'accueillir 48 résidents ;
7. La construction d'un bloc composé d'un WC et d'une douche modernes pour enseignants ;
8. La construction d'un bloc sanitaire composés de deux WC modernes pour les bonnes dames ;
9. La construction d'un mat de drapeau ;
10. L'aménagement d'un parking pour le personnel et les visiteurs ;
11. La plantation d'arbres ;
12. L'aménagement d'un jardin ;
13. L'aménagement d'un terrain de football ;
14. Le remblaiement de la cour et sa mise hors d'eau jusqu'à +50 cm environ par rapport au niveau de la rue à paver (rue 10.036-10.033-10.031) ;
15. La reconstruction complète des murs de clôture + rampe d'accès + portail + portillon + plaque de renseignement avec de la tôle 20/10
16. L'abonnement et le raccordement aux réseaux de la SBEE + SONEB.
17. Les travaux comprennent aussi :
    - Les mobiliers constitués de trente (30) tables et bancs par salle de classe soit au total cent quatre-vingt (180) tables et bancs,
    - une table + chaise par salle de classe et bureau du directeur,
    - la fourniture et la pose de 24 lits + matelas de type semi dur superposés d'une place chacun
    - la fourniture et la pose de 12 tables+ 42 chaises pour réfectoire (les dimensions de la table sont de 0,70 m x 1,35 m),
18. La fourniture et l'installation des équipements audio visuels et informatiques
    - La fourniture et la pose de 06 vidéos projecteurs spécifiques de type **EB-685W** (**Projecteur HD-ready pour salle de classe** avec les caractéristiques minimales suivantes; Résolution WXGA HD-ready, image 3500 lumens, Lampe longue durée Jusqu'à 10 000 heures en mode Éco, Connectivité sans fil ; tous les **accessoires** (ELPLP91 V13H010L91 , AIR FILTER - ELPAF49, MODULE WIFI (B / G/N) - ELPAP10, HAUT PARLEURS ACTIFS - ELPSP02, SUPPORT

DE TABLE - ELPMB29, BOITIER DE CONTROLE ET DE CONNEXION - ELPCB03, etc.) et les **Coversplus** (05 ANS DE SERVICE COVERPLUS SUR SITE POUR EB-685W, LAMPE D'ORIGINE INCLUSE)

- La fourniture de 07 ordinateurs fixes avec les caractéristiques minimales (core i7, processeur de 3,4 Ghz et 1000 Go de capacité de stockage),
- La fourniture d'un copieur avec bac sélectionneur laser A4/A3 (capacité minimale de 30 copies par minutes),
- Une imprimante scanneur Laser ;

19. La fourniture et la pose d'équipements sportifs constitués au minimum de 06 ballons, d'un jeu de 04 filets et de deux (02) jeux de maillots pour enfants,
20. La fourniture et la pose de huit (08) lampadaires solaires.

Les images ci-dessous donnent un aperçu des infrastructures projetées



Plan d'aménagement



Perspective (vue de dessus)



Perspective (Façade principale)



Perspective d'un module de trois classes+ bureau + magasin

Figure 117: Quelques vues et perspectives du projet d'aménagement de l'Ecole Béninoise des Sourds

➢ **La reconstruction et l'équipement de l'école primaire publique de VEDOKO 2**

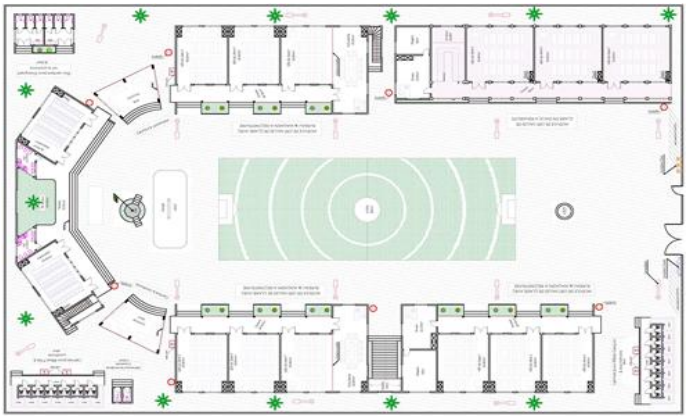
Les travaux visent principalement la réhabilitation du module existant RDC du groupe A et la reconstruction complète des autres bâtiments existants.

Les travaux sont constitués de :

1. La démolition de tous les ouvrages existants y compris clôture à l'exception du module de trois classes (type Rez de Chaussée) du groupe B qui est prévu pour être réhabilité :
2. La réhabilitation du module de trois (03) classes de type RDC du groupe B,

3. La construction complète d'un autre module RDC de trois (03) salles de classes + bureau + magasin + rampe d'accès aux personnes à motricité réduite pour le groupe B,
4. La construction complète de deux (02) modules RDC de trois (03) salles de classes + salle polyvalente + rampe d'accès aux personnes à motricité réduite à raison d'un (01) par groupe pédagogique,
5. La construction d'un complexe pour l'école maternelle compartimentée en deux salles de classes + une aire de jeux,
6. La construction de deux cantines,
7. La construction de deux (02) modules de 6 cabines de latrines types VIP pour élèves filles et élèves garçons,
8. La construction d'un bloc sanitaire pour enseignants,
9. La construction d'un bloc de latrines pour les vendeuses,
10. La construction d'un mât de drapeau,
11. L'aménagement et l'équipement d'un grimpé de sport,
12. L'aménagement d'un parking pour le personnel et les visiteurs,
13. La plantation d'arbres,
14. L'aménagement d'un terrain de football,
15. La mise hors d'eau de la cour de l'école par un remblaiement général de de la cour sur une hauteur pouvant atteindre 120cm soit 50 cm environ par rapport à la côte finie de voirie à réaliser autour de l'école pour la mettre hors d'eau
16. La construction complète du mur de clôture + rampe d'accès + portail et portillon + plaque de renseignement.
17. L'abonnement et le raccord de chaque groupe pédagogique (groupe A - groupe B - Ecole maternelle) au réseau de la SBEE + SONEB
18. Les travaux comprennent aussi l'équipement en :
    - Mobiliers constitués de 30 tables et bancs par salle de classe,
    - d'une table + chaise par salle de classe et bureau du directeur,
    - de 30 tables + chaises pour enfant par salle de classe maternelle,
    - un ensemble d'équipement pour école maternelle (toboggan, balançoires, véhicules jouets d'intervention des sapeurs-pompiers, train pour enfants, ordinateurs jouets, puzzles)
    - La fourniture et la pose de 14 lampadaires solaires.
    -

Les images ci-dessous illustrent les aménagements projetés



Plan d'aménagement



Perspective (vue de dessus)



Module de Trois salles de classe +Bureau + magasin



Maternelle : module de deux classes + aire de jeux

Figure 118: Quelques vues et perspectives du projet d'aménagement de l'EPP VEDOKO 2

5.14 BASSIN Q

Le Bassin **Q** couvre une superficie de **269 ha** et draine les quartiers de HOUEHOUN, AGBONDJEDO, ENAGNON, MINONKPO, GBEDJROMEDE 1 & 2, AHOUANSORI-AGUE, AIDJEDO 1 & 4, AGBATA, DJIDJE, TOWETA 1 & 2, LADJI, MISSITE et AGONTINKON

Le Collecteur primaire existant est de forme trapézoïdale de largeur au plafond b=2.00 m et de profondeur h=1.05 m. Il est long de 2161 ml dont les derniers 28 ml sont sous forme de dalot à l'intersection avec la rue 6.156.

L'itinéraire du collecteur est celui des rues 8.002 (intersection des rues 8.002 et 8.047), rue 6.106- giratoire Sainte Cécile, rue 6.043 –Lac Nokoué.

Le fruit de talus m est de 3/1. Le fil d'eau du collecteur est de **1‰** en moyenne par extrapolation des levés topographiques. Les caractéristiques ci-dessus confèrent à l'ouvrage une capacité hydraulique pleine section de 8 m^3/s. Le débit Q10 est évalué à 24 m^3/s. La capacité hydraulique du Collecteur Primaire actuel représente le tiers (1/3) du débit Q10.

La solution proposée par le Consultant aux regards de la configuration du bassin versant, consistera à construire d'autres collecteurs pour délester le Collecteur primaire existant par l'interception de certains collecteurs secondaires qui y sont rattachés à l'existant ou qui devraient l'être. Ainsi, le bassin est subdivisé en trois sous bassins dénommés Qa, Qb et QC auxquels sont associés les collecteurs primaires de mêmes noms. Le sous bassin Qa est rattaché au collecteur primaire existant

Par ailleurs, dans le souci d'améliorer le drainage et la circulation des personnes et des biens, des aménagements de rues ont été projetés, dont l'une des plus importante est la rue 6.144 avec deux (02) bras de collecteurs secondaires de part et d'autre de la chaussée, les rues 6.104

(rue de service du collecteur Qb), la reconstruction de la rue 6.043 (rue de service du collecteur Qc), la rue 6.021 débouchant sur le giratoire Sainte Cécile et qui se trouve dans un état de bas fond servant de dépotoir sauvage d'ordures ménagères. La rue 6.021 joue aussi le rôle d'exutoire pour les rues 6.086, 6.092 et 6.098. C'est pourquoi il est prévu d'amorcer le pavage des trois rues de même la réalisation des amorces de deux caniveaux latéraux le long de chacune des rues. De même les rues 6.065, 6.130, 6.053, 6.057, 6.150, 6.148, 6.045, 6.132 et 6.134 seront pavées avec des caniveaux de drainage latéraux le cas échéant afin de changer qualitativement le cadre de vie des populations et d'impacter directement plus de personnes dans le bassin versant.

Le plan ci-dessous présente l'ensemble des aménagements projetés

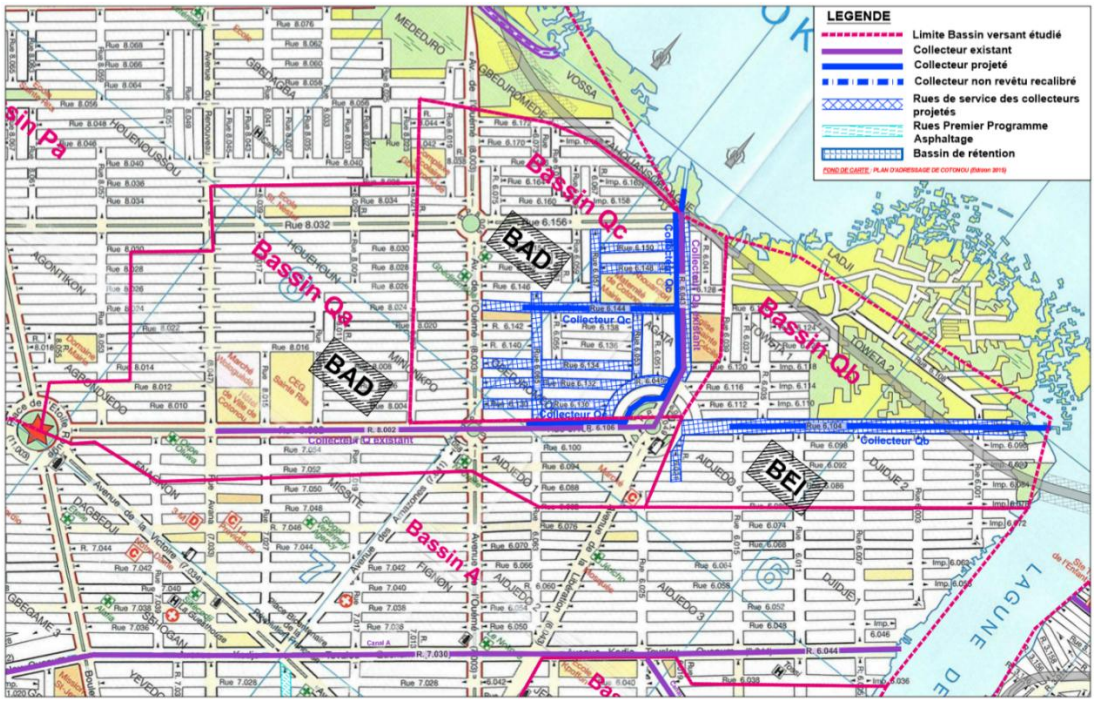


Figure 119 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin Q

5.14.1 Synthèse des travaux projetés dans les sous bassins Qa et Qc

Tableau 54 : synthèse des Collecteurs Projetés dans les sous bassins Qa et Qc.

Collecteur /surface drainée	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
Qa (121ha)	2161 (existant)	Collecteur trapézoïdale, B=2, h=1.05, fruit talus m =3/1	Début rue 8.002	Lac Nokoué	Réparation Garde-corps et cavalier
Qc (61ha)	1 090	Caniveaux cadres (120 x 80), (150 x 80) et 3 x (170x80) + embranchements dans la rue 6.144 (80x80) de chaque côté de la rue	A la hauteur de la rue 6.065 (10 m avant)	Chenal de Cotonou	Dépose de pavé et reprise de la rue
Canal Exutoire (181ha)	250	Protection talus en matelas Reno	Fin collecteur Existant Qa	Lac Nokoué	Purge très importante,
Linéaire Total projeté	**1 340**				

Tableau 55 : Synthèse des rues Projetées dans les sous bassins Qa et Qc

Rues	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
6.144	693	Emprise 15 m : Une chaussée de 9 m +T2-CS2 et deux trottoirs de 2 m chacun et aménagement jusqu'aux riverains	Rue 8.003 (Avenue de l'Ouémé) ou route pavée de Gbèdjromèdé	Angle de Clôture centre de Santé Ahouansori/CEG le LAC	Ravinement important par endroits
6.043	575	Rue de service du Collecteur Qa composée de deux chaussées de part et d'autre du collecteur Qa, la haussée de gauche est la chaussée de service du collecteur Qc Dépose des pavés et, construction du Collecteur QC, reconstruction des deux chaussées avec orientation des pentes vers le collecteur trapézoïdal et réhabilitation du passage piéton et des gardes corps existant le long de Qa	Giratoire Sainte Cécile	Lac-Nokoué	
6.065 (375 ml) ; 6.130 (450ml) ; 6.053 (220 ml) ; 6.057 (260 ml) ; 6.150 (275 ml) ; 6.148 (280 ml) ; 6.045 (300 ml) ; 6.132 (490 ml) ; 6.134 (530 ml)	3 180	Emprise 15 m : Une chaussée de 9 m +T2-CS2 et deux trottoirs aménagés jusqu'aux riverains et incluant les canaux latéraux le cas échéant.			
Linéaire Total	**4 448**				

Les caractéristiques techniques du collecteur Qc projeté sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 56: caractéristiques Techniques des Collecteurs du Bassin Qa et Qc

Bassins versants		Période de retour	Pente	Débit	Section retenue et conditions d'écoulement					taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**I(‰)**	**Q (m3/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**V (m/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
QC	60,7	10	1,0	5,9	5,10	0,80	1,54	0,05	0	94%

- **Bassin Qa**

Il couvre une superficie de 121 ha. Le collecteur primaire se confond au collecteur primaire Q existant rebaptisé Qa de section trapézoïdale b=2.00 m, h =1.05, talus m= 3/1, fil d'eau 1‰ (par extrapolation des levés topographiques) capacité hydraulique 8m^3/s.

Le collecteur est en béton et en bon état, une partie de garde-corps (10% environ estimée) sera réhabilitée de même que le cavalier.

➢ **Bassin Qc**

La surface du bassin est de 61 ha. Le débit décennal est 5.9 m^3/s. En quittant le carrefour 16 ampoules et en longeant le collecteur actuel en direction du Giratoire sainte Cécile, le collecteur associé Qc, est projeté sur 10 m avant la rue 6.065 (intersection 8.016 et 6.065) et ensuite longe le caniveau gauche, côté riverains, passe par le giratoire en restant du même côté. Après le giratoire, le collecteur est dévié vers la chaussée sous forme de caniveau cadre pour éviter le mur en béton existant puis revient vers la limite gauche de la chaussée après le mur. A la hauteur du centre de santé de Ahouansori/ CEG du Lac, les collecteurs secondaires de la rue 6.144 s'y raccordent. Le collecteur devient alors cadre triple de section 3 x (170x80) jusqu'à l'exutoire actuel. La chaussée en place sera reconstruite, de même que l'autre chaussée située du côté de l'église sainte Cécile avec un dévers orienté vers le collecteur trapézoïdal.

Un bâtiment du centre de santé Ahouansori a été construit dans l'angle des rues 6.144 et 6.043 et déborde sur l'emprise. Ledit bâtiment a fait l'objet d'un vandalisme. Il est prévu sa reconstruction en un laboratoire + la salle de garde et aménagements connexes en respectant l'alignement correct par rapport à l'emprise de la rue. Le nouveau laboratoire sera construit et équipé dans le cadre du présent projet et sera un laboratoire type Centre de Santé Communal (Laboratoire de type CSC) et conforme aux modèles types de la pyramide sanitaire du ministère de la santé. Le modèle type et la liste des équipements mobiliers et médicaux nous ont été transmis par le Ministère de la Santé par le biais du médecin coordonnateur de zone sanitaire et les détails de cette infrastructure sont présentés dans la rubrique mesures d'accompagnement ci-dessous.

De même, les différents profils types de Qc se présentent comme suit :

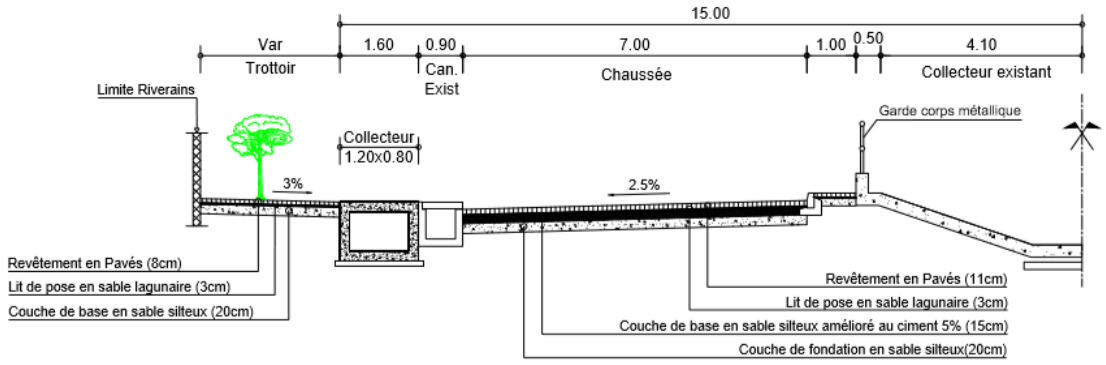


Figure 120 : Profil en travers type du collecteur Qc : PK0+175 – PK0+485

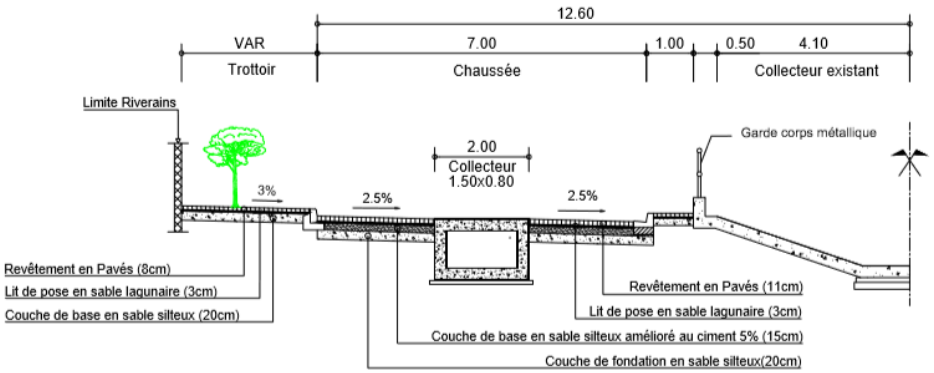


Figure 121 : Profil en travers type du collecteur Qc : PK0+485 –PK 0+775 et PK 0+875- PK0+950

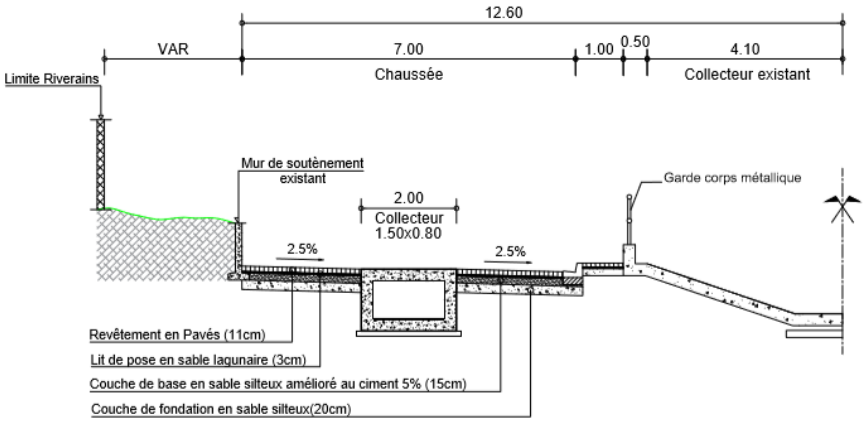


Figure 122 : Profil en travers type du collecteur Qc : PK 0+775 - PK 0+875

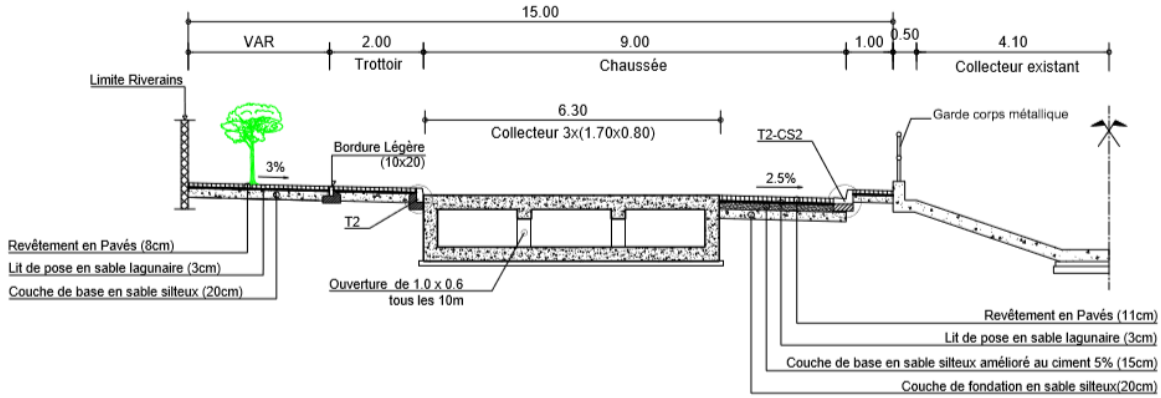


Figure 123 : Profil en travers type du collecteur Qc : PK0+950 – PK1+230

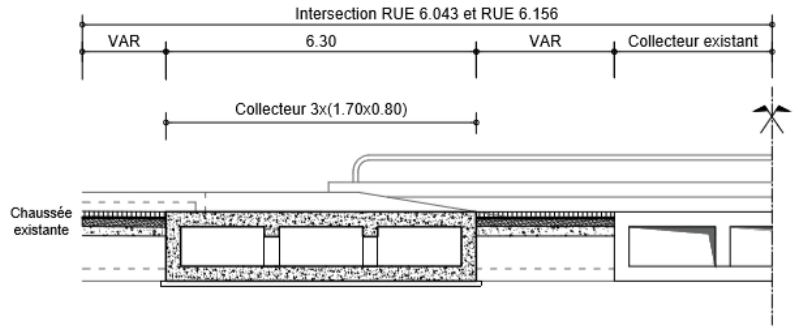


Figure 124: PROFIL EN TRAVERS TYPE_ Qc : RUE 6.043 PK 1+230 – PK 1+263

Quant à la chaussée côté Eglise (rue 6.043) du giratoire jusqu'à la rue la rue 6.156, elle sera reprise conformément au profil suivant

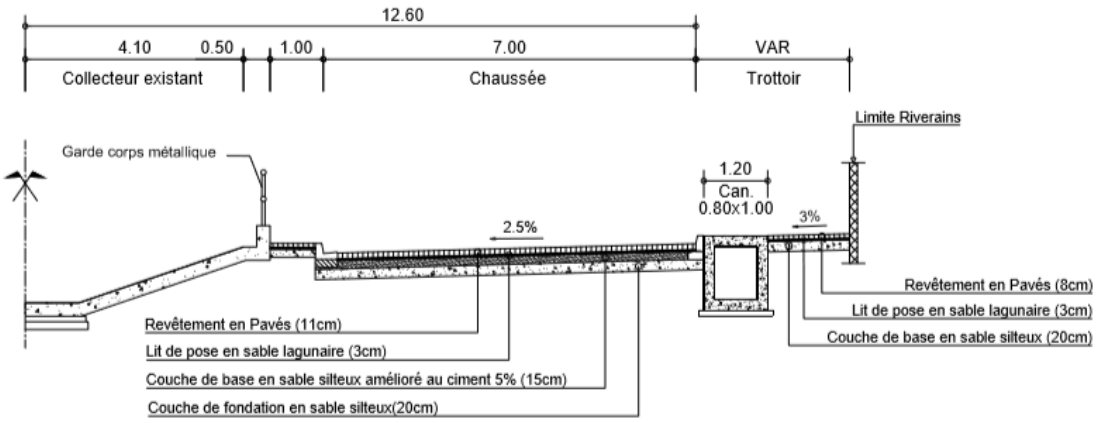


Figure 125: Profil reprise chaussée côté Eglise saint Ste Cécile

- **Le Canal exutoire**

A la fin du collecteur Qa, il existe un fossé en terre sur 250 ml. Le fossé est projeté pour être recalibré avec une protection en matelas Reno nécessitant des travaux de purge et d'apport de matériaux importants conformément au profil type suivant.

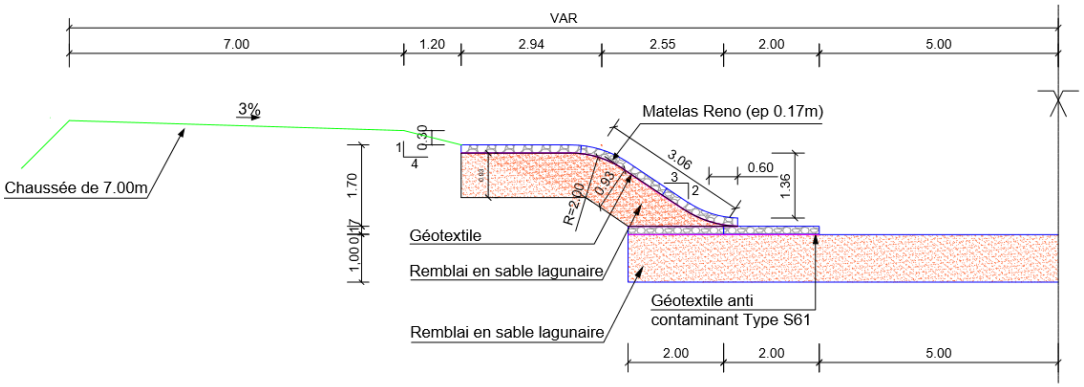


Figure 126 : Coupe type protection berge en matelas Reno (Exutoire Q)

Le collecteur Qa existant et le collecteur Qc seront raccordés au fossé, de même qu'il est prévu une connexion en attente symétrique au Qc sur le matelas Reno.

- **Les aménagements de rues dans les sous bassins Qa et Qc**

Dans les sous bassins Qa et Qc, les rues 6.144, 6.065, 6.130, 6.053, 6.057, 6.150, 6.148, 6.045, 6.132 et 6.134 ont été projetées pour être revêtues en pavé de même que la reconstruction des deux chaussées (rue 6.043) longeant le collecteur Qa.

La structure de chaussée adoptée est une couche de fondation de 20 cm en silteux naturel, une couche de base de 15 cm en silteux traité au ciment (≈5%) et le revêtement sera en pavé de 11 cm sur un lit de pose de 3 cm de sable lagunaire.

La structure des trottoirs est composée d'une couche de base de 20 cm en silteux naturel et un revêtement en pavé de 8 cm sur un lit de pose de 3 cm de sable.

○ La rue 6.144

La rue 6.144 relie l'avenue de l'Ouémé (rue 8.003 ou tronçon de rue pavée carrefour 16 ampoules - carrefour la référence) au collecteur Qa existant. Il dessert le centre de santé d'Ahouansori, l'école maternelle de TOWETA, la Direction de la Prospective et du Développement Municipal et bien d'autres. Il sert aussi d'exutoire pour plusieurs rues, et présente un ravinement prononcé par endroits, provoquant un décalage important par rapports aux seuils d'entrée des riverains ; certains se retrouvent à près d'un 1.00 m au-dessus du TN ce qui rend l'accès très difficile à leurs domiciles. Une amorce de caniveau est réalisée et est raccordée au collecteur à ciel ouvert existant mais la pente du fil d'eau ne respecte pas la topographie de la rue, de plus les deux amorces de caniveau ne fonctionnent pas correctement. En effet la rue 6.144 offre une pente plus forte. En remplacement des amorces de caniveaux existants, deux caniveaux seront construits de part et d'autre délimitant une chaussée projetée de 7.00m en pavé +T2-CS2. Les deux caniveaux auront une pente de 6.9 ‰ contre moins de 2‰ estimé pour l'existant ; ce qui leurs confère une plus grande capacité hydraulique.

Les profils successifs de la rue 6.144 incluant les aménagements projetés sont schématisés comme suit :

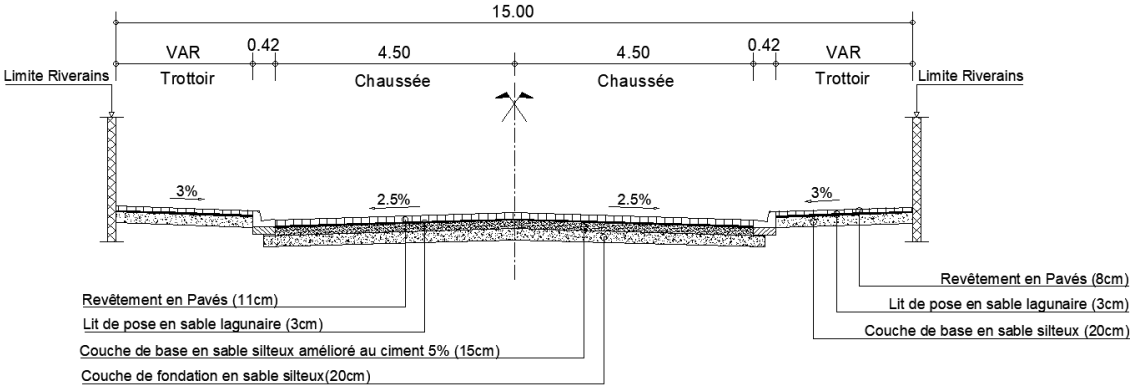


Figure 127: Profil en travers type Qc : Rue 6.144 : Pk 0+000 – Pk 0+090

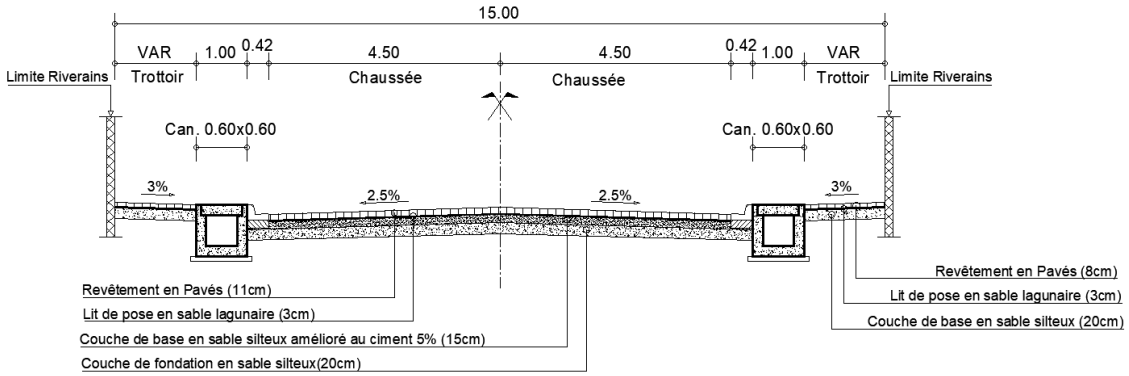


Figure 128: Profil en travers type du collecteur Qc - RUE 6.144: PK 0+090 – PK 0+200

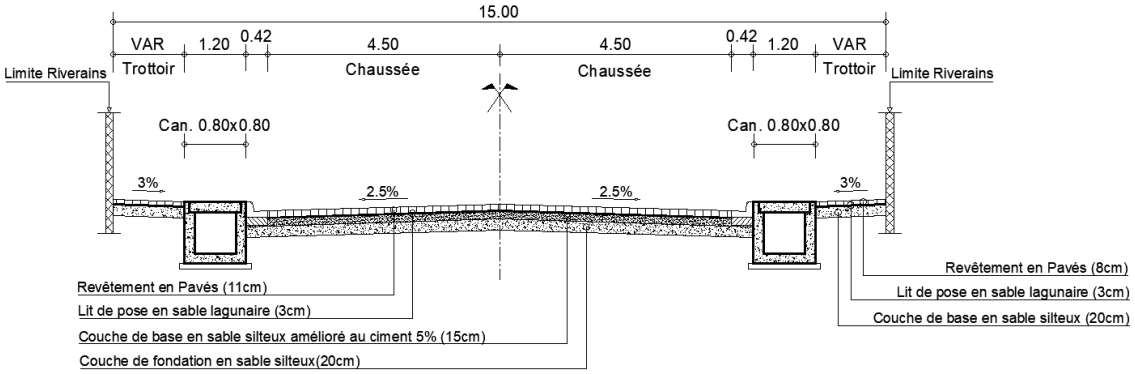


Figure 129 : Profil en travers type du collecteur Qc - RUE 6.144 : PK 0+200 et suivant

- **Les mesures d'accompagnement.**

Aux travaux d'aménagement des sous bassins Qa-Qc, sont associés la construction et l'équipement d'un laboratoire de type centre de santé en termes de mesure d'accompagnement.
Les travaux visent la construction d'un **Laboratoire** « **type Centre de Santé Communal** » et d'une salle de garde au centre de santé de Ahouansori dans le 6ème arrondissement. La consistance des travaux se présente comme suit :

1. La démolition de toutes les constructions et sous bassement dans le périmètre visé (Bâtiments, pan de murs, puisards, fosses septiques, divers sous bassement, etc.)

2. La construction,
   - d'un laboratoire ; conformément aux plans et pièces graphiques Le laboratoire est composé des pièces suivantes :
     - ✓ d'une salle de prélèvement (12m²) ;
     - ✓ d'une salle de manipulation biochimie (19,65 m²) munie de paillasse ;
     - ✓ d'une salle de manipulation parasitologie et hématologie (19,65 m²) munie de paillasse ;
     - ✓ d'une salle des donneurs de sang (12m²) ;
     - ✓ d'une salle poste de cession de sang (15m²) ;
     - ✓ d'une salle de transcription des résultats (10,60m²)
     - ✓ d'un bureau des techniciens (12m²)
     - ✓ d'un vestiaire et d'une toilette (13m²)
     - ✓ d'un hall / attente (42,55m²)
     - ✓ d'une terrasse (20,30m²)
     - ✓ d'une cage d'escalier (13,45 m²)
   - d'une salle de garde composée de :
     - ✓ deux pièces polyvalentes (12 m² et 9 m²)
     - ✓ des deux toilettes mitoyennes.
   - la reconstruction d'un pan de mur d'environ 25 ml conformément au modèle existant ;
   - la construction d'un incinérateur type Montfort type 8,
   - la fourniture et pose de 06 lampadaires solaires,
   - l'aménagement d'espace vert y compris 03 bancs publics simple assisse,
   - Le pavage (pavé de 08cm) de la cour.

Les deux bâtiments à construire seront en dalle à poutrelle avec une cage d'escalier capable de supporter un tank de 5 m^3 d'eau.

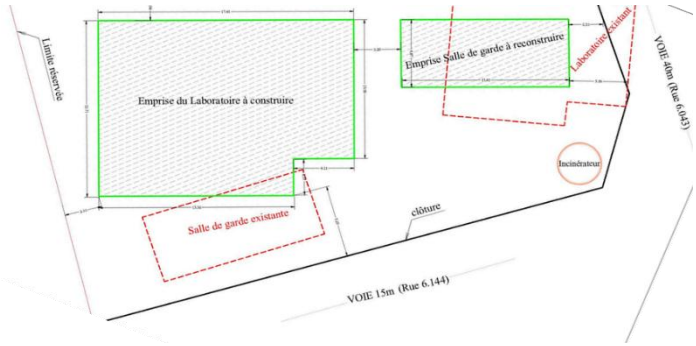
La cour sera aménagée en pavé de 8 après terrassement, réglage, puis la mise en place et le compactage d'un remblai de 20 cm minimum en sable silteux.

Pour la gestion des eaux usées et excréta, il est prévu la construction :

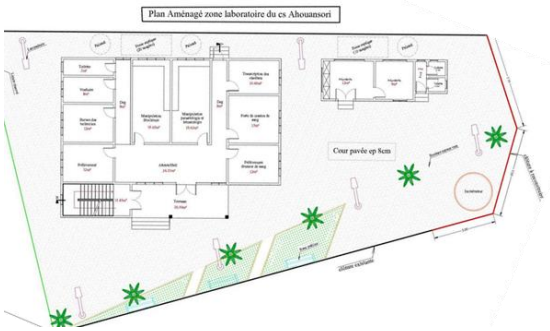
- D'une fosse septique de 20 usagers + 02 puisards de diamètres 1,50 m intérieur et de profondeur 2 m pour le laboratoire ;
- D'une fosse septique de 10 usagers + 01 puisard de diamètre de 1,50 intérieur et de profondeur 2 m pour la salle de garde.

L'équipement du laboratoire est conforme à la liste homologuée pour les laboratoires de niveau « Centre de Santé Communal » par le ministère de la Santé Publique en République du Bénin

Le laboratoire et la salle de garde projetés sont illustrés par quelques plans ci-après.



Plan de masse



Plan d'aménagement



Perspective laboratoire



Perspective salle de garde

Figure 130: Plans de masse, d'aménagement et perspectives du laboratoire de Type CSC au CS d'Ahouansori

5.14.2 Synthèse des travaux projetés dans le sous bassin Qb

Tableau 57 : synthèse des Collecteurs Projetés dans le Bassin Qb

Collecteur /sur-face drainée	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
Qb (58ha)	820	Trapézoïdale B=3 m, h =1 talus 1/1	40 m environ avant la rue 6.015	Intersection rues 6.104 6.001	Présence de bas fond nécessitant de purge importante
	305	Collecteur cadre 2 x (180x100)	Intersection rues 6.104 6.001	Chenal de Co-tonou	
Linéaire Total	**1 125**				

Tableau 58 : Synthèse des rues Projetées dans le bassin Qb

Rues	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
6.104	1 300	Emprise 40 m Deux chaussées de 9 m chacune séparées un TPC de 12 m incluant le collecteur Qb+ trottoir 2 m et revêtement jusqu'au riverains. Partie Avale. Emprise 12 : Chaussée 7.0 m incluant T2-CS.	Giratoire Sainte Cécile)	Chenal de Cotonou	Purge importante
6.021	130	Emprise 15 m : Une chaussée de 9 m +T2-CS2 + deux trottoirs de 2 m chacun et aménagement jusqu'aux riverains	Giratoire Sainte Cécile	Rue 6.086 (intersection rues 6.021 et 6.086)	Bas-fonds nécessitant de purge
Linéaire Total			**1 430**		

➢ **Bassin Qb**

La surface drainée est de 58 ha. Il est projeté suivant l'itinéraire de la rue 6.104, un collecteur trapézoïdal avec les caractéristiques géométriques suivantes (b= 3, H=1, B=5 talus m=1/1) avec un revêtement béton. Le fil d'eau de l'ouvrage projeté est de 1‰ et le collecteur est dimensionné pour un débit T10. Le collecteur projeté sera axé sur l'emprise de la rue 6.104 qui elle-même est projetée pour être pavée dans le cadre du présent projet. Compte tenu de la réduction d'emprise passant de 40 m à 12 m, le collecteur passera d'une section trapézoïdale à un caniveau cadre de section 2x180 x 100 juste avant l'intersection avec la rue Imp. 6.001.
Les différents profils type du collecteur se présentent comme suit.

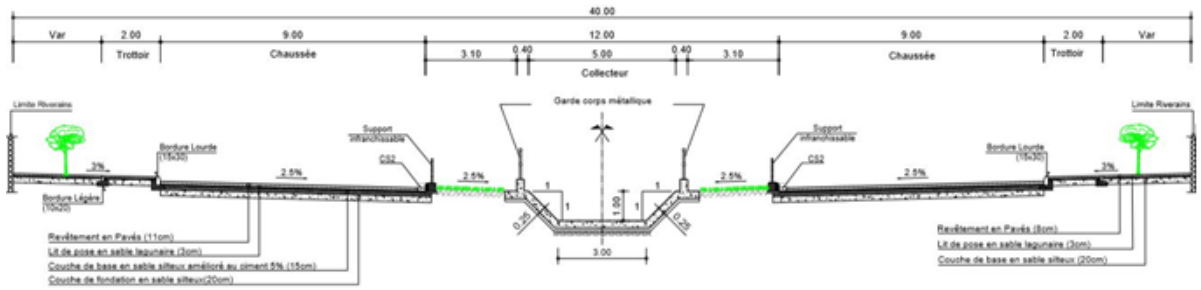


Figure 131 : Coupe du collecteur Qb de PK 0+150 à PK 0+975

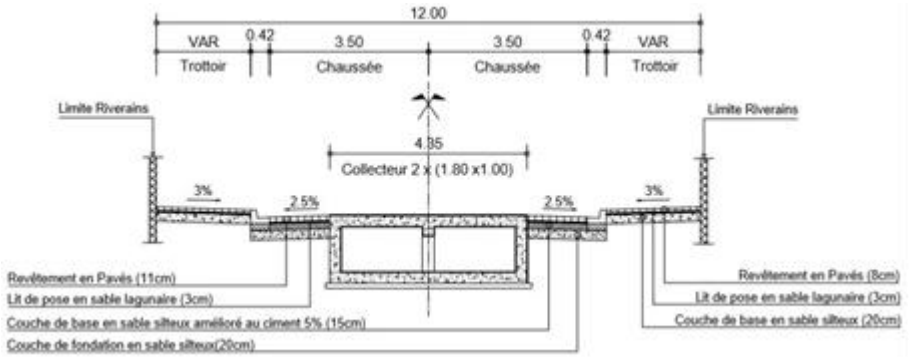


Figure 132: Coupe Collecteur Qb, partie Aval, PK0+975 à Pk1+273

La réalisation des travaux nécessite une quantité importante de substitution de matériaux (purge et remblais). Un clapet anti-retour et un ouvrage de tête en forme de mur en aile + bêche + enrochement seront mis en place à l'arrivée du collecteur dans le chenal.

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques techniques du collecteur Qb

Tableau 59: caractéristiques techniques u Collecteur Qb

Bassins versants		Période de retour	Pente	Débit	Section retenue et conditions d'écoulement					taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**I(‰)**	**Q (m3/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**V (m/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
QB (à Ciel ouvert)	58,0	10	1,0	5,7	3,00	1,00	1,63	0,10	1	87%
QB (Collecteur cadre)	58,0	10	1,0	5,7	3,60	1,00	1,63	0,03	0	97%

- **<u>Les rue 6.104 et 6.102</u>**

La rue 6.104 est la rue de service du collecteur Qb. Son emprise est de 40 m jusqu'à la hauteur de la rue 6.001. L'aménagement projeté est la construction de deux chaussées de 9.00 m chacune et un TPC de 12 m incluant le collecteur Qb et l'aménagement des trottoirs jusqu'aux riverains suivant le profil type suivant.

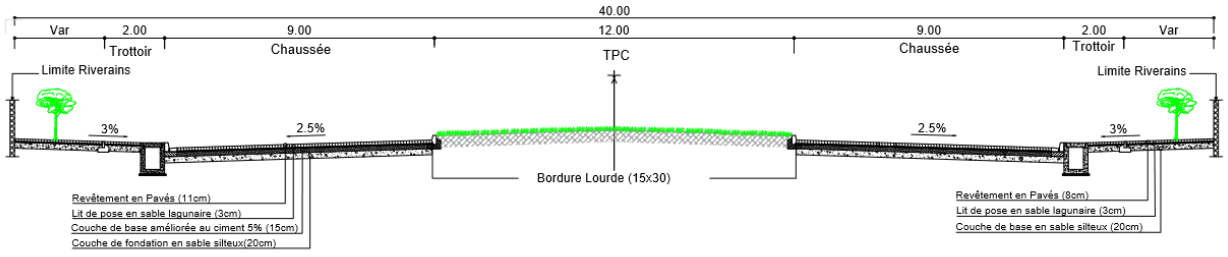


Figure 133 : Profil en travers type de la rue 6.104 : PK0+000 à PK0+150

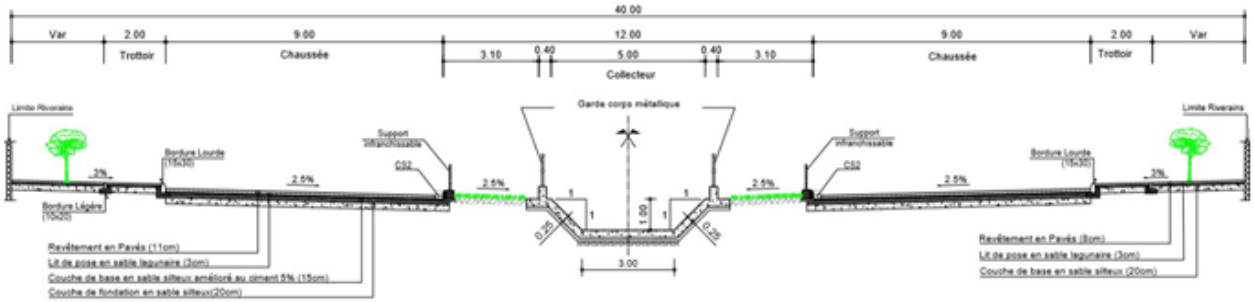


Figure 134 :Profil en travers type de la rue 6.104 : PK0+150 à PK 0+970

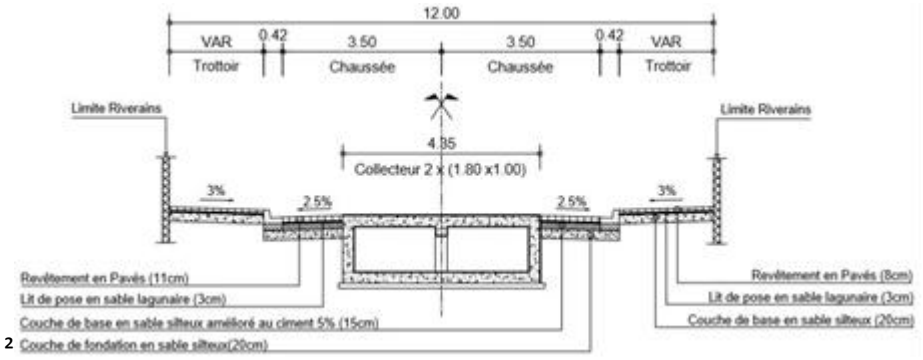


Figure 135 : profil type des rues 6.104-6.102 de PK0+970 à PK1+274

- **La rue 6.021**

La rue 6.021 est longue de 130 m et débouche sur le giratoire Sainte Cécile, il est à l'état de bas-fond impraticable sur une bonne partie de son linéaire. Il sert d'exutoire aux rues 6.086, 6.092 et 6.098 et se déverse lui-même dans le giratoire entrainant une stagnation d'eau.

L'aménagement projeté est une chaussée de 7.0 m et deux trottoirs par revêtement jusqu'aux riverains suivant le profil type ci-dessous.

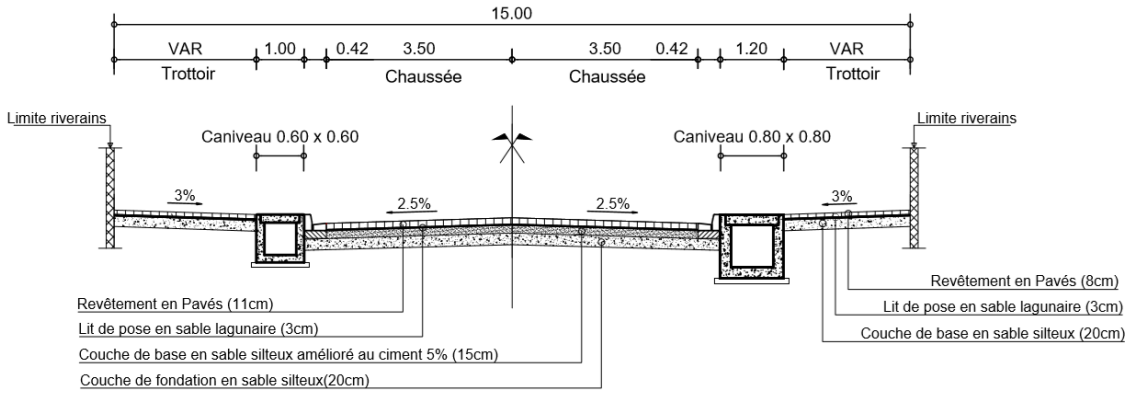


Figure 136 : Profil en travers type de la rue 6.021

Par ailleurs des amorces de caniveaux et de pavage de rues sont projetées sur les rues 6.086, 6.092 et 6.098 afin de corriger le phénomène de stagnation d'eau ci-dessus décrit.

5.15 BASSINS Ra, Rb, Rc, Rd et S

5.15.1 Synthèse des travaux projetés

Les bassins Ra, Rb, Rc, Rd et S drainent les quartiers de ABOKICODJI LAGUNE, ABOKICODJI CENTRE, GBEDJEWIN, SODJATINMIN OUEST, SODJATINMIN CENTRE, MISSESSIN, DEDOKPO, FIFATIN, GBENONKPO, KPANKPAN et ADJEGOUNIE.

Les collecteurs associés Ra, Rb, Rc et Rd forment un ensemble dans le périmètre délimité par pont de Dantokpa (DEDOKPO) – carrefour SOBEBRA –Troisième PONT (CIMETIERE chrétien) - Chenal de Cotonou (Berge Est). Le collecteur S, pour des raisons techniques liées aux réseaux existants sera partiellement dévié de son itinéraire vers le nord à partir du la ciné concorde pour se jeter toujours dans le chenal de Cotonou.

Au plan diagnostic, les cinq collecteurs ont des sections insuffisantes. Les solutions proposées par le consultant consistent soit :

- à remplacer ou reconstruire le collecteur (Ra, Rc, les tronçons Amont et Aval de S)
- à dévier la trajectoire de S depuis Carrefour Ciné Concorde,
- à construire de nouveaux collecteurs (Rb-Rd)

Tableau 60 : synthèse des collecteurs projetés dans les bassins Ra, Rb, Rc, Rd & S

Collecteur /surface drainée	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
Ra (51ha)	1 835 290	Collecteur Rectangulaire en remplacement de l'existant, longeant la rue 4145-3.002 (Av Mgr Isidore de SOUZA, côté Sud) de largeur 1.00 m et de hauteur variable de 0.90 m à 1.50 m depuis le giratoire de la Béninoise jusqu'à la hauteur de la rue 4.204 (Pk0+700) ; Ensuite 150 x 90 à 150 jusqu'à la rue 4.139 (à la hauteur de l'Eglise Sacré-Cœur, PK1+150. Après : 2x100x90 à 150 jusqu'à la rue 4.105 (Pk1+835) (**A l'exutoire** existant : Collecteur trapézoïdal de petite B = 3.0m, hauteur h=1.0m, fruit m=1), du côté du pont le talus du collecteur sera coulé sur le t cône du pont et sera différent de la valeur projetée.	A la hauteur du Giratoire SOBEBRA	Chenal de Cotonou (berge Sud-Est) du pont Dantokpa,	Blindage des fouilles Mesures à prendre : protéger le talus de la rampe d'accès au pont pendant la démolition de l'existant et la construction du nouveau
Rb-Rd (47ha-13ha)	500	Collecteur cadre enterré 2x1.25 x150	Intersection rues 4.116-4.125	Chenal de Cotonou (Rue 4.118)	Déviation de l'itinéraire vers la droite après la traversée de la rue Bel Air (Rue 4.107)
Rc	1 153	Caniveau trottoir (côté gauche) 2x (125x100) Pk0+000 à PK0+690 et caniveau cadre de section 2x (170x100) centré sur l'emprise de PK0+690 à PK1+153	Intersection rues (4.127, 4.129, 4.116)	Chenal de Cotonou (rue 4.170)	Rehaussement progressif du fil d'eau du collecteur aval par la construction d'un nouveau collecteur.

Collecteur /surface drainée	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
S/Sb	2 536 300	De PK0+000 à PK0+650 : 120 x 90 à 150 le long de la rue 4.145 (Av Mgr de Souza, côté Nord) jusqu'au carrefour Ciné Concorde, De pk0+650 à pk1+525 Caniveau cadre 2x(100x150) centré sur l'emprise de la voirie Itinéraire, rue 2.003-3.056 De Pk 1+525 à Pk 2+536 (fin) : caniveau cadre 2x (150x150) centré sur l'emprise de la voirie Itinéraire : rues 3.028-3.032-3.030 chenal. Avenue Mgr De Souza - rues 2.003, rue 3.056 -rue 3.127 – rue 3.028 – rue 3.039 – rue 3.032 – rue 3.030 **Exutoire existant** : Canal trapézoïdal d'environ 300m vers le chenal le long du pont A remplacer par un canal trapézoïdal de fruit m=1 b= 2.0m et h=1.0m	A la hauteur du Giratoire SOBEBRA	Chenal de Cotonou (au pied de la culée du pont de Dantokpa, côté Nord)	Exutoire : Mesures à prendre pour protéger le talus de la rampe d'accès au pont pendant la démolition de l'existant et la construction du nouveau collecteur La construction de ce tronçon de collecteur pourra nécessité la reconstruction à l'identique de la clôture du point de regroupement.
Linéaire Total	**6 614**				

Tableau 61 : Synthèse des rues et autres aménagements Projetés dans les bassins Ra, Rb, Rc, Rd et S

Rues /Trottoirs	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
3.056- 3.028-3.034-3.032 3.030	1536	Emprise : 20 m et 12 m : chaussée 11 m +T2-CS2 et 7.0 m + T2-CS2 respectivement pour les rues de 20m et 12m +trottoirs	Intersection rues 2.003/3.056	Chenal de Cotonou	Nécessité de purge vers la fin des rues
Rues 4.127-4.168 -4.168	1153	Chaussée variable : aménagement suivant le profil type	Début du collecteur Rc	Fin collecteur Rc	
Rue 4.118	87	Itinéraire Aval du Collecteur Rb-Rd (Rue de service) : chaussée de 9.0 m + caniveau + trottoirs	Rue bel Air (rue 4.107)	Chenal de Cotonou	

Rues /Trottoirs	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
4.236	300	Emprise variable 16-20m : chaussée de 9 m +T2-CS2 +piste côté collecteur +trottoir côté riverains	Terrain situé dans l'angle de rue 4.107	Chenal de Cotonou	
3.004	300	Emprise variable : Chaussée de 6 m + piste côté collecteur + trottoir côté riverains	Rue 3.039 (rue pavée « Bel Air »)	Rue Pavée 3.016	
3.002-4.145 (trottoirs)	2x 1 800	Aménagement de trottoirs entre collecteur et Riverains	Giratoire de la « Béninoise »	Pont de Dantokpa (Rue 4.107/3.039ou rue Bel-Air	
Linéaire Total	**3 376 + 2 x 1 800 de trottoirs**				

Ci-dessous le plan d'ensemble des aménagements projetés.

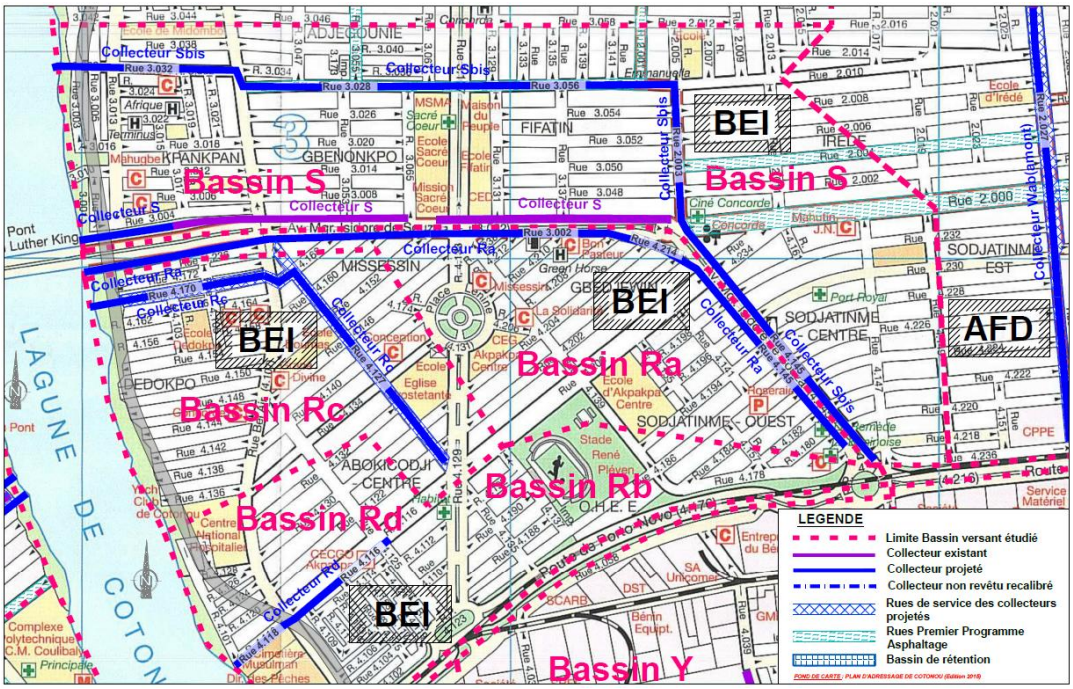


Figure 137 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans les bassins Ra, Rb, Rc, Rd & S

Le tableau ci-dessous renseigne sur les caractéristiques techniques des collecteurs des bassins Ra, Rb, Rd, Rc et s

Tableau 62 : caractéristiques techniques des collecteurs RA, Rb, Rc, Rd et S

Bassins versants		Période de retour	Pente	Débit	Section retenue et conditions d'écoulement					taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**I(‰)**	**Q (m³/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**V(m/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
Rc	36,0	10	1,2	8,0	3,40	1,30	1,93	0,08	0	94%

Bassins versants		Période de retour	Pente	Débit	Section retenue et conditions d'écoulement					taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**I(‰)**	**Q (m³/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**V(m/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
Ra	51,0	10	1.7	5,8	3,00	1,00	1.98	0,22	1	74%
S_Aval	20	10	1,7	4,1	2.00	1.00	1.9	0.21	0	74%
Sb	60,0	10	1,0	7,6	3,00	1,50	1,8	0,09	0	94%
Rb-Rd	60,0	10	3,5	9,2	2,50	1,50	3.0	0,28	0	81%

5.15.2 Les Collecteurs projetés

- **Le Bassin Ra**

Le bassin Ra couvre une superficie de 51 ha, les débits T10 est de 5.8 m^3/s. Le collecteur primaire Ra existant est le caniveau de drainage longeant l'Avenue Mgr Isidore de SOUZA côté Sud, (section de route Carrefour SOBEBRA-Pont de Dantokpa,). Le linéaire total relevé est de 2 124 m. De PK0+000 à PK1+835 la section est rectangulaire variable de l = 0,80 m à 1.00 m et h = 0.80 m à 1.30 m. De Pk1+835 à PK 2+124, le collecteur est trapézoïdal (b=1.30 m, B=2.80 m & h=1.00m). La solution proposée consiste à reconstruire un nouveau collecteur de section variable

- De PK+000 à PK0+700 : collecteur rectangulaire de section 100 x90 à 150 ;
- De PK0+700 à PK1+150 : collecteur rectangulaire de section 150 x 90 à 150
- De PK 1+150 à PK1+835 : collecteur rectangulaire de section 2x (100 x 90 à150).
- De PK1+835 à PK2+124 : collecteur trapézoïdal des section b=3.0, H =1.0, m =1

Les profils types correspondants aux différents aménagements projetés sont joints ci-dessous :

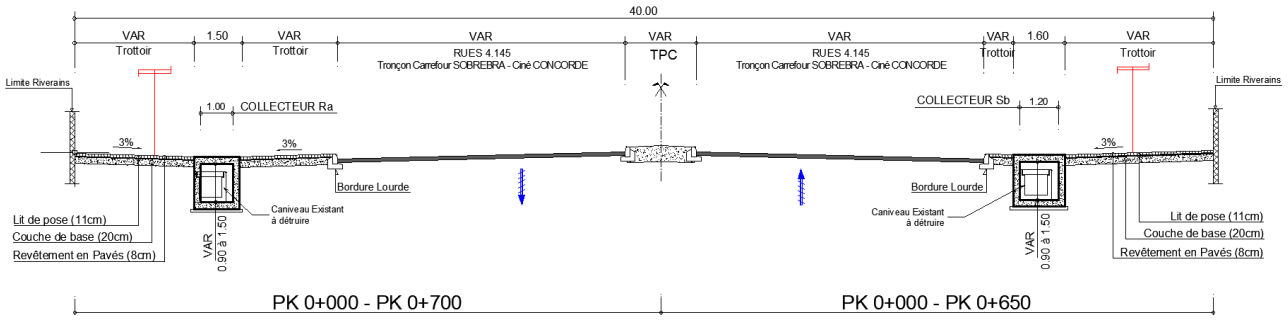


Figure 138 : Profil en travers type du collecteur "Ra, PK0+000 à PK0+700 et "S ": PK0+000 à PK0+650

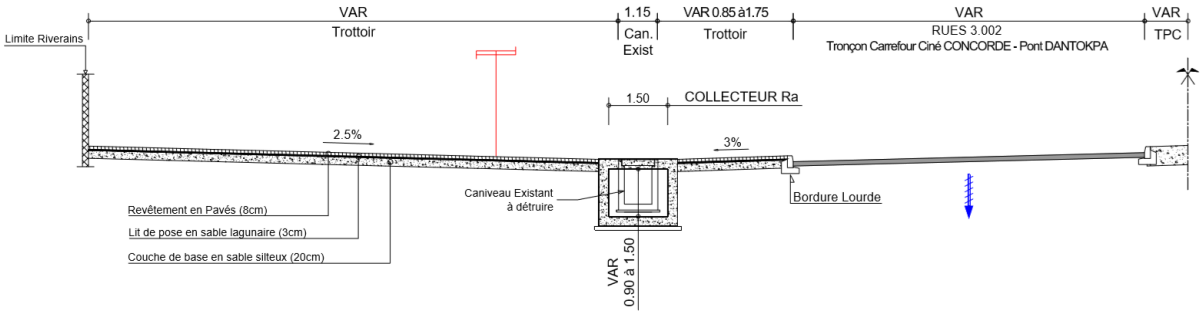


Figure 139 : Profil en travers type du collecteur "Ra-" : PK 0+7000 - PK 1+150

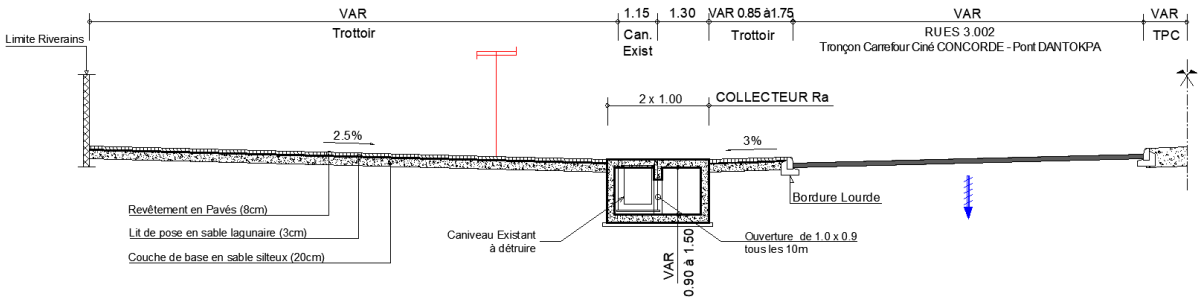


Figure 140: Profil en travers type du collecteur "Ra": rue 3.127, PK 1+150 PK 1+835

Vers l'exutoire le collecteur trapézoïdal existant sera remplacé par un autre de dimensions (b=3.0 m, H= 1.0m, fruit m = 1), le talus du collecteur côté pont sera réalisé sur le talus de la rampe auquel il devra s'ajuster comme l'indique le profil type suivant :

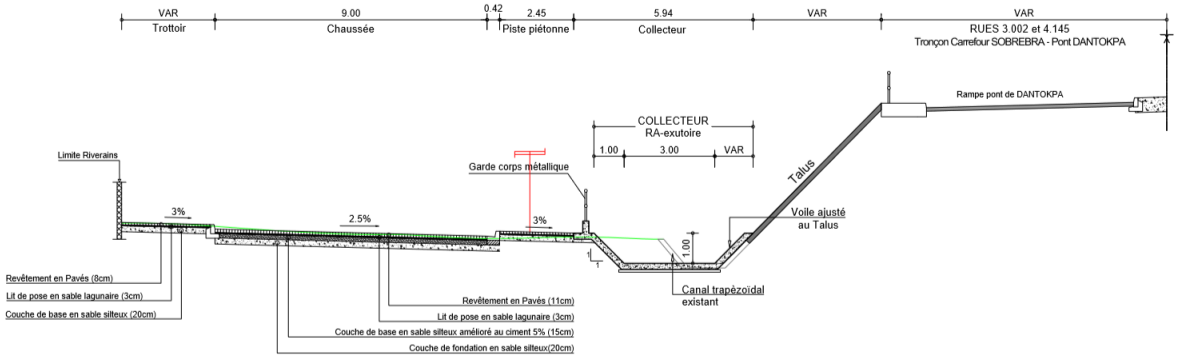


Figure 141 : Profil en travers type du collecteur Ra exutoire : PK 1+835 – PK2+125

La réalisation des travaux projetés sur cette section nécessite une attention particulière en ce qui concerne le talus de la rampe d'accès au pont de Dantokpa qui doit être bien étayé pendant la démolition de l'existant et la réalisation du nouveau collecteur.

- **Les bassins Rb et Rd**

Les superficies des bassins Rb et Rd sont respectivement de 47 ha et de 13ha. Les débits T10 sont respectivement 6.4 m^3/s et 4 m^3/s. Le collecteur primaire Rb existant sera maintenu alors que le collecteur Rd sera délaissé. En effet il est obstrué par plusieurs constructions dont le point de regroupement des déchets solides ménagers, une mosquée et d'autres constructions.

Le nouveau collecteur projeté sur la base de la configuration du terrain drainera les bassins Rb et Rd. Il est dimensionné pour le débit T10 évalué à 9.2 m^3/s.

Il est projeté un collecteur cadre enterré 2x1.25x150 depuis l'intersection des rues 4.116 et 4.125 et suivant l'itinéraire de la rue 4.116. Dans la rue 4.116, le collecteur est implanté à gauche conformément au profil suivant :

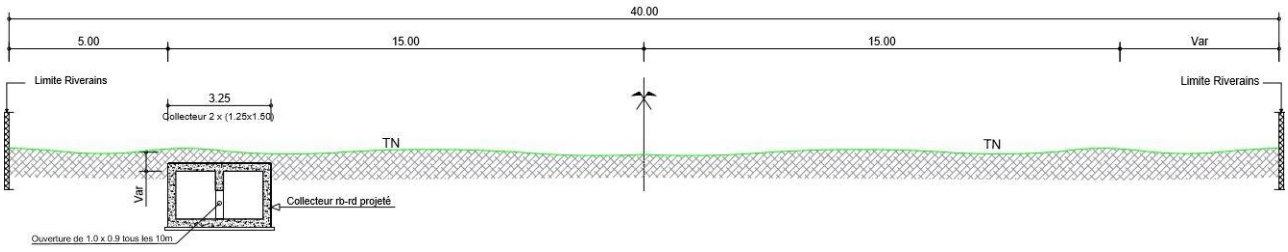


Figure 142 : Profil e type Rb-Rd : RUE 4.116 : PK 0+000 – PK 0+313

Le collecteur traverse la rue pavée 4.107 (Rue bel Air) et suit l'itinéraire de la rue 4.118 où Il sera implanté à droite pour éviter les constructions qui ont obstrué l'existant et décrites plus haut et pour rejoindre le chenal de Cotonou, l'exutoire suivant le profil type ci-dessous

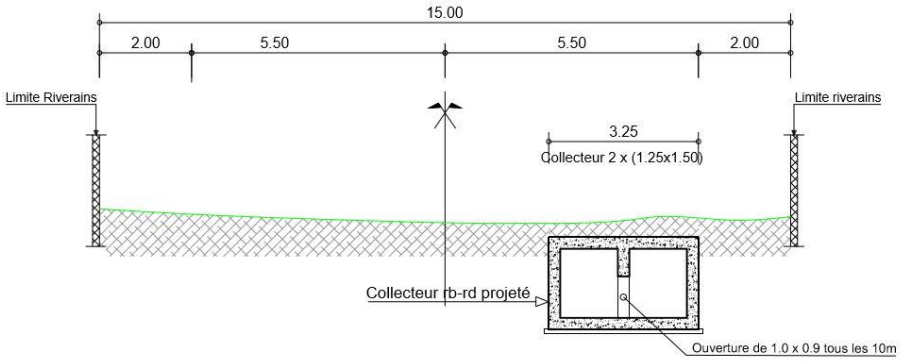


Figure 143: Profil type Rb-Rd: RUE 4.118: PK 0+313 – PK 0+500

- **Le Bassin Rc**

Le bassin Rc draine une superficie de 36 ha. Le débit T10 est de 8.0 m^3/s. Le collecteur primaire Rc existant à l'aval est un caniveau cadre 2x (100x130) depuis l'intersection de la rue 4.170 et 4.107 (rue Bel Air) et ayant pour exutoire le chenal en fin de la même rue (4.170). Le diagnostic révèle un collecteur de section insuffisante, de plus, le fil d'eau du collecteur est très bas et il est en charge presque toute l'année ; c'est donc un collecteur qui ne fonctionne donc pas normalement.

Prenant en compte le sens d'écoulement, le raccordement préférentiel au collecteur et la topographie, il est projeté un autre collecteur depuis l'intersection des rues 4.127, 4.129 et 4.116, suivant successivement les itinéraires des rues 4.127, 4.168 et 4.170. Le Collecteur sera implanté à gauche dans les rues 4.127 et 4.168. Il sera centré sur l'emprise de la rue 4.170 en remplacement de l'existant et finit au bout de la dernière rue dans le Chenal. La côte du collecteur à l'arrivé du chenal est de 1.20 m IGN proche de celle de la crue décennale (1.25 m IGN). Il est projeté également le pavage de la rue de service 4.170.

Les profils successifs de ce collecteur se présentent comme suit

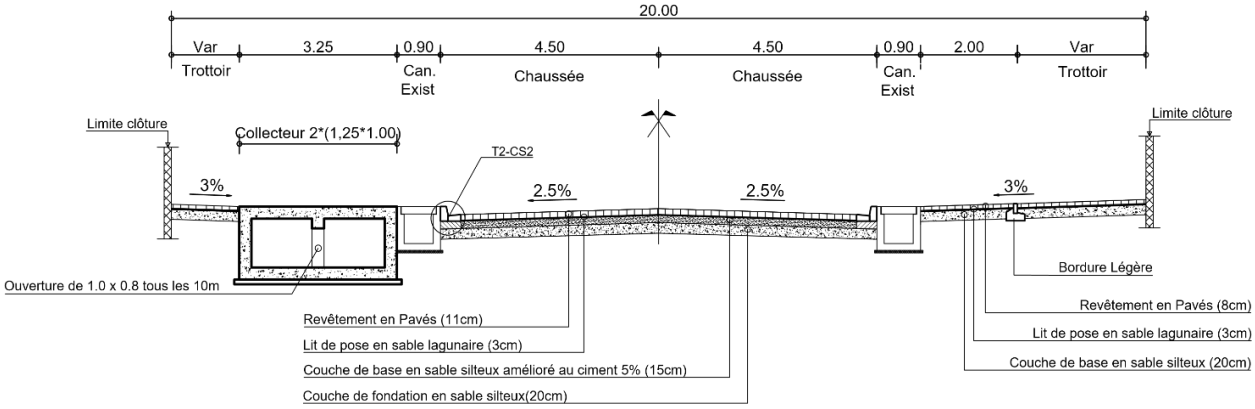


Figure 144 : Profil en travers type du collecteur RC - Rue 4.127 : PK 0+000 – PK 0+545

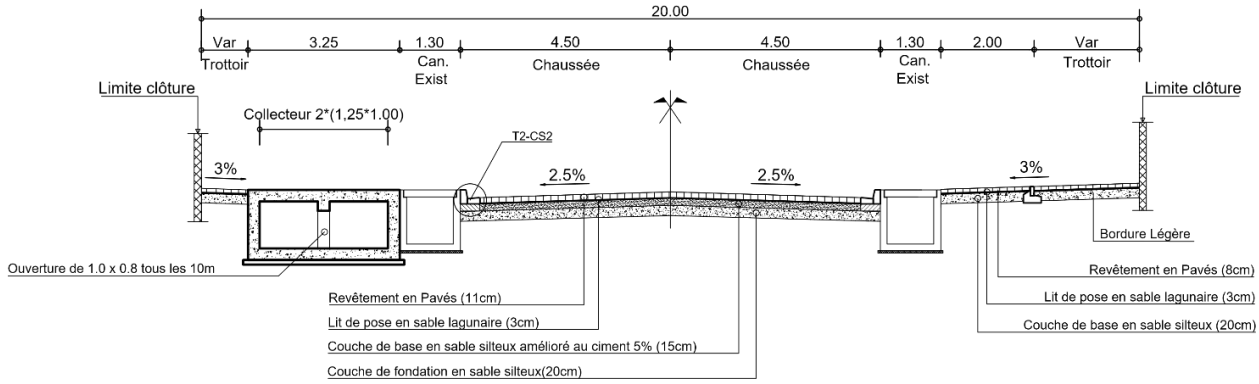


Figure 145 : Profil en travers type du collecteur RC - Rue 4.127 : PK 0+545 – PK 0+625

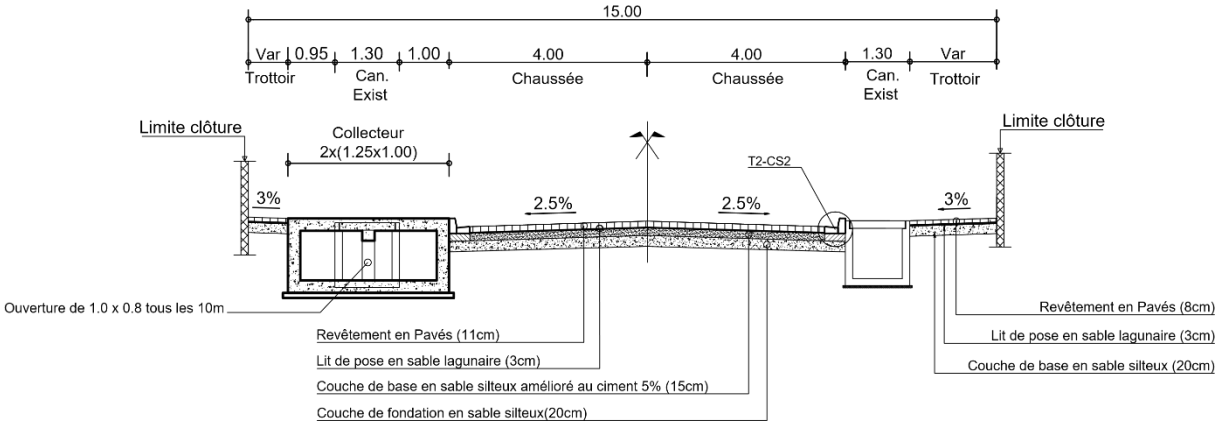


Figure 146 : Profil en travers type du collecteur RC - Rue 4.168: PK 0+625 – PK 0+690

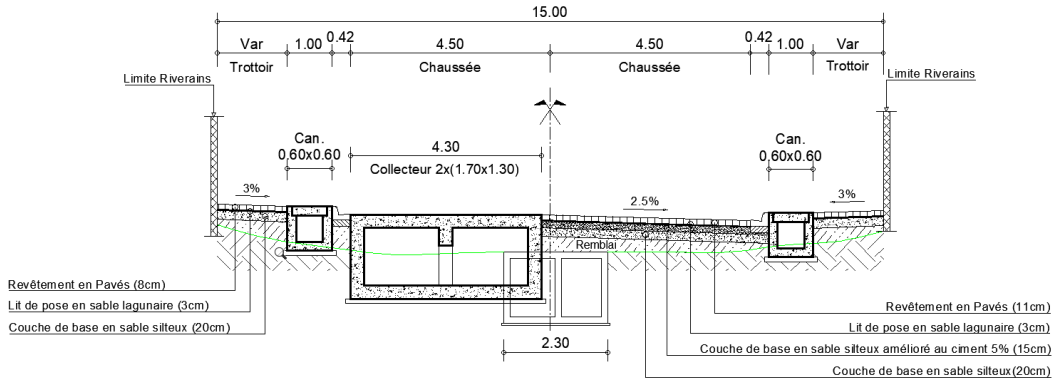


Figure 147 : Profil en travers type du collecteur RC - Rue 4.170: PK 0+730 – PK 1+153

➢ Le Bassin S

La superficie drainée est de 80 ha. Le débit T10 est évalué à 9.1 m^3/s. Le collecteur S est semblable au collecteur Ra. Le linéaire total de l'existant est de 2184m. C'est un collecteur rectangulaire de section variable l=0.80 m à 1.00 m et h = 0.9 m à 1.50 m de Pk0+000 à PK1+885 suivi d'une section trapézoïdale (b=1.15 m, B =3.15 m, h =1.05 m) de Pk1+885 à PK2+184.

La solution proposée est le remplacement du collecteur S depuis le PK0+000 (carrefour de la SOBEBRA) jusqu'à CINE CONCORDE, un peu avant l'intersection avec la rue 2.000. Compte tenu de la densité des réseaux existants entre la voir bitumée et les riverains, et qui nous a été annoncé lors de la restitution de l'APD en décembre 2017, le nouveau collecteur S sera dévié à droite (Au nord) pour emprunter les rues 2.003 –3.056 –3.028 –3.032 et 3.030 avec des sections respectives :

- De PK0+000 à PK0+650 : 120 x 90 à 150 en remplacement de l'existant le long de l'Av Mgr Isidore de SOUZA. Le profil type adopté est le suivant

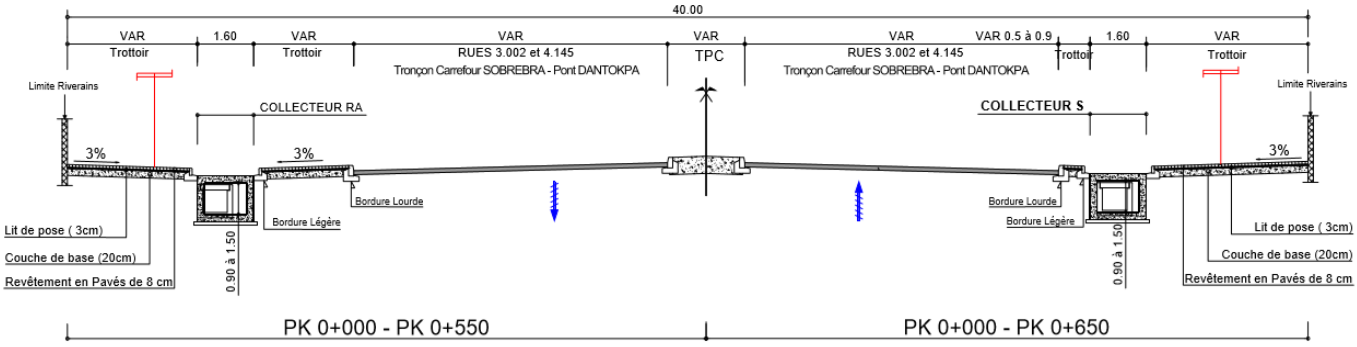


Figure 148 : Profil en travers type du collecteur S (à droite) : PK0+000 à PK0+650

- De pk0+650 à pk1+525 : il est projeté la construction d'un caniveau cadre 2x(100x150) suivant les profils types :

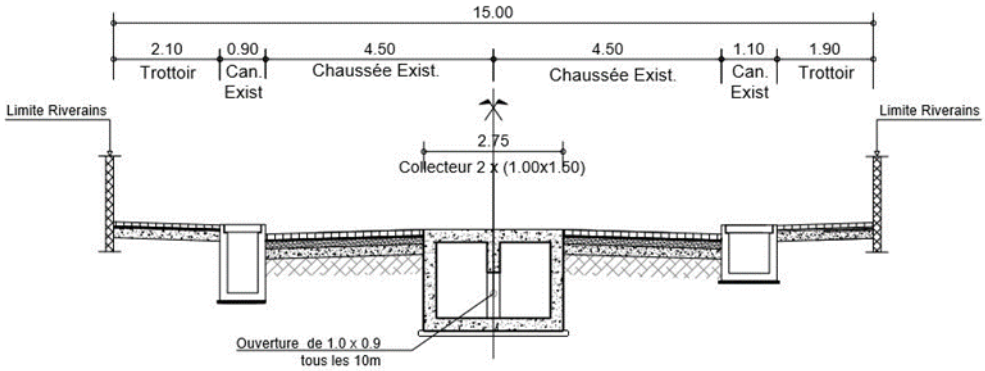


Figure 149 : Profil en Travers type du collecteur "Sb»: RUE 2.003: PK 0+650 - PK 1+000

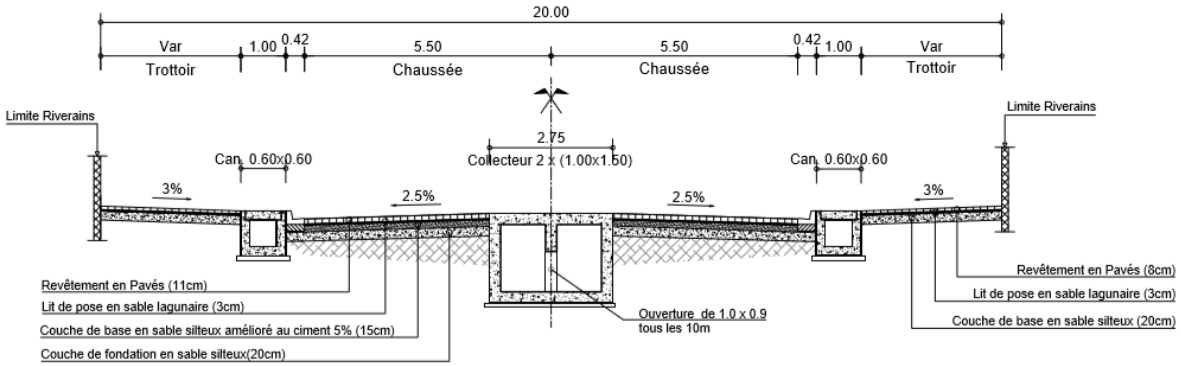


Figure 150 :Profil en Travers type du collecteur "Sb»: Rue 3.056 intersection rue 3.127 PK 1+000 - PK 1+525

- De Pk 1+525 à Pk 2+536 (fin) : le colleur projeté passe à une section 2x (150 x150) suivant les profils types ci-après

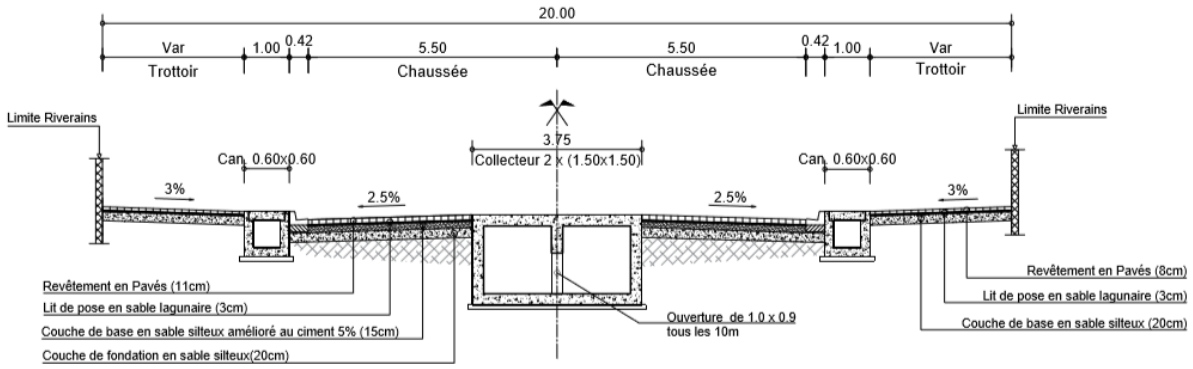


Figure 151: Profil en travers type du collecteur Sb: RUE 3.028- PK 1+525 – PK 1+825

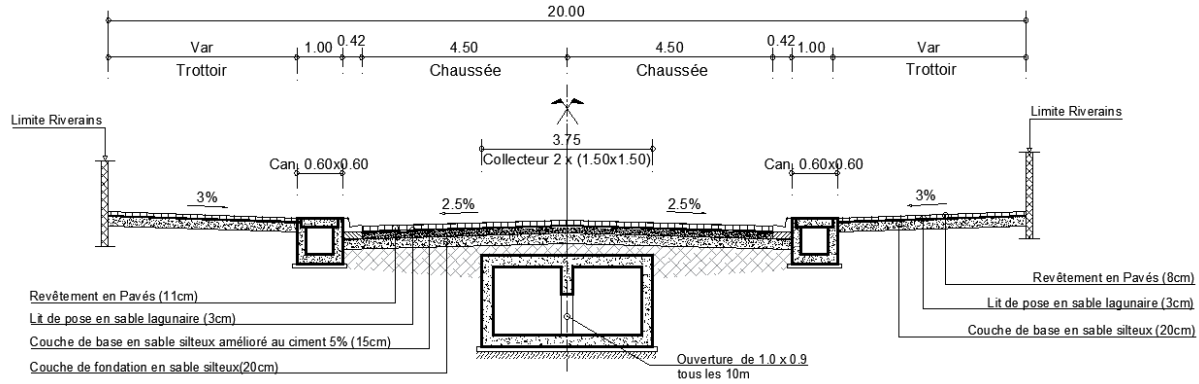


Figure 152: Profil en travers type du collecteur Sb: RUE 3.028-3.039: PK 1+825 – PK 2+075

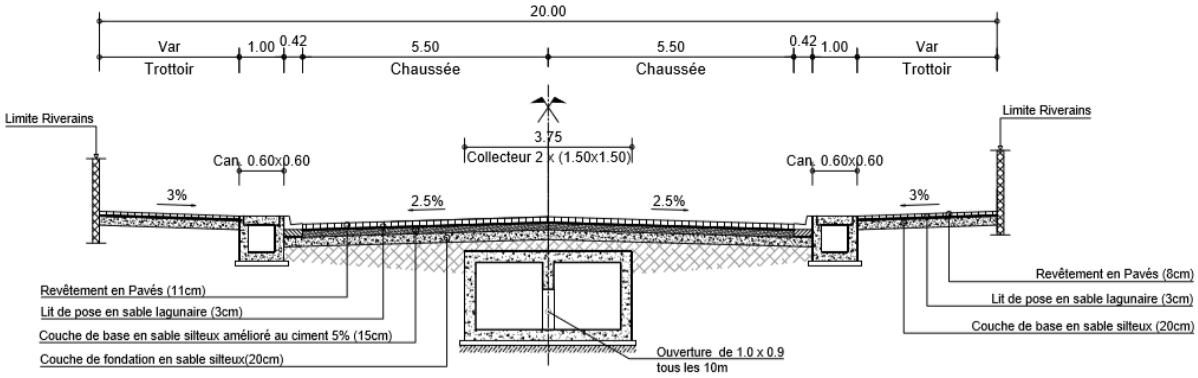


Figure 153: Profil en travers type du collecteur "Sb" : PK 2+075 - PK 2+536

S'agissant de la section du collecteur S existant du carrefour CINE CONCORDE au Chenal de Cotonou il sera traité comme suit :

- De la rue 2.003 (zone carrefour Concorde) à la rue Bel Air (carrefour à feu tricolore à la descente du Pont de Dantokpa), soit du PK0+740 à PK1+885, le collecteur existant sera réhabilité par le curage, le remplacement des dalles endommagées, et le pavage de l'espace entre le collecteur et les riverains pour améliorer le drainage suivant le profil suivant.

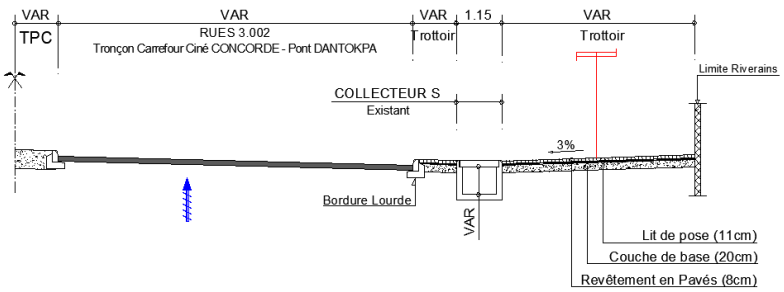


Figure 154 : réhabilitation Collecteur S : Section Ciné concorde-Feu tricolore DEDOKPO

- Du feu tricolore au chenal de Cotonou, soit du PK1+885 au PK2+184, le canal trapézoïdal existant sera reconstruit de même que le pavage de la rue entre le collecteur et les riverains (Rue 3.004) sur le profil ci-dessous

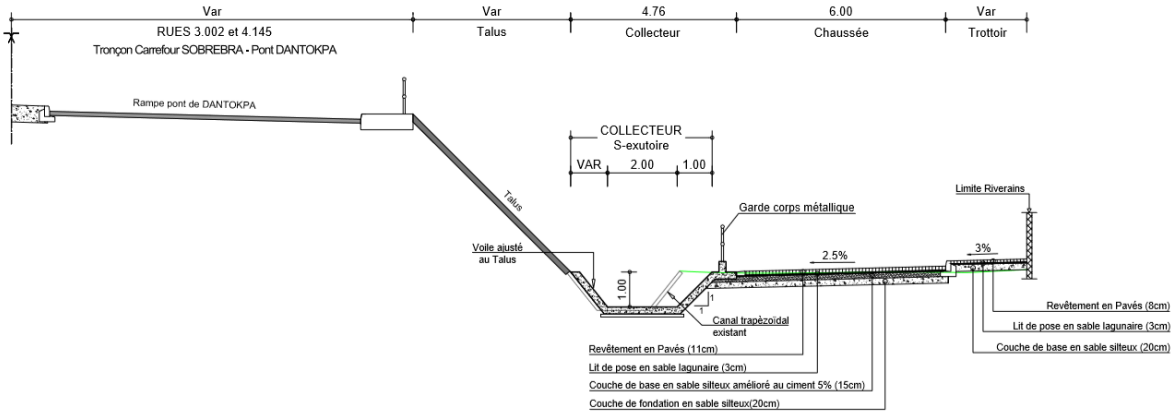


Figure 155 : Profil en travers type du collecteur "S - exutoire" : PK 1+885 - PK 2+155

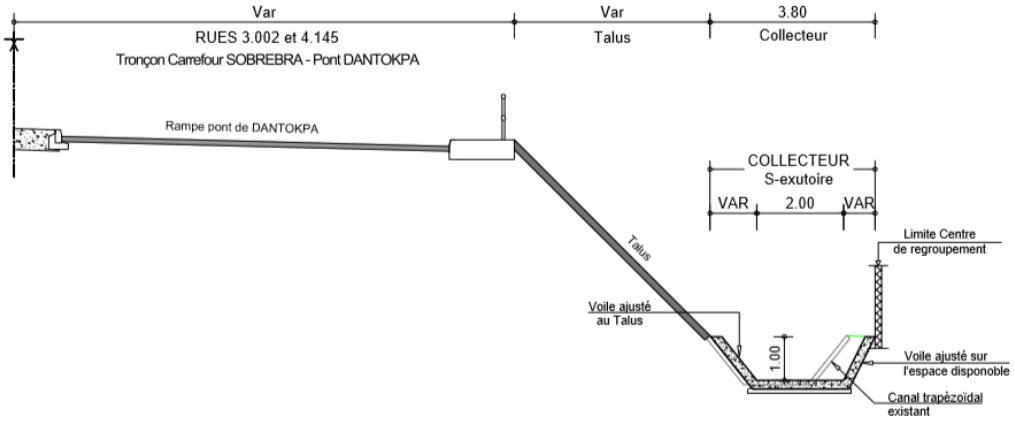


Figure 156: Profil en travers type du collecteur "S - exutoire" : PK 2+155-PK2+184

5.15.3 Les aménagements de rues

Dans le souci d'améliorer le drainage des zones traversées, les rues de service 2.003, 3.004 ; 3.056 -rue 3.127 –3.028 -3.039-3.032 et 3.030 sont projetées pour être aménagées suivant les profils types ci-dessus. Il en est de même pour les rues qui longent les collecteurs à ciel ouvert « Ra_Aval » et « S_Aval ». Par ailleurs, il est projeté le pavage des espaces respectifs entre les collecteurs Ra, S existants et les riverains avec une structure de revêtement de type trottoir.

5.16 BASSIN XX

Le bassin XX est situé dans la partie Nord-ouest de Cotonou et draine les quartiers de MENONTIN et AGLA. Sa superficie est de 524 ha. Le débit T10 est de 32.8 m^3/s en aval. Ce bassin versant est constitué entre-autre d'un bassin de rétention naturel présentant plusieurs branches à très faible écoulement et dont les lits majeurs sont remblayés au fil du temps pour faire place à l'urbanisation ; une autre partie est suffisamment encombrée par les tas d'ordures.

Le collecteur primaire réalisé dans les années 2005-2006 est de forme trapézoïdale en béton armé dont les berges sont souvent inondées en saison des pluies ou par le reflux du lac Nokoué en période de crue à raison du calage très. C'est un collecteur mal entretenu et dont la partie aval est entièrement colonisée par le *typha australis,* les travaux d'aménagement de ce collecteur n'étaient pas achevés faute du budget suffisant. En effet es travaux de construction du collecteur se sont arrêtés à la hauteur de la rue 13.713 encours d'exécution dans le cadre du premier programme d'asphaltage y compris un dalot 4x350x250 sur la même rue pour rapport le collecteur trapézoïdal en amont et le bassin de rétention. Le bassin de rétention en aval est à l'état naturel avec des bras remontant vers sa partie amont au sud-ouest. En aval de ce bassin de rétention, il est réaliste sous la RNIE1 à la hauteur de l'échangeur un dalot cadre de section 2x400x2.40 long d'environ 55 ml, et rallongé avec un collecteur rectangulaire à ciel ouvert de section similaire (800x240). La longueur totale du dalot et du collecteur réunis est de 190 ml. La suite du collecteur vers l'aval est sous forme de bassin à l'état naturel très encombré par endroits et enjambé par le ponceau le Ménontin sur le prolongement de la rue 9.232. Après le ponceau, le collecteur est sous forme de fossé à l'état naturel et se jette dans le lac Nokoué. Les alentours des fossés connaissent déjà un début d'urbanisation caractérisé par la construction d'immeubles.

Les aménagements projetés dans le cadre du présent projet consisteront à :

- La rallonge du dalot 2x400x240 situé sous la RNIE1 vers l'amont de 115 ml environ avec une pente fil d'eau de 0.5‰ pour faire face au débit.
- Sur le bras X2, la construction en aval d'un bassin de rétention de profondeur H=2.50 auquel sera raccordé le colleteur trapézoïdal en BA existant par le biais du dalot 4x350x250. Le talus du bassin sera revêtu en matelas Reno et les berges sont calées à +2.50 IGN au droit du dalot. Les autres différentes branches de X2 sont également projetées pour être aménagés et le revêtement de talus en matelas Reno suivant leurs profils respectifs avec une profondeur H=1.36
- Le bras X3 projeté pour être aménagé sous forme de bassin de rétention, mais compte tenu de l'occupation du site, la partie amont sera sous forme de dalot sur 300 ml environ pour se raccorder à celui projeté sur la rue 13.713.
- Quant au bras X11, il a été prévu son curage et une ceinture verte. En effet le traitement de la branche X11, au regard de sa situation devrait prendre en compte le Collecteur primaire trapézoïdal en béton armé existant. Ce collecteur n'a pas été traité pendant les travaux de la présente étude.
- Le bras X1 projeté est la section du collecteur située au nord de l'échangeur. Il prend fin 50m au-delà du pont de Ménontin. La section est trapézoïdale avec b= 30, H=2.5. Les berges seront revêtues en matelas Reno. La pente fil d'eau est de 0.5‰ et la berge sera calée à +2.0 à la hauteur du collecteur en béton armé situé au Nord de l'échangeur de Godomey.

Compte tenu des profondeurs de X1 et du bassin de rétention X2, et pour prévenir les incidents, leurs périmètres seront ceinturés par des clôtures grillagés.

Le schéma hydraulique des aménagements ci-dessus décrit est le suivant :

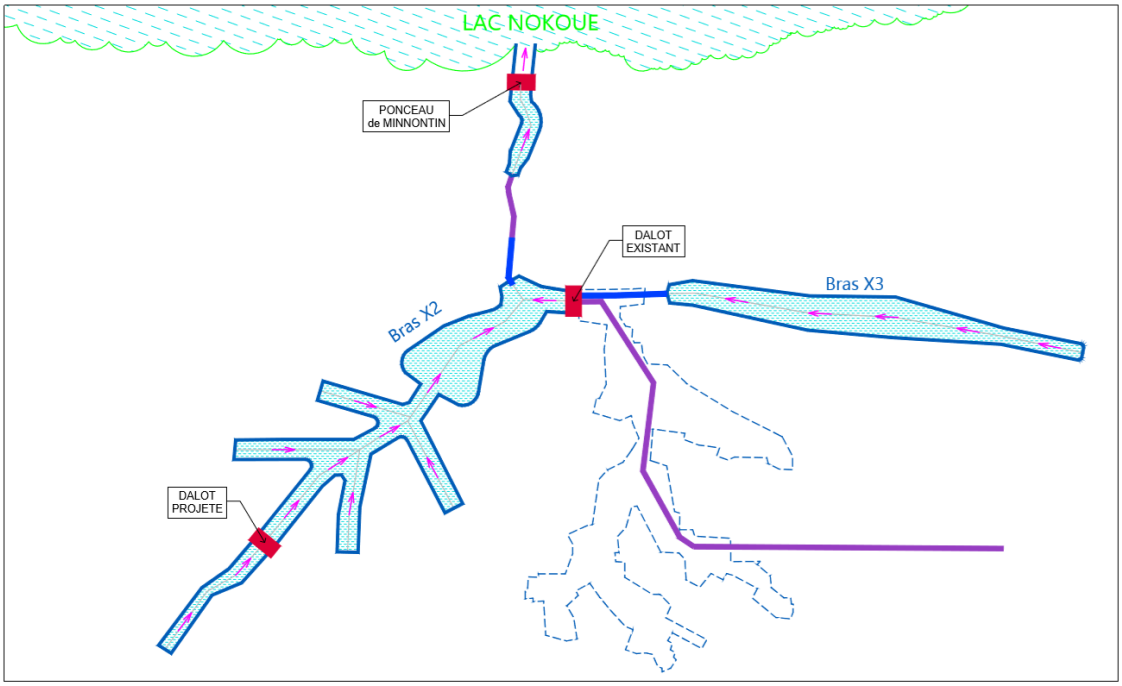


Figure 157: Schéma hydraulique de XX

A ces infrastructures hydrauliques s'ajoutent :

- Le pavage de certaines rues pour améliorer le drainage
- la mise en place d'un tapis vert composé d'un engazonnement et de plantations d'arbres le long des cavaliers des revêtements en matelas Reno pour prévenir les phénomènes d'affouillements.
- Des propositions d'aménagements verts et d'espaces récréosportifs supplémentaires dans les zones identifiées autour des bassins.

5.16.1 Synthèse des Travaux projetés

Tableau 63 : Synthèse des ouvrages d'assainissement projetés dans le Bassin XX

Collecteur /surface drainée	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
XX (524 ha)	115	115 ml de Dalot 2x (400x240) pour rallonger l'existant	Amont du dalot existant (Dalot sous RNIE1 à la hauteur de l'échangeur de Godomey)		Section identique au dalot existant, emprise insuffisante pour une protection en matelas Reno
X1	295	Bassin de rétention couvrant 9.41 ha pour un volume de stockage de 188 000m^3. Longueur totale du bassin 295 ml pour un périmètre (talus) de 664 ml revêtu en matelas Reno.	Fin u collecteur en Béton armé au-au nord	50 au-delà du Pont de Ménontin	

Collecteur /surface drainée	Linéaire (m)	Caractéristiques	Début	Fin	particularité
		Géométrie du bassin : trapézoïdale : b= 30, h =2.5 fruit m= 3/2	de l'échangeur de Godomey		
X2	2 950	Bassin de rétention couvrant 36.17 ha pour un volume de stockage de 868 000m^3. Longueur totale du bassin y compris divers bras est 2 950 ml pour un périmètre (talus) de 5 607 ml revêtu en matelas Reno Géométrie des bassins : trapézoïdale 1) Bassin de rétention, b= 70-230m, H= 2.5 m=3/2 2) Bras X2-a, X2-b; X2-c; X2-d: b= 25, h=1.36 m=3/2 3) Bras X2-princiapl: b= 50; h=1.36 m=3/2	Bras ouest se raccordant au bras primaire		
X3	1 303	Bassin de rétention couvrant 17.74 ha pour un volume de stockage de 240 000m^3. Longueur total du bassin 1303 ml pour un périmètre (talus) de 2 664 ml revêtu en matelas Reno Géométrie du bassin : trapézoïdale : b= 12.5 à 100, h=1.36 m=3/2	Bras Est parallèle à la RNIE (côté sud) et se raccordant au bras primaire par un dalot de connexion		
X11	480	Bassin naturel de rétention couvrant 38.17. Curage du lit mineur et aménagement d'une ceinture d'arbres	Bras quittant le CEG les Pylônes pour le bras primaire		
Linéaire Total projeté	**4 663 + X11**				

Tableau 64 : Synthèse des rues projetées dans le Bassin XX

Rues	Linéaire cumulé (m)	Caractéristiques	particularité
Rue 13.275 ; Rue 13 280 ; Rue 13.267 Rue 13.274; Rue 13.272; Rue 13.273 ; Rue 13.276 ; Rue 13.283 ; Rue 13.270 ; Rue RX1-1 (380ml) correction de profil) Rue RX1-2 (360 ml), Rue RX1-3 (350 ml) Rue RX1-4 (350 ml)	4 724	Emprise 10 : Chaussée 6.00 m +T2+CS2 Trottoir y compris ouvrage d'assainissement de part et d'autre. Emprise de 8 : Chaussée de 5m incluant T2-CS + caniveau le cas échéant	
RUE d'accès PONT de MENONTIN	400	Correction de profil de part et d'autre du pont	Construction d'ouvrages latéraux de drainage inexistant pour drainer les eaux vers le pont (contre pente)
Linéaire Total	**5 124**		

Le plan d'ensemble des aménagements projetés se présente comme suit :

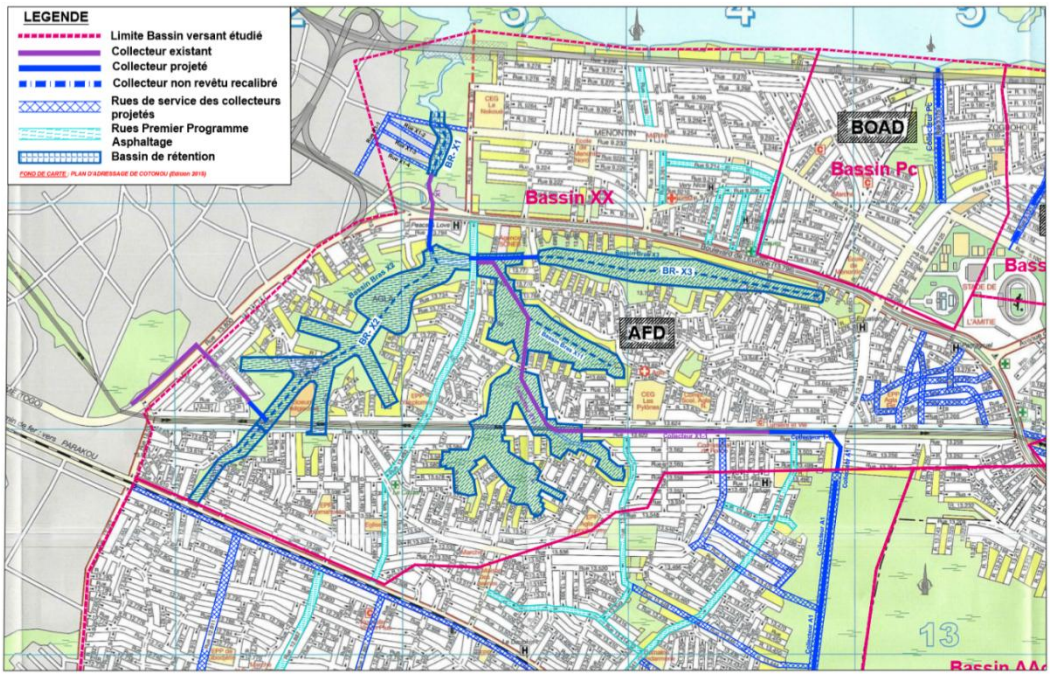


Figure 158 : Vue d'ensemble des aménagements projetés dans le bassin XX

De même le tableau ci-dessous présente le dimensionnement des collecteurs avec des talus en matelas de Type Reno

Tableau 65: Caractéristiques techniques des collecteurs XX (Matelas Reno)

Bassins versants		Période de retour	Paramètres de dimension-nement				Section retenue					taux de rem-plissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**m**	**k**	**I(‰)**	**Q (m^3/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**Vitesse (m3/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
XX (X1)	524,0	10	2	40	0,2	32,8	30,00	2,50	0,69	**1,02**	3/2	58%
XX (Dalot)	400,0	10	0	70	0,5	26,3	8,00	2,00	1,81	**0,19**	0	91%
XX (X2)	400,0	10	2	40	0,2	26,3	40,00	2,50	0,52	**1,98**	3/2	68%

5.16.2 Description des ouvrages de drainage.

L'aménagement proposé est un système de bassins dont les jonctions ou point d'étranglement sont sous forme, soit de dalots, soit de collecteur à ciel ouvert et d'un ponceau. Une partie des ouvrages de connexion notamment le ponceau en aval, le collecteur et une partie du dalot sont déjà réalisé. La suite des ouvrages hydraulique sera consacrée à l'aménagement des bassins et la rallonge de différents ouvrages de connexion sur les bassins. Les figures ci-dessus résument l'ensemble des aménagements d'ouvrages hydrauliques proposés.

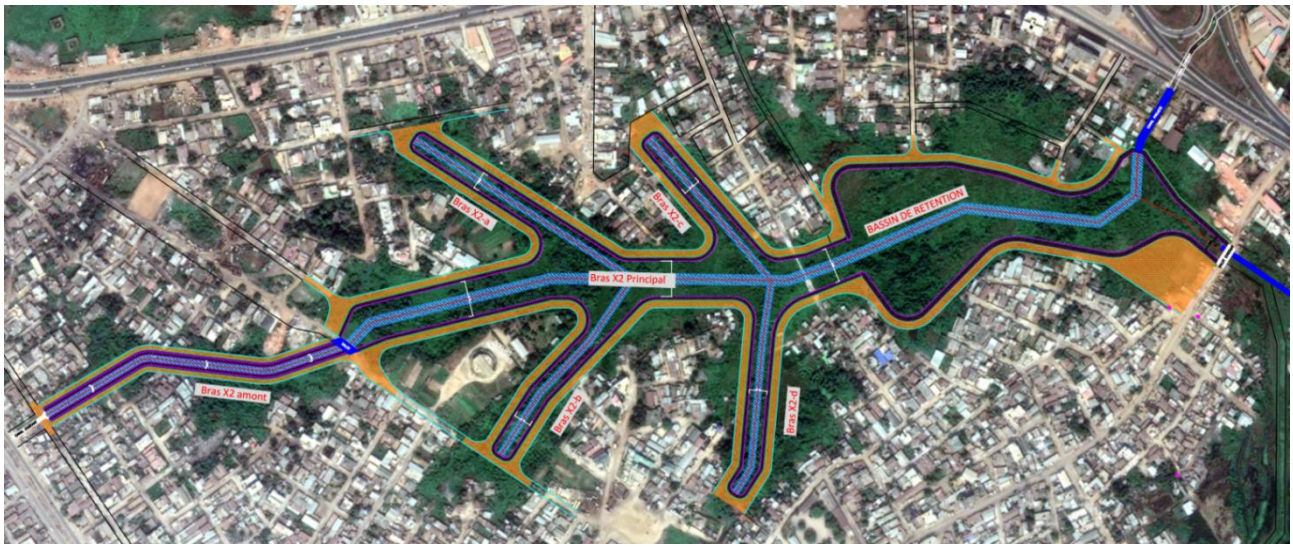


Figure 159: Vue d'ensemble des aménagements projetés (partie amont sud-ouest)



Figure 160: vue d'ensemble des aménagements projetés Bassin XX vue bras X3 (Zone Nord-Est)

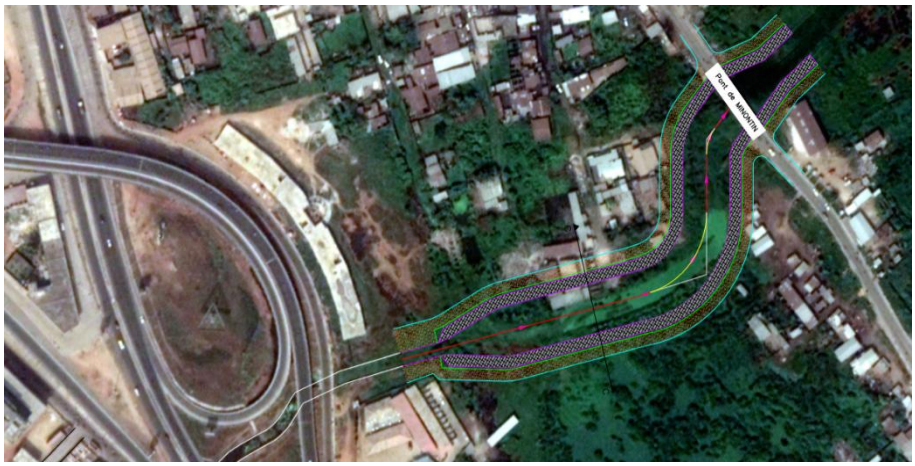


Figure 161: Vue d'ensemble des aménagements projetés (partie avale)

- **L'aménagement du bras X2**

Le bras X2 est l'un des trois bras amonts du bassin de rétention, il est situé dans la partie sud-ouest du bassin versant ; c'est un sous bassin de rétention assez ramifié avec plusieurs sous bras épousant le plus possible la configuration naturelle de l'existant. Dans la description des aménagements les différents bras sont dénommés X2-amont, X2-principal, X2-a, X2-b ; X2-c ; X2-d ; la partie avale est dénommée bassin de rétention et sont aménagement sera plus profond que les autres parties. Les travaux projetés consisteront au décapage en milieu humide, l'enlèvement de boues, les travaux de purge constitués d'évacuation de terre de mauvaise qualité et

son remplacement par de matériaux granulaires pour renforcer les talus des bassins, le revêtement des talus par des matelas de type Reno. Les profils en travers ci-dessous illustrent les aménagements projetés pour chaque bras :

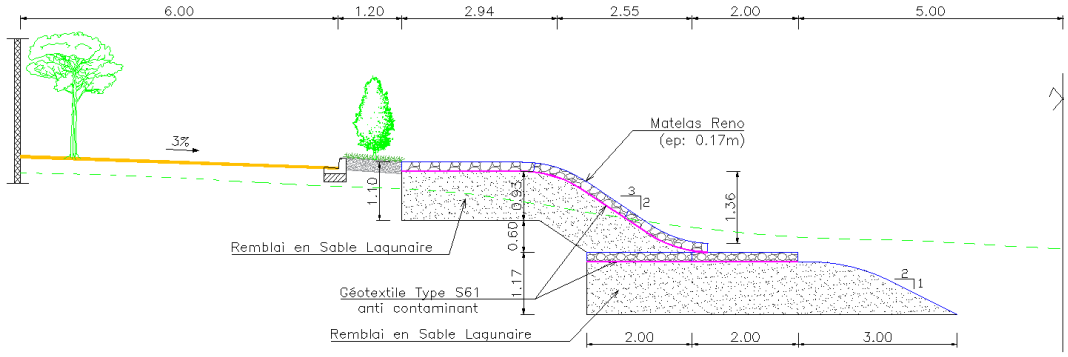


Figure 162: Profil en travers type bassin xx: bras X2-amont

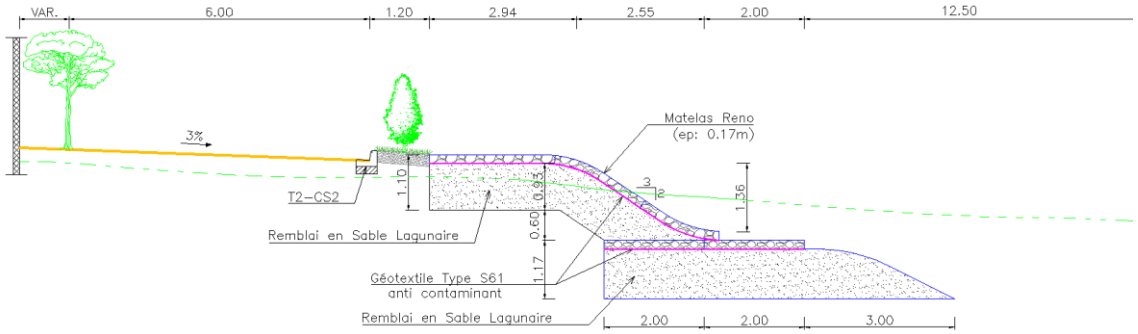


Figure 163: Profil en travers type bassin xx: bras X2 - a, b, c, d

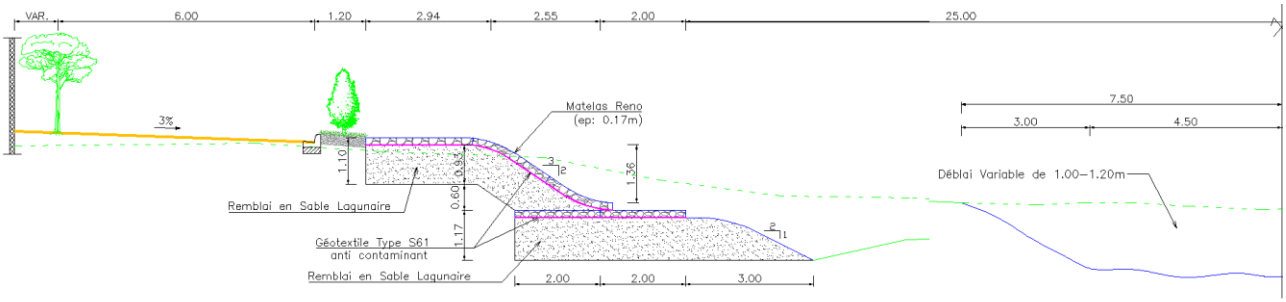


Figure 164: Profil en travers type Bassin XX: Bras X2 Principal

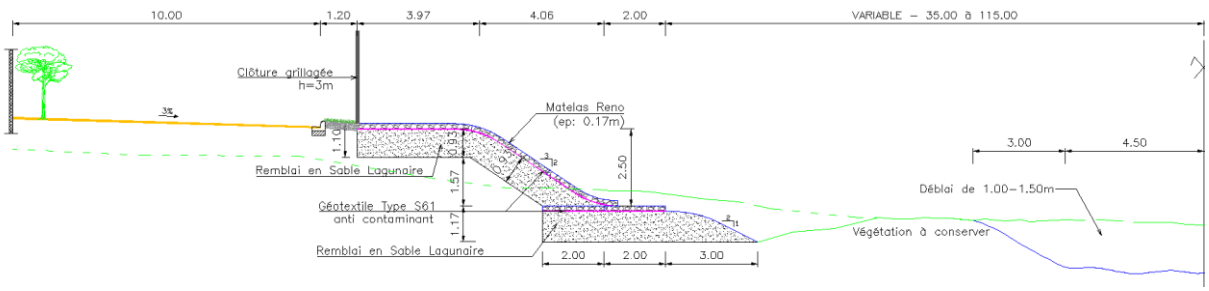


Figure 165: Profil en travers type bassin XX: bassin de rétention

➢ **L'aménagement du bras X3**

Le bras X3 est parallèle au Bd de l'Europe (route bitumée stade de l'amitié-échangeur Godomey). Aux regards de l'occupation actuel des lieux, la partie amont entre les rues 13.693 et 13.713 sera réalisé sous forme de dalots cadre 150x150 pour se raccorder au dalot 4x3.50x2.50 sur la rue 13.713 point de connexion au bassin de rétention XX. Comme pour les autres bassins de rétention les travaux de l'aménagement du bras X3 concernent, en plus la réalisation du dalot 150x150 sur 330ml environ, le curage du bassin par l'enlèvement des boues, les purges et la stabilisation du talus et le revêtement de ce dernier en matelas Reno suivant le profil en travers ci-dessous.

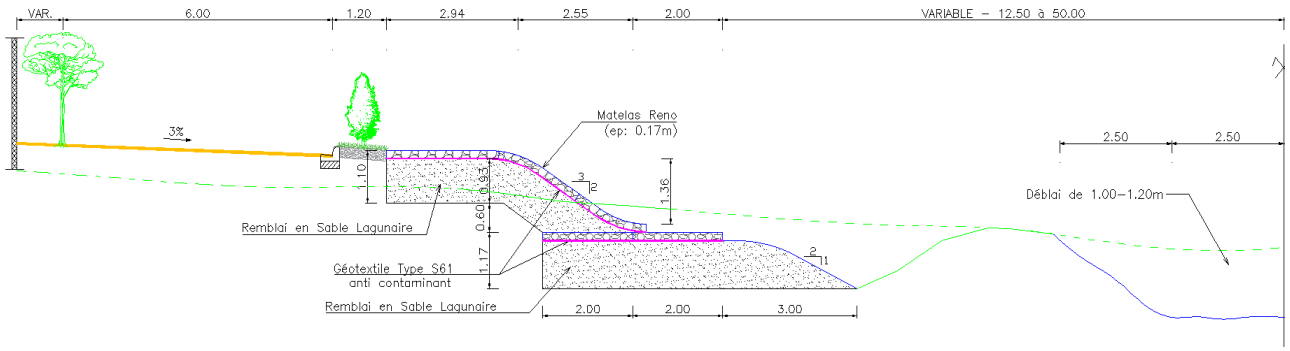


Figure 166: Profil en travers type bassin XX: bras X3

➢ **L'aménagement du bars XX1**

Le bras XX1 est la partie avale, donc l'exutoire du bassin, il sera réalisé à la suite du collecteur en béton existant et réalisé dans le cadre des travaux de construction de l'échangeur de Godomey. L'aménagement projeté s'étendra de la fin de ce collecteur jusqu'à cinquante mètres linéaires (50 ml) au-delà du pont de MENONTIN. Les berges de cette section seront revêtues en matelas Reno après les travaux d'enlèvement de boue, de purges et de consolidation des talus par des matériaux granulaires. Le profil type de revêtement des berges de XX1 en matelas Reno est le suivant :

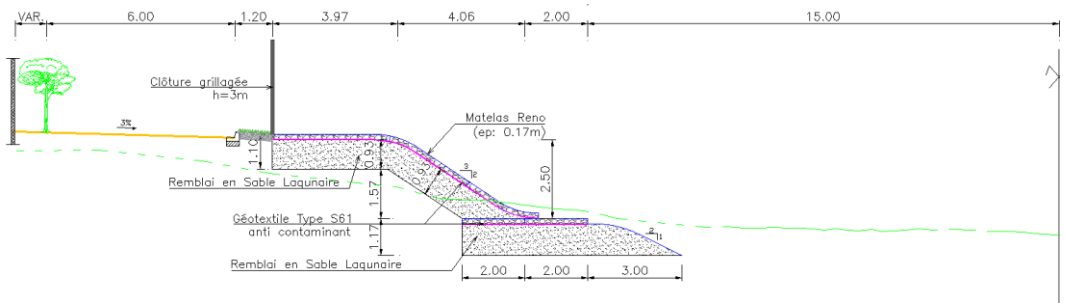


Figure 167: Profil en travers type bassin XX: bras X2-aval

La suite de l'aménagement vers le lac Nokoué sera sous forme de fossés naturels. Afin de protéger les alentours des fossés contre les occupations illégales, il est projeté l'implantation d'une forêt le long des fossés. Compte tenu de la présence permanente d'eau en aval du pont de MENONTIN, les espèces prévues seront plantées à l'intérieur des buses préalablement encrées au fond du lit et dont la hauteur dépasse le niveau d'eau en période critique de crue. Les buses

seront entièrement et soigneusement remplies de terre végétale et les arbres plantés à l'intérieur conformément aux indications de l'ingénieur. Bien que les plantes sélectionnées peuvent pousser et survivre dans le milieu L'utilisation des buses est destinée à protéger les plantes contre la submersion en phase de croissance et en attendant qu'elles n'atteignent la taille requise. Les images ci-dessous donnent un aperçu de l'aménagement projeté.

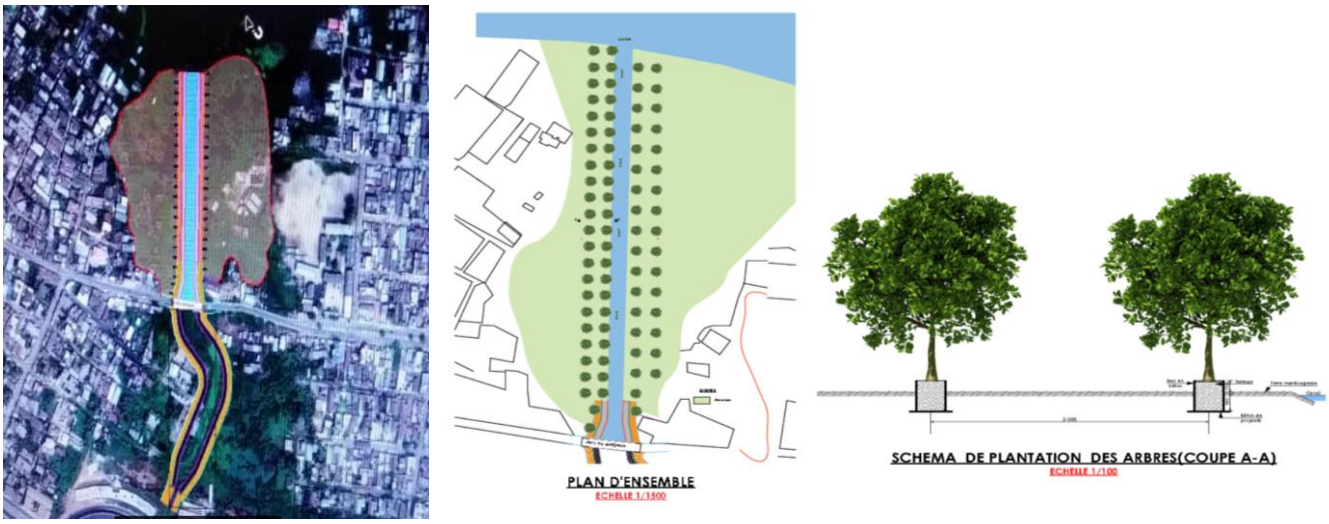


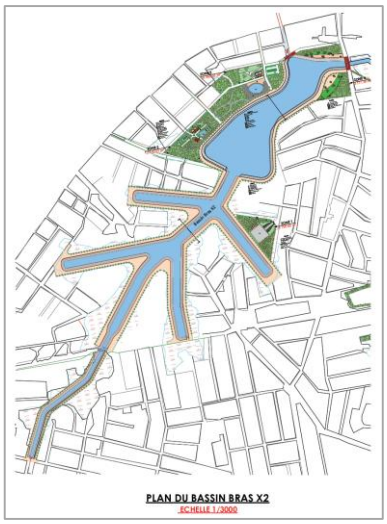
Figure 168: Vue d'ensemble et coupe de l'aménagement projeté après le Matelas Reno (exutoire)

- **L'aménagement bras X11**

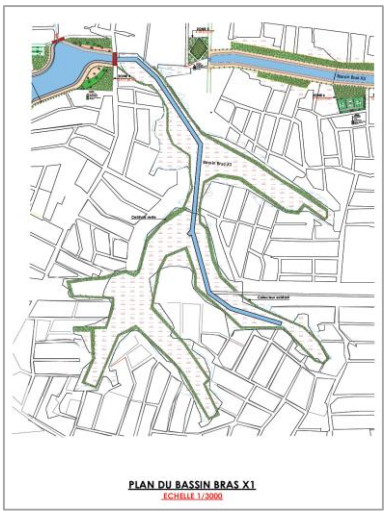
Le bras est plus ou moins parallèle au bras X2 et se situe à l'Est de ce dernier. La partie avale du collecteur primaire trapézoïdal en béton armé existant est construit à l'intérieur du bras X11. Les aménagements proposés consistent à protéger les alentours de ce bassin naturel ; il est prévu donc un léger curage de bassin et une ceinture verte.

- **Aménagement des zones non aedificandi autour des bassins de rétention**

Autour des différents bras de bassins de rétention, il a été identifié des zones non aedificandi pour lesquelles des aménagements spécifiques ont été projetés. Au total sept (07) zones ont été identifiées et délimitées et les vues d'ensemble se présente comme suit :



Plan de masse des aménagements paysagers autour du bras X2



Plan de masse des aménagements paysagers autour du bras X11



Plan de masse des aménagements paysagers autour du bras X3

Figure 169: Plans de masse des aménagements autour des bars du Bassin XX

L'ensemble des aménagements paysagers autour du bassin XX sont également regroupées en sep (07) zones auxquelles il faut ajouter la plantation d'arbres autour du bras X11 et une forêt le long de l'exutoire (Bras X1).

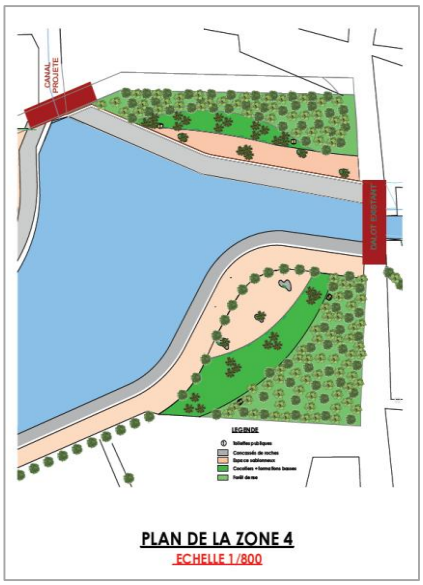
Tableau 66: programme des unités d'aménagements paysagers autour du bassin XX

Aménagements paysagers commun à tous les bassins :			
- Pelouse anti érosion le long des bassins - Plantation d'alignement en arbustes le long des bassins - Plantation d'alignement d'arbres en bordure des bassins			
Aménagements paysagers spécifiques dans XX			
Bassins	**Bras du bassin**	**Zones aménagées**	**Unités d'aménagement**
	X1		Implantation d'une forêt le long de l'exutoire (fossé en terre)
Bassin XX	X11		Plantation d'alignement d'arbres en bordure du bassin
	X2	Zone 1	Place de fêtes, bloc de gestion, forêt dense, jardin de repos et parking
		Zone 2	Parc zoologique, bloc de gestion, parcours sportif, forêt dense, parking,…
		Zone 3	Enrochement (colline artificielle), cascade, étang, jardin de repos, forêt dense, parcours sportif, allées piétonne, plage artificielle, parking et bloc de gestion.
		Zone 4	Plages artificielles, jardin de repos, forêt dense, …
	X3	Zone 5	Jardin de repos, allées piétonnes, forêt dense…
		Zone 6	Parc sportif, parking, jardin de repos, forêt dense, bloc de gestion …
		Zone 7	Bac à sable pour enfants, jardin de repos, allées piétonne, parking, bloc de gestion, forêt dense …

Les images ci-dessous illustrent les aménagements projetés zone par zone, *un rapport complet détaillé des aménagements est joint annexe au présent rapport APD.*



plan de masse de l'aménagement de la zone 1 du bras X2



Plan de masse de l'aménagement de la zone 4 du bras X2

Figure 170: Plans de masse des aménagements des zones 1 et 4 autour du bras X2



Plan de masse de l'aménagement de la zone 2 du bras X2



Vue du parc zoologique la de la zone 2 du bras X2

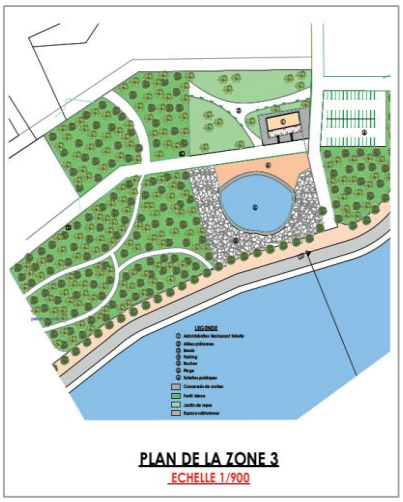


Vue du bassin à poissons la de la zone 2 du bras X2 du bassin XX



Vue des allées piétonnes au sein de la de la zone 2 du bras X2 du bassin XX

Figure 171: Plan de masse et quelques aperçus des aménagements de la zone 2

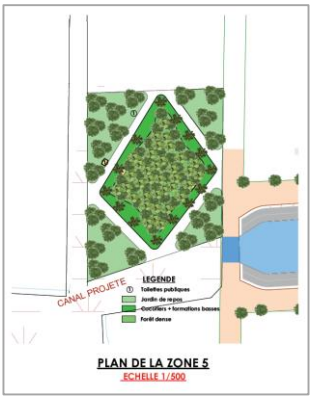


Plan de masse zone 3



Vue panoramique de zone 3

Figure 172: Plan de masse et Vue Panoramique zone 3



Plan de masse de la zone 5



Plan de masse de la zone 6



Plan de masse de la zone 7

Figure 173: Plans de masses des aménagements des zones 5 ; 6 et Z

6 ANALYSES HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE (ANALYSE H&H)

L'analyse H&H est une mission complémentaire à la mission d'études des travaux à court et moyen termes du PDA Pluvial de Cotonou. Elle demandée par le commanditaire et vise à consolider les études de base par une analyse logicielle indépendante. L'analyse a été faite par une modélisation du réseau de drainage à l'aide du logiciel MIKE URABN. Le logiciel MIKE URBAN, est un logiciel de modélisation multi usage dont le Module « Storm Water Management Model » (SMMW) a été utilisé pour les canaux primaires de drainage pluvial de la ville de Cotonou. La modélisation a été bien faite sur les canaux existants pour justifier ou non leur capacité actuelle face à un débit de pointe, que pour les canaux projetés pour tester leurs capacités à faire à une pluie décennale.

6.1 MONTAGE DU MODELE

Le modèle inclura le réseau primaire de drainage.

La zone de projet est divisée en une multitude de bassin-versant. Chaque bassin a un exutoire, en mer, dans la lagune ou dans le chenal. Pour la vérification du dimensionnement des collecteurs, le modèle tiendra compte des niveaux d'eau exceptionnelle :

- **Chenal et lagune : + 1.25 m**
- **Mer : +1,265 m**

Le modèle mathématique se compose d'arcs (conduites,) reliés à des nœuds (regards principaux, exutoire de bassin versant, exutoire du réseau…), ainsi que de polygones (bassins versants) reliés, pour lesquels des paramètres sont indispensables pour la modélisation.

6.2 LIMITES DU MODELE

Le Consultant insiste sur les faits suivants :

- Le logiciel ne calcule pas ce qui se passe au-delà du réseau modélisé. Il n'est donc pas possible d'établir une carte d'inondation. De plus, seul le réseau primaire est étudié.
- Après réalisation des mesures proposées, il n'y aura pas d'inondation seulement lorsque les travaux en amont auront également été réalisés (réalisation et connexion des réseaux secondaires/tertiaires de drainages, etc.).
- Sur les zones ne disposant actuellement pas de réseau de drainage, aucune simulation ne peut être réalisée.
- Par ailleurs les côtes de terrain naturel utilisées sont issues des interpolations du MNT issu LIDAR établi pendant l'élaboration du PDA en 2013. Des variations importantes apparaissent par rapport aux relevés directs du terrain à plusieurs endroits et il n'est pas possible de les circonscrire.

Vu le délai imparti pour la modélisation, les données disponibles ne concernent que le réseau primaire précédemment calculé. En l'absence de données de calage des hydrogrammes, il est convenu de réaliser une modélisation soft basée sur les débits précédemment calculés et qu'une modélisation plus complète sera réalisée au cours du projet.

6.3 PARAMETRES D'ENTREE

6.3.1 Moteur de calcul

Le moteur de simulation est le module SWMM de Mike Urban pour la modélisation du modèle.

6.3.2 Calcul hydrologique (Transformation Pluie-Débit)

Dans le cadre de cette modélisation, le Consultant vérifie les dimensions des collecteurs existants et projetés. Pour cela il prendra en compte un débit de pointe continue évalué aux nœuds par la méthode rationnelle (période de retour de 10 ans) calculé et exposé plus haut.

Pour l'étude du bassin de rétention, le Consultant prendra en compte un hydrogramme calculé dans le cadre du Projet d'urgence de Gestion Environnementale en milieu Urbain (PUGEMU) au cours des études techniques des Collecteurs AA, P et Wbis menées par le groupement SAFI/TPE/TECKNICART en 2013.

Les débits (constant ou hydrogramme) ainsi calculés sont « injectés » à des nœuds spécifiques du modèle.

Remarque **:** Sur la base d'une pluie de projet (par exemple double triangle, Chicago, etc.), le logiciel est en mesure de calculer un hydrogramme**.** Néanmoins, pour être réaliste, cette transformation nécessite de nombreux paramètres de calage, qui ne peuvent être définis que grâce à des campagnes de mesure pour l'établissement du modèle, des campagnes de mesures pour le rapprochement débit réel mesuré- débit calculé par le modèle. Pour que le modèle soit valide ou utilisable, il faut plusieurs années de campagnes de mesure. Cette activité ne pourra être réalisée dans le cadre la présente étude.

6.3.3 Calcul hydraulique : écoulement en régime non permanent, non uniforme

Pour la résolution des calculs hydrauliques, le logiciel Mike Urban utilise les équations simplifiées de Barré de St Venant, à savoir le modèle de l'onde dynamique. Ce modèle à l'avantage de tenir compte des influences avale dans le calcul, ce qui est intéressant pour ce projet, car les pentes sont généralement faibles.

6.3.4 Paramètres des collecteurs

Pour modéliser les collecteurs projetés, 4 paramètres sont impératifs : le coefficient de Manning Strickler (rugosité), les dimensions géométriques du collecteur, la longueur et la pente.

Il est également possible d'entrer les cotes amont et/ou aval si celles-ci-diffèrent des cotes radier des regards amont et/ou aval.

Les paramètres de dimensionnement du rapport APD (Sections du collecteur, débits au nœuds, pente, côte à l'exutoire) ont été transcrites dans un Shape file. C'est le Shape file qui sera donc utilisé par SWMM pour faire les simulations.

S'agissant des collecteurs existants, les données relevées au PDA ont été utilisés pour les vérifications

6.3.5 Paramètres des nœuds

- *Nœud-Regard*

Un Nœud-Regard est défini par sa cote radier et sa profondeur. La cote radier est issue des profils en long. La profondeur est calculée sur la base du LIDAR. Le TN correspond au TN avant remblai (également prévu dans le cadre du projet).

- *Exutoire*

Un nœud peut être défini comme exutoire. Il s'agit d'un exutoire libre (pas d'influence avale) ou bien avec une charge fixe imposée tel que décrit précédemment.

- *Nœud de stockage*

Le bassin de rétention est modélisé par un nœud de stockage

- *Conditions aux limites*

Les débits (constants ou hydrogramme) sont injectés dans certains nœuds, tel que décrit précédemment.

6.4 PARAMETRES DE SORTIE

6.4.1 Interprétation des résultats

Sur la base des débits injectés, le logiciel calcule les hauteurs d'eau dans les nœuds et les collecteurs. Si au niveau d'un nœud, la hauteur d'eau est supérieure à la hauteur du collecteur, il y a débordement.

L'objet de l'étude est de :

- Identifier et localiser les débordements sur le collecteur existant (les zones ne disposant pas de collecteurs ne seront pas étudiées à ce stage) et tracer très sommairement et qualitativement la direction de l'écoulement de surface (ruissellement) des eaux débordées (sur la base du MNT)
- Etudier la situation de débordement ou pas dans les conditions normales et exceptionnelles.

6.4.2 Présentation des résultats

Les résultats sont présentés sous forme de profils en long pour les situations existante et projetée, pour vérifier les collecteurs et mieux comprendre les raisons des débordements.

Ci-dessous deux PFL type correspondant aux types de situation suivantes

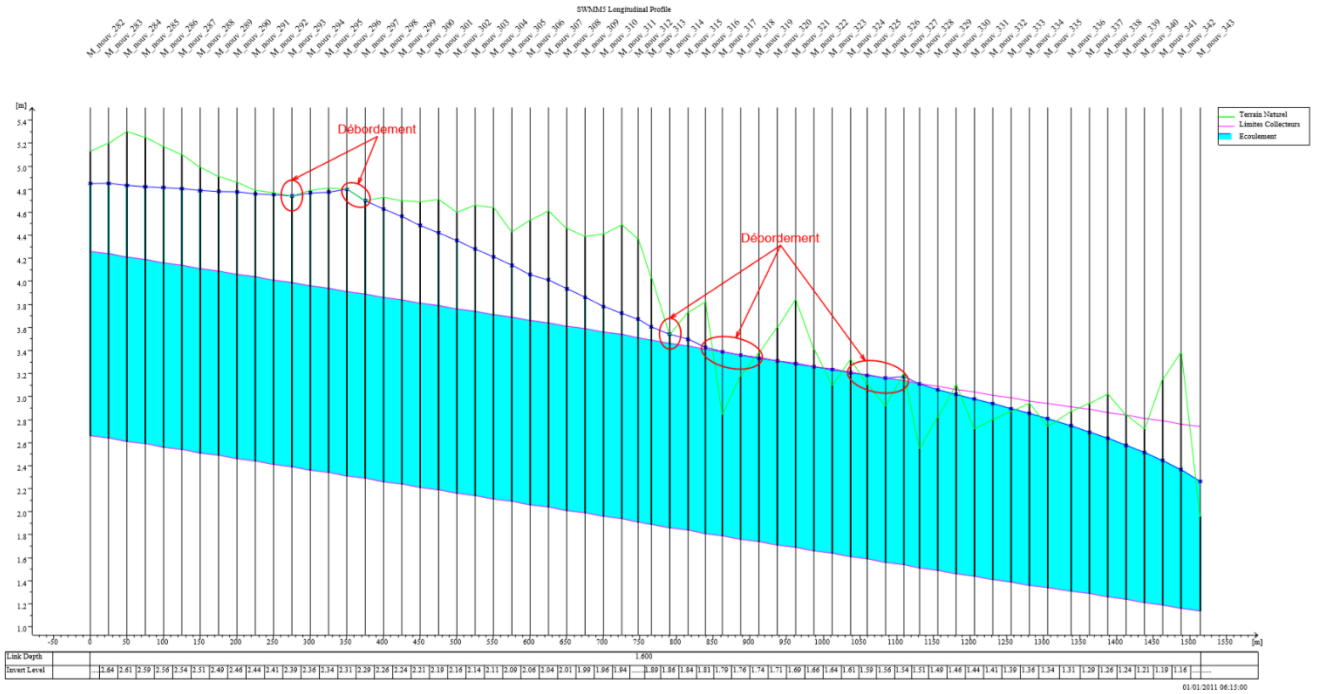


Figure 174: Exemple de présentation d'un Profil en long (PFL) d'un collecteur existent (collecteur M)

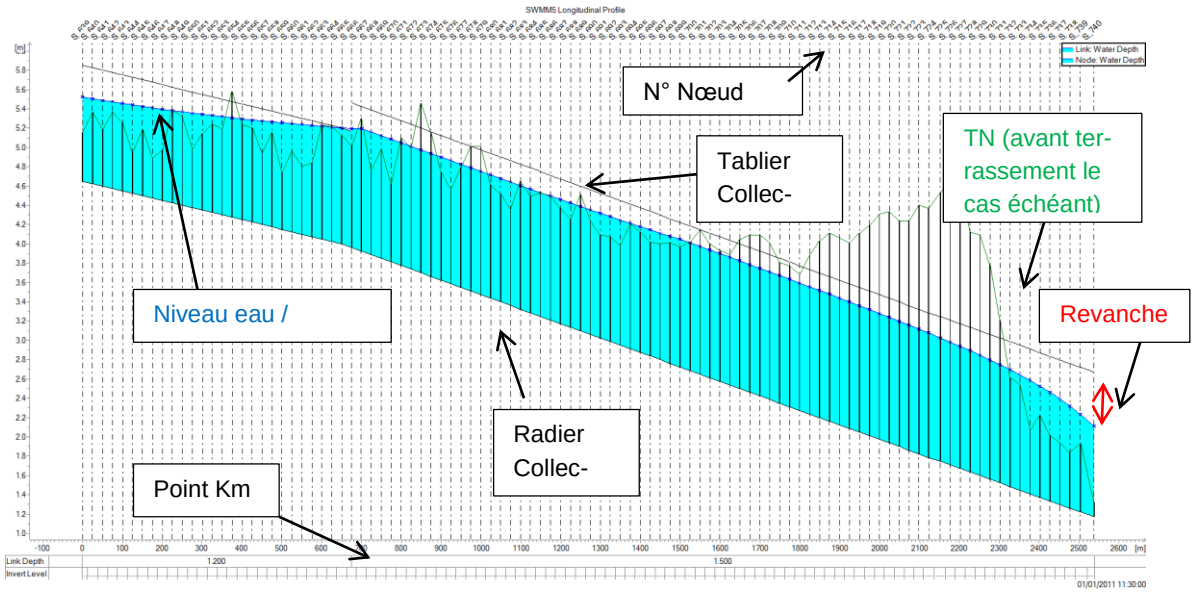


Figure 175: Exemple de présentation d'un profil en long (PFL) d'un collecteur projeté (Collecteur S).

Dans le rapport complet des études H&H, il a été présenté la situation initiale et la situation projetée avec l'ouvrage de drainage et les différents résultats ont été annexés au rapport d'étude H&H

6.4.3 Calcul des revanches minimales et maximales

Le logiciel calcule en chaque point et pour chaque collecteur projeté les revanches correspondantes. Nous présentons à titre indicatif les valeurs minimales et maximales des revanches dans le tableau ci-dessous. Par contre, l'ensemble des valeurs de revanche en chaque point a été en annexe des études H&H.

Tableau 67: Présentation des valeurs minimales et maximales de revanche par bassin versant

Bassin	Revanche minimum (m)	Revanche maximale (m)
AAn	0,124619	0,52929
ABa	0,34273	0,51489
ABc	0,219319	0,321006
Buse (Pa)	1,739448	1,739448
Can_Dissipation (Pa)	1,25464	1,347504
Can_Dissipation (Pa)	1,254668	1,254668
D	0,244306	0,792801
L	0,224901	0,580337
M	0,13765	0,462942
Pb	0,394005	0,892267
Pc	0,188814	0,413433
Qb	0,103977	0,339414
Qc	0,074799	0,254312
Ra	0,150365	0,575472
Rc	0	0,444602
Rd	0,300294	0,376064
S	0,006162	0,485896

WW1	0	0,129326
WW2	0,041171	0,287715
WW3	0,192766	0,233203
WW4	0,213348	0,403935
Y	0,075981	0,458512
Zb1	0,045816	0,317372
Zb2	0,02768	0,27478
Zb3	0,073187	0,438336
Zb4	0,062943	0,307858

Sur la base des revanches minimales et maximales obtenues par la modélisation H&H, on peut conclure que les canaux dimensionnés en études APD sont de capacité suffisante pour faire face aux débits décennaux dans les conditions normales et exceptionnelles.

7 IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT PROJETES

7.1 RAPPELS DES CAUSES D'INONDATIONS DANS LA VILLE DE COTONOU

L'inondation dans la commune de Cotonou est associée à trois (03) phénomènes importants :

1. Le ruissellement pendant la grande saison des pluies (mai à juillet) et même pendant la petite saison en cas de disfonctionnement ou d'inexistence des ouvrages d'assainissement.
2. La crue du lac Nokoué qui correspond à la descente des eaux venant du Nord Bénin inondant les zones basses. Ce type d'inondation couvrant les mois de septembre à octobre présente plus de dégâts en raison du temps de retour des précipitations pour l'année considérée ;
3. Les houles extrêmes : ils ont peu d'effet et n'inondent pratiquement pas les terrains. Par contre, de telles houles sont de nature à produire des dégâts érosifs importants.

L'effet du changement climatique vis à vis des trois (03) phénomènes exposés plus haut et en rapport avec les ouvrages projetés ont été pris en compte. Dans la suite, nous présenterons les phénomènes liés à la crue du lac Nokoué et à la houle. L'impact du ruissellement a été traité plus haut en intégrant les hypothèses beaucoup plus contraignantes notamment la période de retour. En effet, bien que le PDA validé ait recommandé des périodes de retour de 2 à 5 ans, les ouvrages projetés ont été dimensionnés pour les périodes de retour de dix (10) ans.

7.1.1 Le lac Nokoué

Les études de Plan Directeur précédentes (SNC-Lavalin) indiquent une valeur moyenne du niveau du lac de **0,70 m IGN**, mais la période et la méthode de mesure ne sont pas spécifiées. ***Dans l'hypothèse d'une réhabilitation du barrage du chenal***, le PDA associe des niveaux du lac à des crues de l'Ouémé de période de retour donnée, comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau 68: Niveaux du lac Nokoué d'après l'étude SNC-Lavalin

Condition hydrologique	Niveau du lac (m IGN)
En étiage	0,64
En moyenne	0,70
Crue période de retour T = 2 ans	1,08
Crue période de retour T = 10 ans	1,25
Crue période de retour T = 100 ans	1,36

Un des phénomènes les plus importants du point de vue hydrométrique ses dernières années fut enregistré à la fin de septembre 2010 où le niveau du lac a atteint un niveau de 2,05 m IGN. En absence de relevés pluviométriques sur une longue période, on convient de dire que cet événement correspond à une période de retour de T > 100 ans. En ce qui concerne le niveau moyen de la période, la valeur de **0,70 m IGN** est pratiquement confirmée.

7.1.2 Les houles exceptionnelles

Les houles exceptionnelles induisent les inondations marines. D'après une étude récente de Septembre 2016 portant sur *« l'Analyse de la Vulnérabilité au changement climatique de Cotonou et de trois villes secondaires du Bénin »* du bureau d'études AETS les surcotes attendues (inondations marines) sont consignées dans le tableau suivant :

Tableau 69: Niveau des houles en fonction de la période de retour

Période de retour	5 ans	10 ans	25 ans	50 ans	100 ans
Surcote : (Niveau moyen + Houle /2)	2,33 m IGN	2,39 m IGN	2,48 m IGN	2,56 m IGN	2,63 m IGN
Houle exceptionnelle	2,79 m	2,92 m	3,11 m	3,26 m	3,4 m

Le niveau moyen de l'océan étant à la cote **0,93 m IGN**.

Source : Rapport « l'Analyse de la Vulnérabilité au changement climatique de Cotonou et de trois villes secondaires du Bénin » du bureau d'études AETS

7.2 EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

De façon générale, les transformations qui pourraient avoir un impact direct sur le système d'assainissement pluvial de Cotonou sont :

- Les modifications du diagramme de distribution annuelle des précipitations
- L'augmentation du niveau moyen de la mer due au changement climatique
- L'adaptation des écosystèmes lacustres au changement climatique
- Les phénomènes de régression ou engraissement des plages dus respectivement à l'érosion ou engraissement dans le trait de côte de la région du Littoral

7.2.1 Incidence du changement climatique sur le régime pluviométrique

Divers scénarios sont considérés, prenant en compte le possible développement dans le sens des précipitations maximales de la série statistique 1961-90 (extrême analogique humide) ou dans le sens des minimales (extrême analogique sec).

Du point de vue de la production agricole, le scénario le plus critique est évidemment celui qui est associé à une prolongation de la durée des saisons sèches d'un ou deux mois (extrême analogique sec). Par contre, si l'on prend en compte le fonctionnement des réseaux de drainage pluvial, le scénario le plus critique est celui qui est associé à une augmentation de la durée des périodes pluvieuses, la gestion des systèmes d'assainissement pluvial de la ville de Cotonou nécessitant de longues périodes sèches pour l'entretien des caniveaux.

Si d'après le GIEC (5ème rapport du GIEC -2013), l'augmentation du nombre, de la fréquence, de l'intensité des précipitations abondantes est probable, la quantification est incertaine. S'appuyant sur les hypothèses disponibles, les augmentations des pluies seraient les suivantes :

Tableau 70:Prévisions de l'augmentation des précipitations

2025	2050
4-6%	13-21 %

Source : Rapport « Analyse de la Vulnérabilité au changement climatique de Cotonou et de trois villes secondaires du Bénin », bureau d'études AETS, Septembre 2016.

7.2.2 Incidence du changement climatique sur l'inondation marine

Différents scénarios et horizons temporels sont considérés, comme indiqué dans le tableau suivant.

Tableau 71: Scénario d'accélération de l'élévation du niveau marin

	Horizon 2050	Horizon 2100
Hypothèse de base	7 cm	20 cm
Hypothèse moyenne	20 cm	49 cm
Hypothèse extrême	39 cm	59 cm

Source : « Communication Nationale Initiale du Bénin sur les Changements Climatiques » - Direction de l'Environnement (MEHU)

Cette inondation marine aura peu d'influence sur la capacité des ouvrages d'assainissement au regard du cordon de sable constitué le long du littoral béninois. Cependant, l'érosion côtière reste une conséquence de ce type d'inondation. De même, l'augmentation annoncée du niveau de la mer pourrait influencer négativement l'exutoire des ouvrages et donc du système de drainage. C'est pourquoi nous avons adopté des cotes fil d'eau relativement élevées à l'exutoire.

Dans le cadre de la 2ème phase du projet de protection de la cote à l'Est de COTONOU, il est en cours de réalisation des travaux de confortement des 07 épis existants par :

- La construction d'épis intermédiaires (épi A, épi Abis, épi B et épi C) ;
- La construction de revêtement entre l'épi 6 et l'épi 7.
- Les travaux de dragage et rechargement de 600.000 m3 de sable entre l'épi Siafato et le chenal de Cotonou
- Les travaux de dragage et rechargement d'au moins 900.000 m3 de sable dont 300.000m3 entre l'épi N°01 et l'épi N°02.

Ces travaux visent à lutter durablement contre les houles extrêmes de temps de retour 100 ans et couvrent une bande de 08 Km à partir du chenal de Cotonou et vers l'Est jusque dans la commune voisine de Sèmè-Podji.

Dans le cadre de cette étude d'APD, il est prévu la construction de 05 nouveaux collecteurs Zb1, Zb2, Zb3 et Zb4 et M[11] ainsi que la protection du collecteur Z existant ayant pour exutoire la côte maritime. Ils ont été projetés dans les zones d'engraissements des épis existants ou en construction. Mieux, il est prévu à leurs phases terminales **des bassins d'infiltration et de dissipation** munis de déversoirs latéraux pour écrêter le débit et éviter ainsi l'arrivée frontale dans la mer.

Le tableau ci-dessous présente une comparaison des cotes à l'arrivée et celle de la houle exceptionnelle :

Tableau 72: Exutoires en mer : tableau comparatif des cotes d'ouvrages et de la houille

Collecteurs	Exutoire	Cote fil d'eau à l'arrivée du collecteur dans le bassin	Cote crête bassin de dissipation	Houle exceptionnelle pour T = 100 ans
Collecteur Zb1	Mer	2,56 m IGN	4,50 m IGN	3,40 m IGN
Collecteur Zb2		2,25 m IGN	4,50 m IGN	3,40 m IGN
Collecteur Zb3		1,83 m IGN	4,50 m IGN	3,40 m IGN
Collecteur Zb4		1,80 m IGN	4,50 m IGN	3,40 m IGN
Collecteur M		1,14 m IGN	4,50 m IGN	3,40 m IGN

7.2.3 Incidence du changement climatique sur le lac Nokoué

Selon les études « AETS », au regard de l'état de connaissance actuel et pour le lac Nokoué, l'effet principal du changement climatique s'exprimera plus par l'exhaussement induit par l'océan que par l'augmentation des apports amonts. L'ordre de grandeur de l'exhaussement des crues par rapport à la configuration actuelle, pour différents scénarii moyen et extrême serait :

[11] Le Collecteur M se trouve à l'Ouest de Cotonou

- En 2025 : **10 cm environ dans le chenal et de 5 cm pour lac**,
- En 2050 : **20 cm environ dans le chenal et 10 cm dans le lac**,
- En 2100 : **30 cm environ dans le chenal et 15 cm dans le lac**.

En valeur absolue, ces grandeurs peuvent paraître modérées. Toutefois, le territoire de Cotonou est très plat et cette augmentation impactera négativement les surfaces inondées.
Dans le cadre de la présente étude d'APD, la cote minimale de 0,7 m IGN a été adoptée au mieux pour les arrivées dans le chenal et dans le lac, pour les nouveaux ouvrages projetés.

Cette côte correspond à la moyenne du lac et garantie qu'aucun ouvrage à l'arrivée ne soit en charge pour les crues centennales.

Tableau 73: comparaison des côtes d'eau collecteurs pleine section et celle du lac pour T=100 ans

Collecteurs	Exutoire	Cote fil d'eau du collecteur à l'arrivée à l'exutoire	Cote crête ouvrage[12]	Crue du lac période de retour T = 100 ans	Observation
Collecteur Pb	Lac Nokoué	0,50 m IGN	2,50m IGN	1,36 m IGN	L'ouvrage n'est pas en charge
Collecteur Pc	Lac Nokoué	0,75 m IGN	2,25m IGN	1,36 m IGN	L'ouvrage n'est pas en charge
Collecteur Qb	Chenal	0,91 m IGN	1,91m IGN	1,36 m IGN	L'ouvrage n'est pas en charge
Collecteur Qc	Lac Nokoué	0,80 m IGN	1,60 m IGN	1,36 m IGN	L'ouvrage n'est pas en charge
Collecteur Sbis	Chenal	1,17 m IGN	2,77 m IGN	1,36 m IGN	L'ouvrage n'est pas en charge
Collecteur Rb-Rd	Chenal	1,25 m IGN	2,75 m IGN	1,36 m IGN	L'ouvrage n'est pas en charge
Collecteur Rc	Chenal	1,20 m IGN	2,50 m IGN	1,36 m IGN	L'ouvrage n'est pas en charge
Collecteur WW1	*Lac Nokoué*	*0,70 m IGN*	*1,40 m IGN*	*1,36 m IGN*	*L'ouvrage n'est pas en charge*
Collecteur WW2	Chenal	0,70 m IGN	1,70 m IGN	1,36 m IGN	L'ouvrage n'est pas en charge
Collecteur WW3	*Chenal*	*0,74 m IGN*	*1,44 m IGN*	*1,36 m IGN*	*L'ouvrage n'est pas en charge*
Collecteur WW4	Chenal	0,70 m IGN	1,70 m IGN	1,36 m IGN	L'ouvrage n'est pas en charge
Collecteur D	Chenal	0,86 m IGN	2,86 m IGN	1,36 m IGN	L'ouvrage n'est pas en charge
Collecteur Y	Chenal	0,64 m IGN	2,24 m IGN	1,36 m IGN	L'ouvrage n'est pas en charge

Par ailleurs, pour contrôler le reflux de l'eau du lac et/ou chenal en période de crue exceptionnelle dans les ouvrages d'assainissement, il est prévu des clapets anti-retour à l'aval des collecteurs. En effet, ces clapets anti-retour sont une solution de protection contre les reflux en provenance du lac / chenal. Mais, le défaut d'entretien pourrait constituer le véritable problème en

[12] Côte ouvrage =Fil d'eau + Hauteur de l'ouvrage

raison de la présence des déchets solides dans les ouvrages de drainage qui risquent de s'obstruer dès les premières pluies. Et l'absence de cet entretien risque de compromettre le bon fonctionnement de tout le système.

CONTENU DU DOSSIER

VOLUME 1 : RAPPORT APD ET ANNEXES

1. Annexe 1 : diagnostic du réseau existant
2. Annexe 2 : études topographiques
3. Annexe 3 : Tableau récapitulatif calcul hydraulique Collecteurs primaires
4. Annexe 4 : note de calcul béton armé ; caniveau cadre et canal trapézoïdal
5. Note sur le dimensionnement de la voirie
6. Rapport des aménagements paysagers autour des bassins de rétention
7. Note sur les exutoires en mer
8. Rapport d'essais géotechniques sur la protection des fossés en terre et note sur le revêtement des talus des fossés

VOLUME 2 : PLANS ET PHOTOS ILLUSTRATIONS

VOLUME 3 : DQE

ANNEXE 1 : DIAGNOSTIC DU RESEAU EXISTANT

1 ENTRETIEN DES OUVRAGES EXISTANTS

En marge de la présente mission d'études d'Avant-Projet Détaillé (APD), un diagnostic du fonctionnement des ouvrages de drainage existant a été nécessaire pour poser les solutions idoines. Ce diagnostic concernant l'ensemble des bassins versants de la ville de Cotonou, fait suite à celui réalisé dans le cadre de la mission d'actualisation du Plan Directeur d'Assainissement de la Ville de Cotonou en Sept 2014. La présente mission de terrain a pour but d'estimer le coût d'entretien des ouvrages d'assainissement existants pour permettre leur bon fonctionnement.

Pour cette évaluation, des équipes ont été constituées et plusieurs missions de terrain couvrant la période du 25 octobre au 22 novembre 2017 ont été réalisées pour procéder à divers relevés. Les métrés ont été ensuite faits.

Le présent ANNEXE 1, rend compte des moyens mis en place pour cette mission, des constats faits et présente les coûts estimés des travaux d'entretien à exécuter.

1.1 RAPPEL DES RESULTATS DU DIAGNOSTIC DES OUVRAGES EXISTANTS LORS PLAN DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT PLUVIAL (PDA) DE 2015

Le diagnostic réalisé lors de l'actualisation du PDA de 2015 a permis de sectoriser la ville de Cotonou en 50 bassins versants repartis à raison de 20 dans la partie Cotonou Est et 30 dans la partie Cotonou Ouest.

Les tableaux ci –contre présentent la synthèse des résultats obtenus :

Tableau 1: récapitulatif du diagnostic des réseaux existants – Zone Ouest

	Bassin	Surface (ha)	Longueur nouveau réseau secondaire et tertiaire (m)	Longueur secondaires et tertiaires 1994 (m)	Longueur primaire ouvert (m)	Longueur primaire fermé (m)	Total (m)
1	A	329	12 489	7 738	3 240	0	**23 467**
2	Abis	36	1 140	670	785	0	**2 595**
3	AAc	680	18 711	0	6 718	0	**25 429**
4	AAn	550	9 144	0	3 632	0	**12 776**
5	ABa	75	4 024	0	0	0	**4 024**
6	ABb	55	5 232	0	0	605	**5 837**
7	ABc	19	674	0	0	405	**1 079**
8	B	102	7 258	1 896	1 925	0	**11 079**
9	B bis	10	0	0	0	448	**448**
10	C	45	4 020	320	0	538	**4 878**
11	D	74	5 646	2 902	0	728	**9 276**
12	F	86	5 234	1 674	0	1 331	**8 239**
13	Ga	5	384	0	0	225	**609**
14	Gb	4	231	0	0	234	**465**
15	Gc	4	0	0	0	265	**265**
16	Gd	4	0	0	0	102	**102**
17	Ha	6	858	0	0	187	**1 045**
18	Hb	14	1 476	0	0	277	**1 753**
19	I	9	1 481	0	0	235	**1 716**
20	J	66	6 225	125	0	897	**7 247**
21	L	237	13 934	5 000	0	2 044	**20 978**
22	M	400	19 036	2 527	0	2 233	**23 796**
23	Ma1 (aéroport)	141	1 874	0	1 955	0	**3 829**
24	Ma2 (aéroport)	68	1 609	0	0	180	**1 789**
25	Mb	20	2 144	0	0	0	**2 144**
26	Pa	745	24 667	750	2 178	0	**27 595**
27	Pb	41	1 104	0	0	671	**1 775**
28	Pc	65	3 584	0	772	0	**4 356**
29	Q	269	12 524	0	2 185	0	**14 709**
30	XX	524	18 269	0	3 581	0	**21 850**
	Total	**4 683**	**182 972**	**23 602**	**26 971**	**11 605**	**245 150**

Tableau 2: récapitulatif du diagnostic des réseaux existants – Zone Est

	Bassin	Surface (ha)	Longueur nuoveau réseau secondaire et tertiaire (m)	Longueur secondaires et tertiaires 1994 (m)	Longueur primaire ouvert (m)	Longueur primaire fermé (m)	Total (m)
1	**Ra**	51	373	0	0	1 429	**1 802**
2	**Rb**	47	2 823	0	0	1 653	**4 476**
3	**Rc**	36	1 712	0	0	371	**2 083**
4	**Rd**	13	150	0	0	377	**527**
5	**S**	80	1 666	0	0	2 254	**3 920**
6	**Ta**	81	4 595	0	982	0	**5 577**
7	**Tb**	36	1 292	0	969	0	**2 261**
8	**Tc**	51	3 224	0	1 161	0	**4 385**
9	**Td**	44	1 754	0	786	0	**2 540**
10	**Te**	50	1 665	0	1 045	0	**2 710**
11	**Wa**	308	8 000	0	0	0	**8 000**
12	**Wb**	97	2 959	0	0	0	**2 959**
13	**Wc**	160	973	0	0	0	**973**
14	**WW1**	25	1 087	0	0	673	**1 760**
15	**WW2**	20	826	0	0	690	**1 516**
16	**WW3**	13	615	0	0	440	**1 055**
17	**WW4**	57	687	0	0	966	**1 653**
18	**Y**	135	3 524	1 164	340	710	**5 738**
19	**Ya**	9	620	0	0	150	**770**
20	**Z**	140	2 813	1 518	1 314	0	**5 645**
	Total	**1 453**	**41 358**	**2 682**	**6 597**	**9 713**	**60 350**

1.2 METHODOLOGIE

Les investigations de terrain ont été effectuées dans la période d'octobre à novembre 2017 avec deux équipes de travail chargées de couvrir tous les bassins versants et d'identifier, mesurer, évaluer tous les collecteurs existants.

La méthodologie utilisée a combiné les techniques de relevé traditionnelles et l'utilisation des relevés disponibles (cartes, plans, synthèse par bassin versant..) lors du dernier diagnostic de 2015. Les phases du diagnostic étaient les suivantes :

- La mesure des principaux paramètres dimensionnels et l'évaluation de la condition de chaque collecteur. L'annotation manuelle des principales informations et observations sur les fiches techniques relatives aux collecteurs primaires et aux autres ouvrages de drainage
- La prise de points par GPS en vue de la détermination de la longueur de chaque collecteur (ou tronçon pour les collecteurs primaires avec modification de la section hydraulique)
- La prise de photos dans des points spécifiques des réseaux
- Au bureau, le dépouillement et le métré des ouvrages suivi de l'évaluation des coûts.

1.3 MOYENS MIS EN PLACE

1.3.1 MOYEN EN PERSONNEL

Deux équipes ont été constituées respectivement pour la zone de Cotonou Est et Cotonou Ouest. Chaque équipe est composée de :

- D'un (01) Ingénieur, Chef d'équipe
- De deux (02) Techniciens Métreur 1 et métreur 2
- D'un (01) Chauffeur

1.3.2 MOYEN EN MATERIEL

Chaque était doté du matériel suffisant

a) Matériel roulant

- un (01) véhicule 4x4

b) Logistique

- un (01) GPS
- un (01) vélo mètre
- deux (02) appareils photos numériques,
- un (01) décamètre,

- deux (02) centimètres
- un (01) traceur,
- deux (02) ordinateurs,
- une (01) imprimante laser,
- une (01) photocopieuse multifonction,
- un (01) scanner,

1.4 CONSTATS ET TRAVAUX A REALISER

Les constats faits sur les ouvrages d'assainissement pluvial existants de la ville de Cotonou concernent principalement :

- les dalles de couverture des caniveaux (cassées, tombées ou inexistantes),
- la présence de fissures le long des parois de certains canaux trapézoïdaux,
- la dégradation très prononcée des parois de certains canaux trapézoïdaux,
- la dégradation des feuillures le long de certains caniveaux,
- les affouillements au droit des parois de certains canaux trapézoïdaux,
- l'absence de garde-corps métallique par endroit le long de certains canaux trapézoïdaux,
- les garde-corps métalliques déformés par endroit le long de certains canaux trapézoïdaux,
- le vol des grilles et tampons des regards,
- le non curage de certains caniveaux,
- les buses remplies d'ordures,
- la nécessité de réfectionner certaines passerelles,

Au vue de ces constats, les travaux d'entretien à réaliser sont énumérés de façon non exhaustive comme suit :

- la dépose et mise en dépôt de dalles de couverture de caniveaux,
- la réparation des dégradations,
- la réparation ou reprise de feuillures de caniveaux,
- le traitement de fissures,
- le curage d'ouvrages,
- la réfection /redressement de garde-corps métallique,
- la fourniture et pose de garde-corps métallique,
- la fourniture et pose de grille et tampon,
- la fourniture et pose de dalles de couverture de caniveaux,
- la construction de caniveaux,

Les travaux spécifiques aux bassins A et B sont :

Bassin A

- la construction de caniveau cadre de section 1,00 m x 1,00 m en remplacement des buses existantes,
- la réfection de la passerelle métallique de dimension 10,00 x 1,80 du canal A (reprise du platelage en bois, réfection des garde-corps et autres sujétions),

- la réfection de la passerelle en béton armé de dimension 9,30 x 8,60 du canal A bis (consolidation des appuis et rampes d'accès, ragréage des poutres et potelets, réfection des garde-corps et autres sujétions),
- la réfection de la passerelle en béton armé de dimension 8,00 x 2,00 du canal A bis (ragréage de bordurettes)
- la reprise du bétonnage des parties dégradées le long du canal (option 1) ou la démolition de tout le cavalier et sa reprise en béton armé le long du canal (option 2).

Bassin B

- la fourniture et pose de garde-corps métallique (modèle proposé pour les collecteurs à construire) le long du canal sur la rue 6.020 en remplacement des potelets cassés,
- la réfection de la passerelle en béton armé de dimension 6,00 x 2,00 en face de la Pharmacie le Rocher (ragréage des poutres, réfection des garde-corps et autres sujétions),
- la reprise du bétonnage des parties dégradées le long du canal **(option 1)** ou la démolition de tout le cavalier et sa reprise en béton armé le long du canal **(option 2).**

Ci-après quelques photographies montrant les dégradations.



Dégradation de feuillure



Dalles cassées



Enrobage des armatures de dalles non assuré



Caniveau non curé, dalles cassées



Rue 4.107 : dalles remplacées par du bois



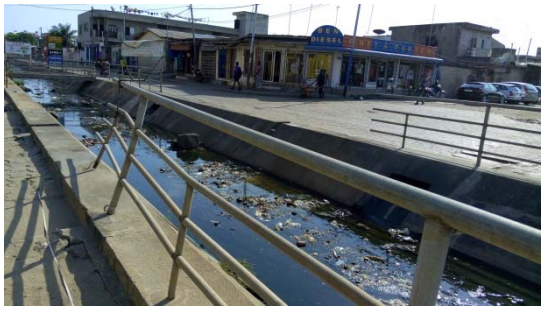
Rue 12.180 : Etat des dalles et des feuillures du caniveau



Canal A : Etat de la passerelle métallique



Canal A bis : Etat de la passerelle en BA (rue 6.032)



Canal Wa : Garde-corps enlevé par endroit le long du canal



Canal Te : Affouillement au droit de paroi



Canal B : Fissuration et affaissement des parois le long du canal sur la rue 6.020



Canal Ta : Présence de Fissures le long du canal



Canal P : Canal non curé



Caniveau non curé, dalles non posées

1.5 POINT RECAPITULATIF DES COÛTS DES TRAVAUX

Les coûts estimés des travaux sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3: Cadre général récapitulatif des coûts des travaux

DESIGNATION DES BASSINS	MONTANT HT (Option 1 pour A et B)	MONTANT HT (Option 2 pour A et B)
Wd	25 000 410	25 000 410
Wb	93 906 164	93 906 164
Wc	74 783 067	74 783 067
Wa	223 567 395	223 567 395
WW4g et WW4h	18 493 246	18 493 246
WW3f et WW3e	13 428 128	13 428 128
WW2d et WW2c	12 451 255	12 451 255
WW1b et WW1a	15 680 074	15 680 074
Te	43 288 520	43 288 520
Td	28 016 163	28 016 163
Tc	46 149 817	46 149 817
Tb	20 860 326	20 860 326
Ta	52 226 478	52 226 478
S	48 007 488	48 007 488
Ra	33 730 590	33 730 590
Rb	22 796 364	22 796 364
Rc	31 820 919	31 820 919
Rd	4 722 027	4 722 027
Ya	7 434 212	7 434 212
Y	32 535 387	32 535 387
Z	30 514 163	30 514 163
G	15 272 050	15 272 050
Hb	37 074 863	37 074 863
Ha	22 878 547	22 878 547

DESIGNATION DES BASSINS	MONTANT HT (Option 1 pour A et B)	MONTANT HT (Option 2 pour A et B)
I	17 662 177	17 662 177
J	37 856 183	37 856 183
L	46 278 948	46 278 948
M	48 100 095	48 100 095
ABa - Abb	49 526 438	49 526 438
A	1 128 805 974	1 215 385 736
B	481 577 976	499 840 061
C	55 206 538	55 206 538
D	45 000 822	45 000 822
F	40 058 666	40 058 666
Q	162 979 045	162 979 045
Pa	267 828 650	267 828 650
Pb et Pc	64 530 584	64 530 584
XX	104 636 264	104 636 264
AAc et Aan	126 333 177	126 333 177
TOTAL TRAVAUX	**3 631 019 190**	**3 735 861 037**
INSTALLATION DE CHANTIER (10%)	363 101 919	373 586 104
Totaux Généraux (Fcfa)	**3 994 121 109**	**4 109 447 141**
Totaux Généraux (Euro)	**6 088 599**	**6 264 401**

1.6 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les ouvrages visités présentent des dégradations qu'il est urgent de corriger. Le vol des grilles en fonte est frappant. Les recommandations à faire dans ce sens sont entre autres :

- exécuter les entrées d'eau avec des éléments ne nécessitant pas la pose de grille,
- soutenir la Mairie de Cotonou de façon à mettre en œuvre de véritables programmes d'entretien des ouvrages existants afin d'assurer leur pérennité et permettre leur bon fonctionnement.

ANNEXE 2 : ETUDE TOPOGRAPHIQUES

1 DESCRIPTION DES ETUDES TOPOGRAPHIQUES

1.1 RESEAUX GEODESIQUES DU BENIN

Le Réseau Géodésique du Bénin (RGB) comprend le réseau géodésique de premier ordre et celui du second ordre. Les caractéristiques du système se présentent comme suit :

- Ellipsoïde de référence : WGS 1984
  - Demi-Grand Axe (a) : 6378137.0000 m
  - Inverse de l'Aplatissement (1/f) : 298.25722356300
  - TRF 1993 (epoch 1995.9)
- Projection : UTM (Universal Transverse Mercator)
  - Numéro de Zone : 31
  - Méridien Central : 3° 00'00.00000" E
  - Hémisphère : Nord
  - Facteur échelle au méridien central : 0.9996
  - Abscisse arbitraire : 500 000 m
  - Ordonnée arbitraire : 0 m
- Paramètres de transformation
  - Translations nulles
  - Rotations nulles
  - Facteur d'échelle = 1.

Les macarons de référence IGN utilisées sont des points géodésiques de premier ordre. Nos investigations préliminaires ont consisté à l'identification sur le terrain de ces points géodésiques ainsi que les différents repères de nivellement existants dans la zone du projet.

Tableau 1: Tableau des macarons utilisés

Immatricule Macaron	Localisation	Altitude (m)
Mle 308	Vieux pont de Cotonou	5,294
Mle 307	Vieux pont de Cotonou	5,213
Mle INC 2A	Borne centrale téléphonique	4,647
Mle 236	SCOA Gbeto	5,779
Mle 00	Angle sud-ouest clôture C.E.B	3,239
Mle 00'	Angle Sud Est clôture C.E.B	4,280
Mle 01	Stade de l'amitié (Bâtiment palais des sports)	5,940

Mle 103	IGN AKPAKPA; Ayélawadjè I	4,834
	UNAFRICA	5,452

Les fiches synthétiques des différents macarons sont fournies au point 1.8 .

1.2 IMPLANTATION DES BORNES

Afin de rapprocher les repères fixes des détails à lever et limiter au maximum les accumulations d'erreurs, nous avons procédé par l'implantation d'une polygonale constituée de bornes en béton scellées à des points significatifs identifiés. Ces bornes sont numérotées et implantées dans les différents tronçons des bassins.

1.3 MOYEN UTILISE

- Personnel

Deux brigades topographiques ont été formées respectivement pour Cotonou Est et Cotonou Ouest et comprennent :

- un (01) Ingénieur Topographe,
- deux (02) chefs de brigade topo,
- Six (06) opérateurs + porteurs de canne
- Quatre (04) croquiseurs,
- Douze (12) manœuvres,

- Moyen matériel utilisé

Le matériel utilisé par les deux brigades topographiques est composé essentiellement de :

- Quatre (04) stations GPS-GNSS,
- Sept (07) Niveaux automatiques NAK2 de marque WILD-LEICA,
- Quatre (04) GPS Garmin,
- Trois (03) mires pliantes de 5 m,
- Trépieds + chaine de 50 m et 3 m,
- Divers petit matériels (marteaux, pelles, pioches, barres de fer de 8 ; moule pour la fabrication des bornes ;
- Deux (02) véhicules pour les deux équipes de la brigade topographique.

1.4 LEVES DE DETAILS ET DE PROFIL EN TRAVERS

Une fois les cheminements calculés et compensés, le nivellement calculé et compensé, nous avons sorti un listing polygonal en trois dimensions X, Y et Z qui a servi de base pour tout levé. Pour affiner les données altimétriques, nous avons fait systématiquement un nivellement direct en double station sur toutes les bornes de la polygonale après les avoir rattachées altimétriquement à notre repère.

- Levé de la route existante

Le levé de la route existante a consisté à lever tous les détails liés à l'ouvrage et se trouvant dans l'assiette de la route. Ils sont levés selon les caractéristiques des entités géométriques qui les composent et aussi sont renseignés par leur altimétrie.

- Profil en Travers

Les profils sont levés à chaque 25 m, mais resserrés de dix mètres au niveau des ouvrages ou des zones à variation d'altitudes conséquente. Tous les profils en travers sont levés avec une fréquence minimum de 10 points par profil et de sorte à prendre en compte toute l'emprise de la rue concernée. Certains profils sont marqués sur le terrain par des écritures sur des bâtiments, des arbres des poteaux électriques proches, etc. Les points d'axe des profils sont numérotés consécutivement au moment du levé.

- Les ouvrages

Tous les ouvrages rencontrés sur le tronçon sont levés avec une grande attention en resserrant d'abord les profils en travers autour de ceux-ci. Ensuite on a procédé au levé des limites des ouvrages et particulièrement les radiers et les fils d'eau des ouvrages d'assainissement existants (caniveaux et collecteurs). Le type d'ouvrage ainsi sa dénomination sont relevés.

Dans les zones marécageuse ; où les habitations sont moins danses et les rues ne sont pas aménagées, nous avons procédées préalablement à la reconnaissance des emprises avec les élus locaux. Les profils en travers de ces tronçons sont levés avec une grande marge au-delà de leur emprise.

- Levés de détails

Nous avons levé en particulier :

- les ouvrages d'assainissement (structure des caniveaux et des collecteurs),
- les regards des réseaux divers,
- les limites des chaussées,
- les bâtis et les clôtures,
- les accès aux riverains (seuil) et les carrefours, (structure, etc.),
- les ouvrages d'aménagement (poteaux électriques, poteaux et chambres téléphoniques, pylônes de réseau de téléphonie mobile, etc.).
- Les débuts et fins des agglomérations sont relevés aussi bien que propriétés de l'Etat (dispensaire, écoles, marchés...).

- Relevé des fils d'eau

La réussite de notre étude réside dans la qualité des données prises au niveau des fils d'eau des ouvrages existants lors des études topographiques. C'est pourquoi, une attention particulière a été mise sur le relevé de ces données. Il a consisté à l'ouverture systématique des

dallettes à intervalle régulier, des grilles en fonte des regards au niveau des caniveaux, collecteurs et des amorces de caniveaux. Des piquets en fer ayant des bouts pointus sont utilisés pour atteindre les radiers des ouvrages malgré les déchets ménagers qui s'y trouvent.

1.5 TRAITEMENT DES DONNEES

Les résultats topographiques enregistrés sur les carnets électroniques des GPS et stations totales sont transférés à l'ordinateur à travers le programme LEICA GEO OFFICE en vue de leur utilisation sous le logiciel COVADIS. Ces mêmes résultats sont conservés en fichier texte (.txt).

Une fois ces transformations effectuées, et sur la base des codifications et carnets de terrain, nous avons effectué à l'aide du logiciel COVADIS le dressage du levé et obtenir la vue en plan de la route et des tronçons levés.

1.6 TRACE EN PLAN

A la suite du dimensionnement des ouvrages, les ouvrages sont projetés en prenant en compte la position des ouvrages et réseau existants. Le tracé en plan est fait avec le Logiciel AutoCad. Les ouvrages existants et projetés figurent sur le même plan avec des traits différents.

1.7 PROFIL EN LONG DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT PROJETES

Le profil en long des ouvrages d'assainissement projetés sont tracés à l'aide du logiciel PISTE 5.1. Les profils en long sont exportés en .dwg pour être traités dans le logiciel AutoCad. Les résultats sont présentés en tracés combinés (Profil en long superposé au tracé en plan).

1.8 FICHES SYNTHETIQUES DES MACARONS

EMPLACEMENTS DES REPÈRES.		
DÉSIGNATIONS DES BATIMENTS ET OUVRAGES D'ART	Points ou Ecarts kilométriques	MATRICULES, CROQUIS, ALTITUDES DES REPÈRES
Route de Cotonou à Porto Novo		
Vieux pont de Cotonou	kilomètres	Mle 308 Porto Nova Alt. repère : 5,294 m rivet : 0,525 m
Vieux pont de Cotonou	1,02	Mle 307 Alt. repère : rivet : 5,213 m 6,19 m 5,38 m
Borne central téléphonique	1,40	Mle INC 2A Porto Novo Alt. repère : 4,647 m rivet : 0,5 18,43 m
S.C.O.A.	1,57	Mle 236 Cotonou Alt. repère : 5,779 m rivet : 4,70 m 1,96 m sol + 0,31 m
	2,17	

I.G.N. 25.0 N.P.

COMMUNE DE COTONOU

RESEAU DE NIVELLEMENT DE PRECISION

FICHE SIGNALETIQUE DU REPERE 001

2017

DESCRIPTION

PHOTO-REPERE

Matricule: 006 Ex : /

Construction: 2017 Type: Macaron

Observation: 2017 Système : WGS 84

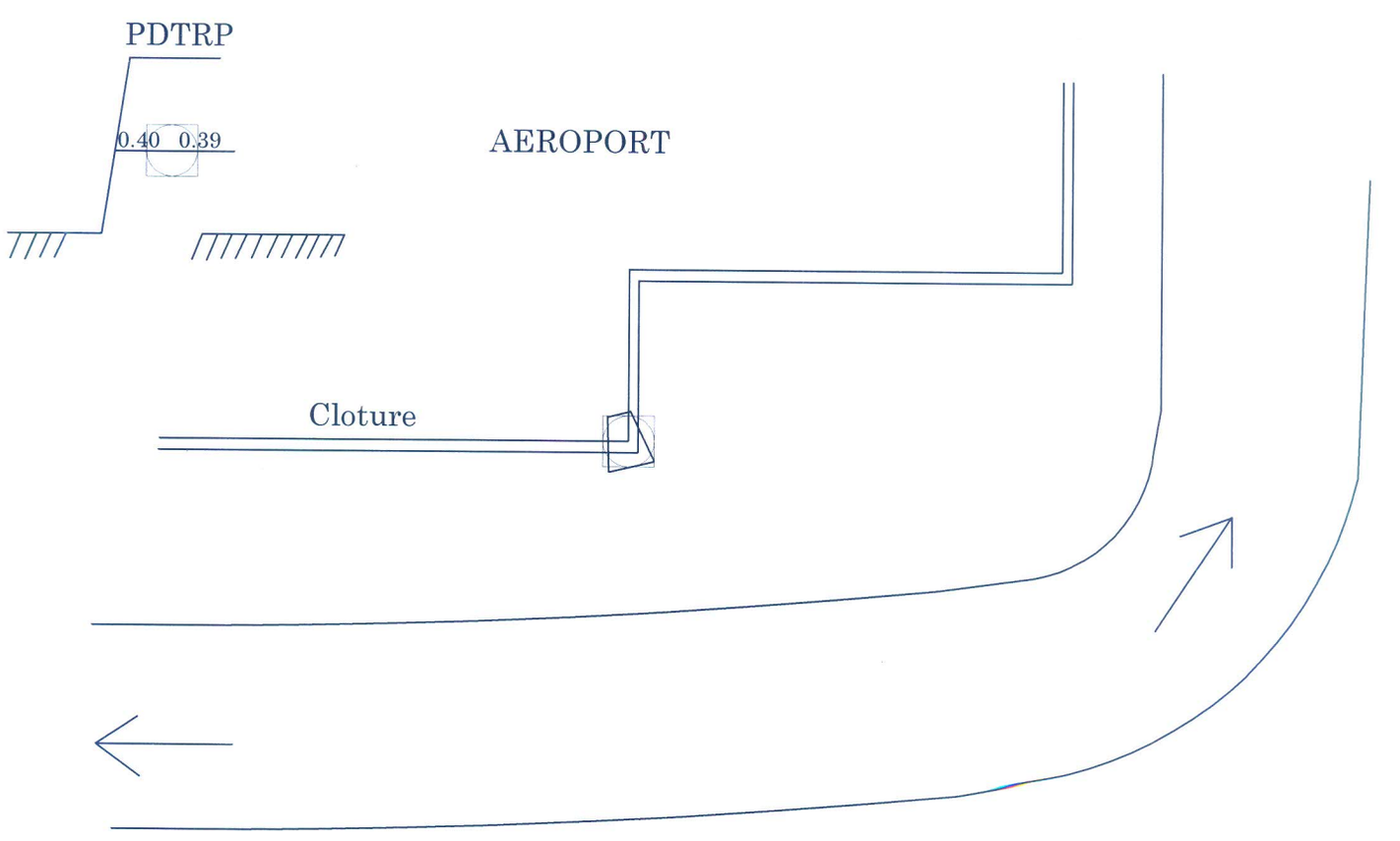
Département : Littoral X : 430652

Commune : Cotonou Y : 701975

Voie suivie : Avenue Clozel Coté : G

Désignation: Macaron situé à l'angle de la clôture de l'Aéroport.Il se trouve entre le petit pont et la fondation Jean Monnet.

ALTITUDE : 4.532



COMMUNE DE COTONOU

RESEAU DE NIVELLEMENT DE PRECISION

FICHE SIGNALETIQUE DU REPERE 001

2017

DESCRIPTION

PHOTO-REPERE

Matricule: 001

Ex : /

Construction: 2017

Type: Macaron

Observation: 2017

Système : WGS 84

Département : Littoral

X : 437284

Commune : Cotonou

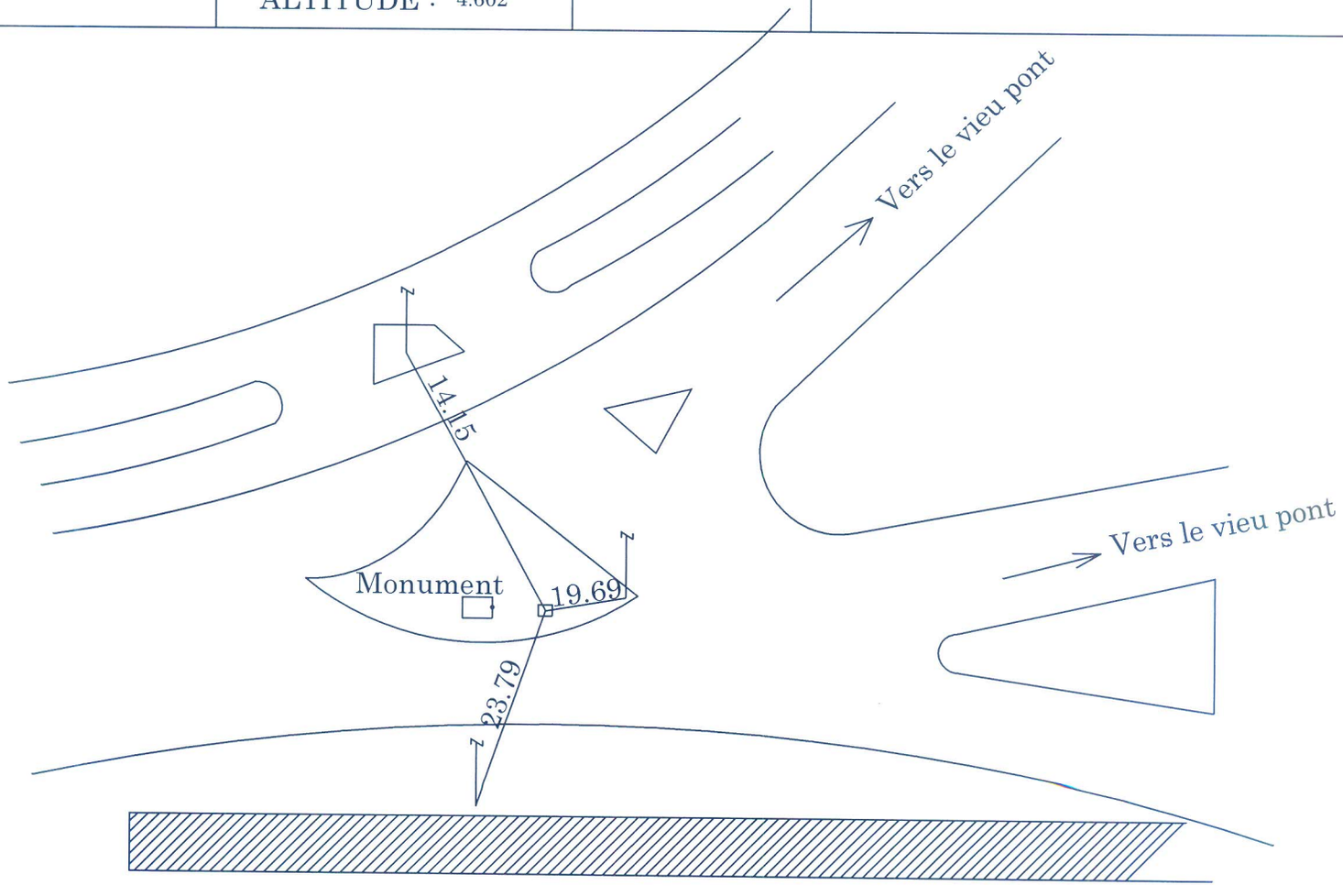
Y : 702112

Voie suivie : Avenue Clozel

Coté : G

Désignation : Macaron au pied du Monument de la paix situé au carrefour de la Direction Générale de la Loterie Nationale du Bénin.

ALTITUDE : 4.602



COMMUNE DE COTONOU

RESEAU DE NIVELLEMENT DE PRECISION

FICHE SIGNALETIQUE DU REPERE 001

2017

DESCRIPTION

PHOTO-REPERE

Matricule: 013

Ex : /

Construction: 2017

Type: Macaron

Observation: 2017

Système : WGS 84

Département : Littoral

X : 431850

Commune : Cotonou

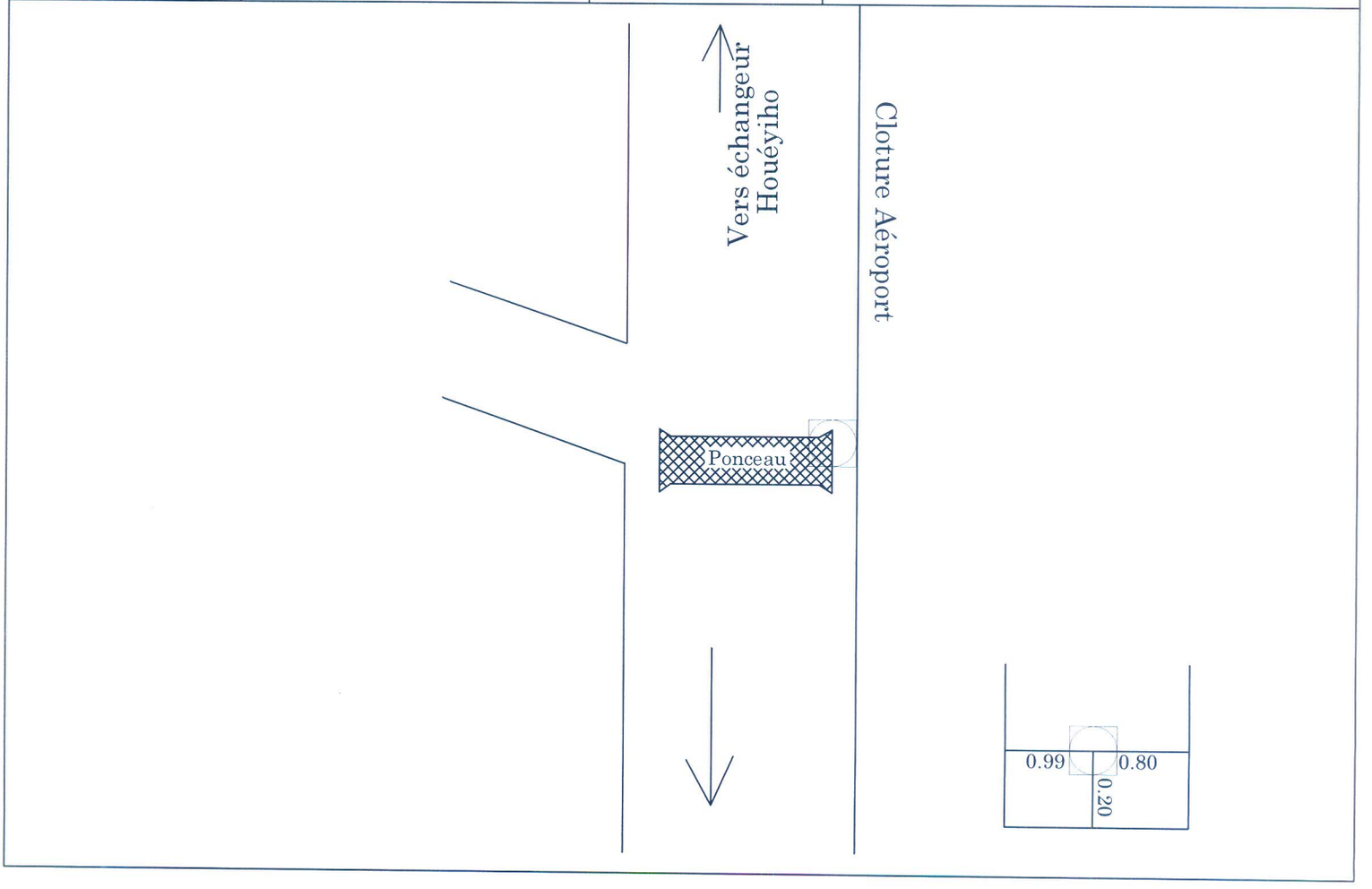
Y : 702989

Voie suivie : Avenue Clozel

Coté : G

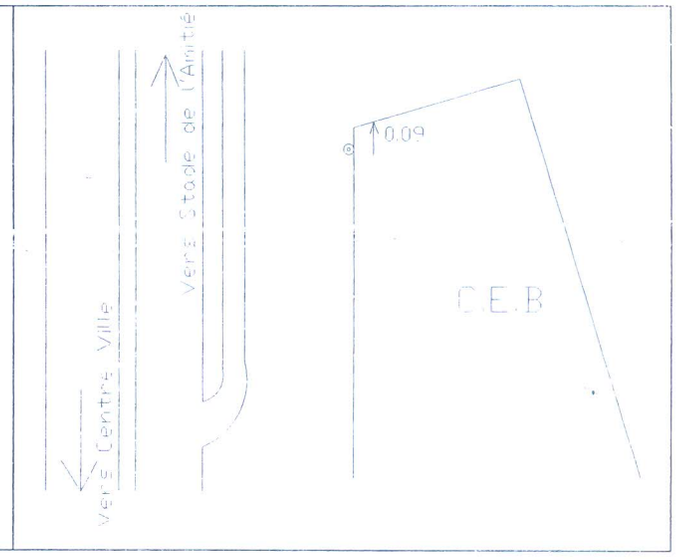
Désignation :Macaron se trouvant sur le ponceau à l'aile gauche en quittant l'échangeur de la barrière houéyiho.

ALTITUDE : 4.053

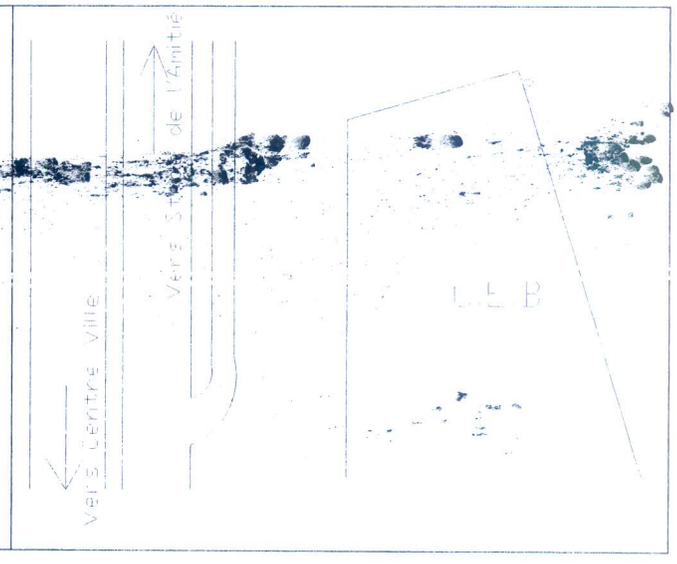


Répertoire des emplacements et altitudes des repères de nivellement

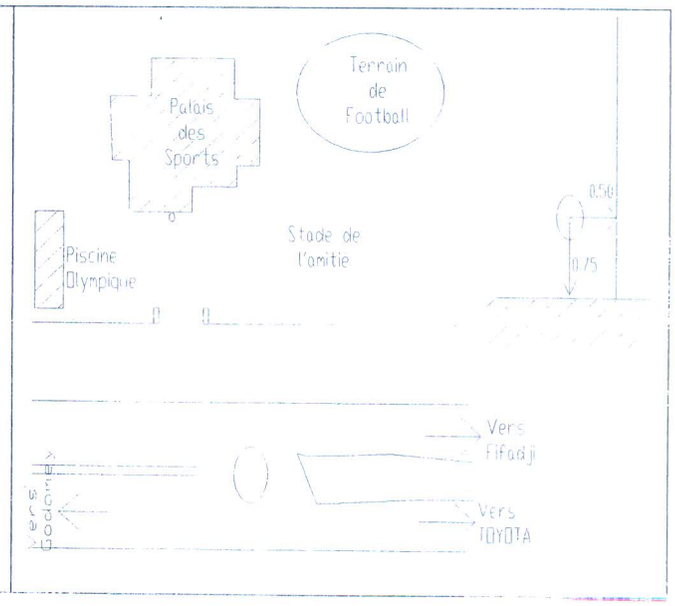
Matricule : 00 Ex : INC 105
Construction : 1967 Type : Boulon en fer
Observation : 1981 Système WGS 84
Département : Littoral
Commune : Cotonou
Long (λ) = 02°23'04.1"
Lat (φ) = 06°22'39.3"
Voie suivie : RNIE 1 Coté : D
PK : 0 face sud ouest domaine CEB
Feuille 1/200000 : Porto-Novo
Feuille 1/50000 : NB31XV Id
Désignation : Angle Sud Ouest clotûre C.E.B
ALTITUDE : 3.239 m



Matricule : 00' Ex : INC 105
Construction : 1967 Type : Boulon en fer
Observation : 1981 Système WGS 84
Département : Littoral
Commune : Cotonou
Long (λ) = 2°23'04.1"
Lat (φ) = 06°22'39.4"
Voie suivie : RNIE 1 Coté : D
PK : 0 face sud ouest domaine CEB
Feuille 1/200000 : Porto-Novo
Feuille 1/50000 : NB31XV Id
Désignation : Angle Sud Est clotûre C.E.B
ALTITUDE : 4.280 m



Matricule : 01 Ex :
Construction : 2003 Type : Macaron
Observation : 2013 Système WGS 84
Département : Littoral
Commune : Cotonou
Long (λ) = 02°22'41,2"
Lat (φ) = 06°23'12,4"
Voie suivie : RNIE 1 Coté : D
PK: 2,10 Distance : 2,10 km du repère : INC 105
Feuille 1/200 000 : Porto-Novo
Feuille 1/50 000 : NB31XV Id
Désignation : Stade de l'amitié (Bâtiment palais des sports)
ALTITUDE : 5.940 m

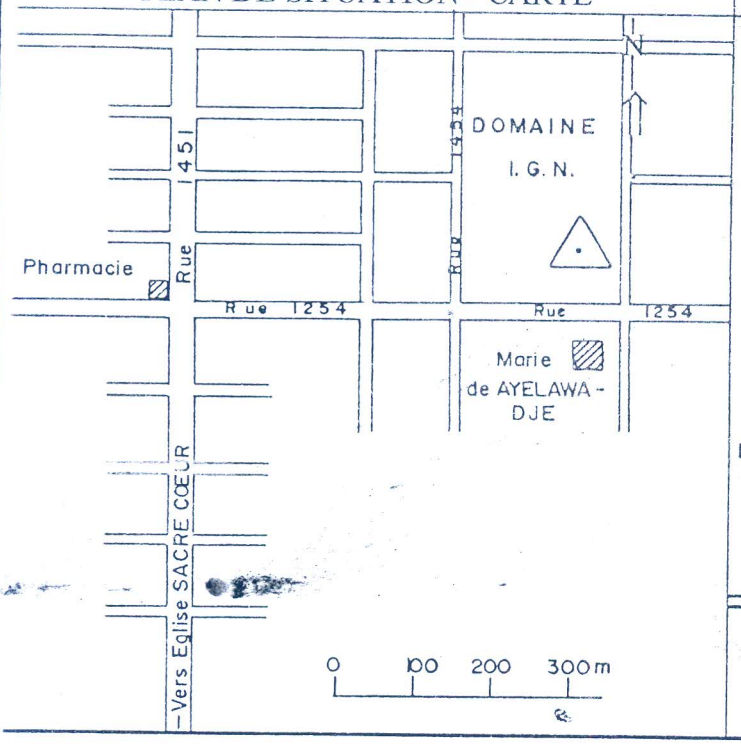


FICHE SIGNALETIQUE

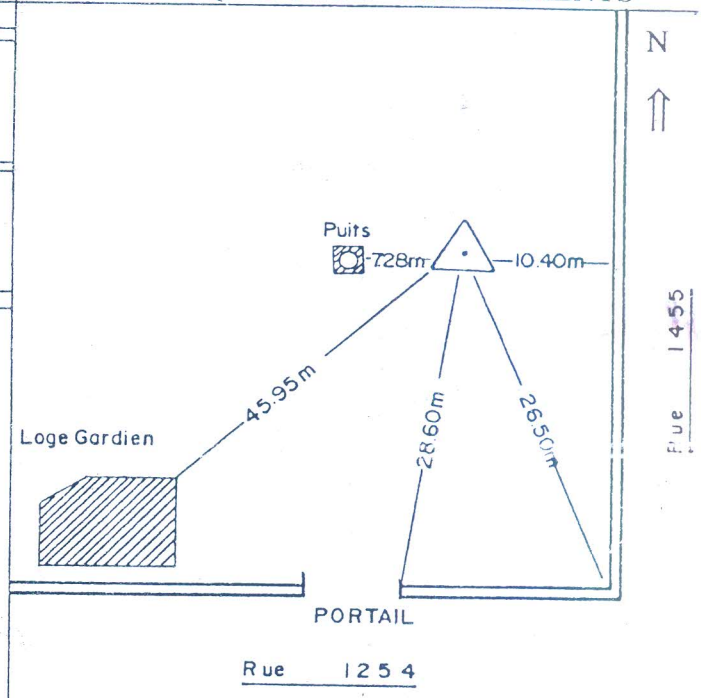
Version :

Point N° : 103 | Nom : COTONOU

PLAN DE SITUATION - CARTE



CROQUIS COTÉ - REPÈREMENTS



ACCES - RENSEIGNEMENTS DIVERS

Nouveau DOMAINE I.G.N. d'AKPAKPA

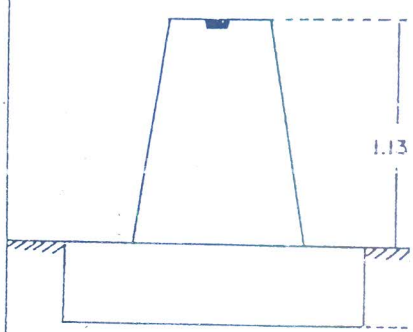
. Commune : AYELAWADJE

. Quartier : AYELAWADJE I

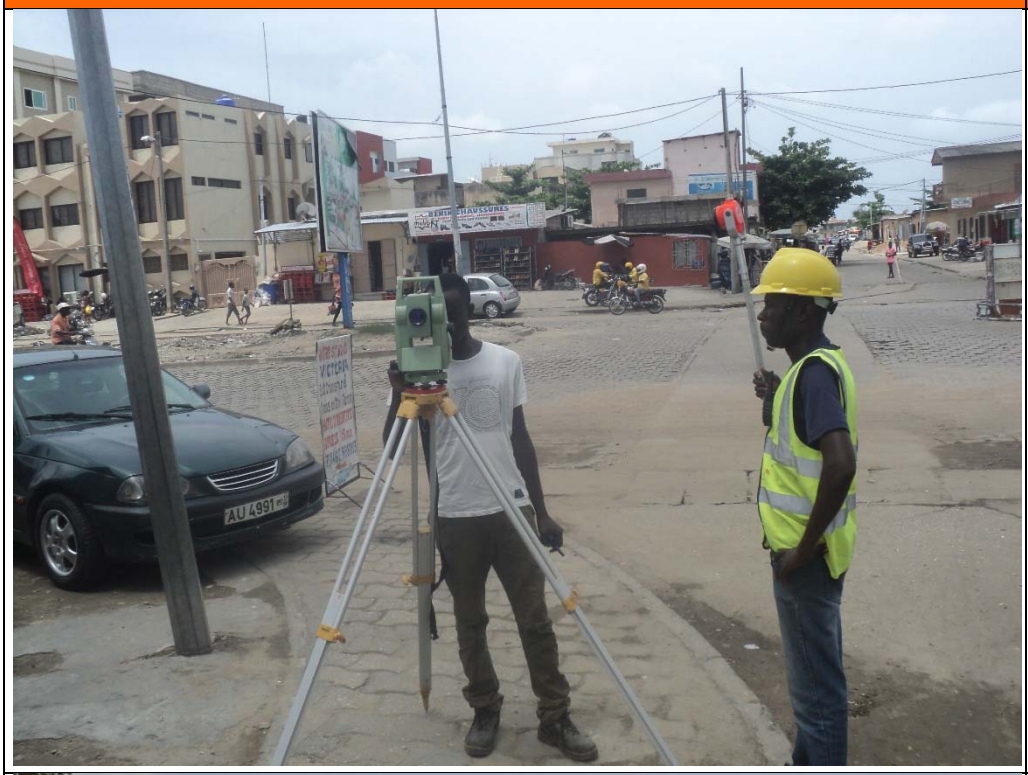
Accessible à tout Véhicule

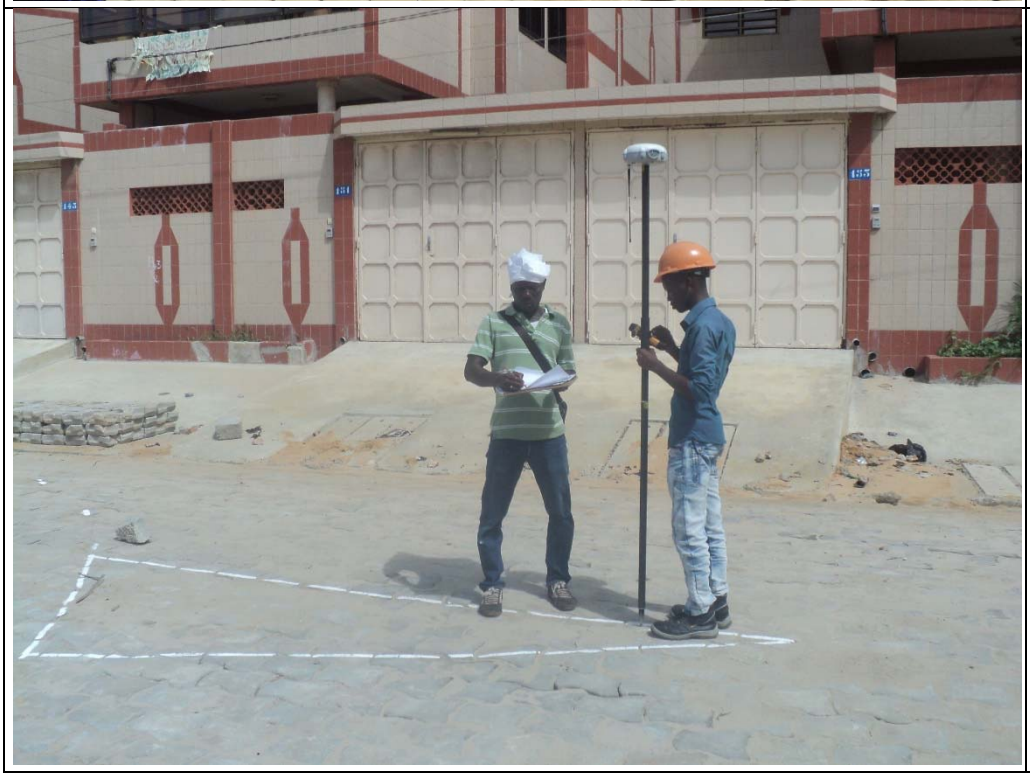
CROQUIS EN ELEVATION

Altitude Z=4,834m



1.9 PHOTOS TERRAIN DES EQUIPES TOPOGRAPHIQUES

Photos Equipes topographiques	Description / observation :
	**Photo n°1** : Equipe topographique avec une station totale en cours d'installation
	**Photo n°2** : Equipe topographique avec une station totale en en activité dans le bassin Q (CEG du LAC)

	**<u>Photo n°3</u>** : Equipe topographique avec une station GPS différentiel en en activité dans le bassin AAc (Houéyiho)
	**<u>Photo n°4</u>** : Equipe topographique avec une station GPS différentiel en en activité / numérotation des points et coquillage

	**<u>Photo n°5</u>** : Mise en place d'une borne topograhique en béton
	**<u>Photo n°6</u>** : Equipe topographique avec une station GPS différentiel en en activité / Levé de détails – fil d'eau de l'ouvrage d'assainissement existant

	**Photo n°7** : Opération d'ouverture des regards pour la mesure du fil d'eau sur ouvrage d'assainissement existant.
	**Photo n°8** : Opération de mesure de fil d'eau à l'aide d'un fer métallique

ANNEXE 3 : TABLEAU RECAPITULATIF CALCUL HYDRAULIQUE COLLECTEURS PRIMAIRES

Mise en Œuvre, à moyen et long terme du PDA Pluvial de Cotonou, Etudes APD

Dimensionnement de collecteurs primaire par résolution de l'équation de Manning Strickler

Bassins versants		Période de retour	Paramètres de dimensionnement				Section retenue					taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**m**	**k**	**I(‰)**	**Q (m^3/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**Vitesse (m3/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
Pb	41,0	10	0	70	1,5	8,7	**2,50**	**2,00**	**2,15**	**0,38**	0	81%
Pc	65,0	10	1	70	2,0	10,3	**1,50**	**1,50**	**2,56**		1	89%
Pc (Gauche)	48,6	10	0	70	2,0	8,6	**2,40**	**1,50**	**2,39**	**0,00**	0	100%
Pc (Droit)	16,4	10	0	70	2,0	2,9	**1,20**	**1,50**	**1,75**	**0,14**	0	91%
Qb (à Ciel ouvert)	58,0	10	1	70	1,0	5,7	**3,00**	**1,00**	**1,63**	**0,10**	1	87%
Qb (Collecteur cadre)	58,0	10	0	70	1,0	5,7	**3,60**	**1,00**	**1,63**	**0,03**	0	97%
QC	60,7	10	0	70	1,0	5,9	**5,10**	**0,80**	**1,54**	**0,05**	0	94%
Zb1-Gauche		10	0	70	1,5	4,9	**2,40**	**1,10**	**1,87**	**0,01**	0	99%
Zb1-Droit		10	0	70	1,5	4,9	**2,40**	**1,10**	**1,87**	**0,01**	0	99%
Zb2	70,8	10	0	70	1,0	9,8	**5,40**	**1,00**	**1,80**	**0,00**	0	100%
Zb3	49,4	10	0	70	1,1	5,4	**3,40**	**1,10**	**1,67**	**0,15**	0	86%
Zb4	66,2	10	0	70	1,1	8,0	**4,80**	**1,00**	**1,78**	**0,07**	0	93%
Rc	36,0	10	0	70	1,2	8,0	**3,40**	**1,30**	**1,93**	**0,08**	0	94%
Ra	51,0	10	1	70	1,7	5,8	**3,00**	**1,00**	**1,98**	**0,22**	1	74%
S	80,0	10	1	70	1,7	4,1	**2,00**	**1,00**	**1,87**	**0,21**	1	74%
Sb	60,0	10	0	70	1,0	7,6	**3,00**	**1,50**	**1,79**	**0,09**	0	94%
Rb-Rd	60,0	10	0	70	3,5	9,2	**2,50**	**1,50**	**3,00**	**0,28**	0	81%
WW4	28,0	10	0	70	2,0	4,0	**2,50**	**1,00**	**1,95**	**0,19**	0	81%
WW3	13,0	10	0	70	2,0	1,9	**2,50**	**0,70**	**1,54**	**0,22**	0	68%
WW2	20,0	10	0	70	2,0	3,1	**1,70**	**1,00**	**1,86**	**0,01**	0	99%
WW1	25,0	10	0	70	1,4	6,7	**5,00**	**0,70**	**1,80**	**-0,04**	0	106%
Wa	380,0	10	0	70	1,0	28,4	**11,50**	**1,50**	**2,15**	**0,35**	0	77%

Dimensionnement de collecteurs primaire par résolution de l'équation de Manning Strickler

Bassins versants		Période de retour	Paramètres de dimensionnement				Section retenue					taux de remplissage
Noms	**Surface (ha)**	**T (ans)**	**m**	**k**	**I(‰)**	**Q (m^3/s)**	**B(m)**	**Y (m)**	**Vitesse (m3/s)**	**Revanche (m)**	**Fruit Talus**	**(%)**
D (Guache)	45,0	10	0	70	1,5	7,6	**2,50**	**1,80**	**2,08**	**0,34**	0	81%
D (Droit)	29,0	10	0	70	1,5	5,1	**1,70**	**1,80**	**1,84**	**0,16**	0	91%
L	237,0	10	0	70	1,2	27,0	**6,40**	**1,80**	**2,56**	**0,15**	0	82%
ABa	75,0	10	0	70	2,0	8,9	**3,00**	**1,50**	**2,41**	**0,27**	0	82%
ABc	19,0	10	0	70	2,0	4,1	**2,50**	**1,00**	**1,97**	**0,17**	0	83%
M	400,0		0	70	1,0	29,3	**8,00**	**1,60**	2,38	**0,06**	0	96%
Y	135,0	10	0	70	1,6	16,9	**4,50**	**1,60**	**2,58**	**0,14**	0	91%
Pa3 Amont	77,0	10	0	70	1,0	5,4	**2,50**	**1,50**	**1,65**	**0,19**	0	88%
Aan	550,0	10	1	70	0,7	22,3	**7,00**	**1,50**	**1,93**	**0,12**	1	91%
XX (X1)	524,0	10	2	40	0,2	32,8	**30,00**	**2,50**	**0,69**	**1,02**	3/2	56%
XX (Dalot)	400,0	10	0	70	0,5	26,3	**8,00**	**2,00**	**1,81**	**0,19**		91%
XX (X2)	400,0	10	2	40	0,2	26,3	**70,00**	**2,50**	**0,52**	**1,98**	3/2	39%

ANNEXE 4 : NOTE DE CALCUL BETON ARME

- **NOTE DE CALCUL DES CANIVEAUX CADRES**
- **NOTE DE CALCUL D'UN CANAL TRAPEZOIDAL**

NOTE DE CALCUL
CANIVEAUX CADRES

- **Double cadre 2 x 3.00 x 1.50**
  épaisseur de remblai : 0.30 m

- **Double cadre 2 x 2.00 x 2.00**
  épaisseur de remblai : 0.30 m

- **Simple cadre 3.00 x (1.20 à 2.00)**
  épaisseur de remblai : 0.30 m

- **Simple cadre 2.00 x 1.00**
  épaisseur de remblai : 0.30 m

Sommaire

1. DOUBLE CADRE (DALOT) 2 X 3.00 X 1.50 M ; EPAISSEUR DE REMBLAI 0.30 M 2

1.1 ANALYSE DES CHARGES 2
1.1.1 Charges permanentes, poussée du remblai, surcharges du remblai..... 2
1.1.2 Surcharges 3
1.1.3 Contraintes sur le terrain 4
1.2 CALCUL DES EFFORTS A L'ELU 5
1.3 CALCUL DES EFFORTS A L'ELS 5
1.4 VERIFICATION ET FERRAILLAGE A L'ELU 6
1.4.1 Dalle de couverture 6
1.4.2 Semelle de fondation 6
1.4.3 Piedroits 6

2. DOUBLE CADRE (DALOT) 2 X 2.00 X 2.00 M ; EPAISSEUR DE REMBLAI 0.30 M 7

2.1 ANALYSE DES CHARGES 7
2.1.1 Charges permanentes, poussée du remblai, surcharges du remblai..... 7
2.1.2 Surcharges 8
2.1.3 Contraintes sur le terrain 10
2.2 CALCUL DES EFFORTS A L'ELU 10
2.3 CALCUL DES EFFORTS A L'ELS 11
2.4 VERIFICATION ET FERRAILLAGE A L'ELU 11
2.4.1 Dalle de couverture 11
2.4.2 Semelle de fondation 12
2.4.3 Piedroits 12

3. SIMPLE CADRE (DALOT) 3.00 X (1.20 A 2.00) ; EPAISSEUR DE REMBLAI 0.30 M 12

3.1 ANALYSE DES CHARGES 13
3.1.1 Charges permanentes, poussée du remblai, surcharges du remblai..... 13
3.1.2 Surcharges 14
3.1.3 Contraintes sur le terrain 15
3.2 CALCUL DES EFFORTS A L'ELU 16
3.3 CALCUL DES EFFORTS A L'ELS 16
3.4 VERIFICATION ET FERRAILLAGE A L'ELU 17
3.4.1 Dalle de couverture 17
3.4.2 Semelle de fondation 17
3.4.3 Piedroits 17

4. SIMPLE CADRE (DALOT) 2.00 X 1.00 ; EPAISSEUR DE REMBLAI 0.30 M 18

4.1 ANALYSE DES CHARGES 18
4.1.1 Charges permanentes, poussée du remblai, surcharges du remblai..... 18
4.1.2 Surcharges 19
4.1.3 Contraintes sur le terrain 21
4.2 CALCUL DES EFFORTS A L'ELU 21
4.3 CALCUL DES EFFORTS A L'ELS 21
4.4 VERIFICATION ET FERRAILLAGE A L'ELU 22
4.4.1 Dalle de couverture 22
4.4.2 Semelle de fondation 22
4.4.3 Piedroits 22

PREAMBULE

REGLEMENT

Règles BAEL 91 modifiées 99

MATERIAUX

Béton

Dosage 350 Kg/m3 de CPA

Résistance caractéristique

En compression: f_{c28} = 25 MPa
En traction : f_{t28} = 2.1 Mpa

Etat limite de service (ELS)

Contrainte admissible du béton = 0.6 f_{c28} = 15 Mpa

Facteur d'équivalence n = 15

Acier

Acier à haute adhérence HA, classe Fe E40 type 1

Limite élastique f_e = 400 MPa

γ_σ = 1.15

η = 1.6

Etat limite de service (ELS)

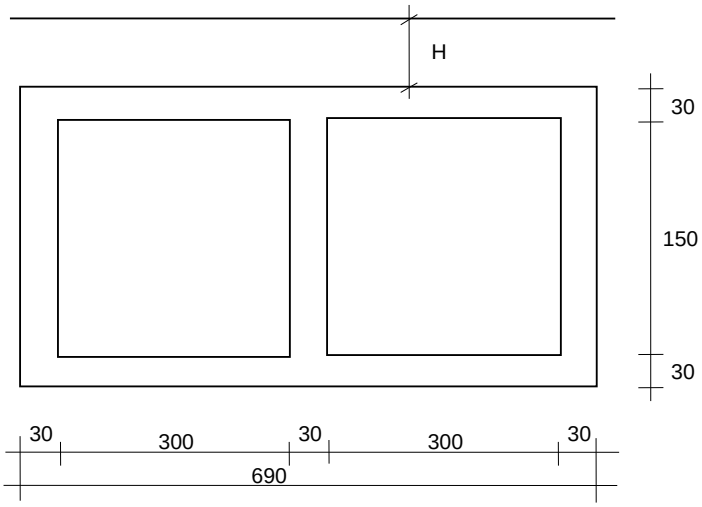
$$Si\ \ fissurationpréjudiciable\ contra\,\text{int}\,e\ admissible = Min\left((2/3)\,f_e\,;\,Max\,(0{,}5\times f_e\,;110\sqrt{\eta\times f_{t28}})\right)$$

202 Mpa

CARACTERISTIQUES DES TERRAINS

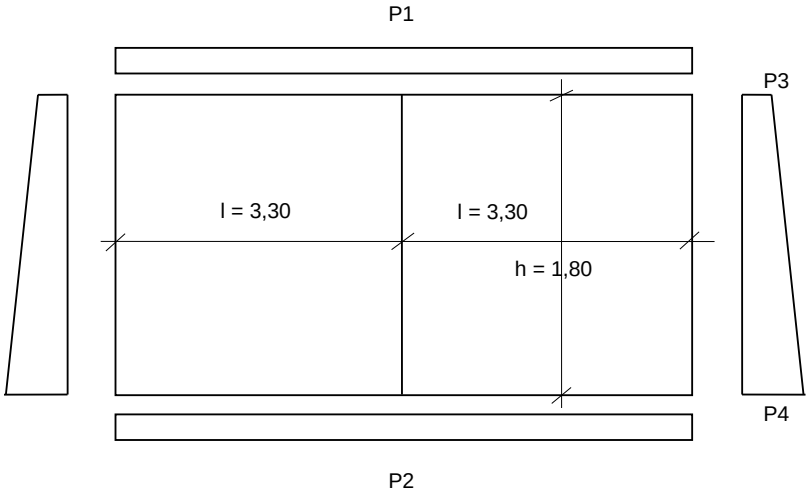
$\phi°$	γ (t/m^3)	K
35	1.8	0.27

1. DOUBLE CADRE (DALOT) 2 X 3.00 X 1.50 M ; EPAISSEUR DE REMBLAI 0.30 M



1.1 Analyse des charges

1.1.1 Charges permanentes, poussée du remblai, surcharges du remblai.



– Dalle supérieure

Remblai	0.30 x 1.8	=	0.54	t/m²
Dalle	0.30 x 2.5	=	0.75	t/m²
Total		=	1.29	t/m²
Majoration		x	1.35	
p1		=	1.74	t/m²

– Semelle de fondation

Charges transmises par la dalle = 1.29 t/m²

Piedroits	0.30x1.50x2.5x3/6.90	=	0.49	t/m²
Total		=	1.78	t/m²
Majoration		x	1.35	
p2		=	2.40	t/m²

– Piedroits

Surcharges du remblai : p = 1.0 t/m² γ_Q = 1.50

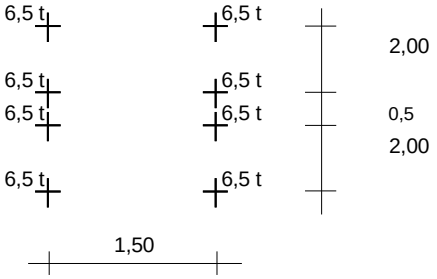
p3 = 0.45 x 1.8 x 0.271 x 1.35 + 1.0 x 1.07 x 1.5 x 0.271 = 0.73 t/m²

p4 = 2.25 x 1.8 x 0.271 x 1.35 + 1.0 x 1.07 x 1.5 x 0.271 = 1.92 t/m²

1.1.2 Surcharges

– Système Bc (deux files de camions)

On a considéré les deux essieux postérieurs des camions dans la situation la plus défavorable pour les dalots.



Répartition à 45°

tx = 1.50 + 0.25 + 0.30 x 2 + 0.30 = 2.65 m

ty = 4.50 + 0.25 + 0.30 x 2 + 0.30 = 5.65 m

Coefficients à affecter au système Bc :

bc = 1.10 γ_Q = 1.50

Coefficient de majoration dynamique

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2\,L} + \frac{0.6}{1 + 4\frac{G}{S}}$$

L = 3.30 m

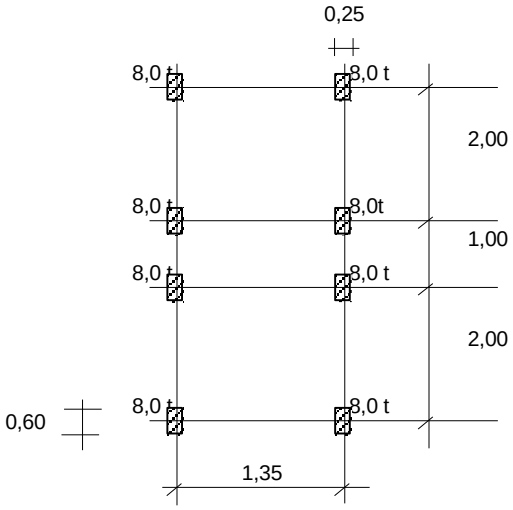
G = 1.29 x 3.30 x 5.65 = 24.05 t

S = 6.5 x 8 x 1.10 = 57.2 t

δ = 1.465

p5 = (6.5 x 8 x 1.10 x 1.50 x 1.465) / (2.65 x 5.65) = 8.40 t/m^2

– Système Bt



Répartition à 45°

tx	=	1.35 + 0.25 + 0.30 x 2 + 0.30	=	2.50	m
ty	=	5.00 + 0.60 + 0.30 x 2 + 0.30	=	6.50	m ; on limite ty à 6.00 m

Coefficient à affecter au système Bt :

γ_Q = 1.50

Coefficient de majoration dynamique

L = 3.30 m

G = 24.05 t

S = 8.0 x 8 = 64 t

δ = 1.481

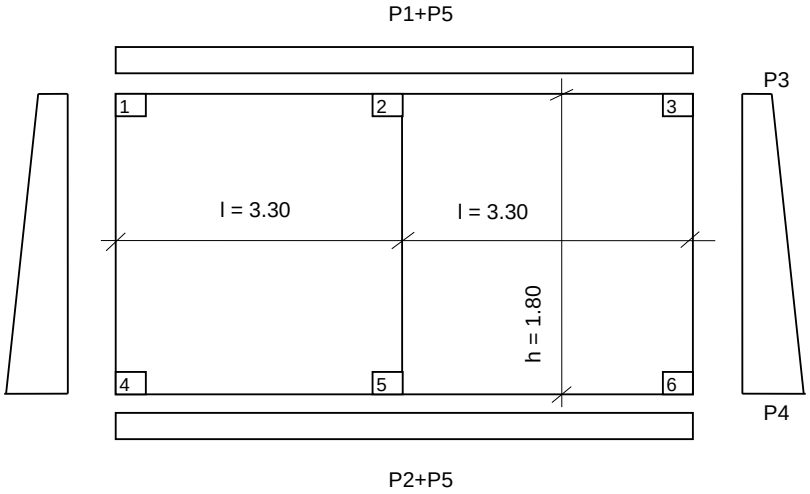
p5 = (64.0 x 1.5 x 1.481) / (2.50 x 6.00) = 9.48 t/m^2

Le système Bt représente le cas le plus défavorable.

1.1.3 Contraintes sur le terrain

σ_t = 1.78 + 9.48 / 1.5 + 0.30 x 2.5 = 8.85 t/m^2

1.2 Calcul des efforts a l'elu



On conduit le calcul par la méthode des rotations.

M1 = M3 M4 = M6 M2-5 = M5-2 = 0

O1 = 4.30
O4 = -4.42

M1 = M3 = -4.97 t.m
M2 = 12.79 t.m
M6 = M4 = -5.43 t.m
M5 = -13.46 t.m
M1-2 = M2-3 = 6.39 t.m
M4-5 = M5-6 = 6.73 t.m
M1-4 = M3-6 = -4.66 t.m
T1-2 = T3-2 = 16.14 t
T2-1 = T2-3 = 20.88 t
T4-5 = T6-5 = 17.17 t
T5-4 = T5-6 = 22.04 t

1.3 Calcul des efforts à l'ELS

$p1_{ser}$ = 1.29 t/m^2
$p2_{ser}$ = 1.78 t/m^2
$p3_{ser}$ = 0.54 t/m^2
$p4_{ser}$ = 1.42 t/m^2
$p5_{ser}$ = 6.32 t/m^2

O1 = 2.9107

O4 = -2.998

M1 = M3 = -3.38 t.m
M2 = 8.67 t.m
M6 = M4 = -3.72 t.m
M5 = -9.17 t.m
M1-2 = M2-3 = 4.33 t.m
M4-5 = M5-6 = 4.58 t.m
M1-4 = M3-6 = -3.15 t.m
T1-2 = T3-2 = 10.95 t
T2-1 = T2-3 = 14.16 t
T4-5 = T6-5 = 11.71 t
T5-4 = T5-6 = 15.02 t

1.4 Vérification et ferraillage à l'ELU

1.4.1 Dalle de couverture

flexion

au milieu de la dalle

M_u = 6.39 t.m b = 100cm h = 30 cm d = 26 cm
μ_u = 0.0667 pivot A
α_u = 0.0864
Z = 25.3 cm
A_{st} = 7.26 cm^2 nous prenons HAΦ14 e= 15 cm

sur appui

M_u = 12.79 t.m b = 100cm h = 30 cm d = 26 cm
μ_u = 0.1335 pivot A
α_u = 0.1798
Z = 24.6 cm
A_{st} = 14.93 cm^2 nous prenons HAΦ16 e= 12.5 cm

1.4.2 Semelle de fondation

flexion

au milieu de la dalle

M_u = 6.73 t.m b = 100cm h = 30 cm d = 26 cm
μ_u = 0.0703 pivot A
α_u = 0.0911
Z = 25.3 cm
A_{st} = 7.65 cm^2 nous prenons HAΦ14 e= 15 cm

sur appui

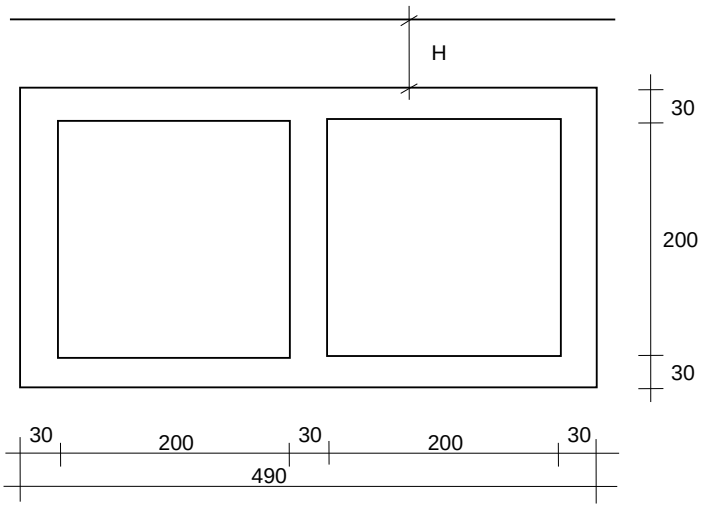
M_u = 13.46 t.m b = 100cm h = 30 cm d = 26 cm
μ_u = 0.1405 pivot A
α_u = 0.1901
Z= 24.5 cm
A_{st} = 15.76 cm^2 nous prenons HAΦ16 e= 20 cm + HAΦ14 e= 20 cm

1.4.3 Piedroits

flexion composée

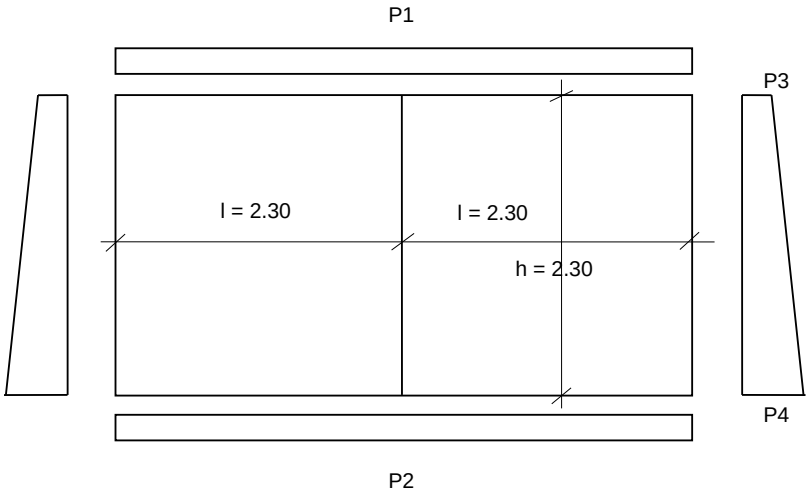
M_u = 5.43 t.m N_u = 17.17 t b = 100cm h = 30 cm d = 26 cm
M_{ser} = 3.72 t.m N_{ser} = 11.71 t
e_a = 2 cm e_2 = 3 cm e_1 = 32 cm
e = 37 cm
MuG_{total} = 6.29 t.m
ψ_1 = 0.0404
$\psi_1 \leq 0.81$
eNc / h = 0.166
eNc = 5 cm
e > eNc, section partiellement comprimée, ELU pouvant ne pas être atteint
Calcul en flexion simple sous M_{As}
M_{As} = 8.18 t.m
μ_u = 0.0854 pivot A
α_u = 0.1117
Z = 25.1 cm
A_{1S} = 9.36 cm^2
A_{st} = 9.36 – 17170 / 3480 = 4.43 cm^2
nous prenons HAΦ12 e= 20 cm
A_s'min = 4.00 cm^2 nous prenons HAΦ12 e= 20 cm

2. DOUBLE CADRE (DALOT) 2 X 2.00 X 2.00 M ; EPAISSEUR DE REMBLAI 0.30 M



2.1 Analyse des charges

2.1.1 Charges permanentes, poussée du remblai, surcharges du remblai.



– Dalle supérieure

Remblai	0.30 x 1.8	=	0.54	t/m²
Dalle	0.30 x 2.5	=	0.75	t/m²
Total		=	1.29	t/m²
Majoration		x	1.35	
p1		=	1.74	t/m²

– Semelle de fondation

Charges transmises par la dalle		=	1.29	t/m²
Piedroits	0.30x2.00x2.5x3/4.90	=	0.92	t/m²
Total		=	2.21	t/m²
Majoration		x	1.35	
p2		=	2.98	t/m²

– Piedroits

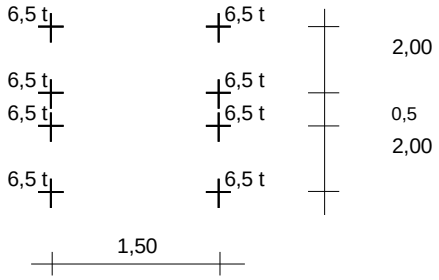
Surcharges du remblai : p = 1.0 t/m² γ_Q = 1.50

p3	=	0.45 x 1.8 x 0.271 x 1.35 + 1.0 x 1.07 x 1.5 x 0.271	= 0.73	t/m²
p4	=	2.75 x 1.8 x 0.271 x 1.35 + 1.0 x 1.07 x 1.5 x 0.271	= 2.25	t/m²

2.1.2 Surcharges

– Système Bc (deux files de camions)

On a considéré les deux essieux postérieurs des camions dans la situation la plus défavorable pour les dalots.



Répartition à 45°

tx	=	1.50 + 0.25 + 0.30 x 2 + 0.30	=	2.65	m
ty	=	4.50 + 0.25 + 0.30 x 2 + 0.30	=	5.65	m

Coefficients à affecter au système Bc :

bc = 1.10 γ_Q = 1.50

Coefficient de majoration dynamique

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2\,L} + \frac{0.6}{1 + 4\,\frac{G}{S}}$$

L = 2.30 m

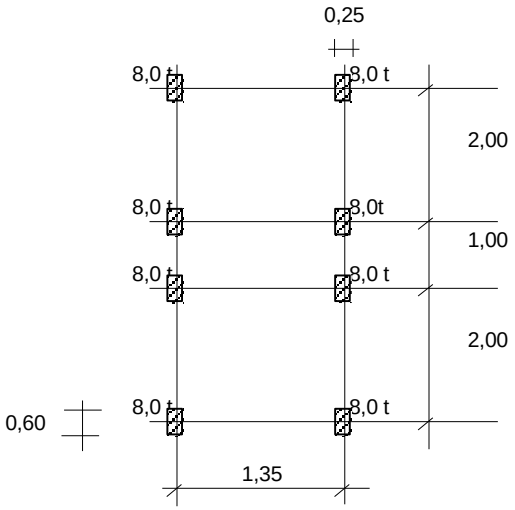
G = 1.29 x 2.30 x 5.65 = 16.76 t

S = 6.5 x 8 x 1.10 = 57.2 t

δ = 1.550

p5 = (6.5 x 8 x 1.10 x 1.50 x 1.550) / (2.65 x 5.65) = 8.88 t/m^2

– Système Bt



Répartition à 45°

tx	=	1.35 + 0.25 + 0.30 x 2 + 0.30	=	2.50	m
ty	=	5.00 + 0.60 + 0.30 x 2 + 0.30	=	6.50	m ; on limite ty à 6.00 m

Coefficient à affecter au système Bt :

$\gamma_Q = 1.50$

Coefficient de majoration dynamique

L = 2.30 m

G = 16.76 t

S = 8.0 x 8 = 64 t

$\delta = 1.567$

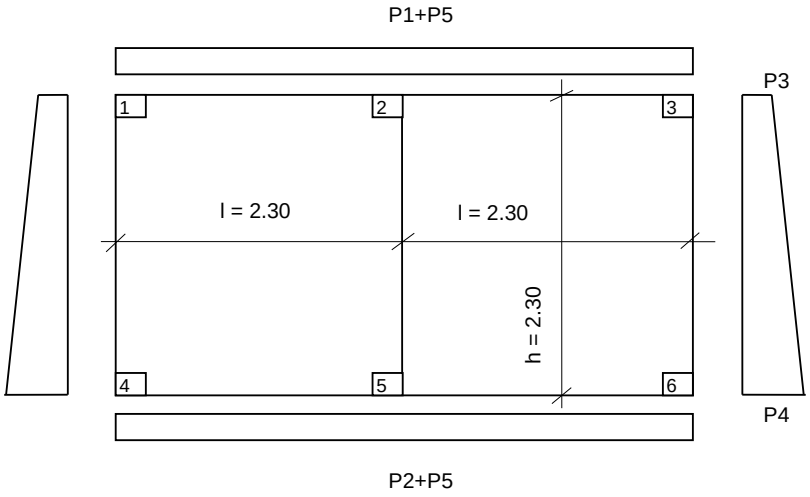
$p5 = (64.0 \times 1.5 \times 1.567) / (2.50 \times 6.00) = 10.03\ t/m^2$

Le système Bt représente le cas le plus défavorable.

2.1.3 Contraintes sur le terrain

$\sigma_t = 2.21 + 10.03 / 1.5 + 0.30 \times 2.5 = 9.65\ t/m^2$

2.2 Calcul des efforts a l'elu



On conduit le calcul par la méthode des rotations.

M1 = M3 M4 = M6 M2-5 = M5-2 = 0

O1 = 1.7945
O4 = -1.889

M1 = M3 = -2.07 t.m
M2 = 6.75 t.m
M6 = M4 = -2.45 t.m
M5 = -7.38 t.m
M1-2 = M2-3 = 3.37 t.m
M4-5 = M5-6 = 3.69 t.m
M1-4 = M3-6 = -1.26 t.m
T1-2 = T3-2 = 11.50 t
T2-1 = T2-3 = 15.57 t
T4-5 = T6-5 = 12.82 t
T5-4 = T5-6 = 17.11 t

2.3 Calcul des efforts à l'ELS

$p1_{ser}$ = 1.29 t/m^2
$p2_{ser}$ = 2.21 t/m^2
$p3_{ser}$ = 0.54 t/m^2
$p4_{ser}$ = 1.67 t/m^2
$p5_{ser}$ = 6.69 t/m^2

O1 = 1.2043
O4 = -1.275

M1 = M3 = -1.42 t.m
M2 = 4.57 t.m
M6 = M4 = -1.71 t.m
M5 = -5.03 t.m
M1-2 = M2-3 = 2.28 t.m
M4-5 = M5-6 = 2.52 t.m
M1-4 = M3-6 = -0.82 t.m
T1-2 = T3-2 = 7.81 t
T2-1 = T2-3 = 10.55 t
T4-5 = T6-5 = 8.79 t
T5-4 = T5-6 = 11.68 t

2.4 Vérification et ferraillage à l'ELU

2.4.1 Dalle de couverture

flexion

au milieu de la dalle

M_u = 3.37 t.m b = 100cm h = 30 cm d = 26 cm
μ_u = 0.0352 pivot A
α_u = 0.0448
Z = 25.6 cm
A_{st} = 3.78 cm^2 nous prenons HAΦ12 e= 20 cm

sur appui

M_u = 6.75 t.m b = 100cm h = 30 cm d = 26 cm
μ_u = 0.0705 pivot A

α_u = 0.0914
Z = 25.3 cm
A_{st} = 7.68 cm^2 nous prenons HAΦ14 e= 15 cm

2.4.2 Semelle de fondation

flexion

au milieu de la dalle

M_u = 3.69 t.m b = 100cm h = 30 cm d = 26 cm
μ_u = 0.0385 pivot A
α_u = 0.0491
Z = 25.6 cm
A_{st} = 4.14 cm^2 nous prenons HAΦ12 e= 20 cm

sur appui

M_u = 7.38 t.m b = 100cm h = 30 cm d = 26 cm
μ_u = 0.0770 pivot A
α_u = 0.1003
Z= 25.2 cm
A_{st} = 8.42 cm^2 nous prenons HAΦ14 e= 15 cm

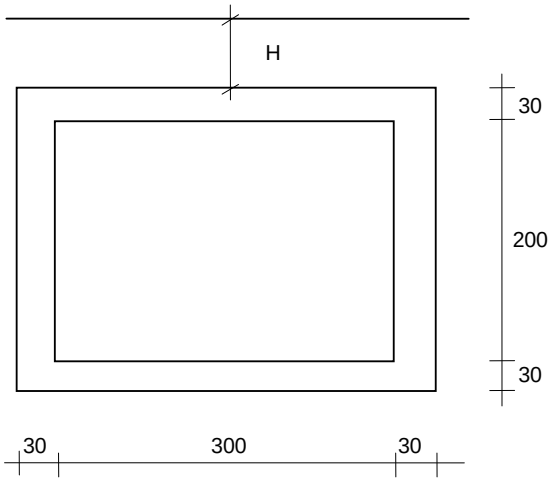
2.4.3 Piedroits

flexion composée

M_u = 2.45 t.m N_u = 12.82 t b = 100cm h = 30 cm d = 26 cm
M_{ser} = 1.71 t.m N_{ser} = 8.79 t
e_a = 2 cm e_2 = 2 cm e_1 = 19 cm
e = 23 cm
MuG_{total} = 2.96 t.m
ψ_1 = 0.0302
$\psi_1 \leq 0.81$
eNc / h = 0.166
eNc = 5 cm
e > eNc, section partiellement comprimée, ELU pouvant ne pas être atteint
Calcul en flexion simple sous M_{As}
M_{As} = 4.37 t.m
μ_u = 0.0457 pivot A
α_u = 0.0585
Z = 25.5 cm
A_{1S} = 4.93 cm^2
A_{st} = 4.93 – 12820 / 3480 = 1.24 cm^2
nous prenons HAΦ10 e= 20 cm
A_s'min = 4.00 cm^2 nous prenons HAΦ12 e= 20 cm

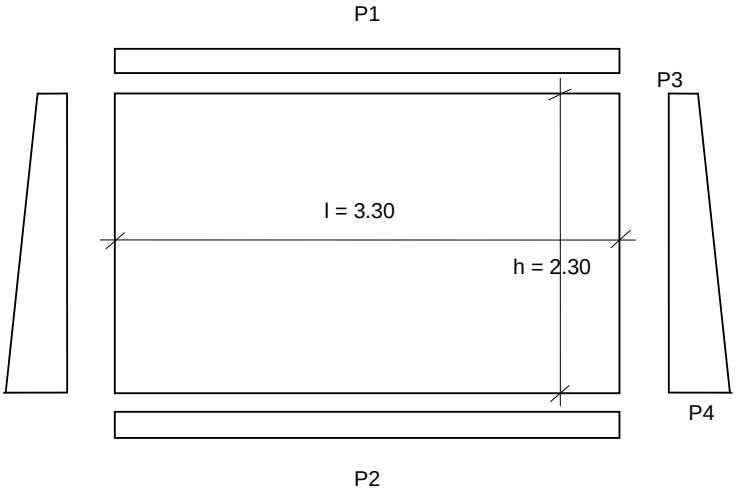
3. SIMPLE CADRE (DALOT) 3.00 X (1.20 A 2.00) ; EPAISSEUR DE REMBLAI 0.30 M

Le cas le plus défavorable est celui du dalot 3.00 x 2.00 m.



3.1 Analyse des charges

3.1.1 Charges permanentes, poussée du remblai, surcharges du remblai



– Dalle supérieure

Remblai	0.30 x 1.8	=	0.54	t/m^2
Dalle	0.30 x 2.5	=	0.75	t/m^2
Total		=	1.29	t/m^2
Majoration		x	1.35	
p1		=	1.74	t/m^2

– Semelle de fondation

Charges transmises par la dalle		=	1.29	t/m^2
Piedroits	0.30x2.00x2.5x2/3.60	=	0.83	t/m^2
Total		=	2.12	t/m^2
Majoration		x	1.35	
p2		=	2.86	t/m^2

– Piedroits

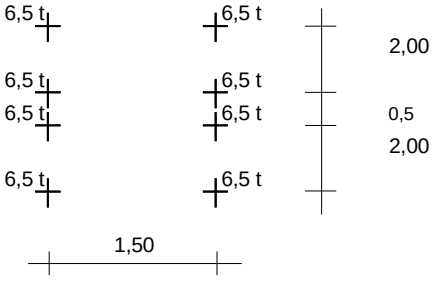
Surcharges du remblai : p = 1.0 t/m^2 γ_Q = 1.50

p3	=	0.45 x 1.8 x 0.271 x 1.35 + 1.0 x 1.07 x 1.5 x 0.271	=	0.73	t/m^2
p4	=	2.75 x 1.8 x 0.271 x 1.35 + 1.0 x 1.07 x 1.5 x 0.271	=	2.25	t/m^2

3.1.2 Surcharges

– Système Bc (deux files de camions)

On a considéré les deux essieux postérieurs des camions dans la situation la plus défavorable pour les dalots.



Répartition à 45°

tx	=	1.50 + 0.25 + 0.30 x 2 + 0.30	=	2.65	m
ty	=	4.50 + 0.25 + 0.30 x 2 + 0.30	=	5.65	m

Coefficients à affecter au système Bc :

bc = 1.10 γ_Q = 1.50

Coefficient de majoration dynamique

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2\,L} + \frac{0.6}{1 + 4\,\frac{G}{S}}$$

L = 3.30 m

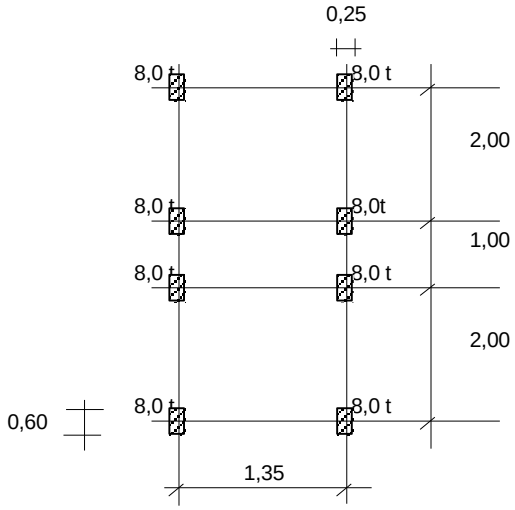
G = 1.29 x 3.30 x 5.65 = 24.05 t

S = 6.5 x 8 x 1.10 = 57.2 t

δ = 1.465

p5 = (6.5 x 8 x 1.10 x 1.50 x 1.465) / (2.65 x 5.65) = 8.40 t/m^2

– Système Bt



Répartition à 45°

tx	=	1.35 + 0.25 + 0.30 x 2 + 0.30	=	2.50	m
ty	=	5.00 + 0.60 + 0.30 x 2 + 0.30	=	6.50	m on limite ty = 6.00 m

Coefficient à affecter au système Bt :

$\gamma_Q = 1.50$

Coefficient de majoration dynamique

L = 3.30 m

G = 24.05 t

S = 8.0 x 8 = 64 t

$\delta = 1.481$

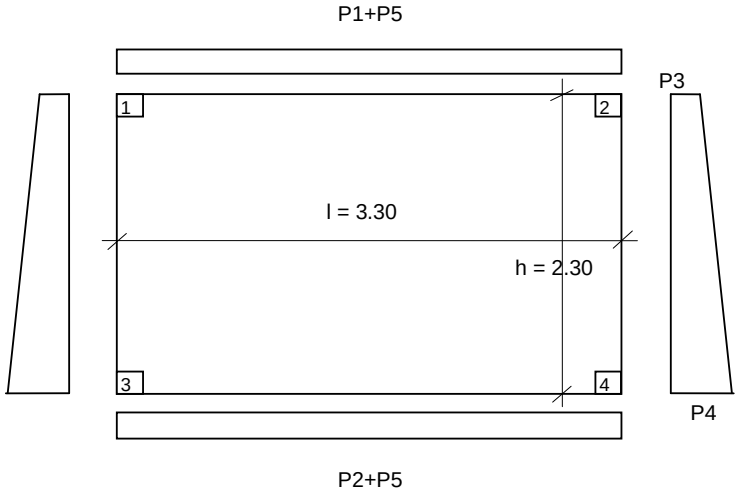
p5 = (64.0 x 1.5 x 1.481) / (2.50 x 6.00) = 9.48 t/m^2

Le système Bc représente le cas le plus défavorable.

3.1.3 Contraintes sur le terrain

σ_t = 2.12 + 9.48 / 1.5 + 0.30 x 2.5 = 9.19 t/m^2

3.2 Calcul des efforts à l'ELU



On conduit le calcul par la méthode des rotations.

O1 = 6.6623
O3 = -6.9367

M1 = M2 = -6.14 t.m
M3 = M4 = -7.00 t.m

M1-2 = 9.13 t.m
M3-4 = 9.80 t.m
M1-3 = M2-4 = -5.57 t.m

T1 = T2 = 18.51 t
T3 = T4 = 20.36 t

3.3 Calcul des efforts à l'ELS

$p1_{ser}$ = 1.29 t/m^2
$p2_{ser}$ = 2.12 t/m^2
$p3_{ser}$ = 0.54 t/m^2
$p4_{ser}$ = 1.67 t/m^2
$p5_{ser}$ = 6.32 t/m^2

O1 = 4.5036
O3 = -4.7069

M1 = M2 = -4.18 t.m
M3 = M4 = -4.81 t.m

M1-2 = 6.18 t.m
M3-4 = 6.68 t.m
M1-3 = M2-4 = -3.76 t.m

T1 = T2 = 12.56 t

T3 = T4 = 13.93 t

3.4 Vérification et ferraillage à l'ELU

3.4.1 Dalle de couverture

Flexion
au milieu de la dalle
M_u = 9.13 t.m b = 100 cm h = 30 cm d = 26 cm
μ_u = 0.0953 pivot A
α_u = 0.1254
Z = 25.0 cm
A_{st} = 10.49 cm^2 nous prenons HAΦ14 e= 12.5 cm
sur appui
M_u = 6.14 t.m b = 100 cm h = 30 cm d = 26 cm
μ_u = 0.0641 pivot A
α_u = 0.0829
Z = 25.3 cm
A_{st} = 6.96 cm^2 nous prenons HAΦ14 e= 15 cm

3.4.2 Semelle de fondation

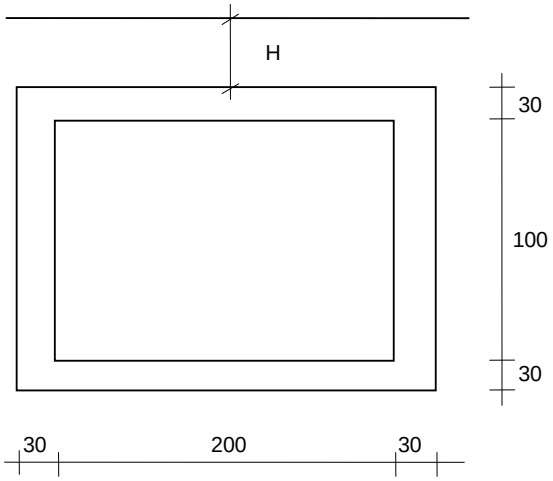
flexion
au milieu de la dalle
M_u = 9.80 t.m b = 100 cm h = 30 cm d = 26 cm
μ_u = 0.1023 pivot A
α_u = 0.1352
Z = 24.9 cm
A_{st} = 11.29 cm^2 nous prenons HAΦ14 e= 12.5 cm
sur appui
M_u = 7.00 t.m b = 100 cm h = 30 cm d = 26 cm
μ_u = 0.0731 pivot A
α_u = 0.0950
Z = 25.2 cm
A_{st} = 7.97 cm^2 nous prenons HAΦ14 e= 15 cm

3.4.3 Piedroits

flexion composée
M_u = 7.00 t.m N_u = 20.36 t b = 100 cm h = 30 cm d = 26 cm
M_{ser} = 4.81 t.m N_{ser} = 13.93 t
e_a = 2 cm e_2 = 1 cm e_1 = 34 cm
e = 37 cm
MuG_{total} = 7.61 t.m
ψ_1 = 0.048
$\psi_1 \leq 0.81$
eNc / h = 0.165
eNc = 5 cm
e > eNc, section partiellement comprimée, ELU pouvant ne pas être atteint

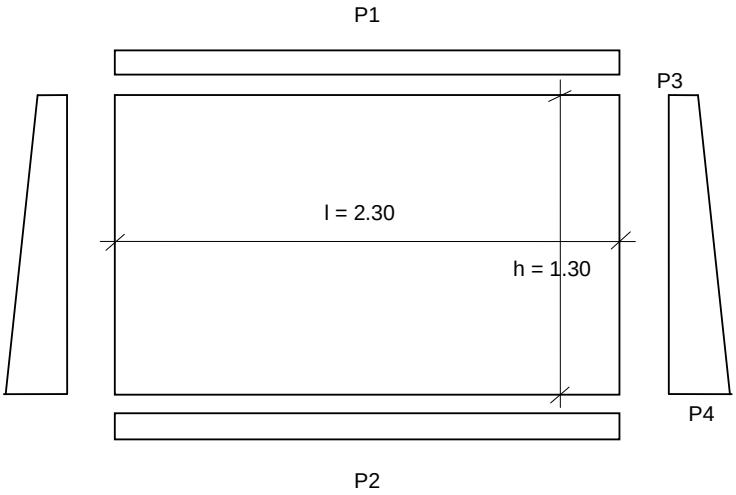
Calcul en flexion simple sous M_{As}
M_{As} = 9.85 t.m
μ_u = 0.1029 pivot A
α_u = 0.1360
Z = 24.9 cm
A_{1S} = 11.36 cm^2
A_{st} = 11.36 – 20360 / 3480 = 5.51 cm^2 nous prenons HAΦ14 e= 20 cm
A_s'min = 4.00 cm^2 nous prenons HAΦ12 e= 20 cm

4. SIMPLE CADRE (DALOT) 2.00 X 1.00 ; EPAISSEUR DE REMBLAI 0.30 M



4.1 Analyse des charges

4.1.1 Charges permanentes, poussée du remblai, surcharges du remblai



– Dalle supérieure

Remblai	0.30 x 1.8	=	0.54	t/m²
Dalle	0.30 x 2.5	=	0.75	t/m²
Total		=	1.29	t/m²
Majoration		x	1.35	
p1		=	1.74	t/m²

– Semelle de fondation

Charges transmises par la dalle		=	1.29	t/m²
Piedroits	0.30x1.00x2.5x2/2.60	=	0.58	t/m²
Total		=	1.87	t/m²
Majoration		x	1.35	
p2		=	2.53	t/m²

– Piedroits

Surcharges du remblai : p = 1.0 t/m² γ_Q = 1.50

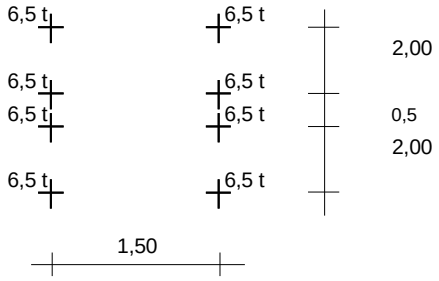
p3 = 0.45 x 1.8 x 0.271 x 1.35 + 1.0 x 1.07 x 1.5 x 0.271 = 0.73 t/m²

p4 = 1.75 x 1.8 x 0.271 x 1.35 + 1.0 x 1.07 x 1.5 x 0.271 = 1.59 t/m²

4.1.2 Surcharges

– Système Bc (deux files de camions)

On a considéré les deux essieux postérieurs des camions dans la situation la plus défavorable pour les dalots.



Répartition à 45°

tx = 1.50 + 0.25 + 0.30 x 2 + 0.30 = 2.65 m on limite tx=2.30 m

ty = 4.50 + 0.25 + 0.30 x 2 + 0.30 = 5.65 m

Coefficients à affecter au système Bc :

bc = 1.10 γ_Q = 1.50

Coefficient de majoration dynamique

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2\,L} + \frac{0.6}{1 + 4\,\frac{G}{S}}$$

L = 2.30 m

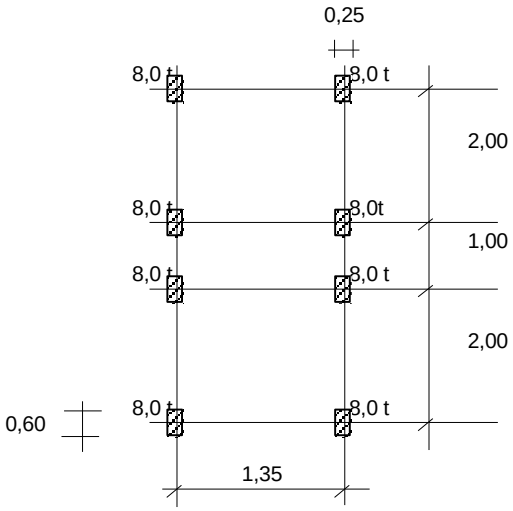
G = 1.29 x 2.30 x 5.65 = 16.76 t

S = 6.5 x 8 x 1.10 = 57.2 t

δ = 1.550

p5 = (6.5 x 8 x 1.10 x 1.50 x 1.550) / (2.30 x 5.65) = 10.23 t/m^2

– Système Bt



Répartition à 45°

tx	=	1.35 + 0.25 + 0.30 x 2 + 0.30	=	2.50	m on limite tx = 2.30 m
ty	=	5.00 + 0.60 + 0.30 x 2 + 0.30	=	6.50	m on limite ty = 6.00 m

Coefficient à affecter au système Bt :

γ_Q = 1.50

Coefficient de majoration dynamique

L = 2.30 m

G = 16.76 t

S = 8.0 x 8 = 64 t

δ = 1.567

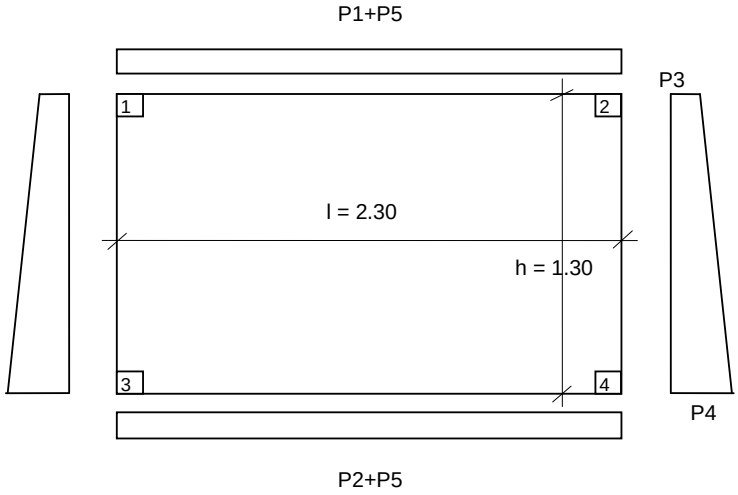
p5 = (64.0 x 1.5 x 1.567) / (2.30 x 6.00) = 10.90 t/m^2

Le système Bt représente le cas le plus défavorable.

4.1.3 Contraintes sur le terrain

$\sigma_t = 1.87 + 10.90 / 1.5 + 0.30 \times 2.5 = 9.89$ t/m²

4.2 Calcul des efforts à l'ELU



On conduit le calcul par la méthode des rotations.

O1 = 2.2889
O3 = -2.348

M1 = M2 = -3.58 t.m
M3 = M4 = -3.88 t.m

M1-2 = 4.78 t.m
M3-4 = 5.00 t.m
M1-3 = M2-4 = -3.48 t.m

T1 = T2 = 14.54 t
T3 = T4 = 15.45 t

4.3 Calcul des efforts à l'ELS

$p1_{ser}$ = 1.29 t/m²
$p2_{ser}$ = 1.87 t/m²
$p3_{ser}$ = 0.54 t/m²
$p4_{ser}$ = 1.18 t/m²
$p5_{ser}$ = 7.27 t/m²

O1 = 1.5482
O3 = -1.5915

M1 = M2 = -2.43 t.m
M3 = M4 = -2.65 t.m

M1-2 = 3.23 t.m
M3-4 = 3.39 t.m
M1-3 = M2-4 = -2.36 t.m

T1 = T2 = 9.84 t
T3 = T4 = 10.51 t

4.4 Vérification et ferraillage à l'ELU

4.4.1 Dalle de couverture

flexion
au milieu de la dalle
M_u = 4.78 t.m b = 100 cm h = 30 cm d = 26 cm
μ_u = 0.0499 pivot A
α_u = 0.0640
Z = 25.5 cm
A_{st} = 5.39 cm^2 nous prenons HAΦ12 e= 15 cm
sur appui
M_u = 3.58 t.m b = 100 cm h = 30 cm d = 26 cm
μ_u = 0.0374 pivot A
α_u = 0.0476
Z = 25.6 cm
A_{st} = 4.02 cm^2 nous prenons HAΦ10 e= 15 cm

4.4.2 Semelle de fondation

flexion
au milieu de la dalle
M_u = 5.00 t.m b = 100 cm h = 30 cm d = 26 cm
μ_u = 0.0522 pivot A
α_u = 0.0671
Z = 25.5 cm
A_{st} = 5.64 cm^2 nous prenons HAΦ12 e= 15 cm
sur appui
M_u = 3.88 t.m b = 100 cm h = 30 cm d = 26 cm
μ_u = 0.0405 pivot A
α_u = 0.0517
Z = 25.6 cm
A_{st} = 4.36 cm^2 nous prenons HAΦ10 e= 15 cm

4.4.3 Piedroits

flexion composée
M_u = 3.88 t.m N_u = 15.45 t b = 100 cm h = 30 cm d = 26 cm
M_{ser} = 2.65 t.m N_{ser} = 10.51 t
e_a = 2 cm e_2 = 0 cm e_1 = 25 cm
e = 27 cm
MuG_{total} = 4.19 t.m

$\psi_1 = 0.0364$
$\psi_1 \leq 0.81$
eNc / h = 0.166
eNc = 5 cm
e > eNc, section partiellement comprimée, ELU pouvant ne pas être atteint
Calcul en flexion simple sous M_{As}
$M_{As} = 5.89$ t.m
$\mu_u = 0.0615$ pivot A
$\alpha_u = 0.0794$
Z = 25.4 cm
$A_{1S} = 6.68$ cm^2
$A_{st} = 6.68 – 15450 / 3480 = 2.24$ cm^2 nous prenons HAΦ10 e= 20 cm
A_s'min = 4.00 cm^2 nous prenons HAΦ12 e= 20 cm

NOTE DE CALCUL
CANAL TRAPEZOIDAL

- **Canal b = 2.00 ; h = 1.60**

Sommaire

1.1 ANALYSE DES CHARGES (CANAL VIDE) 2
1.1.1 Charges permanentes 2
1.1.2 Surcharges du remblai, poussée du remblai 3
1.2 CALCUL DES EFFORTS A L'ELU 3
1.3 CALCUL DES EFFORTS A L'ELS 3
1.4 VERIFICATION ET FERRAILLAGE 3
1.4.1 Calcul à l'ELU 3
1.4.2 Vérification à l'ELS 4

PREAMBULE

REGLEMENT

Règles BAEL 91 modifiées 99

MATERIAUX

Béton

Dosage 350 Kg/m3 de CPA

Résistance caractéristique

En compression: f_{c28} = 25 MPa
En traction : f_{t28} = 2.1 Mpa

Etat limite de service (ELS)

Contrainte admissible du béton = 0.6 f_{c28} = 15 Mpa

Facteur d'équivalence n = 15

Acier

Acier à haute adhérence HA, classe Fe E40 type 1

Limite élastique f_e = 400 MPa

γ_s = 1.15

η = 1.6

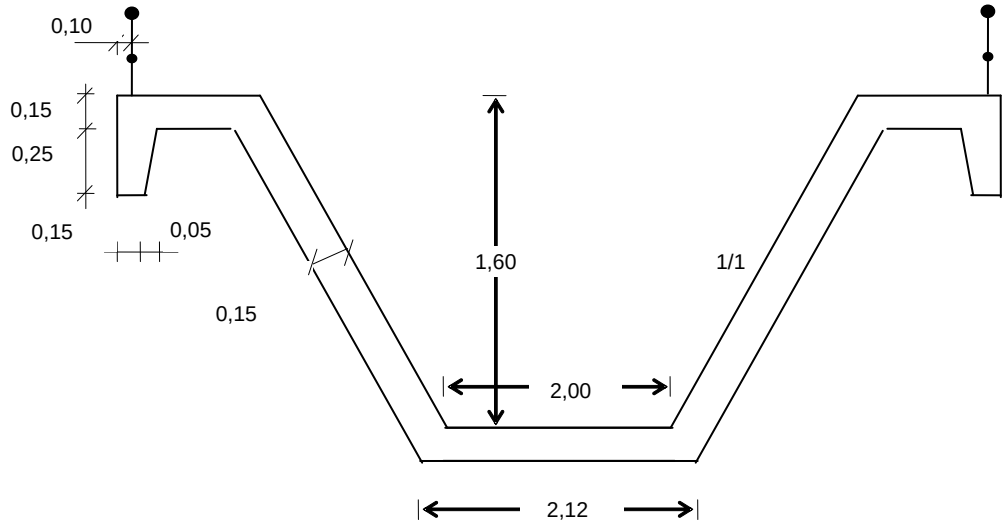
Etat limite de service (ELS)

$$Si \ \ fissurationpréjudiciable \ \ contra\,\text{int}\, e \ admissible = Min\left((2/3)\, f_e \,;\, Max\,(0{,}5\times f_e \,;\, 110\sqrt{\eta \times f_{t28}}) \right)$$

202 Mpa

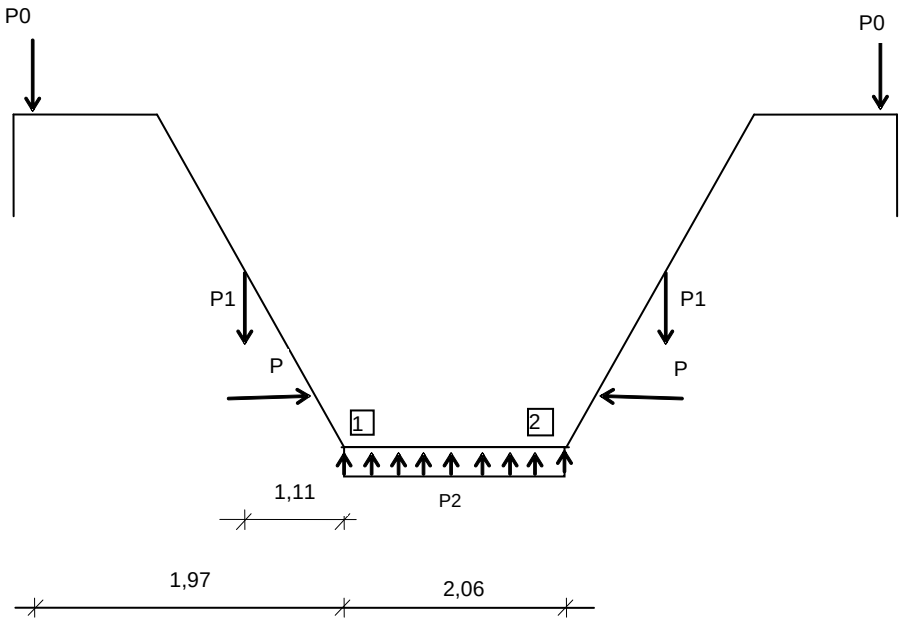
CARACTERISTIQUES DES TERRAINS

$\phi°$	γ (t/m^3)	K
35	1.8	0.27



1.1 Analyse des charges (canal vide)

1.1.1 Charges permanentes



– Semelle de fondation

Garde corps	2 x P0 = 2 x 0.100 / 2.12	=	0.09	t/m²
Parois	2 x P1 = 2 x 2.5 x 0.44 / 2.12	=	1.04	t/m²
Total		=	1.13	t/m²
Majoration		x	1.35	
P2		=	1.53	t/m²

1.1.2 Surcharges du remblai, poussée du remblai

Surcharges du remblai : p = 1.0 t/m^2 γ_Q = 1.50

ELU

p3 = 1.0 x 1.5 x 0.27 = 0.406 t/m^2
p4 = 1.60 x 1.8 x 0.27 x 1.35 + 1.0 x 1.5 x 0.27 = 1.46 t/m^2

Q = (0.406 + 1.46) x 1.60 / 2 = 1.49 t appliqué à x = 0.65 m

ELS

p3ser = 1.0 x 0.27 = 0.270 t/m^2
p4ser = 1.60 x 1.8 x 0.27 + 1.0 x 0.27 = 1.05 t/m^2

Qser = (0.27 + 1.05) x 1.60 / 2 = 1.06 t appliqué à x = 0.64 m

1.2 Calcul des efforts à l'ELU

M1 = M2 = -0.135 x 1.97 -1.49 x 1.11 + 1.49 x 0.65 = -0.95 t.m
M1-2 = -0.95 + 1.53 x 2.06^2 / 8 = -0.14 t.m

1.3 Calcul des efforts à l'ELS

M1ser = M2 = -0.100 x 1.97 -1.10 x 1.11 + 1.06 x 0.64 = -0.74 t.m
M1-2ser = -0.74 + 1.13 x 2.06^2 / 8 = -0.14 t.m

1.4 Vérification et ferraillage

1.4.1 Calcul à l'ELU

Parois
flexion
M_u = 0.95 t.m b = 100cm h = 15 cm d = 11 cm
μ_u = 0.0554 pivot A
α_u = 0.0713
Z = 10.8 cm
A_{st} = 2.54 cm^2 nous prenons HAΦ10 e= 20 cm

Semelle de fondation
flexion
M_u = 0.95 t.m b = 100cm h = 15 cm d = 11 cm
μ_u = 0.0554 pivot A
α_u = 0.0713
Z = 10.8 cm
A_{st} = 2.54 cm^2 nous prenons HAΦ10 e= 20 cm

1.4.2 Vérification à l'ELS

Parois

M_{ser} = 0.74 t.m b = 100cm h = 15 cm d = 11 cm

A_{st} = 3.93 cm^2

σ_b = 48 bars ≤ σ_{badm}

σ_{st} = 1886 bars ≤ σ_{sadm}

σ_{sc}= 223 bars ≤ σ_{sadm}

Nous conservons HAΦ10 e= 20 cm

Semelle de fondation

M_{ser} = 0.74 t.m b = 100cm h = 15 cm d = 11 cm

A_{st} = 3.93 cm^2

σ_b = 48 bars ≤ σ_{badm}

σ_{st} = 1886 bars ≤ σ_{sadm}

σ_{sc}= 223 bars ≤ σ_{sadm}

Nous conservons HAΦ10 e= 20 cm

ANNEXE 5 : NOTE SUR LE DIMENSIONNEMENT DE LA VOIRIE

1 DETERMINATION DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE AVEC UN REVETEMENT EN PAVE

Il s'agit de proposer une structure de chaussée à mettre œuvre sur les voies destinées à supporter le niveau de trafic attendu.

En nous basant sur la classe de portance de sol (S3) et la classe de trafic (T3) et conformément au guide pratique de dimensionnement des chaussées, plusieurs structures de chaussée sont proposées. Sur le critère de disponibilité de matériaux, notamment du sable silteux (terre jaune) qui est un sable argileux, on peut retenir les deux structures suivantes.

Structures Possibles de la chaussée prenant en compte la disponibilité de matériau (S3 et T3)

Couches de la chaussée	1ère Variante	2ème variante
Couche de roulement	**5cm de béton bitumineux**	**5cm de béton bitumineux**
Couche de base	20cm de sable argileux amélioré au ciment	20cm de sable argileux amélioré au ciment
Couche de fondation	25cm de sable argileux	20 cm de sable argileux amélioré au ciment.

1.1 DISCUSSIONS SUR LA STRUCTURE DE CHAUSSEE A ADOPTER

Le choix du revêtement pavé a été volontairement adopté aux regards de l'expérience locale, les limitations de vitesses induites par ce type de revêtement, compatible avec la circulation en agglomération, la facilité d'entretien par le personnel et du matériel disponible. En outre, ce choix technique parait approprié pour faire face au tassement différentient assez bien toléré par les blocs pavés que le béton bitumineux.

La question est de déterminer avec le revêtement pavé, quelles sont les structures types possibles. Bien qu'il existe des écrits, la question n'a pas été toujours tranchée comme c'est le cas pour le cas du guide le dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux au sujet des chaussées avec un revêtement bitumineux. Aussi les tendances qui consistent à l'application d'une formule mathématique donnent l'illusion d'un résultat rigoureux alors que les paramètres d'entrée ne sont pas toujours précis.

Après avoir consulté des ouvrages dont les approches sont basées sur la détermination de l'équivalent d'un vêtement pavé (pavé +lit de pose) comparé à un revêtement bitumineux. Il nous a paru nécessaire de faire le point d'un certain nombre d'entre eux avant de tirer nos conclusions et de proposer la structure à adopter.

1.2 METHODES DE DIMENSIONNEMENT EXISTANTES POUR LES CHAUSSEES REVETUES DE PAVES DE BETON

Les auteurs des études ont conclu que les chaussées revêtues en pavés de béton ont un comportement qui s'apparente à celui des chaussées souples. Ainsi les méthodes de dimensionnement présentées dans la littérature dérivent généralement des méthodes utilisées pour les chaussées souples (Shackel (1990); Interlocking Concrete Pavement Institute (1995) ; Ishai et coll. (2003) ; CMA (2004) ; Leong et Tighe (2005)). D'une manière générale, ces méthodes sont utilisées en convertissant l'ensemble « la couche de pavés et de lit de pose » en une couche

unique d'un matériau connu par un facteur d'équivalence. De ce fait, la couche unique est caractérisée par un module combiné du système "pavés + lit de pose" et il est alors possible d'avoir recours aux méthodes de dimensionnement usuelles utilisées pour les chaussées souples. Ainsi, sur la base d'un pavé de 100mm et un lit de pose variant entre 30 et 50mm, le CMA[1] (2004) a recensé divers facteurs d'équivalence et le matériau correspondant, présentés au Tableau ci-dessous.

Résumé de différents facteurs d'équivalence du système "pavés + lit de pose (adapté de CMA 2004)

Pays	Correspondance
Argentine	2,5 fois l'épaisseur de sous-fondation granulaire
Australie	2,1 à 2,9 fois l'épaisseur de fondation de pierres concassées 1,1 à 1,5 fois l'épaisseur d'enrobé bitumineux
USA	165 mm de revêtement d'enrobé bitumineux 2 à 2,85 fois l'épaisseur de fondation granulaire
Royaume uni	225 mm de sol stabilisé au ciment 160 mm de béton bitumineux coulé
Israël	0,8 cm d'épaisseur de pavés équivaut à 1 cm d'épaisseur d'enrobé bitumineux et que le lit de pose n'a pas de valeur structurale.
Interlocking Concrete Pavement Institute (1995),	Pavé de 80 mm de hauteur reposant sur un lit de pose de 25 mm est comparable à une épaisseur d'enrobé bitumineux de 105 mm avec un module de 3100 MPA

Il ressort de ce tableau que quel que soit la référence, ***un pavé d'épaisseur donnée a une équivalence supérieure à un béton bitumineux de même épaisseur. Mieux des équivalences ont été établies pour d'autres matériaux comme une sous-fondation granulaire, les pierres concassés, de sol stabilisé au ciment.***

1.3 CAS DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES EN REVETEMENT PAVE AU BENIN

Au Bénin Les routes en revêtement pavé ont été construites de façon continue et soutenue depuis le début des années 1990. Cette période correspondant à l'ère du Renouveau démocratique au Bénin. L'objectif, en adoptant les routes en pavé étaient de créer des chantiers de travaux à haute intensité de main d'œuvre pour le résorber le problème de chômage, surtout celui des jeunes.

Deux tendances existent :

- celle développée par le Ministère en charge des Travaux publics sur les contre allers (trafic local) des axes routiers principaux bitumés et qui consiste à utiliser les pavés de 11 cm ; Dans ce cas les pavés sont utilisés en remplacement du béton bitumineux,

[1] CMA : Concrete Manufacture Association,

ce qui suggère un surdimensionnement et ou un prolongement de la durée de vie de l'infrastructure aux regards des facteurs d'équivalences ci-dessus.

- L'autre, généralement adoptée sur certains axes (collecteurs et dessertes), qui relèvent du Ministère en Charge du l'Urbanisme consiste à adopter des revêtements pavés et une couche de sable argileux (silteux) ou de latérite appelée « couche de base » dont l'épaisseur varie de 20cm à 30cm pour les chaussées en fonction de la portance du sol. Cette couche de silteux ou de latérite est appelé « couche de base », justement parce que venant juste après la couche de roulement qu'est l'ensemble pavé + lit de pose et aucune couche de fondation n'est mise en œuvre.

A l'analyse des faits, et considérant que la plus part des chaussées réalisées sur la base de ces structures « tiennent dans le temps », nonobstant les affaissements précoces enregistrés çà et là ; on pourrait émettre l'hypothèse que « les pavés+ lit de sable » jouent à la fois le rôle de couche de roulement et contribuent à la formation de la couche de base. La couche de silteux ou de latérite pourrait être assimilable à une couche de fondation en considérant certaines ou la combinaison de certaines équivalences dans le tableau du CMA ci-dessus. Toutefois il convient de rester prudent sur cette déduction puisqu'elle n'a pas été suffisamment documentée.

1.3.1 Nos propositions de structure

Sur la base des éléments ci-dessus qui tiennent compte de l'expérience du Bénin en matière de chaussé en pavé autobloquant, des propositions de structures des documents de dimensionnement de chaussée et des équivalences ci-dessus, le consultant a opté pour la structure suivante

- une couche de fondation de 20cm de silteux naturel (sable argileux) ;
- une couche de base 15cm de sable argileux amélioré au ciment dont le taux sera déterminé par les essais de formulation
- un revêtement en pavé de 11cm + 3cm de lit de pose

Couches de la chaussée	Chaussée	Trottoir
Couche de roulement	Pavé de 11 cm + 3 cm de sable (lit de pose)	Pavé de 8 cm +3 cm de sable (lit de pose)
Couche de base	15 cm de sable argileux amélioré au ciment	20 cm de sable argileux
Couche de fondation	20 cm de sable argileux	

ANNEXE 6 : AMENAGEMENT PAYSAGER AUTOUR DES BASSINS DE RETENTION

Sommaire

1- Introduction 2

2- Démarche méthodologique 2

3- Présentation du secteur d'étude.....3

3.1- Caractéristiques géomorphologiques 3

3.2- Facteurs climatiques 3

3.3- Caractéristiques hydrogéologiques.....5

3.4- Caractéristiques géologiques et pédologiques 5

3.5- Caractéristiques des formations végétales 5

4- Présentation des ouvrages d'assainissement pluvial projetés 6

5- Etat des lieux et influences humaines sur les sites 8

6- Présentation des unités d'aménagements paysagers envisagés 11

6 .1- Choix des types d'aménagements paysagers.....11

6.2- Plans et images 3D des aménagements paysagers.....13

6.2- Fonctions des unités d'aménagements paysagers.....55

6.3- Impacts des unités d'aménagements paysagers.....57

6.4- Actions à mettre en œuvre pour leur réalisation.....59

7- Evaluation du coût des aménagements projetés.....61

8- Conclusion.....64

9- Références bibliographiques.....65

1- Introduction

Contexte et justification de la mission

La ville de Cotonou est la plus grande métropole du Bénin avec une population résidente de plus de 790120 habitants en 2013. Cette population a été lotie par les autorités préfectorales ou municipales sans aucun plan d'aménagement dans les zones inondables et les bas-fonds, bouchant ainsi le passage des eaux pluviales. Ce qui occasionne régulièrement des inondations dans la ville, du fait que Cotonou est constituée de un tiers (1/3) de zones inondables, un tiers (1/3) de bas-fonds et un tiers (1/3) de zones exondées (PDC – COTONOU, 2008).

Dans le but de trouver des solutions durables aux problèmes des inondations à Cotonou, le gouvernement a initié le Projet d'Assainissement Pluvial de Cotonou (PAPC). Ce projet consiste en la réhabilitation des exutoires naturels et dragage des couloirs d'écoulement des eaux, la construction de nouveaux collecteurs primaires dans les bassins pour un linéaire de 64 Km, l'aménagement des canaux naturels avec berges en gabions et le confortement des berges.
Ces aménagements concernent 34 bassins versants qui permettront de drainer plus de 2/3 de la superficie totale de la ville de Cotonou.

Sachant que la réalisation de ces ouvrages impactent le paysage, il est nécessaire d'intégrer des aménagements paysagers afin de garantir la bonne fonctionnalité et la durabilité des ouvrages. Les aménagements paysagers notamment les installations des espaces verts autour des bassins de rétention permettront de limiter non seulement l'érosion du sol, mais aussi de créer un refuge de biodiversité (trame verte et bleue, reconstitution et préservation d'habitats). C'est dans cet ordre d'idée que s'inscrit la présente mission.

Objectifs de la mission

La mission a pour objectif principal de réaliser des aménagements d'espaces verts autour des bassins naturels de rétention et collecteurs primaires à construire dans le cadre du projet.
Il s'agira spécifiquement :

- Programmer le long des bassins de rétention, une pelouse de stabilisation anti-érosion pour éviter la fragilisation des ouvrages par les eaux de ruissellement ;
- Projeter des arbres d'alignement le long des ouvrages pour assurer un design vert autour des plans d'eau et favoriser au mieux, leur intégration dans le paysage urbain;
- Réaliser par endroits des aménagements d'espaces verts, récréatifs, ludiques et sportifs sur les reliquats de marécages après l'implantation des ouvrages ;
- Concevoir les plans d'aménagement et de végétalisation des voies d'accès, des promenades, des circuits d'entretien des ouvrages et autres connections avec la ville ;
- Proposer un plan d'exécution des aménagements paysagers projetés ;
- Faire une estimation prévisionnelle des aménagements projetés.

2- Démarche méthodologique

Pour conduire à bien cette mission, la démarche méthodologique adoptée a consisté en une séance de cadrage, une recherche documentaire et des investigations de terrain.

La recherche documentaire a permis de passer en revue les caractéristiques biophysiques et socioéconomiques du secteur d'étude.

Les visites de terrain assistées par l'usage de drone ont permis de faire un état des lieux des sites afin d'apprécier les composantes environnementales et sociales en vue de projeter les aménagements paysagers nécessaires autour des bassins PA2, PA3, XX et AA. De plus, elles ont permis de compléter les informations de la documentation.

En outre, la définition et la conception des types d'aménagements paysagers ont été faites après un avis consultatif des personnes ressources notamment les chefs des quartiers abritant ces zones de marécages. La collecte des informations auprès de ces élus locaux a été faite en se basant sur un guide d'entretien qui visait spécifiquement à sonder l'appréciation des populations sur le projet et leurs centres d'intérêt en termes d'aménagements d'espaces verts et d'espaces ludiques. Une dizaine de quartiers ont été enquêtés : MISSOGBE, MIDEDJI, VEDOKO, GBENONKPO ET SETOVI pour les bassins PA2 et PA3 ;AGLA PETIT CHATEAU,AGLA LES PYLONES et GBEDEGBE pour les bras X2 et X3 du bassin XX, et FIDJROSSE-KPOTA et HLAZOUNTO pour le bassin AA.

La conception des unités d'aménagements paysagers et le traitement des données graphiques ont été faits sous AUTOCAD, ARCHICAD, PHOTOSHOP LUMION et PICASA.

3- Présentation du secteur d'étude

La présentation du secteur d'étude consiste à décrire brièvement le milieu biophysique et humain auquel appartient les bassins de rétention (PA2, PA3, XX et AA) faisant l'objet de la présente mission dans la ville de Cotonou (figure . Il est nécessaire de décrire ce milieu biophysique en raison de ses différentes composantes qui touchent la nature, les populations et les conditions de vie de l'homme.

3.1- Caractéristiques géomorphologiques

La ville de Cotonou, située dans le domaine margino-littoral du bassin sédimentaire côtier, présente une morphologie reposant essentiellement sur un substratum géologique large de 5 km environ avec une altitude maximale ne dépassant pas 7 m et constitué d'une alternance de cordons dunaires exondés séparés par des dépressions marécageuses (Oyédé, 1991). Le relief est peu accidenté avec des dépressions longitudinales parallèles à la côte et des bas-fonds d'écoulement des eaux pluviales qui communiquent avec le lac Nokoué. La ville de Cotonou est divisée en deux par le chenal appelé « Lagune de Cotonou » qui communique entre le lac et la mer.

3.2- Facteurs climatiques

Le climat est de type subéquatorial avec une alternance de deux saisons pluvieuses (Avril à Juillet et Septembre à Novembre) et de deux saisons sèches (Décembre à Mars et Août). La pluviosité annuelle varie entre 1000 et 1400 mm avec environ 100 jours de pluies. Le régime pluviométrique est bimodal, avec les pics observés sur les mois de juin et octobre respectivement pour les deux saisons de pluies.

La température moyenne est de 27°C, variant de 24° à 30°C en saison des pluies et de 23 à 33°C en saisons sèches. Les écarts entre le mois le plus chaud et le mois le moins froid ne dépassent pas 3,8°C. L'humidité relative est élevée atteignant parfois 95 % en raison de la proximité de l'océan Atlantique (Adam & Boko, 1993).

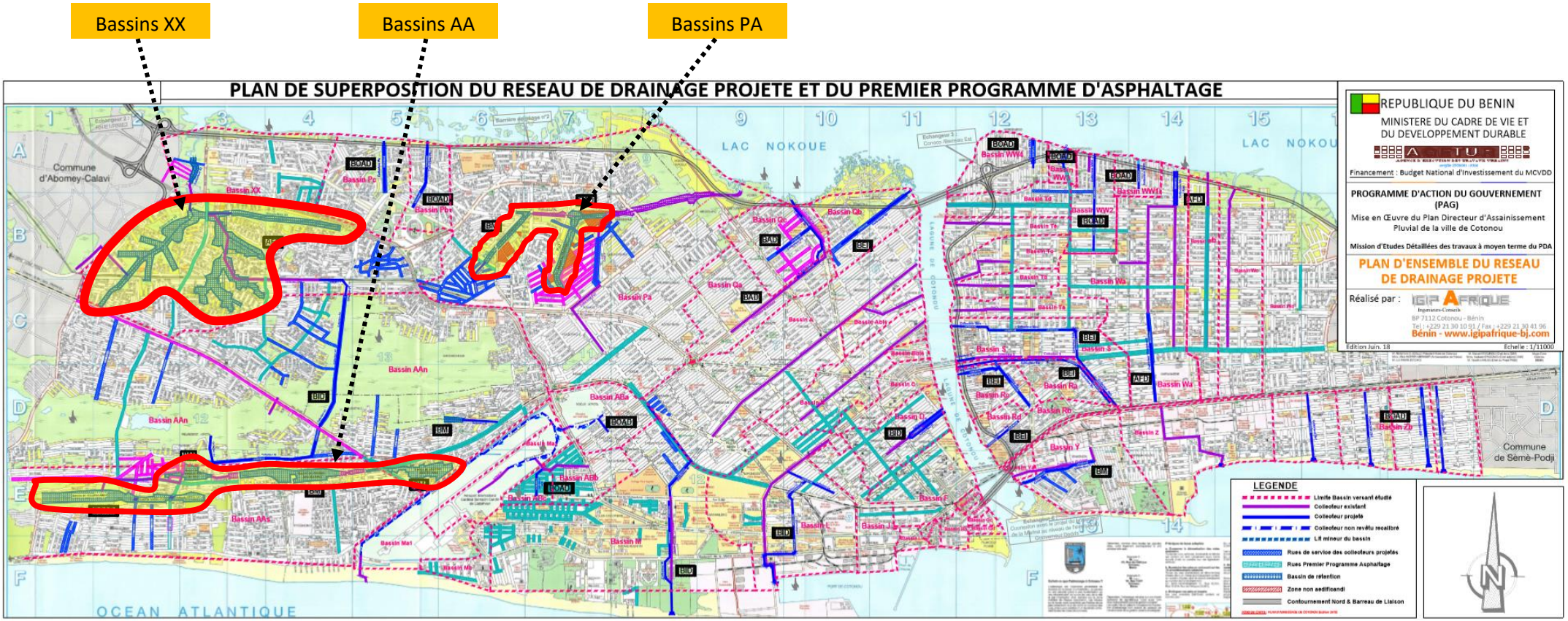


Figure 1 : Position des bassins PA, XX et AA dans le secteur d'étude (ville de Cotonou)

Cotonou est sous l'influence de vents dominants soufflant dans le sens Sud-Ouest/Nord-Est. Environ 60% des vents ont des vitesses comprises entre $2m.s^{-1}$et $4m.s^{-1}$. Le vent au sol est plus fort en bordure de la mer qu'à l'intérieur de la ville.

3.3- Caractéristiques hydrogéologiques

La nappe phréatique est peu profonde (moins d'un mètre par endroits), et se trouve de ce fait très influencée par les eaux de pluies et des lixiviats entraînant une contamination des eaux souterraines par des polluants de toute sorte. Les zones de très basses altitudes correspondent à des marécages constituant des axes de convergence des eaux de surface, des écoulements hypodermiques et des nappes phréatiques.

3.4- Caractéristiques géologiques et pédologiques

La ville de Cotonou est localisée sur le bassin sédimentaire côtier et précisément dans la plaine littorale qui est située en bordure de l'océan Atlantique. Selon Volkoff et Williame (1976) on distingue : (i) les sols peu évolués, localisés sur le cordon actuel, appelés sols minéraux bruts, constitués de sables fins, pauvres en matière organique et très perméables et bien drainés ; et (ii) les sols hydromorphes moyennement organiques, humiques à gley, non ou peu salins, développés dans les zones marécageuses.Ces différents types de sol constituent un facteur aggravant les inondations dans la ville en raison de leur faible pouvoir de rétention d'eau et leur pauvreté en argiles.

3.5- Caractéristiques des formations végétales

La végétation des zones de bas-fonds de Cotonou est caractérisée par des forêts marécageuses, des prairies et par endroits de mangroves à *Rhizophora racemosa (*palétuvier rouge) et *Avicennia africana* (palétuvier blanc) (N'Bessa, 1997).Les espèces végétales dominantes observées dans les prairies sont : *Paspalum vaginatum*, *Typha australis, Cyrtosperma senegalensis* et *Cyperus articulatus*, et *Cyperus striatus*. Les figures 1 et 2 montrent respectivement des végétations de forêt marécageuse et de prairie observées en amont du bassin PA2 et dans le bras X2 du bassin XX.

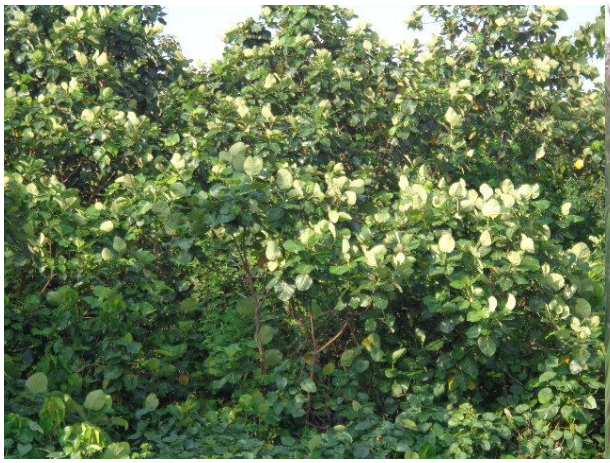


Figure 2a : forêt marécageuse en amont du bassin PA2 à MIDEDJI



Figure 2b : prairie à*Typha australis*dans le bras X2 du bassin XX

4- Présentation des ouvrages d'assainissement pluvial projetés

Les ouvrages d'assainissement pluvial projetés et qui sont concernés par la présente mission d'aménagements paysagers sont les bassins PA2, PA3 (Figure 3), XX (Figure 4) et AA (Figure 5).L'aménagement de ces ouvrages d'assainissement vise à curer ces zones de marécages en les transformant en bassins de rétention à berges stabilisées en matelas Reno. La structuration de ces bassins consiste à protéger leurs abords par le matelas Reno qui se repose sur un géotextile (employé comme armature et filtre) placé sur un remblai en sable lagunaire. La Figure 6 indique l'exemple d'une coupe transversale réalisée dans le bassin PA3, et qui met en exergue les composantes de l'ouvrage.



Figure 3 : image des bassins PA2 et PA3 projetés

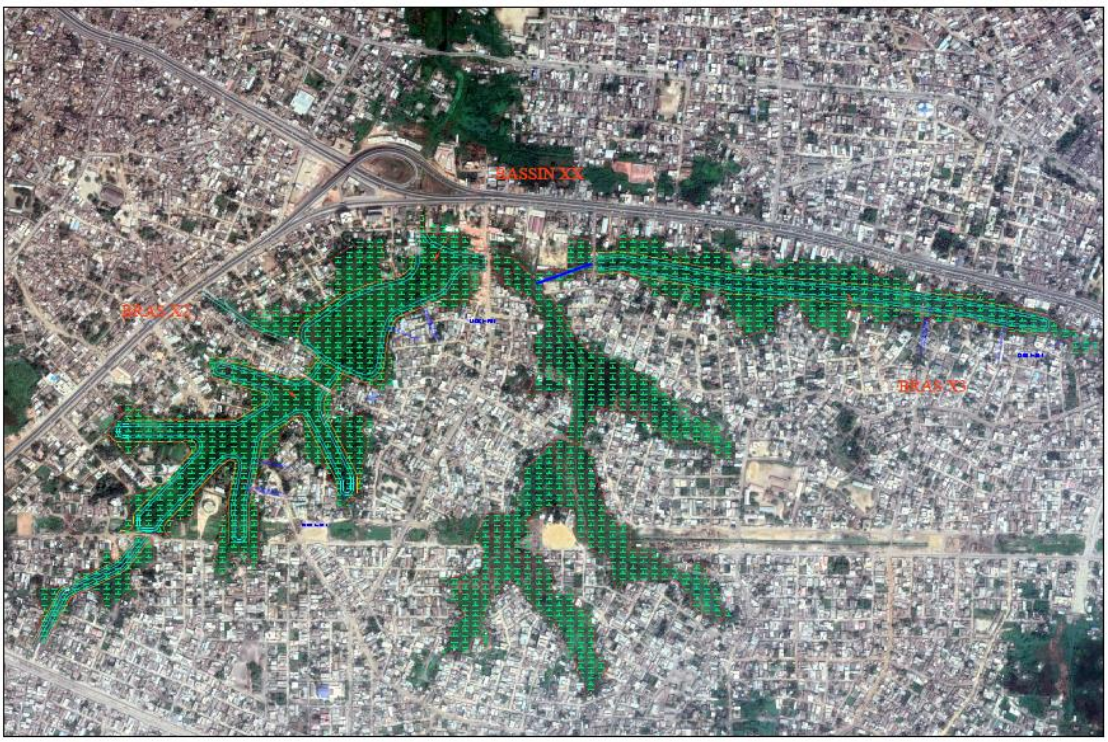


Figure 4 : image du bassin XX montrant les bras X2 et X3 à aménager



Figure 5 : image du bassin AA

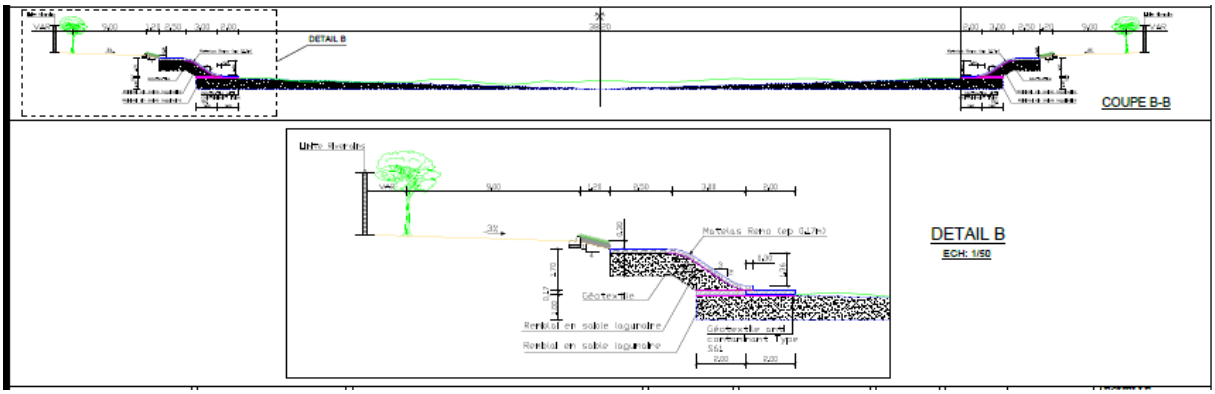


Figure 6 : exemple de coupe transversale réalisée dans un bassin

5- Etat des lieux et influences humaines sur les sites

Les photographies aériennes faites à l'aide du drone ont révélé que les sites sont occupés par des formations végétales de marécages, intégrées dans un environnement fortement urbanisé (Figures 7 à 10).En raison du manque d'aménagements appropriés de ces marécages, les populations en font de dépotoirs sauvages d'ordures ménagères (Figure 11a), contribuant ainsi petit-à-petit au comblement de ces marécages. Ces espaces comblés sont par endroit occupés par de nouvelles constructions occasionnant une forte pression foncière sur l'emprise des bas-fonds. Par ailleurs, on observe une mise en culture de ces zones de marécages (Figure 11b) entravant l'écoulement normal des eaux et le rôle d'exutoire naturel joué par ces milieux.



Figure 7 : image drone du bassin PA2 (partie nord)



Figure 8: image drone du bassin PA3 (partie sud)



Figure 9 : image drone du bassin XX (partie nord jouxtant l'échangeur de Godomey)



Figure 10a : image drone d'un bras bassin AA (Fidjrossè plage)



Figure 10b : image drone d'un bras bassin AA (zone aéroport)



Figure 11a : dépotoir sauvage d'ordures en amont du bassin PA2 à MIDEDJI



Figure 11b : plantation de bananeraie dans le bras X2 du bassin XX, du côté des pylônes

6- Présentation des unités d'aménagements paysagers envisagés

6 .1- Choix des types d'aménagements paysagers

Sur la base des objectifs du PAPC, les aménagements d'espaces verts autour des bassins de rétention doivent non seulement garantir la durabilité des ouvrages et des écosystèmes mais aussi répondre à de nombreux usages et attentes de la part des habitants, ce qui est un enjeu important en milieu urbain. Ainsi, les types d'aménagements paysagers envisagés sont les suivants :

- Formations denses : forêts urbaines et plantations ;
- Formations naturelles marécageuses et mangroves enrichies;
- Jardins boisés avec des espaces de repos et de pique-nique ;
- Parcs d'attraction et espaces de recréation ;
- Parcs sportifs ;
- Parcs solaires ;
- Zones piétonnes de promenades ;
- Zones passagères non piétonnes ;
- Commodités (toilettes, poubelles, point d'eau, restaurants, etc.) ;
- Plans d'eau ou étangs.

❖ **Formations denses : forêt urbaines et plantations**

Les forêts urbaines et les plantations sont d'une grande importance dans le développement d'une ville. En effet, les espèces d'arbres plantées dans les forêts urbaines contribuent significativement à la séquestration du carbone et à l'épuration de l'atmosphère dans la ville. Ainsi les espèces locales ou autochtones ligneuses capables de produire assez de bois et de feuillage et d'évoluer dans les conditions écologiques des zones humides seront priorisés. On pourrait choisir les espèces telles que : *Cocos nucifera*, *Casuarina equisetifolia*, *Acacia auriculiformis*, *Terminalia mantaly*, *T. catappa*, *Gmelina arborea*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Hura crepitans*, *Elaeis guineensis*, *Roystonea regia*, *Ravenala madagascariensis*, *Khaya senegalensis*, *Hallea ledermannii*, *Hallea stipulosa*, *Cleistopholis patens*, *Nauclea xanthoxylon, Spondianthus preussii*, *Bridelia micrantha*, *Pterocarpus santalinoides*, *Manilkara zapota*, *Anthocleista vogelii*, *Arthocarpus communis*, *Cuvier amacroura*, *Connarus africanus*, *Xylopia parviflora*, *Leptoderris brachyptra*, *Combretum racemosum*, etc.

❖ **Formations naturelles marécageuses et mangroves enrichies**

Les aménagements des sites prendront en compte une conservation *in situ* des reliques de marécagesaprès l'installation des bassins de rétention.L'aménagement de ces reliques prendra en compte des espèces locales ligneuses observées sur placeet d'autres colonisant les sols marécageux gorgés en permanence d'eau (hydromorphie permanente).Pour les marécages gorgés d'eau douce, il s'agit des espèces telles que : *Mitragyna stipulosa, M. inermis* (Rubiacées), *Uapaca paludosa* (Euphorbiacées), *Symphonia globifera* (Guttiferées) *Anthocléista vogelii* (Loganiacées), *Raphia gigantea, R.sudanica, R.hookeri, R. vinifera* (Arécacées) ; *Pandanus*

candelabrum (Pandanacées) ; *Macaranga heterophylla ; M. rosea* (Euphorbiacées) ; *Cyrtosperma angolense* (Aracées), *Syzygium owariense*, *Ficus trichopoda* ,*Ficus leprieuri, etc.* Pour les sols gorgés d'eau saumâtre, il s'agit des espèces de mangrove à savoir les palétuviers rouges *(Rhizophora racemosa, Laguncullariara cemosa) et blancs (Avicennia africana).*

L'objectif de ce type d'aménagement est de conserver des lambeaux de formations naturelles pour servir de refuge à la biodiversité (conservation de la flore et préservation d'habitats pour la faune). L'enrichissement de ces reliques vise à recréer une formation de végétation perdue et à améliorer substantiellement leur capacité de séquestration du CO2. A terme, ces formations naturelles aménagées auront un fort potentiel de séquestration du C02 variant entre 180,87 à 297,40 tonnes de CO2 à l'hectare.

- ❖ Jardins boisés avec des espaces de repos et de pique-nique

Ces espaces s'identifient par un boisement clairsemé dans une pelouse de gazon et quelques trouées de zones ensoleillées où seront disposés délicatement de petits noyaux de jardins d'agrément, de petits enrochements et autres décorations en bois ou en bambou. Les jardins boisés sont des espaces de repos, de discussion, des points de rencontre, de détente, de promenade et de pique-nique. La pelouse des zones inondables devra tenir compte des espèces de gazons sauvages des prairies inondables comme *Paspalum vaginatum.*

- ❖ Parcs d'attraction, sportifs et espaces de recréation

Les sites seront dotés de plusieurs aires de jeux pour enfants et adolescents : des parcs d'attraction, les bars et restaurants, les promenades, les allées piétonnes, des parcs sportifs pour les jeux de mains, les jeux de pieds, les parcours sportifs, les espaces de gymnastique, les espaces fitness, les couloirs de marche etc. Ces aménagements envisagés pourraient combler les attentes récréatives des populations riveraines.

- ❖ Allées piétonnes et de promenades

Les allées piétonnes et les promenades permettront de desservir l'ensemble des aménagements. Leur largeur varie d'une zone à une autre (deux à trois mètres) et elles seront réservées que pour les piétons, les vélos et exceptionnellement en cas d'incidents par des véhicules spécialisés. La valorisation des espaces piétonniers s'inscrit pleinement dans une démarche plus globale de limitation du recours aux véhicules sur les sites aménagés. Les intérêts seront à la fois écologiques et sécuritaires.

Les zones piétonnes seront valorisées par un visuel attractif favorisant leur utilisation :

- réseaux d'éclairage efficient, signalétique, jeux de couleurs par l'intégration de végétaux aux multiples couleurs ;
- peintures au sol (piétons…) ;
- délimitations par des plantations de haies, rambardes ou garde-fou, murets…) ;
- éléments inertes (poubelles, bancs…) ;
- la nature du revêtement (préférer les surfaces minérales ne favorisant pas la germination des graines et faciles à entretenir : pavages, bétons, pas japonais, dallettes …).

- ❖ Zones passagères non piétonnes

Les zones passagères non piétonnes sont prioritairement les parkings et les zones de passages des engins d'entretien des bassins et autres ouvrages. Elles permettront de limiter l'accès des véhicules motorisés aux espaces verts aménagés. On s'attache ainsi à proposer suffisamment de places de parking dès l'entrée des sites. Par ailleurs, on adoptera une signalétique efficace, avec des visuels qui rappellent les règles du code de la route. Pour des questions de sécurité, on devra éviter les chevauchements entre zones piétonnes et zones non piétonnes. Ainsi, des espaces délimités par zones devront être aménagés.

❖ Parcs solaires photovoltaïques

Les espaces verts installés autour des bassins forment avec ceux-ci, une trame verte et bleue dans ces quartiers, constituant ainsi des zones écologiques pour la ville de Cotonou. Il faut alors que la quasi-totalité de son réseau d'électrification soit alimentée par l'énergie solaire. Ainsi toutes les toitures des blocs administratifs, des restaurants, des toilettes et autres installations seront réalisées en panneaux solaires de sorte qu'elles constitueraient de mini parcs solaires pour alimenter toutes les installations électriques de ces espaces.

❖ Plans d'eau ou étangs

Ces sites étant des marécages où l'eau et la végétation cohabitent harmonieusement, il est important que toute forme d'aménagement concède une part aux plans d'eaux afin de maintenir les équilibres naturels de cet écosystème particulier. Ce type d'aménagement est également important non seulement pour la faune (aviaire et ichtyologique) du milieu urbain mais aussi pour servir de réceptacle des eaux de pluies au sein des espaces verts.

❖ Le mobilier urbain : bancs, tables et panneaux

Le mobilier urbain ou d'accompagnement des espaces verts est un bon moyen pour s'approprier ces espaces. Des tables et des bancs judicieusement implantés par rapport notamment à l'exposition au soleil, seront des lieux de travail, d'échanges, de détente. Ces aménagements seront construits en béton ou en bois locaux nécessitant moins d'entretien.

6.2- Plans et images 3D des aménagements paysagers

6.2.**1**- *Programmation des unités d'aménagements paysagers par bassin*

<table>
<tr><td colspan="4">Aménagements paysagers commun à tous les bassins :
- Pelouse anti érosion le long des bassins
- Plantation d'alignement en arbustes le long des bassins
- Plantation d'alignement d'arbres en bordure des bassins</td></tr>
<tr><td colspan="4">Aménagements paysagers spécifiques à chaque bassin</td></tr>
<tr><td>Bassins</td><td>Bras du bassin</td><td>Zones aménagées</td><td>Unités d'aménagement</td></tr>
<tr><td></td><td>PA3</td><td>Zone 1</td><td>Parc sportif, aire de repos, allée piétonne et bloc de gestion</td></tr>
</table>

Bassin PA		Zone 2	Foret urbaine, étang, jardin d'agrément, enrochement, allées piétonne, parcours sportifs, espace pique-nique, parking, administration et restaurant
		Zone 3	Bac à sable pour enfant, aire de repos, plantation, bloc de gestion et restaurant
	PA2	Zone 4	Place de fêtes, ceinture d'arbres et parking
		Zone 5	Foret urbaine, étang, parcours sportifs, allées piétonnes, parking, restaurant, aire de repos, jardin boisé, bloc administratif et promontoire,
		Zone 6	Bac à sable pour enfant, aire de repos, plantation, bloc de gestion et restaurant
		Zone 7	Parc sportif, aire de repos, allée piétonne et bloc de gestion, foret urbaine, plage artificielle et zone de promenade
		Zone 8	aire de repos, allée piétonne, foret urbaine, plage artificielle et zone de promenade
		Zone 9	Jardin de repos, allée piétonne et zone de promenade.
Bassin XX	X1		Plantation d'alignement d'arbres en bordure du bassin
	X2	Zone 1	Place de fêtes, bloc de gestion, forêt dense, jardin de repos et parking
		Zone 2	Parc zoologique, bloc de gestion, parcours sportif, forêt dense, parking,…
		Zone 3	Enrochement (colline artificielle), cascade, étang, jardin de repos, forêt dense, parcours sportif, allées piétonne, plage artificielle, parking et bloc de gestion.
		Zone 4	Plages artificielles, jardin de repos, forêt dense, …
	X3	Zone 5	Jardin de repos, allées piétonnes, forêt dense…
		Zone 6	Parc sportif, parking, jardin de repos, forêt dense, bloc de gestion …
		Zone 7	Bac à sable pour enfants, jardin de repos, allées piétonne, parking, bloc de gestion, forêt dense …
Bassin AA	AAc	Zone	Promenade et zone de repos et de détente

6.2.2- *Plans et images 3D des aménagements paysagers autour du bassin PA3*



<u>Figure 12</u> : Plan de masse des aménagements paysagers autour du bassin PA3



Figure 13 : Plan de masse de l'aménagement de la zone 1 du bassin PA3



Figure 14 : Plan de masse de l'aménagement de la zone 2 du bassin PA3

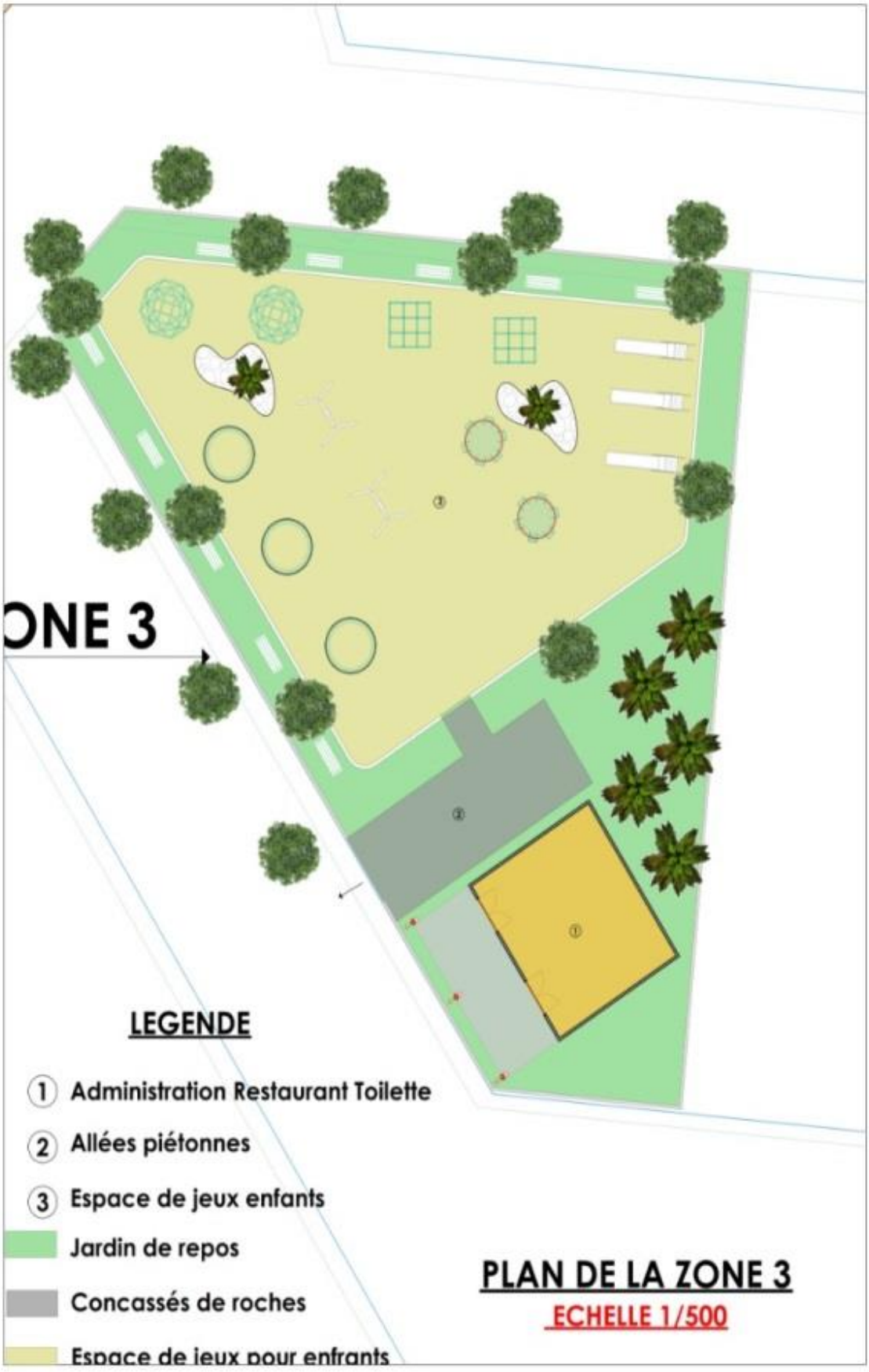


Figure 15 : Plan de masse de l'aménagement paysager de la zone 3 du bassin PA3



Figure 16 : image d'ensemble des aménagements paysagers autour du bassin PA3



Figure 17 : vue de l'entrée de la zone 1 du bassin PA3



Figure 18 :vue du parc sportif de la zone 1 du bassin PA3



Figure 19 :vue de l'entrée de la zone 2 du bassin PA3



Figure 20 : vue de l'étang au cœur de la zone 2 du bassin PA3



Figure 21 : vue panoramique sur l'étang de la zone 2 du bassin PA3



Figure 22 : vue d'ensemble de l'aire de jeux pour enfant de la zone 3 du bassin PA3



Figure 23 : vue panoramique sur l'aire de jeux pour enfants de la zone 3 du bassin PA3

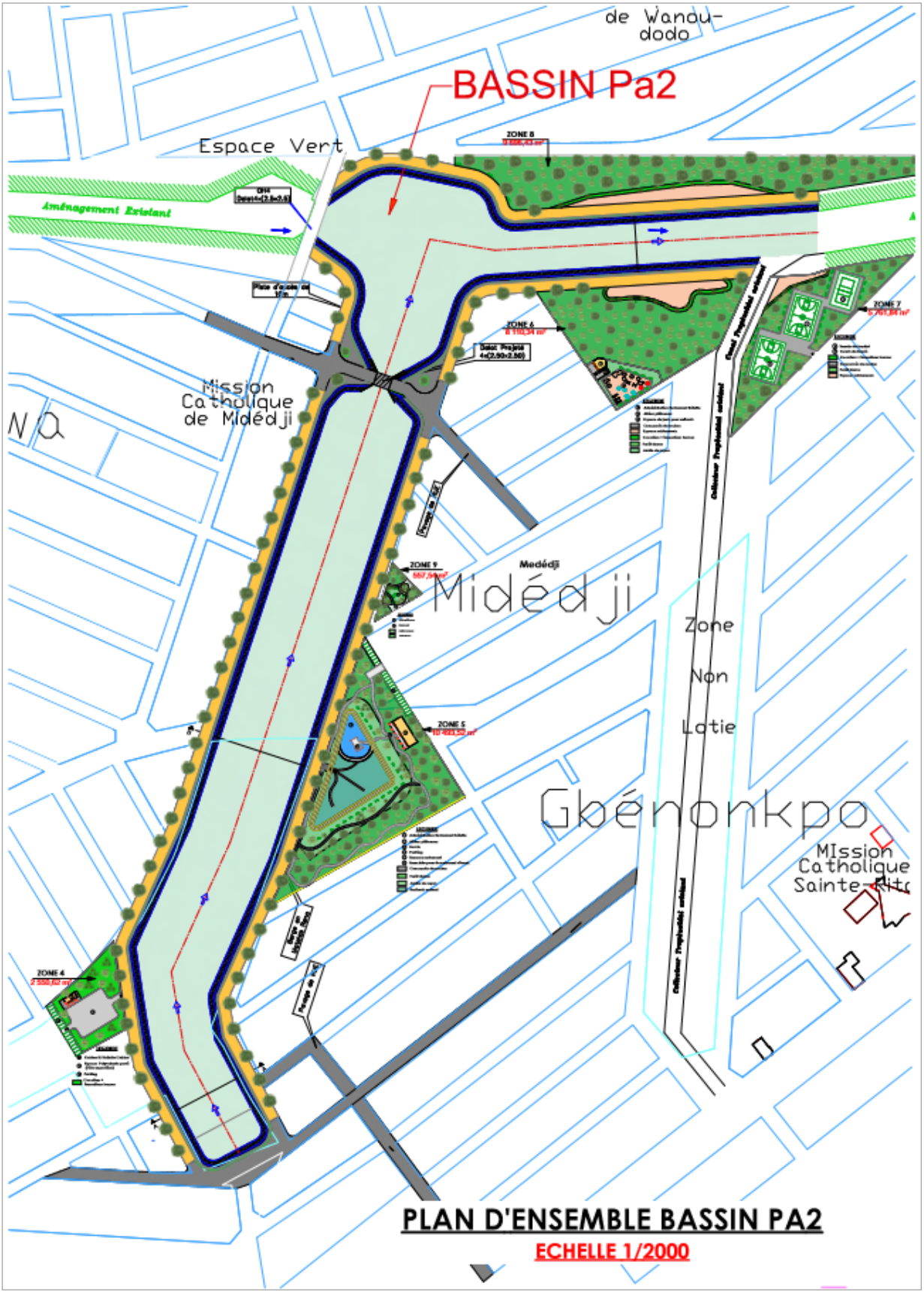


Figure 24 :vue des allées piétonnes au sein de la zone 2 du bassin PA3



Figure 25:vue des aménagements aux environs immédiats du bassin PA3

6.2.3- *Plans et images 3D des aménagements paysagers autour du bassin PA2*



<u>Figure 26</u> : Plan de masse des aménagements paysagers autour du bassin PA2



<u>Figure 27</u> : vue d'ensemble des aménagements paysagers autour du bassin PA2



Figure 28 : plan de masse de l'aménagement de la zone 4 du bassin PA2



Figure 29 :image des aménagements de la zone 4 du bassin PA2



Figure 30 : vue de la place de fêtes de la zone 4 du bassin PA2



Figure 31 : plan de masse de l'aménagement de la zone 5 du bassin PA2



Figure 32 : vue panoramique de l'aménagement de la zone 5 du bassin PA2



Figure 33 : vuede l'aménagement paysager de la zone 5 du bassin PA2

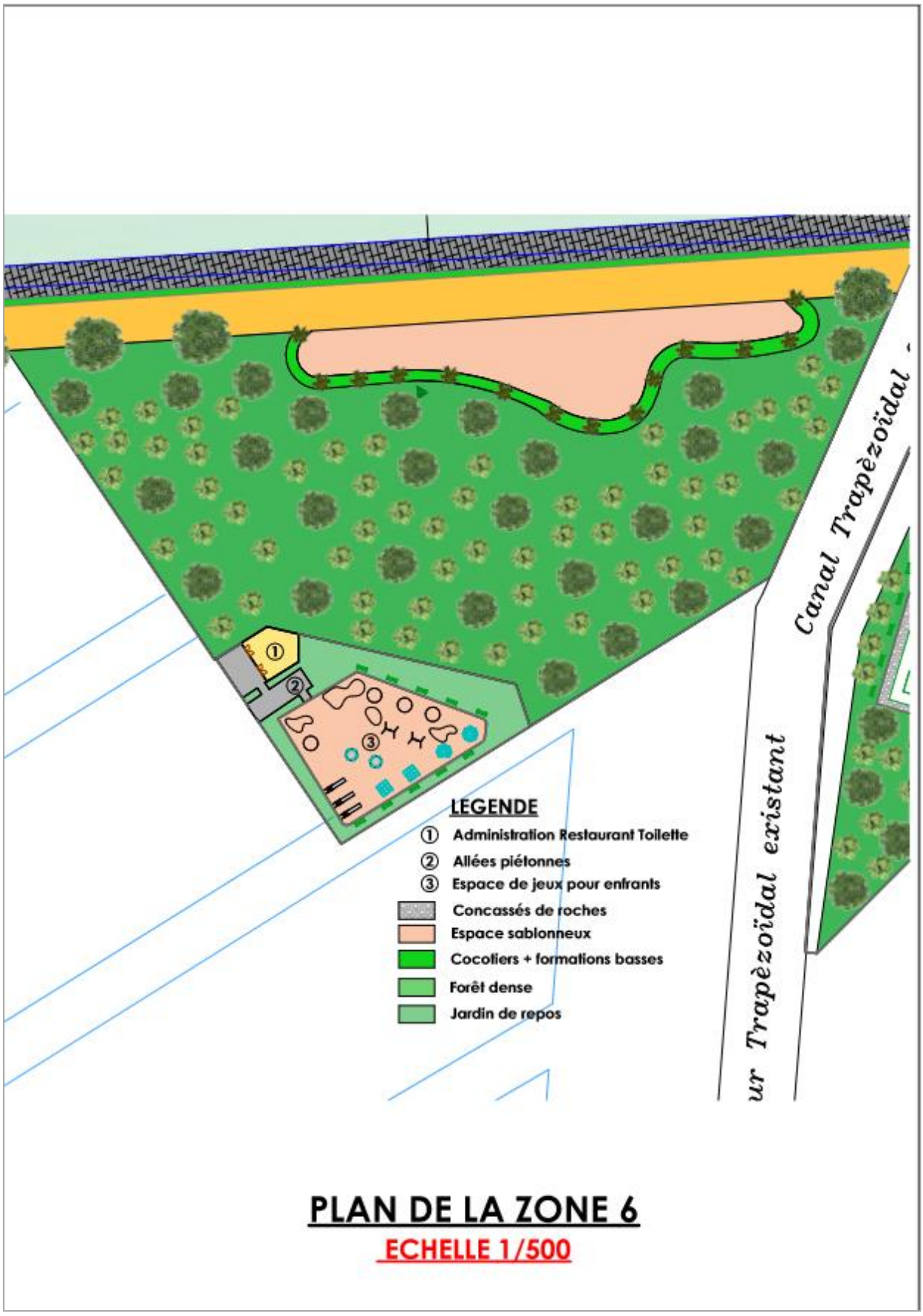


Figure 34 : plan de masse de l'aménagement de la zone 6 du bassin PA2



Figure 35 : plan de masse de l'aménagement de la zone 7 du bassin PA2

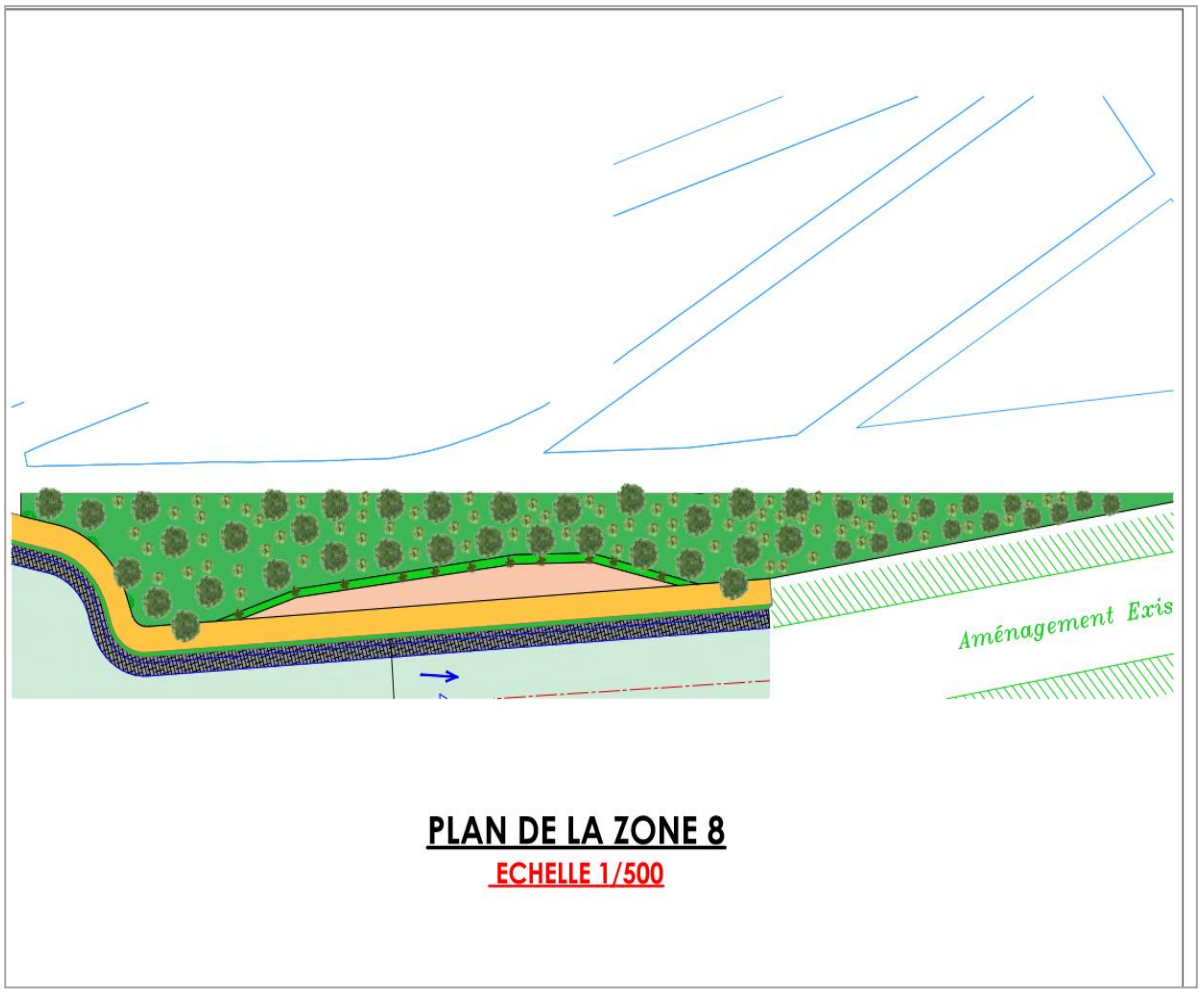


Figure 36: plan de masse de l'aménagement de la zone 8 du bassin PA2



Figure 37 : vue sur la plage artificielle de la zone 6 du bassin PA2



Figure 38 : plan de masse de l'aménagement de la zone 9 du bassin PA2



Figure 39: vue panoramique du jardin boisé avec bac à sable de la zone 6 du bassin PA2



Figure 40 : vue sur la plage artificielle de la zone 8 du bassin PA2

6.2.4- *Plans et images 3D des aménagements paysagers autour du bassin XX*

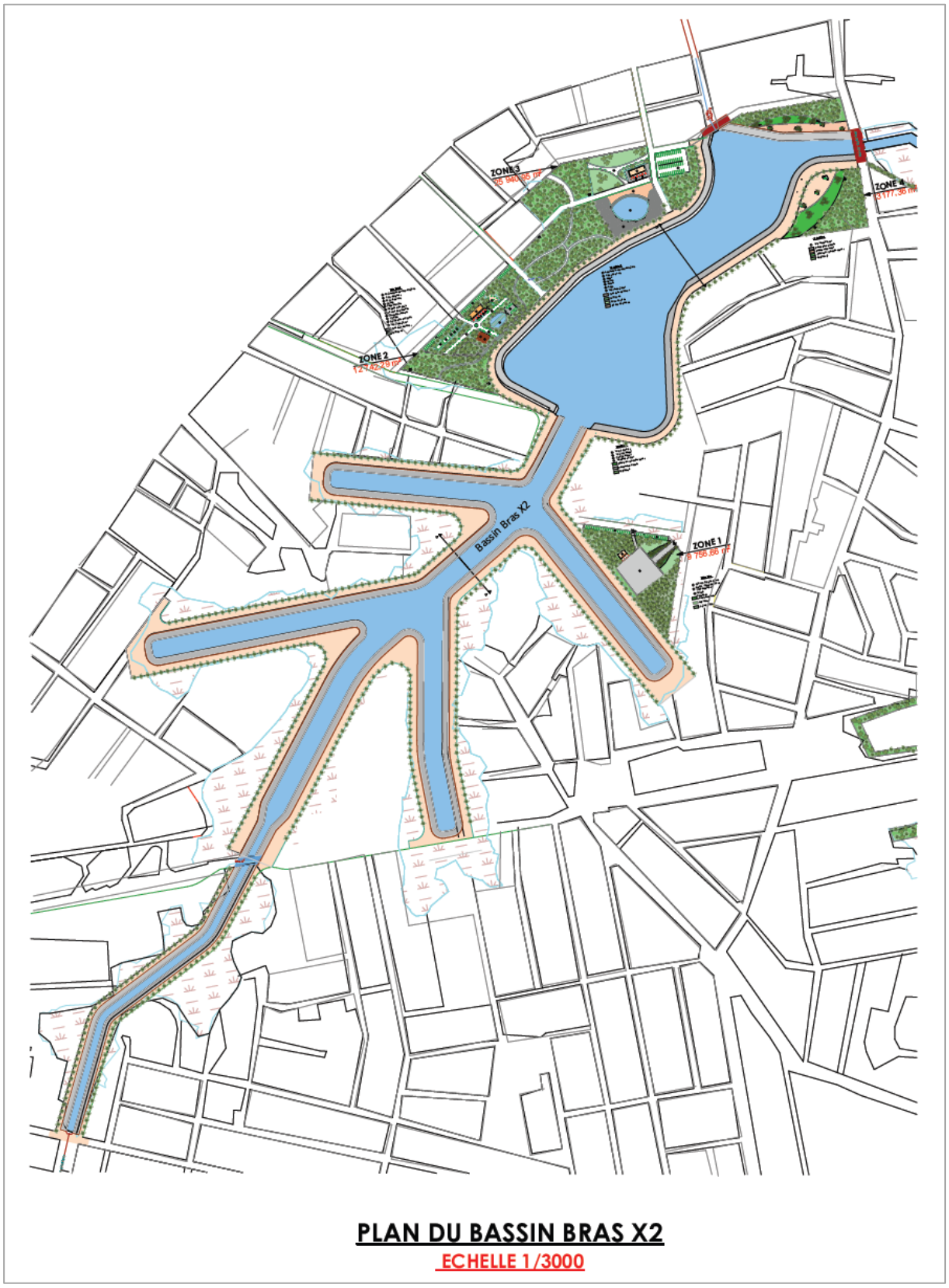


Figure 41 : Plan de masse des aménagements paysagers autour du bras X2 du bassin XX

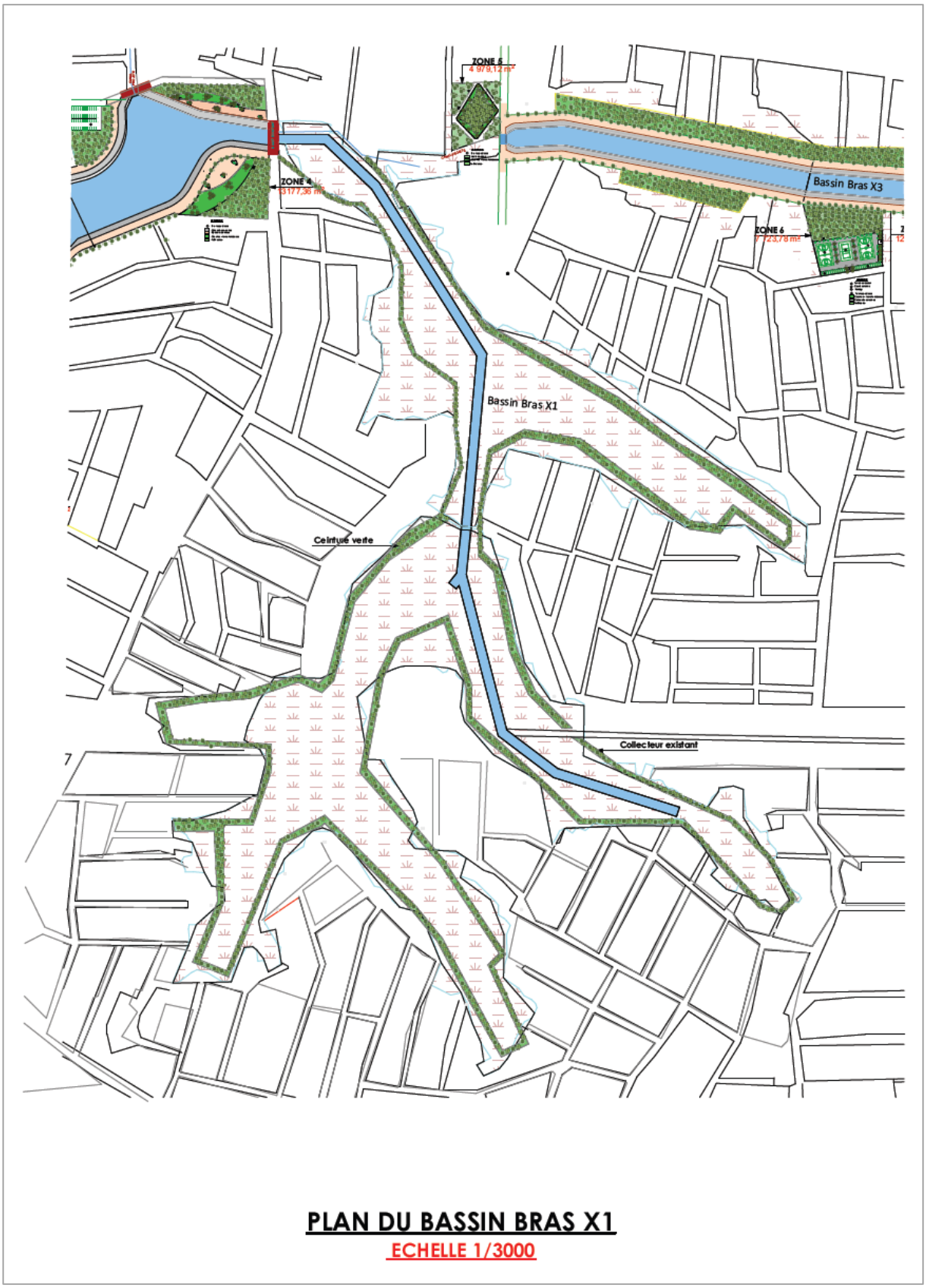


Figure 42 : Plan de masse des du bras X1 du bassin XX

<u>Figure 43</u> : Plan de masse des aménagements paysagers autour du bras X3 du bassin XX

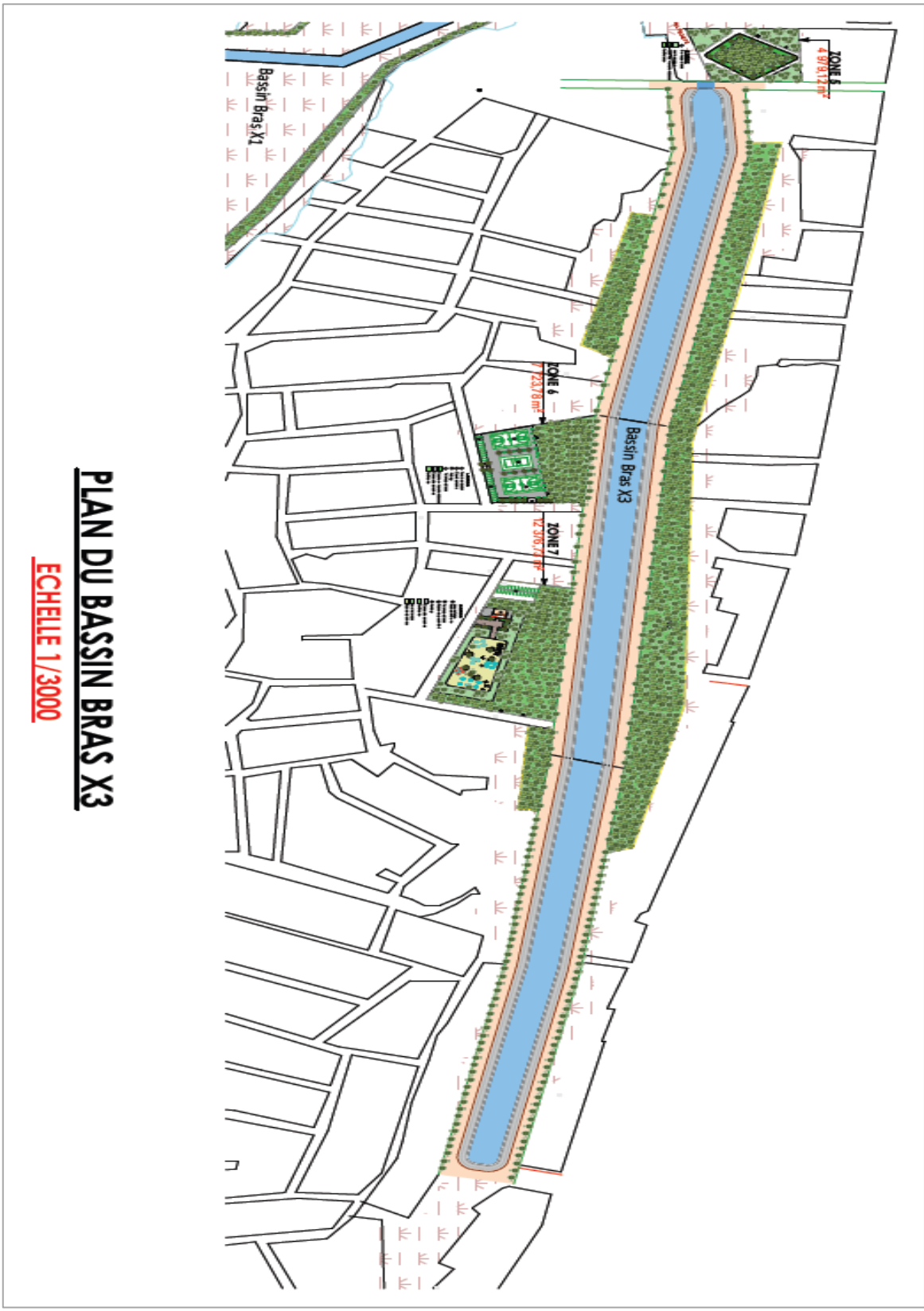




Figure 44 :plan de masse de l'aménagement de la zone 1 du bras X2 du bassin XX



Figure 45 : plan de masse de l'aménagement de la zone 2 du bras X2 du bassin XX



<u>Figure 46</u> : plan de masse de l'aménagement de la zone 3 du bras X2 du bassin XX



Figure 47 : vue du parc zoologique la de la zone 2 du bras X2 du bassin XX



Figure 48 : vue du bassin à poissons la de la zone 2 du bras X2 du bassin XX



Figure 49 : vue des allées piétonnes au sein de la de la zone 2 du bras X2 du bassin XX



<u>Figure 50</u> : vue des aménagements aux environs immédiats du bassin à bord enroché de la zone 3 du bras X2



<u>Figure 51</u> : vue panoramique de l'aménagement de la zone 3 du bras X2 du bassin XX



Figure 52 : plan de masse de l'aménagement de la zone 4 du bras X2 du bassin XX

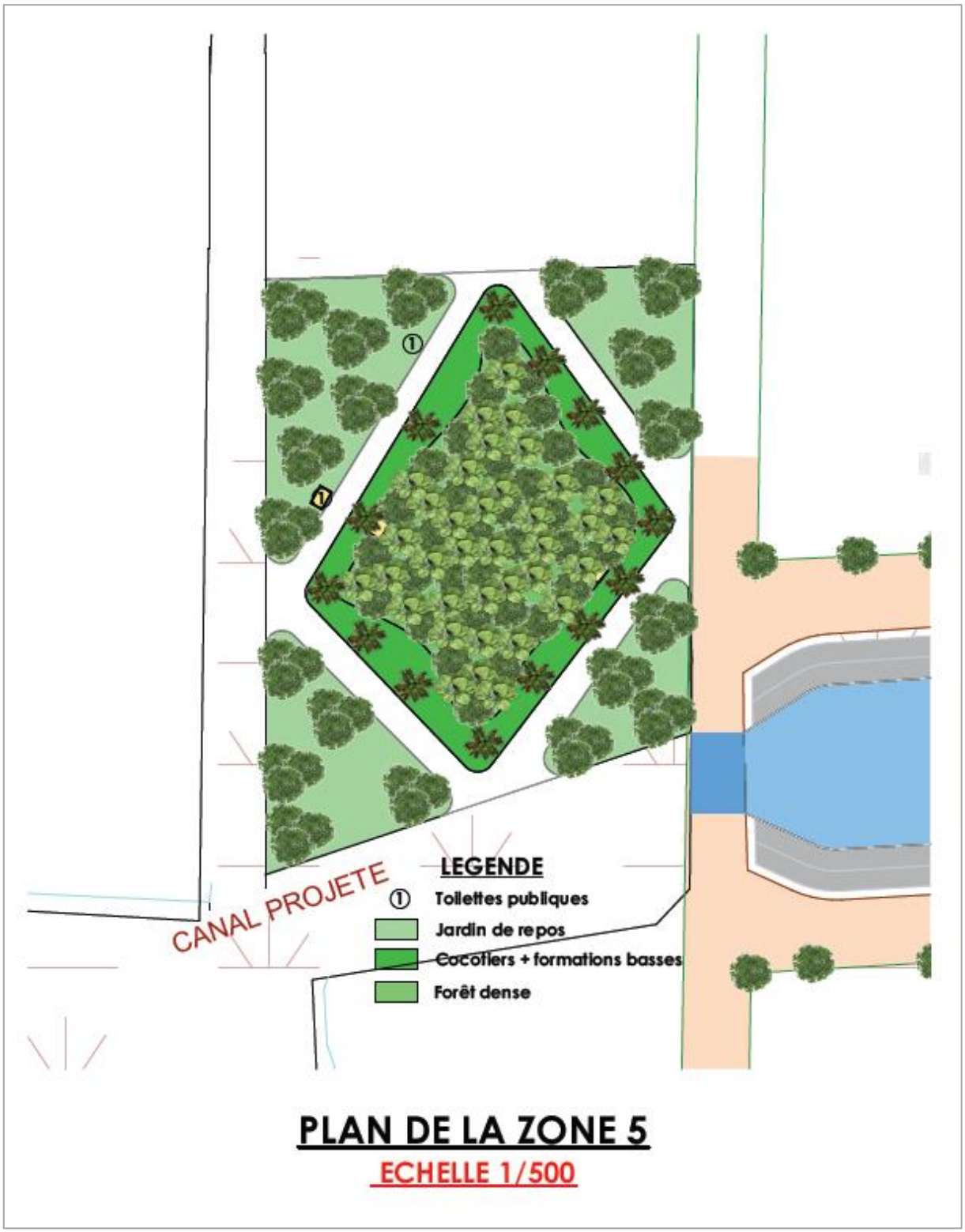


Figure 53 : plan de masse de l'aménagement de la zone 5 du bras X2 du bassin XX

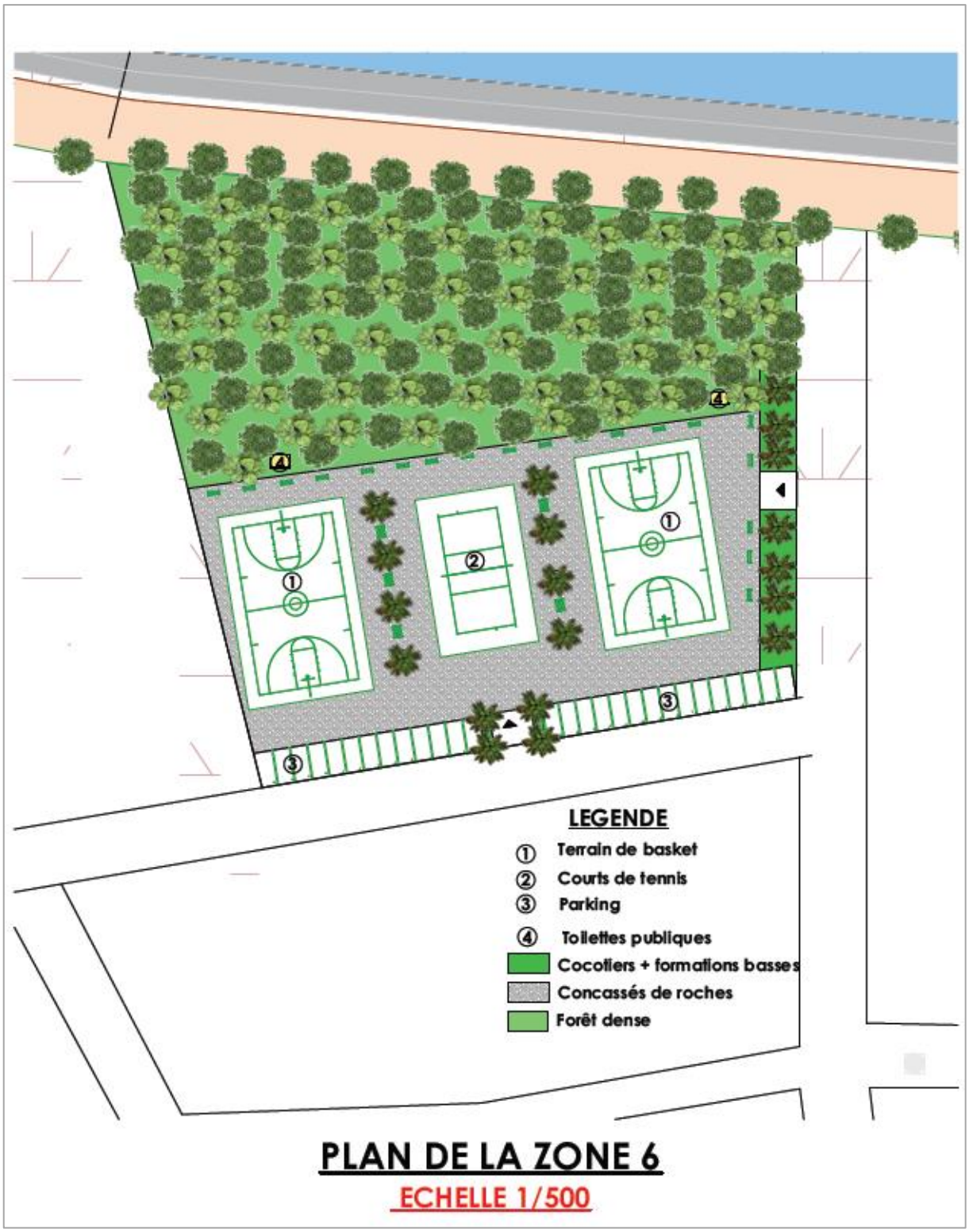
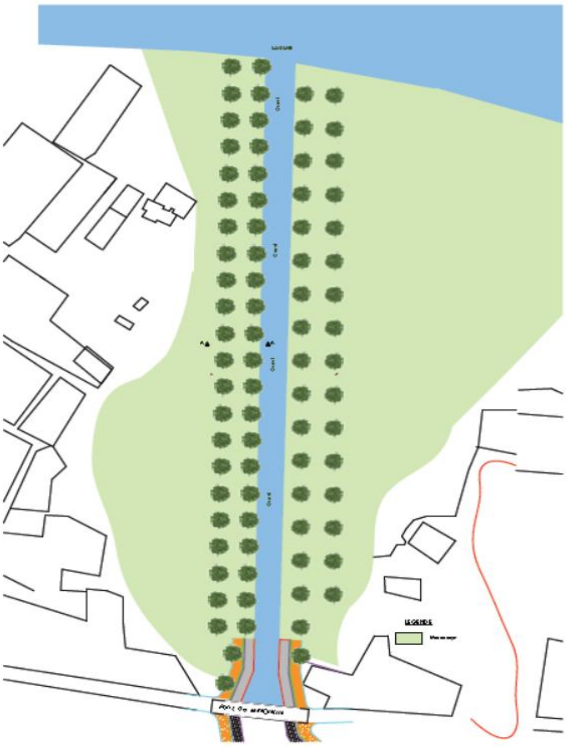


Figure 54 : plan de masse de l'aménagement de la zone 6 du bras X2 du bassin XX

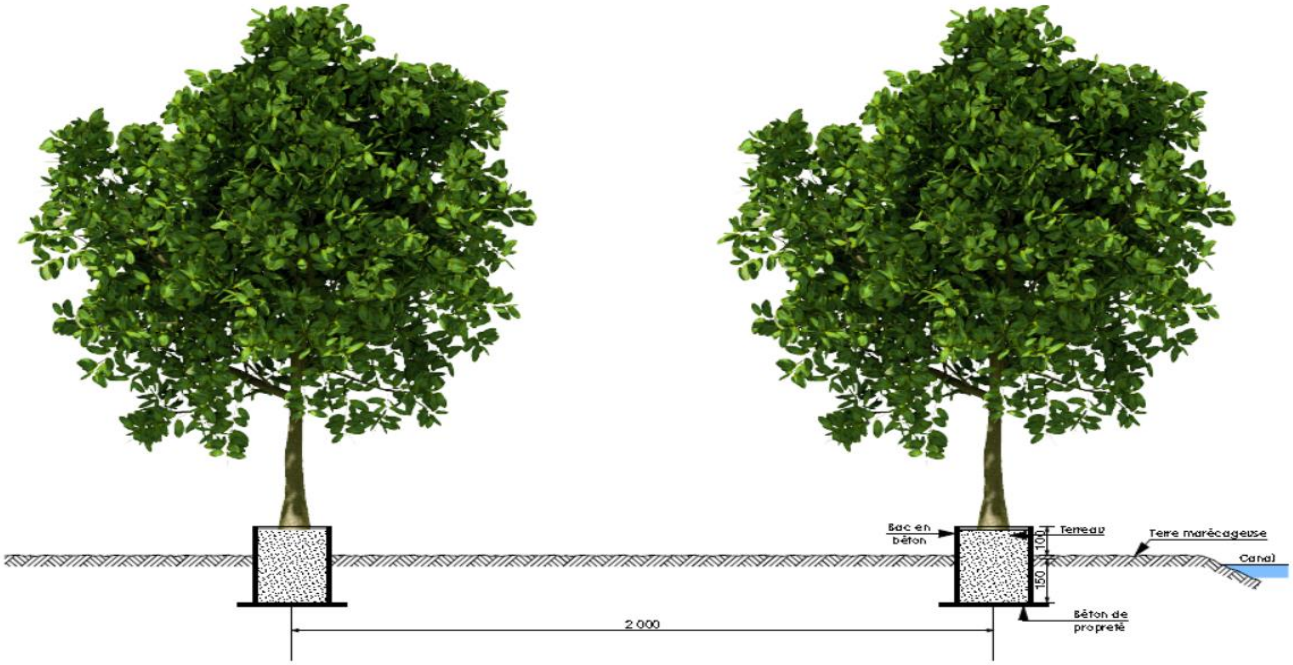


<u>Figure 55</u> : plan de masse de l'aménagement de la zone 7 du bras X2 du bassin XX





PLAN D'ENSEMBLE

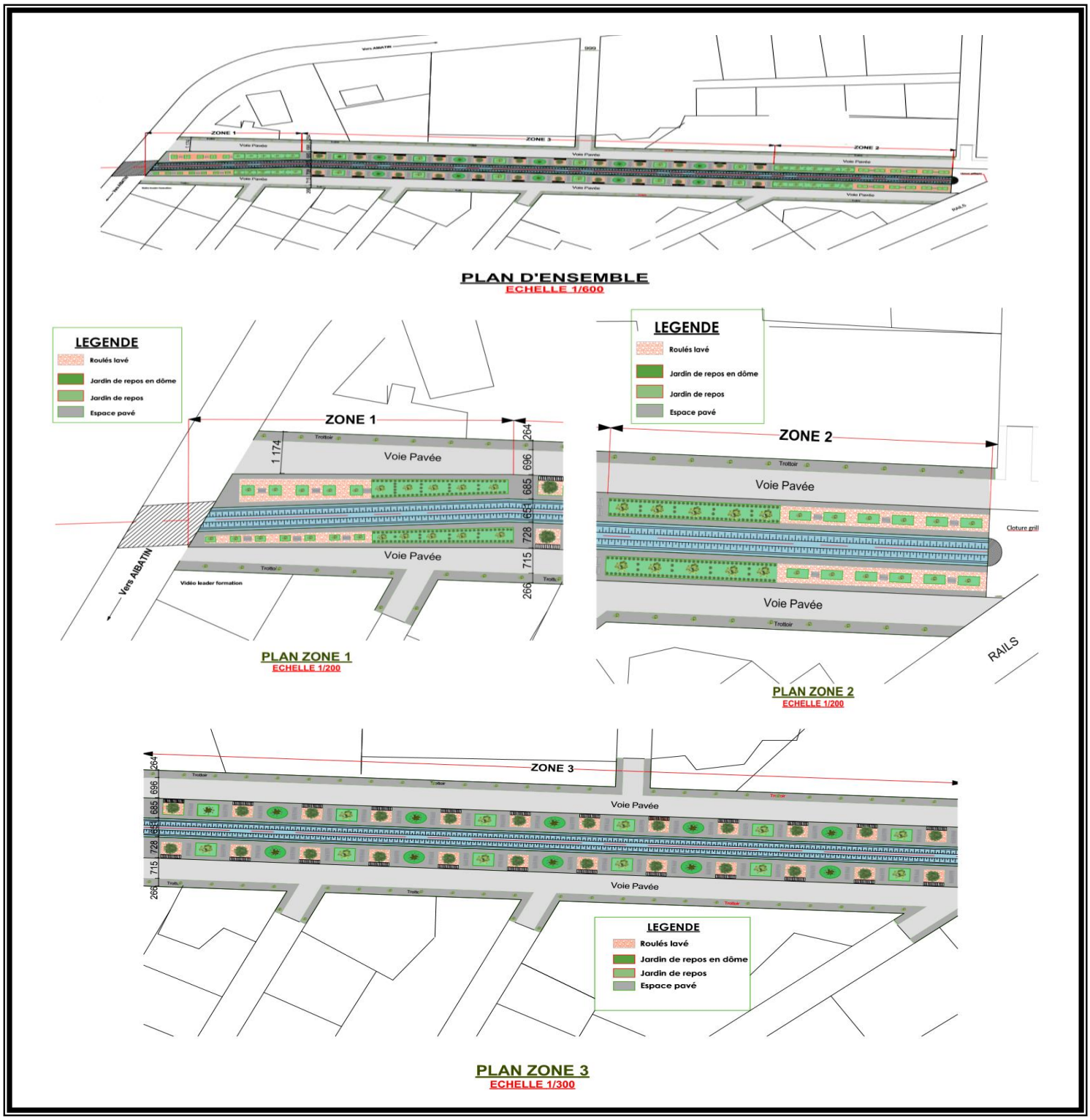


SCHEMA DE PLANTATION DES ARBRES(COUPE A-A)

ECHELLE 1/100

Figure 56 : Planche l'aménagement après le pont de Minontin (a : vue de l'espace disponibles autour des aménagements après le pont b : plan de masse de l'aménagement de la zone après le pont C : schémas de plantation des arbres dans l'espace après le pont)

6.2.5- *Plans et images 3D des aménagements paysagers autour du bassin AAc*



<u>Figure 57</u> : plan de masse de l'aménagement du bassin AAc



<u>Figure 58</u> : image d'ensemble de l'aménagement de la promenade (vu entrée Vidéo Leader)



<u>Figure 59</u> : image d'ensemble de l'aménagement de la promenade (vu du coté des rails)



Figure 60 : image de détail de l'aménagement de la Zone 1 (vu entrée Vidéo Leader)



Figure 60 : image de détail de l'aménagement de la Zone 1 (vu après Vidéo Leader)



Figure 61 : image de détail de l'aménagement de la Zone 3



Figure 62 : image de détail de l'aménagement de la Zone 3 (suite)



Figure 63 : image de détail de l'aménagement de la Zone 2



Figure 64 : image de détail de l'aménagement de la Zone 2 (vue depuis les rails)

6.3- Fonctions des unités d'aménagements paysagers

Les principales fonctions attribuées à ces aménagements paysagers dans la ville de Cotonou sont d'ordre environnemental, social, urbanistique, économique et foncier. Ces grandes fonctions sont liées et leurs effets interagissent.

- ***La fonction environnementale***

Les espaces verts prévus dans le cadre du PAPVIC permettront d'épurer l'atmosphère du milieu urbain à Cotonou, de favoriser l'absorption des eaux de pluie, de fixer les pollutions présentes dans l'air, de réguler la température et enfin d'offrir de l'ombre aux citadins.

Epuration chimique : grâce à la photosynthèse, les végétaux fixent le CO_2, produisent des quantités non négligeables d'O_2 et contribuent à l'épuration de l'atmosphère.

Epuration bactériologique : l'ozone émis lors de l'assimilation chlorophyllienne a la propriété de détruire de nombreux microbes et bactéries présents dans l'air.

Absorption des eaux de pluie : les espaces végétalisés permettront de préserver les sols autour des bassins de rétention et favoriser l'infiltration des eaux de pluie limitant ainsi l'érosion des sols.

Fixation des poussières : les minéraux présents dans l'air urbain se déposent sur les feuillages et sont en partie lavés quand il pleut. Pour que cette action épuratrice soit efficace, il faut que les végétaux ne soient pas surchargés, ce qui suppose un minimum d'espaces verts. L'aménagement des espaces verts autour des bassins de rétention pourrait donc contribuer à la lutte contre la pollution dans la ville de Cotonou.

Thermorégulateur : l'atmosphère est favorable à la vie si elle contient une certaine teneur en vapeur d'eau. Les feuillages en émettent des quantités considérables. Cette émission s'accompagne d'absorption de chaleur, ce qui permet une baisse de température appréciable en période chaude.

Conservation de la biodiversité : les espaces verts jouent le rôle de refuges pour la biodiversité, et de préservation du patrimoine paysager.

Ombre : les espaces verts joueront également le rôle d'abris aux populations riveraines des bassins en période de chaleur à Cotonou.

- ***La fonction sociale : détente, tourisme, divertissement et sports et pédagogie***

Détente : la détérioration accélérée de l'environnement urbain engendre des déséquilibres psychologiques. Le rétablissement de cet équilibre peut être favorisé par l'aspect naturel et la sensation d'espace qu'offrent les espaces verts. Ces espaces verts répondent à un besoin profond, qu'est la fixation symbolique de la réaction de liberté que la population résidente ne peut satisfaire dans un espace totalement artificiel et bâti à Cotonou.

Récréatif et sportif : la gamme variée d'aménagements ludiques et récréatifs tels que les aires de jeux, les terrains de sport, les zones de promenades, les allées piétonnes, les parcs et les

jardins boisés, comblera parfaitement les attentes des populations en besoins récréatifs dans la ville de Cotonou.

Pédagogique : ces espaces verts pourront être le support de découverte du monde végétal et animal. L'éveil des sens : l'odorat et le toucher peuvent aussi être favorisés.

- ***La fonction urbanistique***

Esthétique : le premier rôle des espaces verts est d'embellir la ville. Les végétaux introduisent des dimensions d'une grande sensibilité de couleurs et textures. Ce rôle esthétique est important pour la politique d'attractivité touristique de la ville de Cotonou.

Renforcement de la lisibilité : les espaces verts permettent de limiter les sites ou espaces viabilisés. Par la diversité de paysage qu'ils créent, ils donnent une meilleure identité aux sites. Les plantations d'alignement renforcent la lisibilité des axes principaux, diminuent l'impact visuel d'un bâti hétérogène, diversifient en variant les espèces des paysages crées.

Protection contre les nuisances sonores : les plantations suffisamment épaisses permettent d'atténuer les nuisances sonores. Elles permettent alors de réduire un certain nombre de troubles psychologiques et physiologiques engendrés par le bruit. Une ceinture d'arbre peut diminuer le bruit de 6 à 8 décibels. Cette atténuation est importante, si on retient qu'une réduction de 12 décibels correspond à une diminution de 50% de la sensation sonore.

- ***La fonction économique***

La satisfaction des besoins éducatifs, touristiques et récréatifs aura des retombées économiques importantes. En outre, la bonne gestion de ces espaces aménagés permettra de créer des emplois et des activités génératrices de revenus aux populations riveraines telles que : la restauration, les débits de boissons, les magasins, les boutiques, et diverses prestations de services.

- ***Fonction de gestion foncière***

Les espaces délaissés après l'installation des bassins de rétention sont des zones humides impropres à l'habitation en raison de la marginalité des sols. Nonobstant l'interdiction d'occupation de ces marécages, les populations ne cessent d'y ériger des habitations définitives mettant en danger leur vie et celle des autres. Pendant des décennies, de grandes superficies de marécages ont été comblées par des déchets pour laisser place à de grandes habitations modernes avec pour corolaires l'insalubrité, des inondations, la pollution du sol et de la nappe. Pour freiner l'occupation de ces zones impropres à l'habitation, l'aménagement des espaces verts autour des bassins de rétention serait une très bonne solution.

6.4- Impacts des unités d'aménagements paysagers

Les aménagements paysagers projetés bénéficient d'une très forte connotation positive auprès des populations des quartiers abritant les bassins de rétention. En effet, selon les chefs-quartiers enquêtés (100%), les aménagements paysagers envisagés autour des bassins de rétention se révèlent porteurs de nombreux bienfaits qui contribueront à la qualité du cadre de vie et à l'attractivité de la ville de Cotonou. Il s'agit des bienfaits qui répondent aux enjeux sociaux (santé humaine, bien-être individuel et collectif), environnementaux et économiques.

6.4.1- Impacts sociaux

Santé humaine et bien-être

L'accès à ces espaces verts aménagés autour des bassins de rétention contribuera directement à la santé publique en réduisant le stress, en favorisant l'activité physique, en améliorant le cadre de vie et l'état de santé ressenti. Des effets indirects seront également recensés, notamment l'augmentation de la satisfaction liée au cadre de vie et le lien social du fait des aménagements fonctionnels pour la pratique d'une activité récréative ou sportive. Tous ces indicateurs correspondent à la définition de la santé établie par l'OMS, qui inclue des composantes physiques, mentales et sociales.

Les effets bénéfiques procurés par ces aménagements sur l'état de santé générale et psychologique sont principalement associés aux parcs et la présence des végétaux :

- Association entre accès à un parc et activité physique accrue ;
- Des bénéfices individuels, liés à la fréquentation de ces espaces verts aménagés par les usagers : la longévité (Takano, *etal.*, 2002), la réduction des symptômes cardio-vasculaires et des troubles respiratoires (Richardson, *et al*., 2010), la réduction des troubles de l'attention et l' amélioration de la capacité de concentration (Taylor, et al., 2009), la réduction de l'obésité lié indirectement à la pratique d'une activité récréative ou sportive ;
- Réduction du stress et du niveau d'angoisse;
- Amélioration de l'état de santé ressenti (Mitchell, et al., 2007) et de la santé mentale ;
- Amélioration du bien-être psychologique ;
- Il existe une corrélation positive entre le degré d'espaces verts et le niveau de santé globale, du fait que la présence d'espaces verts induit une modification des activités et des comportements bénéfiques pour la santé (davantage d'activités physiques extérieures et une moindre exposition aux pollutions de l'air).

Lien social et identité collective

Les espaces aménagés constituent *un élément d'appartenance et de cohésion sociale,* du fait qu'ils créent des opportunités d'interaction et de discussions entre les habitants d'un même quartier ou issus de milieux sociaux et ethniques variés. Ces interactions sont autant de moyens de participer localement à la vie de la communauté, et de développer un sentiment d'acceptation et d'attachement. L'attachement communautaire est déterminant pour l'implication des populations dans le dialogue et les choix du modèle de développement. Ces espaces verts aménagés offrent potentiellement plus d'opportunités d'interactions sociales que tout autre espace, grâce à leur facilité d'accès et à leurs différentes caractéristiques qui contribuent à attirer des visiteurs et à les mettre en relation. L'attachement communautaire est souvent renforcé par

la présence des espaces verts de qualité à proximité des zones de résidence denses (Arnberger, 2012).

Les parcs sont également des lieux dans lesquels des évènements peuvent être organisés, et qui constituent autant d'opportunités de rencontre et d'échange. Ces lieux offrent également des possibilités d'actions pédagogiques ciblées, et contribuent ainsi à la culture et à l'éducation. Les parcs semblent donc participer au lien social.

6.4.2- Impacts environnementaux

Ecoulement des eaux et protection des sols

Les espaces verts aménagés et les parcs représentent autant de surfaces perméables, offrant des points d'infiltration et de rétention des eaux d'écoulement ou de précipitation.

Par sa contribution au cycle de l'eau (évapotranspiration, notamment les arbres) et à la régulation thermique, la végétation urbaine constitue un atout contre les risques environnementaux (inondation, averses et épisodes orageux).

Les espaces verts jouent un rôle important dans la gestion des eaux de pluie, en favorisant leur infiltration, et par conséquent une meilleure recharge des ressources souterraines, et une meilleure qualité des eaux (Kubal*et al*., 2009).

Qualité de l'air

Les espaces verts aménagés en milieu urbain ont un effet globalement positif sur la qualité de l'air en contribuant à la filtre des particules atmosphériques et à l'absorption des polluants (effet prouvé en particulier pour NO_2 et SO_2) (Yin, *et al*., 2011).

À l'échelle de la ville, les arbres et les pelouses constituent des puits de carbone. La séquestration du carbone est attribuée en majorité aux arbres, plutôt qu'aux autres ligneuses ou aux herbacées (Davies, *et al*., 2011).

Régulation thermique

Les parcs et espaces verts urbains sont plus frais que les zones qui les entourent ; cette différence étant plus marquée la nuit que le jour (Bowler, 2010). L'intensité et la netteté de ce phénomène sont liées à la taille du parc et à sa composition végétale. En effet, la végétation relâche de l'eau dans l'atmosphère par le phénomène d'évapotranspiration (lors de la photosynthèse) qui permet la régulation thermique des organes aériens du végétal. En s'évaporant, l'eau consomme de l'énergie et rafraîchi donc l'atmosphère.

La végétation absorbe et réfléchit les rayonnements solaires. Ainsi, l'ombre des arbres rafraîchit l'air sous la canopée et évite aussi que la surface du sol ne chauffe trop. La présence d'arbres autour des bassins de rétention réduirait les entrées d'air chaud dans les matelas Reno et garantirait leur durabilité.

Biodiversité

Les parcs et espaces verts urbains aménagés présentent une diversité spécifique plus importante que d'autres types d'espaces verts à l'échelle de l'aire urbaine. Les espèces exotiques contribuent fortement à la diversité spécifique des parcs urbains (Säumel, *et al*., 2010).

6.4.3- Impacts économiques

Tourisme et attractivité

L'ensemble des aménagements paysagers autour des bassins de rétention participe à l'image de la ville, à l'ambiance générale, à sa beauté, à son attractivité. Ainsi, ces aménagements (parcs et espaces verts urbains) présentent un intérêt touristique certain. Il s'agit de tourisme urbain durable, associant le goût de la nature à la découverte de la ville. L'écotourisme urbain est considéré comme une opportunité constante pour la conservation de la diversité biologique, la création d'emplois et l'amélioration de la qualité de vie. La qualité du cadre de vie et plus généralement de l'environnement urbain envoie un signal fort aux résidents et aux visiteurs, susceptible de contribuer au développement social et économique.

Valorisation du bâti

La proximité d'un espace vert urbain fait augmenter le prix du foncier et des maisons déjà bâties comme les appartements. (Crompton, 2001).La vue sur un paysage agréable ou sur une étendue d'eau constitue également une plus-value (Luttik, 2000).Ces deux effets touchent les propriétaires aussi bien que les locataires (Hoshino, 2010).

6.5- Actions à mettre en œuvre pour leur réalisation

La faisabilité technique du projet passe par les actions décrites dans le tableau ci-après :

Ordre	Actions	Descriptifs
01	Travaux de déforestage, débroussaillage et nettoyage des sites	Cette action consiste abattre les arbres et autres végétaux ligneux non conservables selon les prescriptions de la mission de contrôle des travaux d'aménagement vert (végétaux utiles au paysage, endémiques, menacés ou protégés). Ensuite les prairies de paspalum de typha et autres seront systématiquement débroussaillées et les sites biens nettoyer pour faciliter les autres travaux.
02	Travaux de purge des zones à aménager	Ces travaux consistent à vidanger les zones de bas-fonds à travers des excavations de l'ordre de 120 cm pour les zones à bâtiments et 60 pour les zones à végétaliser. Cette précaution est importante pour la sécurité et la durabilité des installations.
03	Travaux d'évacuation des déblais	Les produits de purges seront évacués hors des sites vers des réceptacles préidentifiés, de préférence d'autres zones de bas-fonds, pour assurer une continuité écologique de ces déchets
04	Travaux de remblais des zones excavées	Le remblai des zones purgées se fera soit avec du sable silteu (zone de bâtiment) soit avec du sable lagunaire (zone à aménager).les remblais se feront à + 20 cm au dessus du cavalier de l'ouvrage (matelas Réno). Le terrassement des zones devant abriter les espaces verts, se fera avec des pentes douces vers les bassins pour assurer le drainage des eaux de pluie.
05	Travaux de construction des	Les bâtiments et autres nécessitant des fondations lourdes seront réalisés conformément aux prescriptions techniques et sous la

	bâtiments et clôture en grille	vigilance de la mission de contrôle en tenant rigoureusement compte des sensibilités des zones des instables (zone de marécage). La sécurisation des sites sera assurée par des clôtures basses en agglo surmontées de grilles de sécurité, le tour sur une hauteur de 2,5m.
06	Travaux d'assainissement	Cette action prend en compte les travaux de pavage, la réalisation des caniveaux, des rigoles, des fossés, des exutoires, et autres ouvrages d'assainissement pour assurer une bonne praticabilité des sites. Elle prend aussi en compte la réalisation des zones de passages piétonnes et non piétonnes.
07	Travaux d'installation des équipements sportifs et ludiques	Cette action regroupe la réalisation des terrains de jeux (football, handball, basketball, tennis, volleyball, salle de jeux… et l'installation des équipements sportifs et ludiques (bac à sable, cordage, grimpette, toboggan, balançoires, circuit, jeux d'eau, …. sur les sites en cours d'aménagement
08	Travaux de réalisation des espaces de détente et de loisirs	Ces travaux regroupent les aménagements des plages artificielles, les espaces sables, les zones de concassés, les zones d'enrochement, les étangs, les plans d'eaux, les monuments, les places de fêtes, les zoos, les cascades, les restaurants, les bars…. Leur réalisation se fera scrupuleusement suivant les clauses techniques
09	Travaux de verdissement et de boisement des espaces	Les espaces réservés aux verts seront plantés soit en forêt dense, soit en forêt claire, soit en espaces boisés, en avenues ou soit en pelouses fleuries suivant la consistance réservée à chaque endroit suivant le cahier de charge. Ce verdissement sera entretenu pour une période de repousse de trois mois avant qu'un contrat en bonne et dure forme ne soit contracté avec un prestataire pour le suivi et entretien des espaces pendant une période deux ans
10	Travaux de réalisation du mobilier urbain : bancs, poubelles, tables et panneaux signalétiques.	A la suite des travaux de verdissement, les mobiliers urbains seront mis en place pour assurer la fonctionnalité de ces espaces. Ainsi les bancs publics, les tables et autres mobiliers seront déposés aux endroits indiqués pour faciliter l'exploitation des espaces par les riverains. En plus de ces mobiliers, les poubelles les accompagneront pour assurer les bonnes pratiques de gestion des déchets sur les espaces aménagés. Les panneaux de signalétiques, assureront les différentes prescriptions aux usagers et faciliteront la mobilité sur les sites à travers l'adressage et l'indication
11	Travaux d'installation des lampadaires solaire, forage et réseaux et de branchement SBEE et SONEB	La sécurité des biens et des personnes est assurée dans la nuit par la pose quadrillée de lampadaires solaires sur l'ensemble des sites. Le choix des lampadaires solaires est en adéquation avec la dimension écologique des aménagements et le caractère autonome leur gestion. Pour mieux soulier ce dernier aspect, les besoins en eau (arrosage, utilisation domestique, toilettes et autres) sont assurés par des forages directement réalisés sur le site et connectés aux réseaux de distribution. Toutefois ces deux systèmes d'autonomisation (eau et énergie) des sites sont suppléés par des branchements SONEB et SBBE en cas de pannes ou de disfonctionnement des systèmes autonomes.

7- Evaluation du coût des aménagements projetés

Le coût des aménagements paysagers est évalué pour chaque bassin. Cette évaluation a pris en compte les travaux de déforestage des emprises, d'excavation du bas-fond, de remblais par du sable lagunaire, d'assainissement et de voirie, des aménagements génie civil, des aménagements des espaces sportifs et ludiques, des espaces verts dans les différentes zones identifiées le long des bassins.

Les tableaux ci-dessous, présentent les devis quantitatifs et estimatifs de chaque bassin.

AMENAGEMENT PAYSAGER SUR LE BASSIN PA2

ESTIMATIF DES TRAVAUX

N°	DESIGNATION DES OUVRAGES	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (FCFA)	MONTANT PARTIEL (FCFA)
101	Déforestage, débroussaillage et nettoyage du site	m2	65051,53	704	45 796 277
102	Bâtiment (réception, administration, toilettes publiques)	m2	1217,4	150 000	182 610 000
103	Purge zone bâtiment (ep=120 cm)	m3	1460,88	9 890	14 448 103
104	Purge zone restante (ep=60 cm)	m3	38300,478	9 890	378 791 727
105	Evacuation des déblais en zone marécageuse	m3	39761,358	7 534	299 562 071
106	Remblai silteu zone bâtiment (ep=140 = cavalier + 20 cm)	m3	1704,36	14 000	23 861 040
107	Remblai zone restante en sable lagunaire (ep=80 cm)	m3	51067,304	18 000	919 211 472
108	Forêt claire y compris toutes suggestions	m2	3796,06	3 000	11 388 180
109	Forêt dense y compris toutes suggestions	m2	39758,18	3 500	139 153 630
110	Jardin de repos y compris toutes suggestions	m2	4494,54	8 500	38 203 590
111	Espace sablonneux y compris toutes suggestions	m3	4850,57	18 000	87 310 260
112	Remblai en concassé de roche (ep 40cm)	m3	3251,47	39 000	126 807 330
113	Clôture en grille	Ml	3256,42	25 000	81 410 500
114	Pavés y compris toutes suggestions	m2	3930,17	16 000	62 882 720
115	Terrains de jeux	m2	1502,59	15 000	22 538 850
116	Réalisation des étangs (excavation, enrochement, aménagement)	m3	794,54	30 000	23 836 200
117	Jeux pour enfants (bac à sable)	u	20	1 500 000	30 000 000
118	Monument pour zone 9	u	1	10 000 000	10 000 000
119	Bas-fonds naturel aménagé	m2	2472,3	15 000	37 084 500
120	Banc public	u	194	100 000	19 400 000
121	Branchement SBEE	u	6	300 000	1 800 000
122	Lampadaire solaire	u	198	1 500 000	297 000 000
123	Forage et équipement	u	7	1 500 000	10 500 000
124	Adduction d'eau SONEB	u	6	200 000	1 200 000
125	Bouche d'arrosage	u	74	30 000	2 220 000
	TOTAL ZONE 4				**2 867 016 451**

Aménagement le long du bassin (sur les deux berges du bassin PA2)

ESTIMATIF DES TRAVAUX

N°	DESIGNATION DES OUVRAGES	UNITE	QTE	P. UNITAIRE	MONTANT PARTIEL
101	Installation de la pelouse de thypha y compris toutes suggestions	m2	3861	3 000	11 583 000
102	Plantation d'arbuste y compris toutes suggestions	u	297	30 000	8 910 000
103	Plantation d'arbre d'alignement y compris toutes suggestions	u	198	35 000	6 930 000
	TOTAL				**27 423 000**

AMENAGEMENT PAYSAGER SUR LE BASSIN PA3

ESTIMATIF DES TRAVAUX

N°	DESIGNATION DES OUVRAGES	UNITE	QTE	P. UNITAIRE	MONTANT PARTIEL
101	Déforestage, débroussaillage et nettoyage de site	m2	31161,84	704	21 937 935
102	Bâtiment (réception, administration, toilettes publiques)	m2	516,66	150 000	77 499 000
103	Purge zone bâtiment (ep=120 cm)	m3	619,992	9 890	6 131 721
104	Purge zone restante (ep=60 cm)	m3	18387,108	9 890	181 848 498
106	Remblai silteu zone bâtiment (ep=140 = cavalier + 20 cm)	m3	723,324	14 000	10 126 536
107	Remblai zone restante en sable lagunaire (ep=80 cm)	m3	24516,144	18 000	441 290 592
109	Forêt dense y compris toutes suggestions	m2	16884,33	3 500	59 095 155
110	Jardin de repos y compris toutes suggestions	m2	1936,41	8 500	16 459 485
111	espace sablonneux y compris toutes suggestions	m3	1423,29	18 000	25 619 220
112	Remblai en concassé de roche (ep 40cm)	m3	3930,72	39 000	153 298 080
113	Clôture en grille	ml	1248,87	25 000	31 221 750
114	Pavés y compris toutes suggestions	m2	3661,06	16 000	58 576 960
115	Terrains de jeux	m2	2058,02	15 000	30 870 300
116	Réalisation des étangs (excavation, enrochement, aménagement)	m3	529,75	30 000	15 892 500
117	Jeux pour enfants (bac à sable)	u	20	1 500 000	30 000 000
120	Banc public	u	82	100 000	8 200 000
121	Branchement SBEE	u	3	300 000	900 000
122	Lampadaire solaire	u	75	1 500 000	112 500 000
123	Forage et équipement	u	4	1 500 000	6 000 000
124	Adduction d'eau SONEB	u	3	200 000	600 000
125	Bouche d'arrosage	u	34	30 000	1 020 000
	TOTAL ZONE 4				**1 289 087 732**

Aménagement le long du bassin (sur les deux berges du bassin PA3)

ESTIMATIF DES TRAVAUX

N°	DESIGNATION DES OUVRAGES	UNITE	QTE	P. UNITAIRE	MONTANT PARTIEL
101	Installation de la pelouse de thypha y compris toutes suggestions	m2	2334,8	3 000	7 004 400
102	Plantation d'arbuste y compris toutes suggestions	u	180	30 000	5 400 000
103	Plantation d'arbre d'alignement y compris toutes suggestions	u	120	35 000	4 200 000
	TOTAL				**16 583 067**

AMENAGEMENT PAYSAGER SUR LE BASSIN XX

ESTIMATIF DES TRAVAUX

N°	DESIGNATION DES OUVRAGES	UNITE	QTE	P. UNITAIRE	MONTANT PARTIEL
101	Déforestage, débroussaillage et nettoyage de site	m2	85323,51	704	60 067 751
102	Bâtiment (réception, administration, toilettes publiques)	m2	890,2	150 000	133 530 000
103	Purge zone bâtiment (ep=120 cm)	m3	1068,24	9 890	10 564 894
104	Purge zone restante (ep=60 cm)	m3	50659,986	9 890	501 027 262
105	Evacuation des déblais en zone marécageuse	m3	51728,226	7 534	389 720 455
106	Remblai silteu zone bâtiment (ep=140 = cavalier + 20 cm)	m3	1246,28	14 000	17 447 920
107	Remblai zone restante en sable lagunaire (ep=80 cm)	m3	67546,648	18 000	1 215 839 664
108	Forêt claire (cocoteraie) y compris toutes suggestions	m2	1831,07	3 000	5 493 210
109	Forêt dense y compris toutes suggestions	m2	40994,93	3 500	143 482 255
110	Jardin de repos y compris toutes suggestions	m2	7547,08	8 500	64 150 180
111	espace sablonneux y compris toutes suggestions	m3	5413,18	18 000	97 437 240
112	Remblai en concassé de roche (ep 40cm)	m3	3896,23	39 000	151 952 970
113	Clôture en grille	ml	3570,4	25 000	89 260 000
114	Pavés y compris toutes suggestions	m2	12728,99	16 000	203 663 840
115	Terrains de jeux	m2	1502,59	15 000	22 538 850
116	Réalisation des étangs (excavation, enrochement, aménagement)	m3	1461,25	30 000	43 837 500
117	Jeux pour enfants (bac à sable)	u	20	1 500 000	30 000 000
118	Enrochement	m3	2041,37	25 000	51 034 250
119	Banc public	u	292	100 000	29 200 000
120	Branchement SBEE	u	8	300 000	2 400 000
121	Lampadaire solaire	u	269	1 500 000	403 500 000
122	Forage et équipement	u	11	1 500 000	16 500 000
123	Adduction d'eau SONEB	u	8	200 000	1 600 000
124	Bouche d'arrosage	u	89	30 000	2 670 000
	TOTAL ZONE 4				**3 686 918 240**

Aménagement le long du bassin (sur les deux berges du bassin XX)

ESTIMATIF DES TRAVAUX

N°	DESIGNATION DES OUVRAGES	UNITE	QTE	P. UNITAIRE	MONTANT PARTIEL
101	Installation de la pelouse de thypha y compris toutes suggestions (X2 et X3)	m2	10752,3	3 000	32 256 900
102	Plantation d'arbuste y compris toutes suggestions (X2 et X3)	u	827,1	30 000	24 813 000
103	Plantation d'arbre d'alignement y compris toutes suggestions (X2 et X3)	u	551,4	35 000	19 299 000
104	Ceinture verte de trois rangées d'arbres autour du X1	u	249	35 000	8 715 000
105	bande verte de cinq rangées d'arbres autour du X3	u	832,5	35 000	29 137 500
	TOTAL				**114 221 400**

8- Conclusion

Le projet « AMENAGEMENT DES ESPACES VERTS AUTOUR DES BASSINS DE RETENTION» sera dans sa phase opérationnelle une grande fierté pour la ville de Cotonou, l'Etat béninois et les différents partenaires associés.

La réalisation de ces aménagements paysagers permettra de mieux intégrer les bassins de rétention projetés dans le paysage urbain de la ville de Cotonou. Le fonctionnement de ces aménagements apportera inévitablement à la ville de Cotonou, une bonne réponse aux besoins pressants en termes de la qualité de l'environnement et du cadre de vie, la santé publique, le bien-être individuel et collectif, l'économie locale et l'attractivité.

Compte tenu de sa délicatesse, de son envergure et de son importance, il est impérieux d'impliquer les professionnels nationaux ou internationaux capables assurer convenablement son exécution.

9- Références bibliographiques

Adam K. S. et Boko M., 1993. Le Bénin. Ed. du flamboyant, Cotonou, 93p.

Arnberger, Arne, and Renate Eder. 2012. The Influence of Green Space on Community Attachment of Urban and Suburban Residents. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(1), 41–49.

Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M., Pullin, A.S., 2010. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97, 147-155.

Crompton, J.L., 2001. The impact of parks on property values: a review of the empirical evidence. *Journal of Leisure Research*, 33(1), 1-31.

Davies, Z.G., et al. 2011. Mapping an urban ecosystem service: Quantifying above-ground carbon storage at a city-wide scale. Journal of Applied Ecology, 48(5), 1125-1134.

Hoshino, T., Kuriyama, K., 2010. Measuring the benefits of neighbourhood park amenities: Application and comparison of spatial hedonic approaches. *Environmental & Resource Economics* 45(3), 429-444.

Kubal, C., et al. 2009. Integrated urban flood risk assessment - Adapting a multicriteria approach to a city. Natural Hazards and Earth System Science, 9 (6), 1881-1895.

Luttik, J., 2000. The Value of Trees, Water and Open Space as Reflected by House Prices in the Netherlands. Landscape and Urban Planning, 48 (3-4), 161-167.

Mitchell, Richard, Popham, Frank, J - et al., 2007. Greenspace, urbanity and health: relationships in England. *Journal of epidemiology and communityhealth*, 61, 681-683.

Oyédé L. M. 1991. Dynamique sédimentaire actuelle et messages enregistrés dans les séquences quaternaires et néogènes du domaine margino-littoral du Bénin (Afrique de l'ouest), Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Bourgogne, 302 p.

Richardson, Elizabeth A. et Mitchell, Richard., 2010. Gender differences in relationships between urban green space and health in the United Kingdom. *Social Science & Medicine*, 17 (3), 568–575.

Takano, T, Nakamura, K et Watanabe, M. 2002. Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: the importance of walkable green spaces. Journal of Epidemiology and Community Health, 56, 913-918.

Taylor, Andrea Faber et Kuo, Frances E. 2009. Children With Attention Deficits Concentrate Better After Walk in the Park. Journal of Attention Disorders, 12 (5), 402-409.

Säumel, I., Kowarik, I. et Butenschön, S. 2010. Green traces from past to future: The interplay of culture and ecological processes in European historical parks. Acta Horticulturae, 881, 993-938.

Volkoff et Williame 1976. Carte pédologique de reconnaissance à 1/200 000 de la République Populaire du Bénin. ORSTOM. Paris. 63 p.

Yin, S., et al. 2011. Quantifying air pollution attenuation within urban parks: An experimental approach in Shanghai, China. Environmental Pollution, 159 (8-9), 2155-2163.

ANNEXE 7 : NOTE SUR LES EXUTOIRES EN MER

1 PRISE EN COMPTE DES PHENOMENES OCEANOGRAPHIQUES DANS L'AMENAGEMENT DES EXUTOIRES EN MER : CAS DU LITTORAL DE COTONOU

L'aménagement d'un exutoire en mer pour l'évacuation des eaux pluviales doit tenir compte des phénomènes océanographiques. La marée et la houle constituent les deux phénomènes les plus importants à considérer.

1.1 LA MAREE

1.1.1 Définitions

La marée est une oscillation des océans due à l'attraction des astres. Elle se traduit par une ondulation périodique du niveau des mers et des océans qui se manifeste à la côte par une oscillation d'amplitude variable (0,3 à 15 m) et de période sensiblement égale à la journée ou à la demi-journée.

1.1.2 Marée en un lieu

Si, en un lieu où se manifeste la marée, on rapporte le niveau de la mer à un niveau de référence, on fait les observations ci-après.
La courbe locale traduisant la variation du plan d'eau est d'allure sinusoïdale :

- Lorsque le niveau, s'élève on dit qu'il y a: montée, flux, montant ou gagnant
- Le niveau, parvenu à certaine hauteur, cesse de monter et reste sensiblement stationnaire : c'est l'étale de pleine mer
- Puis le niveau s'abaisse progressivement ; on parle de perdant, reflux, èbe, baissée.
- Le niveau stationne alors à une hauteur minimum : étale de basse mer
- On appelle marnage la différence de hauteur entre une pleine mer et une basse mer successives
- Le niveau moyen est obtenu en prenant la moyenne, sur un grand nombre d'années, des niveaux moyens annuels.

1.1.3 La marée est aussi une onde :

La marée au large est une fonction périodique du temps et de l'espace, caractérisée par les lignes cotidales de pleine mer, qui sont les courbes joignant tous les points où la marée est haute à l'instant considéré. Comme ces courbes se propagent, on les trace d'heure en heure.

1.1.4 Force génératrice et périodes de la marée

- **Force Génératrice de la Marée**

Le calcul de la force génératrice de la marée est basé sur l'hypothèse suivante : les masses s'attirent proportionnellement à leur produit et inversement proportionnellement au carré de leur distance. Dans le mouvement relatif de la Terre par rapport à l'astre, tout se passe comme si toute la masse de la Terre était concentrée en son centre. Mais, si l'on considère une particule isolée placée à la surface de la Terre, l'attraction que l'astre exerce sur elle diffère légèrement,

en grandeur et en direction, de l'attraction qu'elle subirait si elle se trouvait au centre de la Terre.

La différence entre ces deux attractions définit la *force génératrice de la marée* et provoque un déplacement de la particule relativement au centre de la Terre, et par conséquent relativement à toute la partie solide elle-même liée à ce centre.

La force génératrice de la marée, toujours très petite devant la pesanteur, est inversement proportionnelle au carré de la distance de la Terre à l'astre et proportionnelle à la masse de l'astre. **Seuls le Soleil, dont la masse est considérable, et la Lune, dont la distance à la Terre est très faible, ont une influence appréciable sur la marée.**

La composante verticale de la force génératrice, qui s'ajoute algébriquement à la pesanteur, est négligeable devant cette dernière, mais sa composante horizontale ne peut plus être négligée puisque c'est la seule force existant dans le plan horizontal.

La marée est ainsi la conséquence de la différence des forces attractives qui agissent, sous l'influence des astres, sur le centre de la terre, et les molécules mobiles de la mer et seuls deux astres ont une influence non négligeable :

- la lune du fait de sa proximité avec la terre
- le soleil à cause de sa masse énorme

L'action de la lune est 2,17 fois plus importante que celle du soleil.

1.1.5 Périodes diurnes et semi-diurnes

- **<u>Rappel de certaines données astrologiques</u>**

la terre effectue une rotation autour de l'axe des pôles en 23 h 56 mn

le soleil quant à lui met 24 h entre deux passages au même méridien (voir pourquoi sur la figure)

la lune effectue sa révolution sidérale (autour de la terre) en 27 jours et 6 heures, elle met donc plus de temps (24 h 50 mn) entre deux passages successifs au même méridien.

Il faut donc s'attendre à ce que la marée dépende de ses périodes.

- **<u>Périodes de la marée</u>**

- période lunaire diurne : 24 h 50 mn
- période lunaire semi diurne: 12 h 25 mn
- solaire diurne : 24 h
- solaire semi diurne : 12 h

La période de la marée sur les côtes béninoises est de type semi-diurne.

1.1.6 Vives eaux et mortes eaux

L'amplitude de la marée dépend donc de l'action combinée de la lune et du soleil sur l'océan. Comme les positions relatives de ces deux astres varient lors du passage de la lune au méridien du lieu, on peut s'attendre à ce que l'amplitude varie.

Lorsque lune et soleil passent au même moment au méridien du lieu, ils sont dits en conjonction (nouvelle lune). Leurs actions s'ajoutent ; c'est pour la marée, la période de vive eau (V.E.). Il en est de même lorsque les deux astres sont en opposition (pleine lune), l'un passant au méridien quand l'autre est à l'antipode.

Lorsque lune et soleil sont en quadrature (le premier ou le dernier quartier) leur influence globale est plus faible et pour la marée c'est la période des mortes eaux (M.E.).

1.1.7 Périodes des vives eaux et mortes eaux :

A son tour l'amplitude de marée en vives eaux (ou en M.E.) varie :
- L'attraction des deux astres en syzygie concorde le mieux au moment de l'équinoxe et c'est l'inverse aux solstices.
- L'action de la lune dépend de sa distance à la terre : elle est au maximum au périgée, au minimum à l'apogée. Or la lune met 27 jours 12 h (> révolution sidérale) entre deux passages successifs au périgée (révolution anomalistique). Ceci fait que la position de la lune par rapport à la terre varie sur son orbite entre deux conjonctions successives. La conséquence en est que tantôt ce sont les marées de V.E. de conjonction qui sont les fortes, tantôt celles d'opposition.

Les marées de solstice d'hiver sont plus fortes que celles du solstice d'été.

les positions de la lune et du soleil par rapport à la terre ne deviendront identiques à elles-mêmes qu'au bout de 18 ans 2/3 : C'est le saros ou période chaldéenne qui est en toute rigueur la période de la marée !

1.1.8 Théorie de la marée

La théorie harmonique de Kelvin est la plus universelle, s'adaptant à tous les types de marée et à leurs singularités géographiques.

Par exemple pour la prédiction de la marée au port de Cotonou on utilise une dérivée de la théorie de Lord Kelvin. Cette théorie considère la marée en un lieu comme la superposition d'ondes élémentaires de périodes égales à celles des mouvements de la lune et du soleil, chaque onde étant caractérisée par son amplitude et sa phase. La marée est alors en général représentée par un certain nombre d'ondes élémentaires appelées composantes. **Trente-deux composantes harmoniques ont été définies pour Cotonou. Cela permet actuellement au Port Autonome de Cotonou d'établir des annuaires de marée tous les ans.**

1.1.9 Niveau de référence des cartes marines.

Le niveau de référence des cartes marines est le Zéro Hydrographique (Z.H.) qui est pour chaque point la cote de la plus basse mer observée. A Cotonou par exemple le Zéro Hydrographique est situé à 0,535 mètre au-dessous du Zéro IGN.

1.1.10 Le Marnage

Le Marnage correspond à la différence de hauteur d'eau entre une pleine mer et une basse mer successive. Le marnage varie suivant différents paramètres (périodes de vive-eau, morte-eau, forme de la côte,...). Le plus grand marnage observé dans le monde est d'environ 16 m dans la baie de Fundy au Canada. Sur les côtes de l'Afrique de l'Ouest et du Centre le plus fort marnage est observé sur les côtes de la guinée Bissau.

Comme indiqué plus haut la marée sur le littoral béninois est de type semi-diurne : deux pleines mers et deux basses mers en 24 heures environ.

Le niveau moyen (N.M.) de la mer est situé à 0,93 m au-dessus du zéro IGN (le zéro hydrographique est à 0,535 m sous le zéro IGN).

La côte des marées se présente comme suit :

- marée de vive eau

*** pleine mer : + 1,80 Z.H. (soit + 1,265 IGN)**

*** Basse mer : - 0,20 Z.H. (soit - 0,735 IGN)**

*** Marnage : 2,00 m**

- Marrée de morte eau :

*** Pleine mer : 1,0 m Z.H. (+ 0,0465 m IGN)**

*** Basse mer : + 0,4 m Z.H. (- 0,135 m IGN)**

*** Marnage : 0,60 m**

1.1.11 Niveau des eaux : surcote / décote

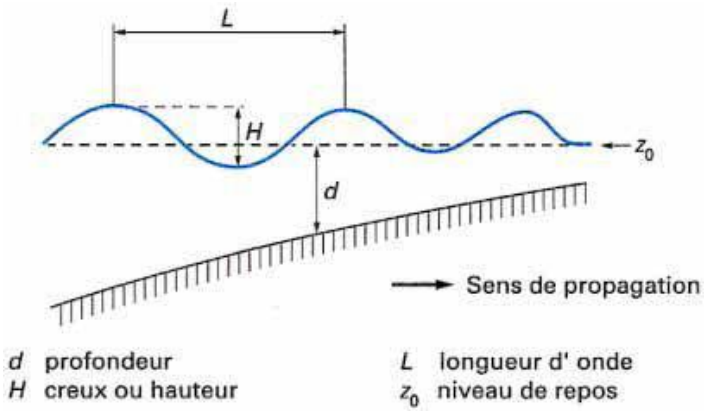
A la marée astronomique ainsi décrite, s'ajoutent des surcotes ou des décotes liées aux vents, à la pression barométrique et aux vagues : elles sont généralement comprises entre 0,2 et 1 m. Les vents et les vagues entrant en ligne pour l'évaluation des surcotes, la notion de période de retour pourrait s'appliquer à la détermination des hauteurs d'eau qui comprennent le niveau de la marée et celui des surcotes ou décotes.

En dehors d'étude détaillée pour leur évaluation, on peut utiliser la valeur maximale indiquée ci-haut pour déterminer la cote du niveau des hautes eaux à prendre en compte pour fixer le niveau de la cote du fil d'eau dans la conduite à l'exutoire. Cette cote serait alors de + 2,265 m IGN.

1.2 LA HOULE : DEFINITION ET FORMATION

La surface de la mer présente généralement une suite indéfinie d'ondulations parallèles presque identiques qui se propagent de façon sensiblement uniforme vers le rivage. On appelle houle cet ensemble d'ondulations ou de vagues.

Grandeurs caractéristiques de la houle - notations :



Le creux ou hauteur H est la dénivellation maximale entre une crête et un creux successifs. Le creux de la houle en période de tempête est de l'ordre de quelques mètres : il ne dépasse pas une vingtaine de mètres. **A Cotonou, plusieurs observations et études ont indiqués qu'il ne dépasse guère 4,5 mètres.**

La période T est l'intervalle de temps séparant le passage de deux crêtes successives en un point.

La houle est produite par l'action du vent à la surface de l'eau. L'agitation qui atteint la côte béninoise a deux origines bien distinctes :

* la mer de vent générée par la mousson locale, relativement faible,
* la houle engendrée par les tempêtes levées dans l'Atlantique Sud.

Les vagues engendrées localement dépassent rarement 1,25 m de hauteur, et la période maximale est de 3 à 4 secondes. Ces vagues sont généralement plus faibles. Elles proviennent du Sud-Ouest.

Les tempêtes se produisent dans les « quarantièmes rugissants » toute l'année, mais leur violence est maximale pendant l'hiver de l'hémisphère Sud. La période de la houle ainsi engendrée peut varier entre 8 et 20 secondes, avec une moyenne de 12 à 13 secondes. Leur hauteur en eau profonde est en moyenne de 1 à 1,5 m, mais des hauteurs de 2 à 4,5 m sont observées. Cette houle provient du secteur compris entre le Sud et le SW.

La houle la plus fréquente provient du secteur Sud, avec un impact significatif sur la côte. Les houles longues sont particulièrement affectées par la diminution des fonds ; elles sont ainsi accentuées sur les faibles fonds près de la côte, où elles produisent de hautes vagues déferlantes.

1.2.1 Actions de la houle sur les ouvrages à l'exutoire en mer d'un réseau d'assainissement

Le plus important des courants engendrés par les houles est le courant de dérive littorale due à l'oblicité des vagues abordant le rivage. Sa vitesse dépend de l'angle d'incidence sur le rivage. Ce courant circule parallèlement au rivage en transportant en suspension ou en charriage des sédiments : **c'est le transit littoral. Le transit littoral sur les côtes béninoises circule d'ouest en Est et est estimé entre 1.500.000 m3 et 1.000.000 m3 par an, une moyenne de 1.200.000 m3 est généralement considérée pour les études de la dynamique sédimentaire.**

La construction du port de Cotonou a bloqué le transit littoral provoquant un déficit sédimentaire à l'Est du port et un engraissement à l'Ouest. Le déficit créé à l'Est devait provoquer une érosion côtière sévère qui a nécessité la construction d'ouvrages de protection côtière construits en même temps que les ouvrages portuaires.

D'autres travaux de protection de la côte sont actuellement en cours sur une distance d'environ 7,5 kilomètres à l'Est du dernier ouvrage de protection mis en place au moment de la construction du port, ouvrage communément appelé « Epi Est » ou « Epi de Siafato ».

Les **exutoires en mer relatifs au présent projet sont situés :**

- **à l'Ouest du port dans la zone en engraissement sous l'effet de la digue principale du port ;**
- **et dans la zone actuellement protégée par des épis et des rechargements de plage.**

Le problème majeur concernant ces ouvrages liés à la houle est celui du transit littoral et de l'évolution du trait de côte.

Il faut donc s'attendre à deux phénomènes:

- **Le bouchage des conduites par le sable en cas d'engraissement ;**
- **L'affouillement sous les ouvrages et leur destruction en cas d'érosion.**

Dans ces conditions la solution consisterait à implanter sur le rivage à environ une distance de 100 mètres de l'estran un bassin de rétention pour recueillir les eaux du réseau et le prolonger par des canalisations en mer.

Ainsi en cas de bouchage des émissaires en mer, on pourra les déboucher pendant la période des pluies et en cas de leur destruction, les reconstruire à un coût raisonnable. Etant donné les segments du littoral sur lesquels les ouvrages seront implantés (zone en engraissement et zone protégée par des épis donc en équilibre dynamique), cette solution nous paraît la meilleure.

L'autre solution que nous ne recommandons pas est la protection des zones d'atterrissage des émissaires par des rideaux de palplanches. Il s'agirait dans ce cas d'un rideau plan de soutènement que les affouillements en pied finiront par détruire, à moins que l'on ne prévoie une importante fiche, ce qui rendrait leurs coûts onéreux. Il convient de souligner que même pour une côte en engraissement, des érosions dues à des fluctuations saisonnières peuvent être dangereuses et survenir pendant de fortes tempêtes. **Notons que sur le littoral béninois, diverses observations et études ont indiqué que ces fluctuations peuvent atteindre, pendant des tempêtes, jusqu'à soixante (60) mètres de part d'autre d'une ligne de rivage.**

Lazare GNONLONFIN

Ingénieur de Génie Civil spécialisé en aménagements portuaires et côtiers

PHOTOTHEQUE D'UN EXEMPLE DE BASSIN DE RETENTION REALISE DANS LA ZONE SUD DE LA BANDE DES 300M (COTE PLAGE) DANS L'ENCEINTE DU PORT DE COTONOU









ANNEXE 8 : NOTE SUR LE REVETEMENT DES TALUS DES FOSSES ET RAPPORT D'ESSAI GEOTECHNIQUES SUR LA PROTECTION DES FOSSES EN TERRE

VEGETALISATION DES BASSINS HUMIDES DE DRAINAGE

Avantage :

La végétalisation des bassins humides présente de nombreux avantages aussi bien pour la durabilité de l'ouvrage, que pour l'environnement et les populations. Elle permet la stabilisation durable des berges de l'ouvrage en limitant l'érosion du sol aux abords. Elle protège l'ouvrage contre l'ensablement, l'envasement et le comblement des fonds. La végétalisation des bassins leur accorde aussi le caractère multifonctionnel et multiservices de ces ouvrages en favorisant la gestion des eaux pluviales, l'amélioration de la qualité du cadre de vie, l'usage pour les activités sportives et récréatives, la structuration du paysage et de l'espace, la préservation et à la connectivité de la biodiversité (trame verte) ainsi que régulation climatique (absorption du rayonnement solaire par l'ombrage des végétaux, réduction des transferts de masse d'air chaud et évapotranspiration).

Végétalisation du bassin de drainage des eaux de la zone aéroportuaire du Bénin

En raison de la sensibilité de la zone aéroportuaire, l'aménagement d'une végétalisation basse des berges du bassin est recommandé.

Cette végétalisation peut se faire suivant deux techniques.

La première consiste à utiliser des géonattes ensemencées de graminées. Cette technique, onéreuse et non maitrisée localement présente l'avantage d'un verdissement rapide des berges du bassin.

La seconde est l'installation de pelouse sauvage sur les berges du bassin. Cette technique peut être facilement gérer localement par les entreprises d'aménagement paysagers. Elle présente l'avantage d'être moins onéreuse et les plantes de couvertures à utiliser (*Paspalum vaginatum* et le *Typha australis*) se développent aisément dans les zones inondables des bas-fonds de la ville. Elle demande du temps et d'entretien pour que les plantes colonisent convenablement les berges.

Réalisation du bassin végétalisé de la zone aéroportuaire de Cotonou

Il sera préférable de végétaliser ces bassins en période de sécheresse où l'eau du bassin atteint son niveau le plus bas. Cette disposition permet de dégager le maximum de la surface des berges pour leur végétalisation. Elle présente aussi l'avantage qu'au cours de ces périodes, les mouvements et le débit de l'eau sont moins importants et plus maitrisés pour favoriser une paisible végétalisation des berges.

Préparation du support édaphique (sol)

A la suite des travaux de rafraîchissement de l'ouvrage pour son bon fonctionnement, les berges en talus de faible pente doivent être habillées par une dernière couche de sol meuble et non de boueux. Ce support doit être débarrassé des cailloux, racines et branches et nivelé suivant la forme des berges du bassin. Le sol, ainsi préparé, doit être copieusement arrosée avant la végétalisation. Le dispositif d'arrosage peut être simplement constitué d'une motopompe et de tuyaux d'arrosage et d'un pistolet aspergent pour afin d'éviter que de forts jets d'eau ne défragmentent les horizons de sol. L'eau du bassin est indiquée pour l'arrosage.

Préparation des végétaux

Dans le cadre de cet aménagement, le choix est porté sur le *Paspalum vaginatum* appelé chiendent des marais qui est une plante herbacée à rhizome ou à stolon. Son ensemencement passe simplement par plantation de touffe de 6 à 10 brins de 10 à 15 cm de long de sorte que les rhizomes soient correctement enfoncés dans le sol. L'écartement de plantation des touffes est de 10 cm et ceci sur toute la face de la berge jusqu'au contact avec l'eau du bassin.

Pour avoir un résultat rapide, un travail de pépinière peut se faire avant l'ensemencement, en cultivant pendant quelques semaines, les touffes de *Paspalum vaginatum* dans des godets ou des micro mottes.

Entretien des bassins végétalisés

Après l'ensemencement des berges du bassin, il faut maintenir un arrosage copieux au moins trois fois par semaine en utilisant préférentiellement l'eau du bassin. Au bout de quelque mois, la pelouse s'installe et il faudra organiser les activités de tonte du gazon sauvage. Les premières tontes peuvent intervenir après quatre à six mois. Elles sont importantes pour améliorer la couverture du tapis. Elles sont moins sévères et on pour objectif de faciliter un bon enracinement et une bonne multiplication rhizomatique. Une fois le tapis bien installé, les tontes seront espacées (tous les six mois). Le *Paspalum vaginatum* ne nécessite pas des amendements et des traitements phytosanitaires, car la plantes est très rustique et se retrouve dans son biotope.

LABORATOIRE D'ESSAIS ET DE RECHERCHES EN GENIE CIVIL

Etudes et contrôles géotechniques

RC N° RB COTONOU 2004 B 0206 *IFU N° 3200900691613*

N° 002/11/2018/LERGC/RE/B

RAPPORT D'ETUDES GEOTECHNIQUES DANS LE CADRE DU PROJET PDA PLUVIAL DE LA VILLE DE COTONOU.

Délivré à : IGIP AFRIQUE Ingénieurs Conseils



Novembre 2018

Siège : TOGOUDO Agonkanmey /TFN° 1116 – E-mail : lergc2000@yahoo.fr- Tél : (229) 95 86 62 84 / 95 50 37 60/ 95 81 21 95/ 21 07 13 29-01/ 21 35 19 06/ BP 7050 COTONOU-Comptes bancaires: 01 501 501090010475 74 UBA / 01004121108666101 ECOBANK

I. INTRODUCTION

I.1. CADRE DE L'INTERVENTION

Dans le cadre du projet PDA pluvial de la ville de Cotonou, le Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie Civil (LERGC S.A) a été chargé de l'étude géotechnique du 13 au 15 Novembre 2018.

I.2 ADRESSE DU COMMANDITAIRE ET RÉFÉRENCES DE LA PARCELLE

Les essais géotechniques sont commandés par « IGIP AFRIQUE Ingénieurs Conseils » Adresse : 08BP7112 Lot 25, patte d'Oie Cotonou-Bénin E-mail : igipcoo@intnet.bj / igipafrique@igipafrique-bj.com / degeco@igipafrique-bj.com. - Tél : (229) 21 30 10 91 / 21 30 87 92 / 64 88 53 60. Les essais in situ a été effectués à l'Aéroport International Cardinal Bernadin GANTIN de Cotonou au Bénin.

I.3 LOCALISATION, CADRE GÉOLOGIQUE

Le projet sera réalisé à Cotonou sur les dépôts de cordon littoral d'épaisseur variable suivant les localités. Les études cartographiques et géologiques réalisées dans cette localité ont montré que la couche du sable est assez épaisse et d'âge Quaternaire.

I.4. MOYENS DE MISE EN OEUVRE

Les investigations de terrain ont consisté en l'exécution de :

- Six (06) sondages carottés (SC1, SC2, SC3, SC4, SC5 et SC6) de 3 ml de profondeur chacun ;

Ces sondages sont localisés aux endroits indiqués sur le plan d'implantation à l'annexe du présent document.

I.5. REFERENCES NORMATIVES DES ESSAIS MIS EN OEUVRE

- Sur le terrain, les essais ont été effectués conformément à la norme AFNOR. Leurs références normatives sont les suivantes :
- Sondage carotté (norme EN P 94-202) ;
- Au laboratoire, les échantillons ont été soumis aux essais suivants :
- L'essai de cisaillement consolidé et drainé sur le sable (norme NF P 071-1)
- Analyse granulométrique par tamisage sur sable (norme NF EN 933-1);

II. PRINCIPE DES ESSAIS IN-SITU

II.1 SONDAGES CAROTTES

Six (06) sondages carottés (SC1 à SC6) de 3,00 ml ont été exécutés à l'aide de la foreuse APAFOR 450 suivis de prélèvement des échantillons intacts et remaniés. Les sondages carottés ont été réalisés respectivement dans les zones indiqués conformément au plan. Signalons que la zone du sondage SC1 est inaccessible (retenue d'eau) et l'essai a été effectué à proximité. L'implantation des sondages ainsi que les lithologies sont reportés dans le rapport ou en annexe.

III DONNEES GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES DES SONDAGES

III.1 LITHOLOGIE

QUELQUES PHOTOS DE COUCHES GEOLOGIQUES DES SONDAGES CAROTTES

♥ **SONDAGE CAROTTE SC1**

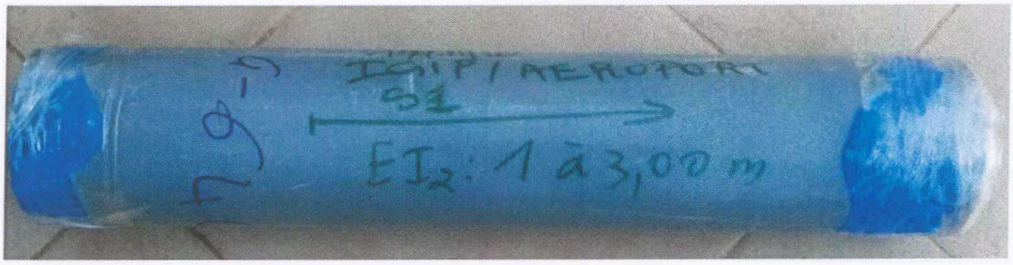


Photo 1 : Photo des couches géologiques de SC1 entre 0,00 m et 3,00 m

♥ **SONDAGE CAROTTE SC2**

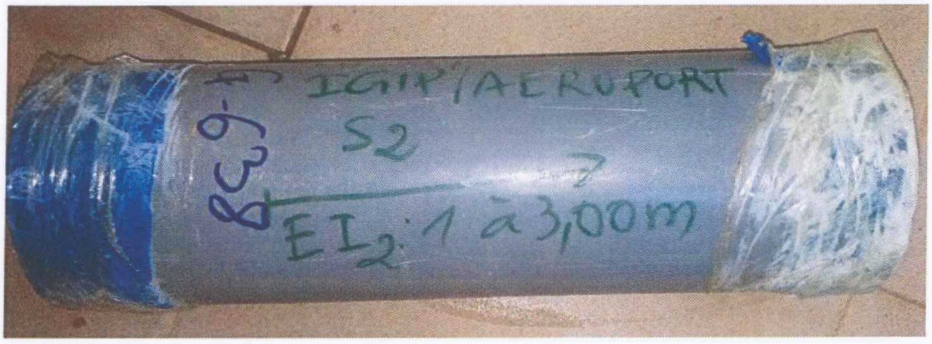


Photo 2 : Photo des couches géologiques de SC2 entre 0,00 m et 3,00 m

♥ **SONDAGE CAROTTE SC3**

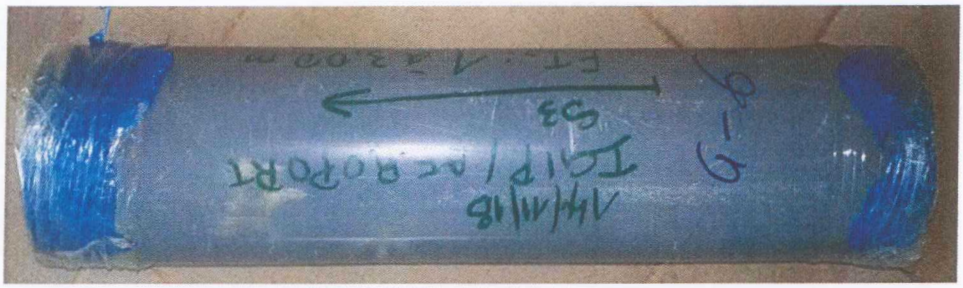


Photo 3 : Photo des couches géologiques de SC3 entre 0,00 m et 3,00 m

♥ **SONDAGE CAROTTE SC4**

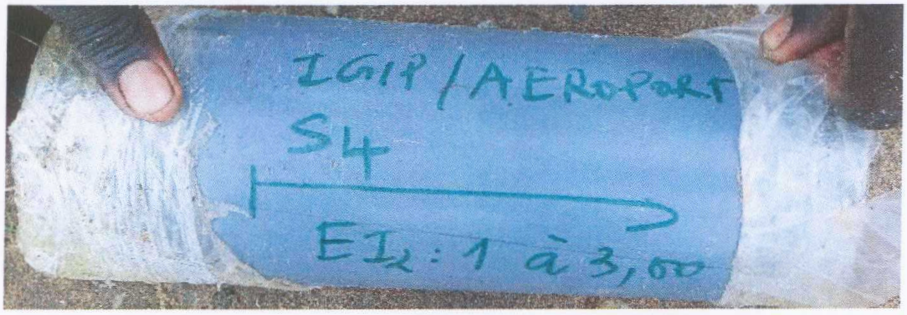


Photo 4 : Photo des couches géologiques de SC4 entre 0,00 m et 3,00 m

♥ **SONDAGE CAROTTE SC5**

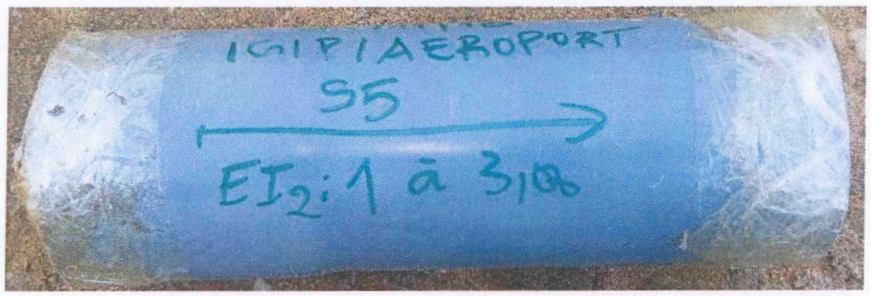


Photo 5 : Photo des couches géologiques de SC5 entre 0,00 m et 3,00 m

♥ **SONDAGE CAROTTE SC6**

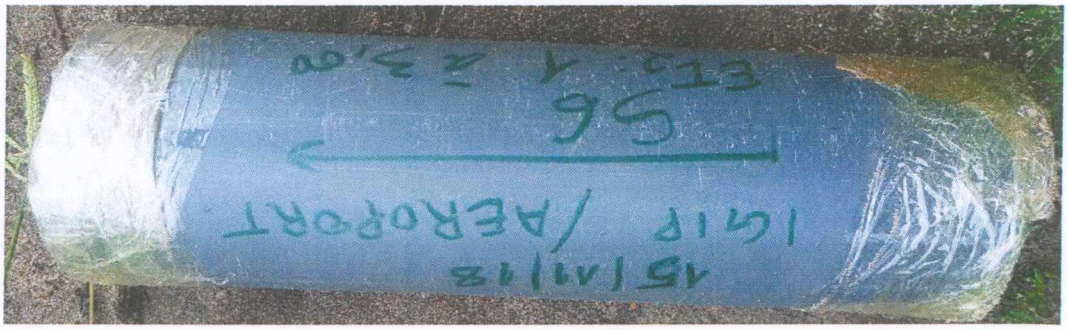


Photo 6 : Photo des couches géologiques de SC6 entre 0,00 m et 3,00 m.

La campagne du sondage a permis de distinguer les formations suivantes de haut en bas :

- **Sondage SC1** (X : 0432688 Y : 0703537 Z : 3 m) ;
- **Sondage SC1** (X : 0431852 Y : 0702882 Z : 4 m) ;
- **Sondage SC3** (X : 0430712 Y : 0702033 Z : 6 m) ;
- **Sondage SC4** (X : 0433125 Y : 0703313 Z : 6 m) ;
- **Sondage SC5** (X : 0433161 Y : 0703653 Z : 4 m) ;
- **Sondage SC6** (X : 0433501 Y : 0703582 Z : 4 m) ;

III.2 HYDROGEOLOGIE

Le niveau de la nappe phréatique se trouve, en-dessous du niveau du terrain naturel de chaque zone, à la période des essais (saison pluvieuse et à la date des essais) à :

- ♥ 0,40 m du sondage SC1 ;
- ♥ 1,00 m du sondage SC2 ;
- ♥ 2,50 m du sondage SC3 ;
- ♥ 1,50 m du sondage SC4 ;
- ♥ 0,40 m du sondage SC5 ;
- ♥ 0,40 m du sondage SC6.

IV ESSAIS DE LABORATOIRE

Des essais ont été réalisés au laboratoire sur les différents échantillons prélevés pour l'identification du sol en place. Il s'agit notamment de l'essai d'Analyse granulométrique par tamisage (NF EN 933-1)* et de l'essai de cisaillement consolidé et drainé (NF P 94-071-1). Le détail de ces résultats est joint en annexe.

L'essai de cisaillement consolidé et drainé réalisé au laboratoire sur des échantillons du sable (SC1 et SC3) prélevés entre 2,80 m et 3,00 m de profondeur. Les résultats des autres essais vous parviendront ultérieurement.

Essai de cisaillement	Valeurs obtenues
Sondage SC1	
Angle de frottement φ (°c)	**22,15**
Cohésion C (Kpa)	**3**
Sondage SC3	
Angle de frottement φ (°c)	**31,86**
Cohésion C (Kpa)	**2**

IV.3.3.1 CLASSIFICATION DES SOLS

L'analyse des résultats selon la classification LCPC a permis de retenir ce qui suit :

Désignation	Profondeur (m)	Analyse Granulométrique par tamisage (passants aux tamis) (%)				Appellation	Symboles
		2mm	0.08mm	Cu	Cc		
Sondage **SC1** de 3,00 m	1,00 - 3,00	100	01	2,35	1,09	Sable propre mal gradué	Sm
Sondage **SC2** de 3,00 m	1,00 - 3,00	100	01	2,14	1,02	Sable propre mal gradué	Sm
Sondage **SC3** de 3,00 m	1,00 - 3,00	100	01	1,92	1,00	Sable propre mal gradué	Sm
Sondage **SC6** de 3,00 m	1,00 - 3,00	100	01	2,30	1,11	Sable propre mal gradué	Sm

V. AVIS

Les sondages carottés SC1 à SC6 ont montré essentiellement la présence du sable propre mal gradué.

Aussi, les résultats issus les essais de cisaillement consolidé et drainé réalisé au laboratoire sur des échantillons du sable (SC1 et SC3) prélevés entre 2,80 m et 3,00 m de profondeur, ont donné :

Essai de cisaillement	Valeurs obtenues
Sondage SC1	
Angle de frottement φ (°c)	**22,15**
Cohésion C (Kpa)	**3**
Sondage SC3	
Angle de frottement φ (°c)	**31,86**
Cohésion C (Kpa)	**2**

Abomey-Calavi, le 16 Novembre 2018

Le Directeur Général,

Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie Civil
Tél.. 95 86 62 84
Le Directeur Général

Prof. PhD. Crépin ZEVOUNOU

Le Responsable des Etudes / B,

Paulin DJIMONNAN

Ing. Géotechnicien

***NB** : 1- Les résultats ne se rapportent qu'aux différents sondages effectués suivant leurs implantations se trouvant à l'annexe*

* signifie que le LERGC est accrédité dans cet essai

ANNEXES

- Coupes géologiques des sondages SC1 à SC6.
- Résultats des essais de laboratoire
- Plan de positionnement des points de sondage.

UNIVERSITE D'ABOMEY CALAVI

LERGC SA — LABORATOIRE D'ESSAIS ET DE RECHERCHES EN GENIE-CIVIL

COUPE SONDAGE CAROTTE

Sondage N°

SC1

Projet : PDA Pluvial de Cotonou			D.D: 14/11/18	NE.Forage : 0.4	
Site : Aéroport Cardinal Bernadin GANTIN	Client : IGIP AFRIQUE		D.F: 14/11/18	NE.Statique: 0.4	
Machine : Apafor 450	Méthode : Rot	Outil : Car 116	X :0432688	Y :0703537	Z :3

Profondeur (m)	Description Géologique	Récup (%)	R.Q.D	SPT NC	SPT N°	Prf (m)	ECH N°	ECH I/R	NE
0.0						0.00			
	Sable fin noiratre plus racines								
0.2									
	Sable propre mal gradué brunatre								0.4 ▽
1 1.0							1	I	
						1.00			
	Sable propre mal gradué grisatre								
2							2	I	
3 3.0						3.00			

UNIVERSITE D'ABOMEY CALAVI

LERGC SA — LABORATOIRE D'ESSAIS ET DE RECHERCHES EN GENIE-CIVIL

COUPE SONDAGE CAROTTE

Sondage N°

SC2

Projet : PDA Pluvial de Cotonou			D.D: 14/11/18	NE.Forage : 1	
Site : Aéroport Cardinal Bernadin GANTIN	Client : IGIP AFRIQUE		D.F: 14/11/18	NE.Statique: 1	
Machine : Apafor 450	Méthode : Rot	Outil : Car116	X :0431852	Y :0702882	Z :4

Profondeur (m)	Description Géologique	Récup (%)	R.Q.D	SPT NC	SPT N°	Prf (m)	ECH N°	ECH I/R	NE
0.0						0.00			
	Sable fin brune plus racines								
0.3									
	Sable propre mal gradué brunatre						1	I	
1 1.0						-1.00			1.0 ▽
	Sable propre mal gradué jaunatre								
2							2	I	
3 3.0						-3.00			

GEOPROG

UNIVERSITE D'ABOMEY CALAVI

LERGC SA — LABORATOIRE D'ESSAIS ET DE RECHERCHES EN GENIE-CIVIL

COUPE SONDAGE CAROTTE

Sondage N°

SC3

Projet : PDA Pluvial de cotonou			D.D: 14/11/18	NE.Forage : 2.5	
Site : Aéroport Cardinal Bernadin GANTIN	Client : IGIP AFRIQUE		D.F: 14/11/18	NE.Statique: 2.5	
Machine : Apafor 450	Méthode : Rot	Outil : Car 116	X :0430712	Y :0702033	Z :6

Profondeur (m)	Déscription Géologique	Récup (%)	R.Q.D	SPT NC	SPT N°	Prf (m)	ECH N°	ECH I/R	NE
0.0						0.00			
	Sable fin brunatre plus racines								
0.3									
	Sable propre mal gradué brune						1	I	
1						1.00			
1.2									
	Sable propre mal gradué jaunatre						2	I	
2									2.5
3						3.00			
3.0									

UNIVERSITE D'ABOMEY CALAVI

LERGC SA — LABORATOIRE D'ESSAIS ET DE RECHERCHES EN GENIE-CIVIL

COUPE SONDAGE CAROTTE

Sondage N°

SC4

Projet : PDA Pluvial de Cotonou			D.D: 15/11/18	NE.Forage : 1.5	
Site : Aéroport Cardinal Bernadin GANTIN	Client : IGIP AFRIQUE		D.F: 15/11/18	NE.Statique: 1.5	
Machine : Apafor 450	Méthode : Rot	Outil : Car 116	X :0433125	Y :0703313	Z :6

Profondeur (m)	Description Géologique	Récup (%)	R.Q.D	SPT NC	SPT N°	Prf (m)	ECH N°	ECH I/R	NE
0.0						0.00			
	Sable fin brunatre plus racines								
0.3									
	Sable propre mal gradué jaunatre						1	I	
1						1.00			
1.2									
	Sable fin jaune claire								1.5 ▽
2							2	I	
3						3.00			
3.0									

GEOLOGA v1.2

GEOPROG

UNIVERSITE D'ABOMEY CALAVI
LERGC SA
LABORATOIRE D'ESSAIS ET DE RECHERCHES EN GENIE-CIVIL

COUPE SONDAGE CAROTTE

Sondage N°
SC5

Projet : PDA Pluvial de Cotonou			D.D: 15/11/18	NE.Forage : 0.4	
Site : Aéroport Cardinal Bernadin GANTIN	Client : IGIP AFRIQUE		D.F: 15/11/18	NE.Statique: 0.4	
Machine : Apafor 450	Méthode : Rot	Outil : Car 116	X :0433161	Y :0703653	Z :4

Profondeur (m)	Déscription Géologique	Récup (%)	R.Q.D	SPT NC	SPT N°	Prf (m)	ECH N°	ECH	ECH I/R	NE
0.0						0.00				
	Sable fin noiratre plus racines									
0.3										0.4 ▽
	Sable propre mal gradué brunatre						1		I	
1.0						1.00				
	Sable propre mal gradué grisatre						2		I	
3.0						3.00				

UNIVERSITE D'ABOMEY CALAVI

LERGC SA — LABORATOIRE D'ESSAIS ET DE RECHERCHES EN GENIE-CIVIL

COUPE SONDAGE CAROTTE

Sondage N°

SC6

Projet : PDA Pluvial de Cotonou			D.D: 15/11/18	NE.Forage : 0.4	
Site : Aéroport Cardinal Bernadin GANTIN	Client : IGIP AFRIQUE		D.F: 15/11/18	NE.Statique: 0.4	
Machine : Apafor 450	Méthode : Rot	Outil : Car 116	X :0433501	Y :0703582	Z :4

Profondeur (m)	Déscription Géologique	Récup (%)	R.Q.D	SPT NC	SPT N°	Prf (m)	ECH N°	ECH I/R	NE
0.0						0.00			
	Sable fin noiratre plus racines								
0.3									0.4 ▽
	Sable propre mal gradué brunatre						1	I	
1.0						1.00			
	Sable propre mal gradué grisatre						2	I	
3.0						3.00			

GEOPROG

Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie Civil
Siège : TOGOUDO Agonkanmey / TFN° 1116 – 01 BP 7050 Cotonou
E-mail : lergc2000@yahoo.fr - Tél : (229) 95 86 62 84/ 21 07 13 29

RAPPORT D'ESSAI D'ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE SUR GRANULAT (EN 933-1)

N°132/11/2018/LERGC/RT

Chantier : Caractérisation des sols en place dans l'enceinte du domaine de l'aéroport International Cardinal Bernadin Gantin de Cotonou dans le cadre de la mission d'études détaillées et contrôle des travaux à moyen terme du PDA pluvial de la ville de Cotonou

°Client : service des Etudes pour IGIP AFRIQUE Ingénieurs Conseils	Identification de l'échantillon
°Adresse : 08 B 7112 Cotonou °Téléphone : (00229) 21 30 10 91 / 21 30 87 92 N° dossier : 324	°Date et lieu de prélèvement : 14/11/18 à Aéroport (Cotonou) °N° de sondage : S2 — °Profondeur : 1-3,00 m °Mode de prélèvement : Manuel — Référence G-20180638 °Nature : Sable propre mal gradué — Date de réception : 15/11/18

Résultats

Date de l'essai : 16/11/2018

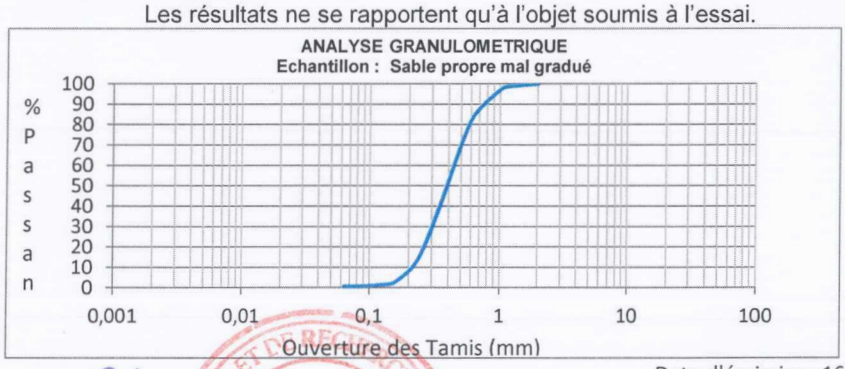
Procédé d'analyse (lavage et tamisage ou tamisage par voie sèche) :

Masse sèche (M_1): 219,0 g

Masse sèche après lavage (M_2) : 331,9 g

Module AFNOR	*Tamis (mm)	Refus (g)	Refus cumulé (g)	Refus cumulé (%)	*Passant cumulé (%)	Incertitude (k=2) en %
34	**2**	0	0	0,00	**100**	5
32	**1,25**	2,4	2,4	1,10	**99**	5
31	**1**	3,9	6,3	2,88	**97**	5
29	**0,63**	27,5	33,8	15,43	**85**	4
28	**0,5**	30,6	64,4	29,41	**71**	4
25	**0,25**	117,5	181,9	83,06	**17**	2
23	**0,16**	29,5	211,4	96,53	**3**	1
22	**0,125**	4	215,4	98,36	**2**	0
20	**0,08**	1,8	217,2	99,18	**1**	0
19	**0,063**	0,1	217,3	99,22	**0,8**	0

Les résultats ne se rapportent qu'à l'objet soumis à l'essai.



Données entrant dans la classification LCPC		% fines
Tamis (mm)	Passant cumulé (%)	0,78
2	100	
0,08	1	
Cu	2,14	
Cc	1,02	

Date d'émission: 16/11/2018

Le Responsable Technique

Marion HOUNMASSE

Le Directeur Général

Prof.Crépin ZEVOUNOU

Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie Civil Tél.. 95 86 62 84 Le Directeur Général

cofrac ACCREDITATION N°1-2382 ESSAIS PORTEE DISPONIBLE SUR WWW.COFRAC.FR

*Paramètre couvert par l'accréditation

°Information reçue du client

LA REPRODUCTION DE CE RAPPORT N'EST AUTORISEE QUE SOUS LA FORME DE FAC-SIMILE PHOTOGRAPHIQUE INTEGRAL.

Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie Civil
Siège : TOGOUDO Agonkanmey / TFN° 1116 – 01 BP 7050 Cotonou
E-mail : lergc2000@yahoo.fr - Tél : (229) 95 86 62 84/ 21 07 13 29

RAPPORT D'ESSAI D'ANALYSE GRANULOMETRIQUE
PAR TAMISAGE SUR GRANULAT (EN 933-1)
N°129/11/2018/LERGC/RT

Chantier : Caractérisation des sols en place dans l'enceinte du domaine de l'aéroport International Cardinal Bernadin Gantin de Cotonou dans le cadre de la mission d'études détaillées et contrôle des travaux à moyen terme du PDA pluvial de la ville de Cotonou

°Client : service des Etudes pour IGIP AFRIQUE Ingénieurs Conseils

°Adresse : 08 B 7112 Cotonou
°Téléphone : (00229) 21 30 10 91 / 21 30 87 92
N° dossier : 324

Identification de l'échantillon

°Date et lieu de prélèvement : 14/11/18 à Aéroport (Cotonou)
°N° de sondage : S3 °Profondeur : 1-3,00 m
°Mode de prélèvement : Manuel Référence G-20180640
°Nature : Sable propre mal gradué Date de réception : 15/11/18

Résultats

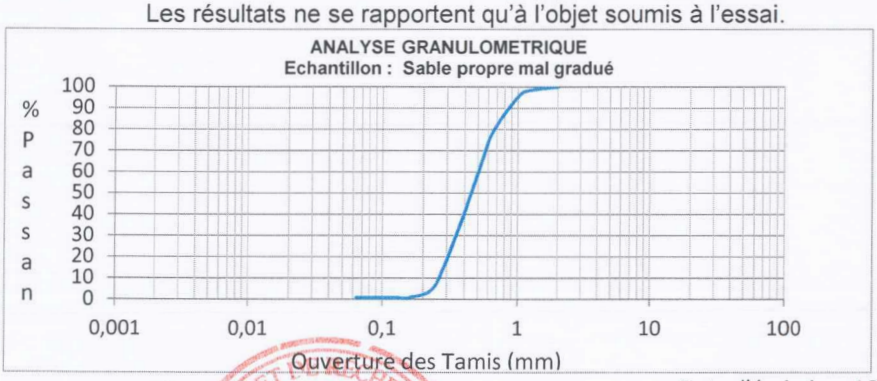
Date de l'essai : 16/11/2018

Procédé d'analyse (lavage et tamisage ou tamisage par voie sèche) :

Masse sèche (M_1): 363,5 g Masse sèche après lavage (M_2) : 360,5 g

Module AFNOR	*Tamis (mm)	Refus (g)	Refus cumulé (g)	Refus cumulé (%)	*Passant cumulé (%)	Incertitude (k=2) en %
34	**2**	0	0	0,00	**100**	5
32	**1,25**	5,6	5,6	1,54	**98**	5
31	**1**	10,2	15,8	4,35	**96**	5
29	**0,63**	65,3	81,1	22,31	**78**	4
28	**0,5**	64,5	145,6	40,06	**60**	4
25	**0,25**	190,5	336,1	92,46	**8**	2
23	**0,16**	23,6	359,7	98,95	**1**	0
22	**0,125**	0,7	360,4	99,15	**1**	0
20	**0,08**	0,1	360,5	99,17	**1**	0
19	**0,063**	0	360,5	99,17	**0,8**	0

Les résultats ne se rapportent qu'à l'objet soumis à l'essai.



Données entrant dans la classification LCPC		% fines
Tamis (mm)	Passant cumulé (%)	0,82
2	100	
0,08	1	
Cu	1,92	
Cc	1,00	

Date d'émission: 16/11/2018

Le Responsable Technique **Le Directeur Général**

Marion HOUNMASSE Prof. Crépin ZEVOUNOU

Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie Civil Tél.. 95 86 62 84 Le Directeur Général

cofrac ESSAIS ACCREDITATION N°1-2392 PORTEE DISPONIBLE SUR WWW.COFRAC.FR

*Paramètre couvert par l'accréditation

°Information reçue du client

LA REPRODUCTION DE CE RAPPORT N'EST AUTORISEE QUE SOUS LA FORME DE FAC-SIMILE PHOTOGRAPHIQUE INTEGRAL.

Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie Civil
Siège : TOGOUDO Agonkanmey / TFN° 1116 – 01 BP 7050 Cotonou
E-mail : lergc2000@yahoo.fr - Tél : (229) 95 86 62 84/ 21 07 13 29

RAPPORT D'ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE

Cisaillement direct NF P 94-071-1
N° 002/11/2018/RT/LERGC

Chantier : Projet PDA pluvial de la ville de Cotonou

°Client : Service des Etudes pour IGIP Afrique Ingénieurs Conseils °Adresse : 08 BP 7112, Lot 25, patte d'Oie Cotonou. Bénin °Téléphone : (00229) 21 30 10 91 / 64 88 53 60 N° dossier: 083	**Identification de l'échantillon** Désignation° °Date et lieu de prélèvement : 14/11/18 à l'Aéroport International Cardinal Bernadin Gantin de Cotonou °N° de sondage : SC3,EI2 °Profondeur : 1 à 3,00m °Mode de prélèvement : Carottage Référence :S20180640 °Nature : Sable propre mal gradué Date de réception : 15/11/18

Caractéristiques des éprouvettes

ρ_s mesuré 2687 kg/m³	Boite carré de coté(mm) : 60	De section (cm²): 36	
estimé - kg/m³	Date de l'essai : 16/11/2018	vitesse (mm/min): 1	

N°	Avant essai					Après consolidation		Après cisaillement
	ρ kg/m³	ρ_d kg/m³	w (Initiale) %	e	S_r %	ρ_d kg/m³	t100 mn	w %
1	2196	1905	15,3	0,411	100	1918	-	14,19
2	2196	1905	15,3	0,411	100	1921	-	14,19
3	2196	1905	15,3	0,411	100	1922	-	14,18
4	2196	1905	15,3	0,411	100	1923	-	14,16

Résultats					**Observations :**
	***C'**	**2** kPa	***ϕ**	**31,86** deg	l'essai a été réalisé par la méthode "consolidé drainé (CD)"
Incertitude (k=2)	$U_{C'}$	- kPa	U_ϕ	- deg	

Les résultats ne se rapportent qu'à l'objet soumis à l'essai.

Date d'émission: 16/11/2018

Le Responsable Technique

Marion HOUNMASSE

Le Directeur Général

Prof. Crépin ZEVOUNOU

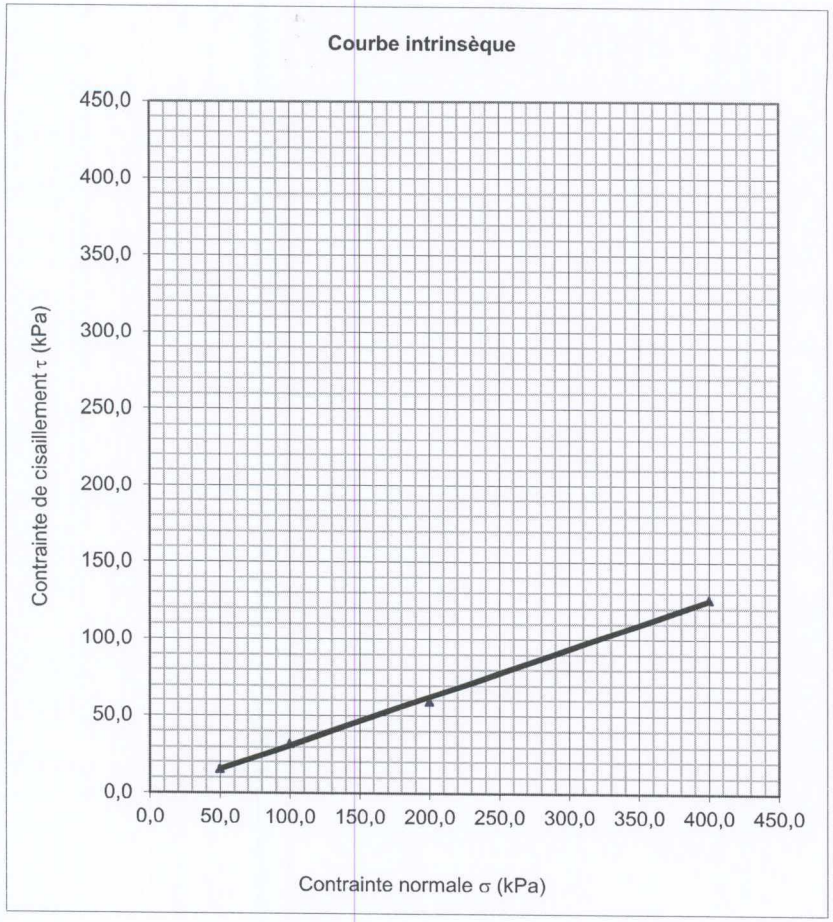
Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie Civil
Tél.. 95 [illegible] 84
Le Directeur Général

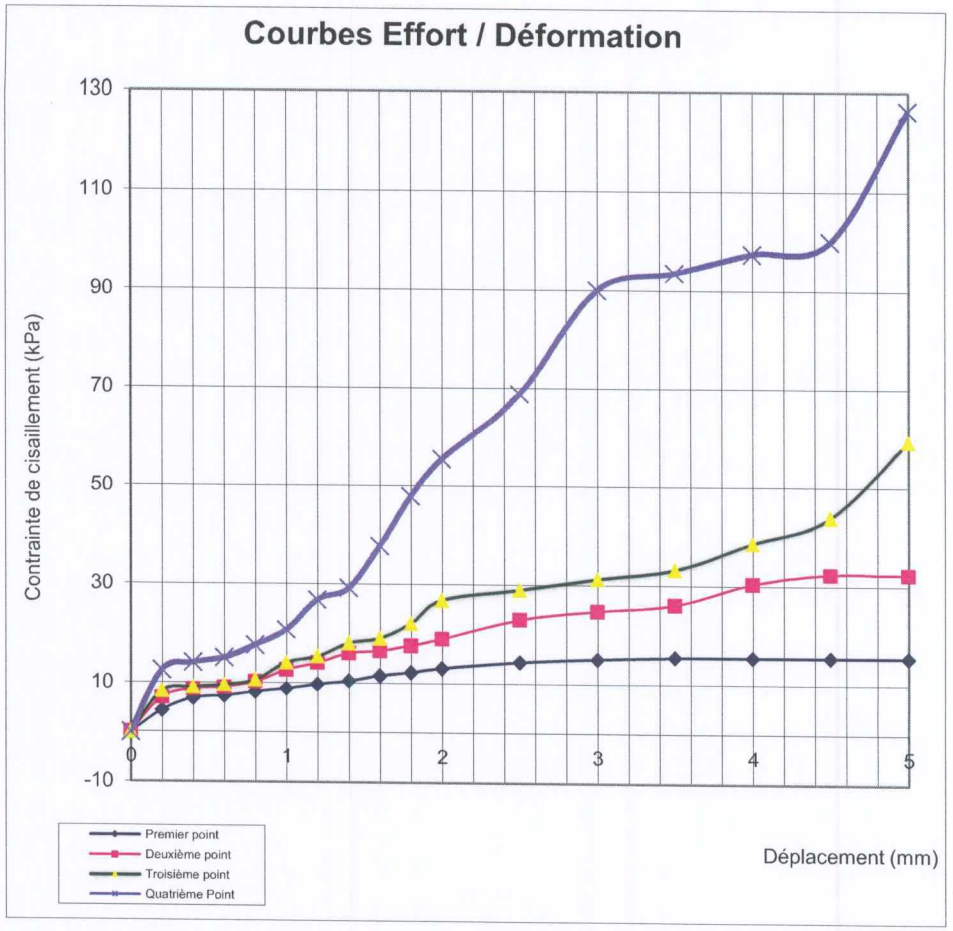
cofrac ESSAIS ACCREDITATION N°1-2382 PORTEE DISPONIBLE SUR WWW.COFRAC.FR

*Paramètre couvert par l'accréditation

°Information reçue du client

LA REPRODUCTION DE CE RAPPORT N'EST AUTORISEE QUE SOUS LA FORME DE FAC-SIMILE PHOTOGRAPHIQUE INTEGRAL.


Courbe intrinsèque
Contrainte de cisaillement τ (kPa)
450,0
400,0
350,0
300,0
250,0
200,0
150,0
100,0
50,0
0,0
0,0 50,0 100,0 150,0 200,0 250,0 300,0 350,0 400,0 450,0
Contrainte normale σ (kPa)


Courbes Effort / Déformation
Contrainte de cisaillement (kPa)
130
110
90
70
50
30
10
-10
0 1 2 3 4 5
Déplacement (mm)
Premier point
Deuxième point
Troisième point
Quatrième Point

Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie Civil
Siège : TOGOUDO Agonkanmey / TFN° 1116 – 01 BP 7050 Cotonou
E-mail : lergc2000@yahoo.fr - Tél : (229) 95 86 62 84/ 21 07 13 29

RAPPORT D'ESSAI D'ANALYSE GRANULOMETRIQUE
PAR TAMISAGE SUR GRANULAT (EN 933-1)
N°130/11/2018/LERGC/RT

Chantier : Caractérisation des sols en place dans l'enceinte du domaine de l'aéroport International Cardinal Bernadin Gantin de Cotonou dans le cadre de la mission d'études détaillées et contrôle des travaux à moyen terme du PDA pluvial de la ville de Cotonou

°Client : service des Etudes pour IGIP AFRIQUE Ingénieurs Conseils	Identification de l'échantillon
°Adresse : 08 B 7112 Cotonou °Téléphone : (00229) 21 30 10 91 / 21 30 87 92 N° dossier : 324	°Date et lieu de prélèvement : 14/11/18 à Aéroport (Cotonou) °N° de sondage : S1 °Profondeur : 1-3,00 m °Mode de prélèvement : Manuel Référence G-20180636 Date de réception : 15/11/18 °Nature : Sable propre mal gradué

Résultats

Date de l'essai : 16/11/2018

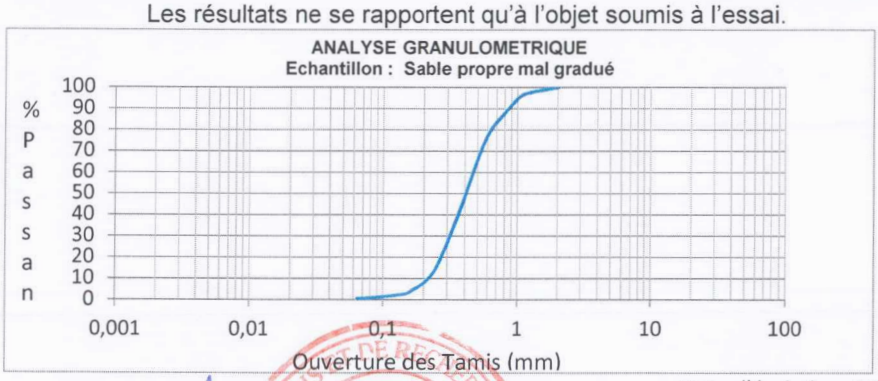
Procédé d'analyse (lavage et tamisage ou tamisage par voie sèche) :

Masse sèche (M_1): 327,3 g

Masse sèche après lavage (M_2) : 325,4 g

Module AFNOR	*Tamis (mm)	Refus (g)	Refus cumulé (g)	Refus cumulé (%)	*Passant cumulé (%)	Incertitude (k=2) en %
34	**2**	0	0	0,00	**100**	5
32	**1,25**	7,7	7,7	2,35	**98**	5
31	**1**	9,4	17,1	5,22	**95**	5
29	**0,63**	47,9	65	19,86	**80**	4
28	**0,5**	44,5	109,5	33,46	**67**	4
25	**0,25**	166,2	275,7	84,23	**16**	2
23	**0,16**	37,2	312,9	95,60	**4**	1
22	**0,125**	7,1	320	97,77	**2**	0
20	**0,08**	4,2	324,2	99,05	**1**	0
19	**0,063**	1,2	325,4	99,42	**0,6**	0

Les résultats ne se rapportent qu'à l'objet soumis à l'essai.



Données entrant dans la classification LCPC		% fines
Tamis (mm)	Passant cumulé (%)	0,58
2	100	
0,08	1	
Cu	2,35	
Cc	1,09	

Date d'émission: 16/11/2018

Le Responsable Technique

Marion HOUNMASSE

Le Directeur Général

Prof. Crépin ZEVOUNOU

Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie Civil Responsable Technique

Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie Civil Tél.. 95 86 62 84 Le Directeur Général

cofrac ESSAIS ACCREDITATION N°1-2382 PORTEE DISPONIBLE SUR WWW.COFRAC.FR

*Paramètre couvert par l'accréditation

°Information reçue du client

LA REPRODUCTION DE CE RAPPORT N'EST AUTORISEE QUE SOUS LA FORME DE FAC-SIMILE PHOTOGRAPHIQUE INTEGRAL.

Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie Civil
Siège : TOGOUDO Agonkanmey / TFN° 1116 – 01 BP 7050 Cotonou
E-mail : lergc2000@yahoo.fr - Tél : (229) 95 86 62 84/ 21 07 13 29

RAPPORT D'ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE

Cisaillement direct NF P 94-071-1
N° 001/11/2018/RT/LERGC

Chantier : Projet PDA pluvial de la ville de Cotonou

°Client : Service des Etudes pour IGIP Afrique Ingénieurs Conseils

°Adresse : 08 BP 7112, Lot 25, patte d'Oie Cotonou. Bénin

°Téléphone : (00229) 21 30 10 91 / 64 88 53 60
N° dossier: 083

Identification de l'échantillon Désignation°
°Date et lieu de prélèvement : 14/11/18 à l'Aéroport International Cardinal Bernadin Gantin de Cotonou
°N° de sondage : SC1,EI2 °Profondeur : 1 à 3,00m
°Mode de prélèvement : Carottage Référence :S20180636
°Nature : Sable propre mal gradué Date de réception : 15/11/18

Caractéristiques des éprouvettes

ρ_s mesuré 2700 kg/m^3
estimé - kg/m^3

Boite carré de coté(mm) : 60 | De section (cm²): 36
Date de l'essai : 16/11/2018 | vitesse (mm/min): 1

N°	Avant essai					Après consolidation		Après cisaillemen
	ρ kg/m^3	ρ_d kg/m^3	w (Initiale) %	e	S_r %	ρ_d kg/m^3	t100 mn	w %
1	2203	1922	14,6	0,394	100	1942	-	12,45
2	2203	1922	14,6	0,394	100	1944	-	12,41
3	2203	1922	14,6	0,394	100	1945	-	12,41
4	2203	1922	14,6	0,394	100	1946	-	12,39

Résultats

*C'	3 kPa	*ϕ	22,15 deg	**Observations :** l'essai a été réalisé par la méthode "consolidé drainé (CD)"
Incertitude (k=2) $U_{C'}$	- kPa	U_ϕ	- deg	

Les résultats ne se rapportent qu'à l'objet soumis à l'essai.

Date d'émission: 16/11/2018

Le Responsable Technique

Marion HOUNMASSE

Le Directeur Général

Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie Civil Tél.. 95 86 62 84 Le Directeur Général

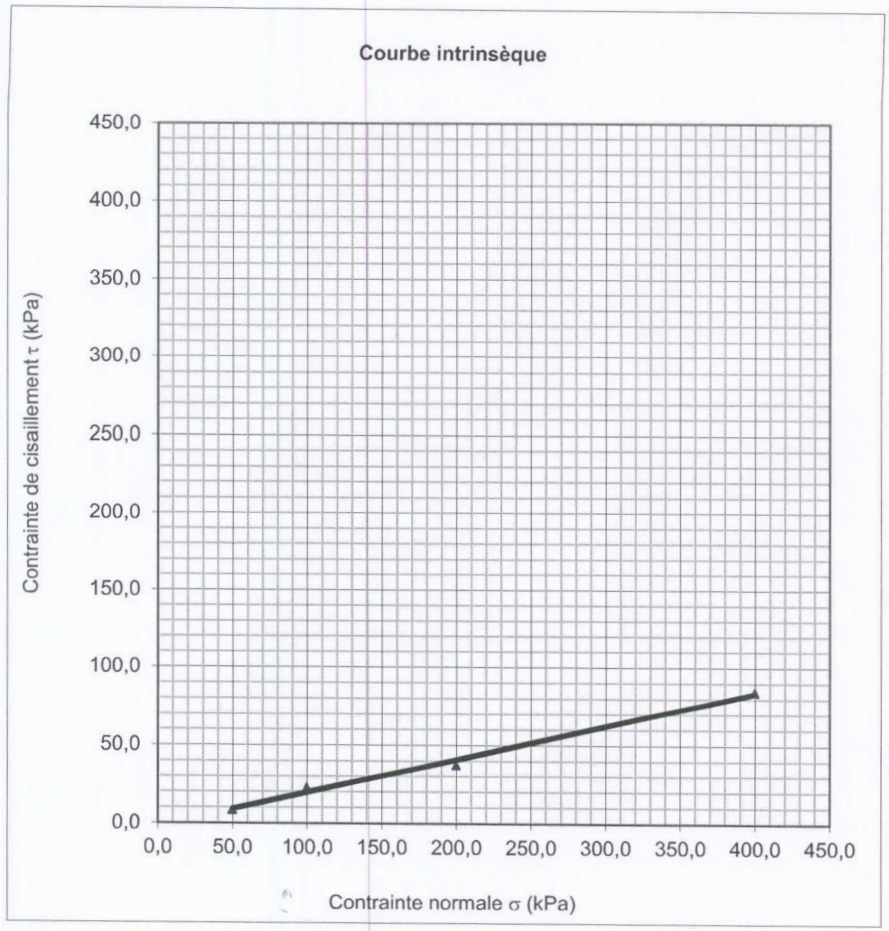
Prof. Crépin ZEVOUNOU

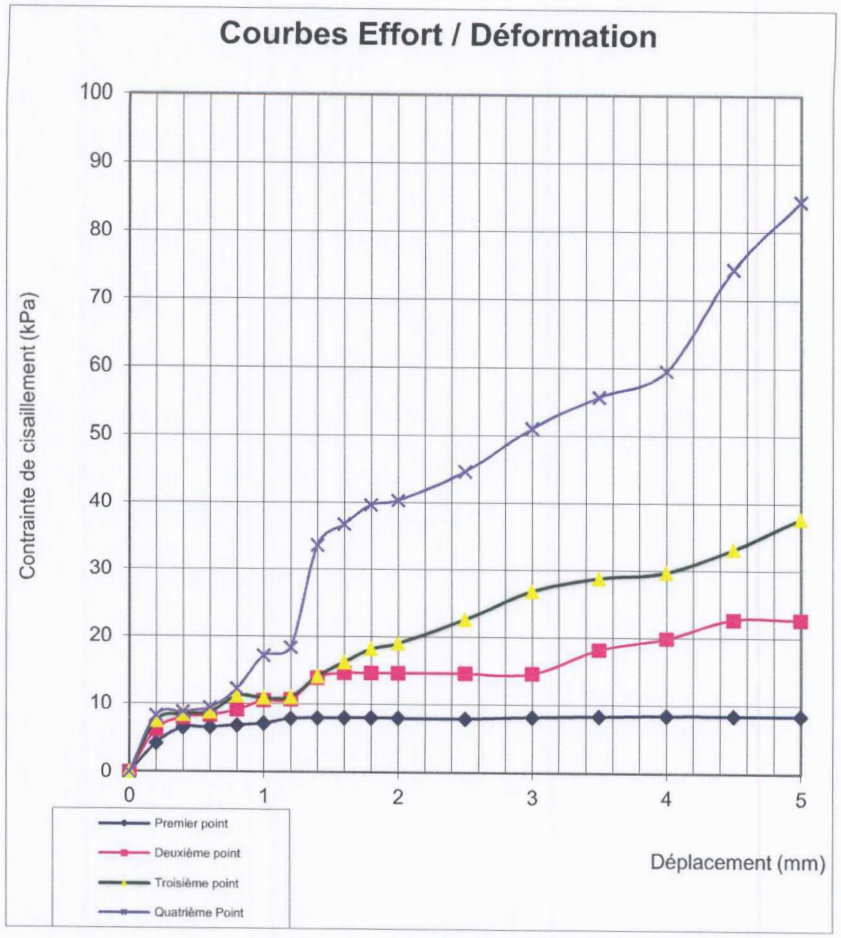
*Paramètre couvert par l'accréditation

°Information reçue du client

ACCREDITATION N°1-2382 PORTEE DISPONIBLE SUR WWW.COFRAC.FR

LA REPRODUCTION DE CE RAPPORT N'EST AUTORISEE QUE SOUS LA FORME DE FAC-SIMILE PHOTOGRAPHIQUE INTEGRAL.


Courbe intrinsèque
Contrainte de cisaillement τ (kPa)
450,0
400,0
350,0
300,0
250,0
200,0
150,0
100,0
50,0
0,0
0,0
50,0
100,0
150,0
200,0
250,0
300,0
350,0
400,0
450,0
Contrainte normale σ (kPa)


Courbes Effort / Déformation
Contrainte de cisaillement (kPa)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
1
2
3
4
5
Déplacement (mm)
Premier point
Deuxième point
Troisième point
Quatrième Point

Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie Civil
Siège : TOGOUDO Agonkanmey / TFN° 1116 – 01 BP 7050 Cotonou
E-mail : lergc2000@yahoo.fr - Tél : (229) 95 86 62 84/ 21 07 13 29

RAPPORT D'ESSAI D'ANALYSE GRANULOMETRIQUE
PAR TAMISAGE SUR GRANULAT (EN 933-1)
N°131/11/2018/LERGC/RT

Chantier : Caractérisation des sols en place dans l'enceinte du domaine de l'aéroport International Cardinal Bernadin Gantin de Cotonou dans le cadre de la mission d'études détaillées et contrôle des travaux à moyen terme du PDA pluvial de la ville de Cotonou

°Client : service des Etudes pour IGIP AFRIQUE Ingénieurs Conseils	Identification de l'échantillon
°Adresse : 08 B 7112 Cotonou °Téléphone : (00229) 21 30 10 91 / 21 30 87 92 N° dossier : 324	°Date et lieu de prélèvement : 14/11/18 à Aéroport (Cotonou) °N° de sondage : S6 °Profondeur : 1-3,00 m °Mode de prélèvement : Manuel Référence G-20180642 °Nature : Sable propre mal gradué Date de réception : 15/11/18

Résultats

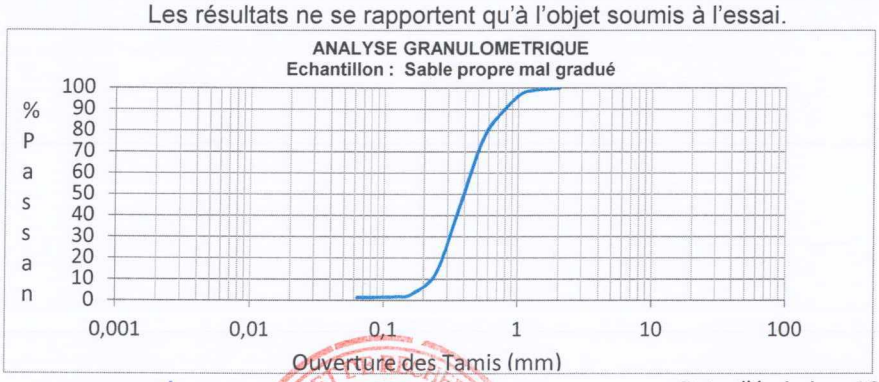
Date de l'essai : 16/11/2018

Procédé d'analyse (lavage et tamisage ou tamisage par voie sèche) :

Masse sèche (M_1): 336,7 g Masse sèche après lavage (M_2) : 331,9 g

Module AFNOR	*Tamis (mm)	Refus (g)	Refus cumulé (g)	Refus cumulé (%)	*Passant cumulé (%)	Incertitude (k=2) en %
34	**2**	0	0	0,00	**100**	5
32	**1,25**	4,4	4,4	1,31	**99**	5
31	**1**	7,8	12,2	3,62	**96**	5
29	**0,63**	44	56,2	16,69	**83**	4
28	**0,5**	43,8	100	29,70	**70**	4
25	**0,25**	189,1	289,1	85,86	**14**	2
23	**0,16**	38	327,1	97,15	**3**	1
22	**0,125**	3,7	330,8	98,25	**2**	0
20	**0,08**	1	331,8	98,54	**1**	0
19	**0,063**	0,1	331,9	98,57	**1,4**	0

Les résultats ne se rapportent qu'à l'objet soumis à l'essai.



Données entrant dans la classification LCPC		% fines
Tamis (mm)	Passant cumulé (%)	1,42
2	100	
0,08	1	
Cu	2,30	
Cc	1,11	

Date d'émission: 16/11/2018

Le Responsable Technique **Le Directeur Général**

Marion HOUNMASSE Prof.Crépin ZEVOUNOU

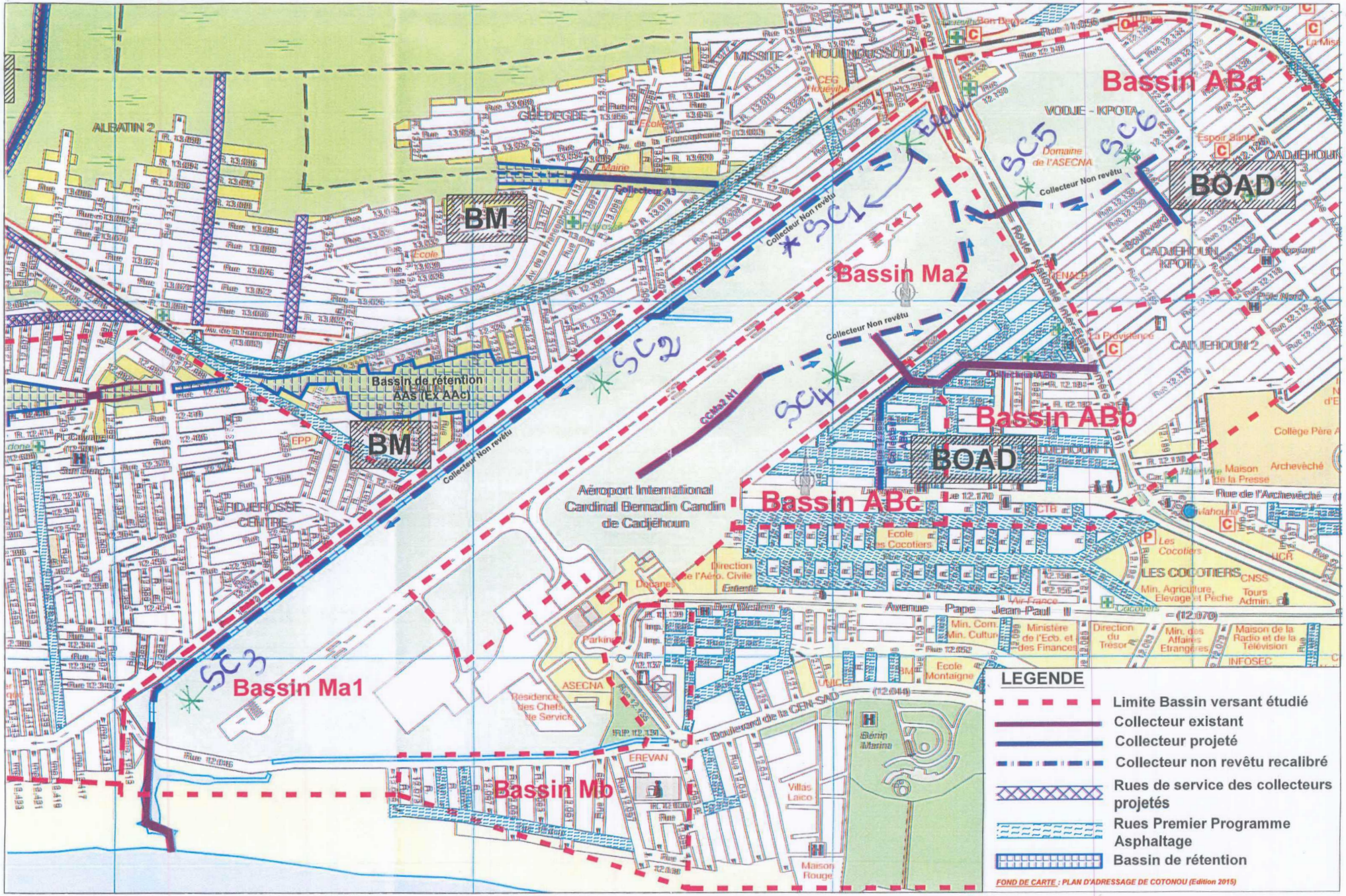
Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie Civil
Responsable Technique
Le Directeur

ACCREDITATION N°1-2382 PORTEE DISPONIBLE SUR WWW.COFRAC.FR

*Paramètre couvert par l'accréditation

°Information reçue du client

LA REPRODUCTION DE CE RAPPORT N'EST AUTORISEE QUE SOUS LA FORME DE FAC-SIMILE PHOTOGRAPHIQUE INTEGRAL.



REPUBLIQUE DU BENIN MINISTERE DU CADRE DE VIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE	MAITRE D'OUVRAGE DELEGUE AGETUR	PROGRAMME D'ACTION DU GOUVERNEMENT (PAG) Etudes APD et DAO des travaux à moyen et long terme du PDA Pluvial de Cotonou	BASSIN AB Plan d'ensemble	BUREAU D'ETUDES IGIP AFRIQUE Ingénieurs-Conseils	DATE nov.-2018	ETABLI PAR VERIFIE PAR	DAB-GIC-OEM TOSS-EN	ECHELLE Variable PLAN N° Bassins AB