

République du Cameroun

\*\*\*\*\*

Paix – Travail – Patrie

\*\*\*\*\*

Ministère de l'Habitat et du Développement Urbain



Republic of Cameroon

\*\*\*\*\*

Peace – Work – Fatherland

\*\*\*\*\*

Ministry of Housing and Urban Development

ETUDE EN VUE DE LA RESTRUCTURATION / RENOVATION DES QUARTIERS SOUS-STRUCTURES DANS LA COMMUNAUTE URBAINE DE GAROUA : ZONE PRIORITAIRE 1 (CONVENTION D'ASSISTANCE TECHNIQUE N° 0002672/ MINHDU/MAETUR)

MISSION 3 : ETUDE TECHNIQUE DES PROGRAMMES D'AMENAGEMENT

TOME I : Terrassement et voirie – Drainage des eaux pluviales-Assainissement des eaux usées

RAPPORT FINAL



MISSION D'AMENAGEMENT ET D'EQUIPEMENT DES TERRAINS URBAINS ET RURAUX

(Créée par Décret n° 77/193 du 23/06/1977, modifié et complété par Décret n° 82/599 du 25/11/1982)

Quartier Hippodrome - 716, Avenue Winston Churchill (rue n° 1 071)

BP 1248 Yaoundé Cameroun –

Tél: 222.22.31.13 / 222.22.21.02 –

Fax: 222.23.31.90

TELEX : 8571 KN – Email: maetur@maetur.cm

Site Internet : www.maetur-cameroun.com





**ETUDE EN VUE DE LA RESTRUCTURATION / RENOVATION DES  
QUARTIERS SOUS-STRUCTURES DANS LA COMMUNAUTE  
URBAINE DE GAROUA : ZONE PRIORITAIRE 1  
(CONVENTION D’ASSISTANCE TECHNIQUE N° 0002672/ MINH DU/MAETUR)**

**MISSION 3 : ETUDE TECHNIQUE DES  
PROGRAMMES D’AMENAGEMENT**

**TOME I : Terrassement et voirie – Drainage des eaux pluviales-  
Assainissement des eaux usées**

**RAPPORT FINAL**

<b>L’ASSISTANT TECHNIQUE</b> <u>LA MAETUR</u>	<b>L’INGENIEUR DE LA CONVENTION</b> <u>LE SOUS-DIRECTEUR DES OPERATIONS D’AMENAGEMENT ET D’EMBELLEMENT / MINH DU</u>	<b>LE CHEF DE SERVICE DE LA CONVENTION</b> <u>LE DIRECTEUR DES OPERATIONS URBAINES / MINH DU</u>
--	---	---



**Etude en vue de la restructuration / rénovation des quartiers sous-structures dans la communauté urbaine de Garoua : zone prioritaire n°1**



## SOMMAIRE

<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>8</b>
<b>LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE.....</b>	<b>11</b>
<b>CONTEXTE.....</b>	<b>12</b>
<b>OBJECTIF.....</b>	<b>13</b>
<b>PARTIE 1 : TERASSEMENT ET VOIRIE.....</b>	<b>55</b>
<b>I-RAPPEL DES DONNÉES SOCIO-ÉCONOMIQUES POUR LA VOIRIE / ÉTAT DES LIEUX ....</b>	<b>16</b>
1.Objectifs de l'étude.....	16
<b>II-AMÉNAGEMENT ROUTIER.....</b>	<b>17</b>
1.Caractéristiques de l'étude géométrique et technique du projet.....	22
2.Profils en travers type pour les études de terrassement .....	23
3.Tracé en plan .....	24
4.Profils en long de la voirie .....	24
5.Évaluation des dévers .....	25
<b>III-MOUVEMENTS DE TERRE .....</b>	<b>26</b>
a.Évaluation des volumes de terrassement.....	26
b.Remblais d'emprunt .....	42
c.Aménagement des carrefours .....	44
<b>IV-DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>49</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>50</b>
1.Plan d'ensemble de la voirie de Garoua ;.....	50
2.Cahier des profils en travers types des différentes voies ;.....	50
3.Cahier des profils en long des différentes voies.....	50
<b>PARTIE 2 : DRAINAGE DES EAUX PLUVIALES.....</b>	<b>55</b>
<b>RESUME .....</b>	<b>56</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>57</b>
<b>I-ANALYSE DU SITE.....</b>	<b>58</b>
1.Le périmètre du site.....	58

2.Le milieu naturel .....	58
3.Le régime climatique .....	58
4.Les saisons .....	58
5.Les pluies journalières maximales.....	59
6.Recherche du Gradex pour les retours quelconques .....	59
<b>II-HYPOTHESES</b> .....	63
1.Conception du réseau .....	63
2.Coefficient de ruissellement (C) .....	63
3.Période de retour (T) .....	64
4.Écoulement .....	64
5.Approche de calculs .....	64
<b>III-DIMENSIONNEMENT DU RESEAU</b> .....	66
1.Méthode de dimensionnement .....	66
2.Collecte des données .....	66
3.Délimitation des sous-bassins versants .....	66
4.Conception du réseau de drainage .....	66
5.Évaluation des débits à drainer .....	66
6.Détermination de la géométrie des drains.....	69
<b>IV-RESULTATS OBTENUS/ CONCLUSION</b> .....	72
<b>V-DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF</b> .....	73
<b>ANNEXES</b> .....	75
1.Tableau des superficies drainées par point ;.....	75
2.Tableau de dimensionnement des caniveaux ;.....	75
3.Plan des sous bassins versants ;.....	75
4.Plan du réseau de drainage des eaux pluviales.....	75
<b>PARTIE 3 : ASSAINISSEMENT DES EAUX USEES</b> .....	<b>85</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	86
<b>I-HYPOTHESES GENERALES DE L'ETUDE</b> .....	88
1.Hypothèses sur le réseau de collecte des eaux usées.....	88
2.Hypothèses sur les stations d'épuration.....	88
3.Cadre Légal, Règlementaire et Institutionnel.....	89
<b>II-OBJECTIFS DE L'ETUDE</b> .....	91
<b>III-PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE</b> .....	91
1.Situation géographique .....	92

2.Présentation du site d'étude .....	94
3.Analyse du site naturel .....	95
4.État des lieux sur l'assainissement.....	95
<b>IV-DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE COLLECTE DES EAUX USEES.....</b>	<b>96</b>
1.Formules de dimensionnement .....	96
2.Algorithme du choix du système d'épuration .....	97
<b>V-RESULTATS DU DIMENSIONNEMENT .....</b>	<b>98</b>
<b>VI-TRAITEMENT DES EAUX USEES .....</b>	<b>99</b>
1.Assainissement des eaux usées .....	99
2.Objectifs du traitement .....	99
3.Les différentes phases du traitement .....	100
<b>VII-LES FILIERES DE TRAITEMENT DES EAUX USEES .....</b>	<b>101</b>
1.Les filières intensives .....	102
2.Les filières extensives .....	104
3.Filières adaptées en zone tropicale.....	106
<b>VIII-ANALYSE MULTICRITERES.....</b>	<b>106</b>
<b>IX-COMPOSANTES DU SYSTEME DE TRAITEMENT PRECONISE .....</b>	<b>110</b>
<b>X-COUT DU SYSTEME COUPLE LAGUNAGE-LIT BACTERIEN.....</b>	<b>111</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>112</b>
ANNEXE .....	113
1.Plan du réseau d'assainissement des eaux usées.....	113
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>114</b>

## LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Carrefour plan giratoire.....</i>	<i>45</i>
<i>Figure 2 : Carrefour plan et croix.....</i>	<i>45</i>
<i>Figure 3 : Carrefour plan en T.....</i>	<i>46</i>
<i>Figure 4 : Ajustement des hauteurs des averses journalières maximales annuelles suivant la loi de GUMBEL.....</i>	<i>60</i>
<i>Figure 5: Algorithme du choix du système d'épuration.....</i>	<i>98</i>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1: Typologie de la voirie existante de la zone d'étude</b> .....	17
<b>Tableau 2: Mouvement de terre-Voirie, axe : Voie B_21_30_PDU</b> .....	26
<b>Tableau 3 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie C_7_12</b> .....	27
<b>Tableau 4: Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie D_9_15</b> .....	27
<b>Tableau 5: Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie E_11_18</b> .....	27
<b>Tableau 6 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie I_11_18</b> .....	27
<b>Tableau 7: Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie J_10_18</b> .....	28
<b>Tableau 8: Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie K_11_18</b> .....	28
<b>Tableau 9: Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie L_10_18</b> .....	28
<b>Tableau 10 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie M_10_14</b> .....	28
<b>Tableau 11 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie N_7_12</b> .....	28
<b>Tableau 12 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie J1_7_12</b> .....	29
<b>Tableau 13 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie N_7_12</b> .....	29
<b>Tableau 14 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie L3_7_12</b> .....	29
<b>Tableau 15 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie D1_7_13</b> .....	29
<b>Tableau 16: Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie D1_7_13</b> .....	30
<b>Tableau 17 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie Q_12_20</b> .....	30
<b>Tableau 18 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie H_7_12</b> .....	30
<b>Tableau 19 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie I_2_14_22</b> .....	30
<b>Tableau 20 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie T_7_12</b> .....	30
<b>Tableau 21 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voies S_10_15</b> .....	31
<b>Tableau 22 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie L2_12_16</b> .....	31
<b>Tableau 235 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie J2_7_11</b> .....	31
<b>Tableau 24 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie I1_7_10</b> .....	31
<b>Tableau 25 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie A1_11_10</b> .....	32
<b>Tableau 26 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie O_5_8</b> .....	32
<b>Tableau 27 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie M1_5_8</b> .....	32
<b>Tableau 28 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie P2_4_8</b> .....	32
<b>Tableau 29 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie P_3_5_8</b> .....	33
<b>Tableau 30 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie B1_5_8</b> .....	33
<b>Tableau 31: Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie P2_4_6</b> .....	33
<b>Tableau 32 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie M2_5_8</b> .....	33
<b>Tableau 33 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie R_7_10</b> .....	33
<b>Tableau 34 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie Q1_7_10</b> .....	34
<b>Tableau 35 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie E_6_10</b> .....	34
<b>Tableau 36 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie A2_5_7</b> .....	34
<b>Tableau 37 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie H1_5_8</b> .....	34
<b>Tableau 38 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: PISTE F2_3_5</b> .....	34
<b>Tableau 39: Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste F1_3_5</b> .....	35
<b>Tableau 40 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste B6_6_7</b> .....	35
<b>Tableau 41 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste B5_3_5</b> .....	35
<b>Tableau 42 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste G1_3_5</b> .....	35
<b>Tableau 43 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste N1_5_7</b> .....	35
<b>Tableau 44 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste B4_3_5</b> .....	36
<b>Tableau 45 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste L2_3_5</b> .....	36
<b>Tableau 46 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste J2_3_5</b> .....	36
<b>Tableau 47 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste P1_4_6</b> .....	36
<b>Tableau 48 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste A11_3_5</b> .....	36
<b>Tableau 49 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste A1_3_5</b> .....	37
<b>Tableau 50 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste B2_3_4 (1)</b> .....	37
<b>Tableau 51 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste B2_3_4</b> .....	37
<b>Tableau 52 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste B3_3_4</b> .....	37
<b>Tableau 53 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste L1_3_5</b> .....	37
<b>Tableau 54 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste J1_5_7</b> .....	37
<b>Tableau 55 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste U_4_6</b> .....	37
<b>Tableau 56 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste E1_3_5</b> .....	38
<b>Tableau 57 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste N3_4_6</b> .....	38
<b>Tableau 58 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste O3_4_6</b> .....	38

<b>Tableau 59 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste J21_3_5.....</b>	<b>38</b>
<b>Tableau 60 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste B1_3_4.....</b>	<b>38</b>
<b>Tableau 61 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste N2_3_5.....</b>	<b>38</b>
<b>Tableau 62 : Mouvement de terre, Récapitulatif.....</b>	<b>39</b>
<b>Tableau 63 : Epaisseur de la couche de forme en fonction de la classe de portance du sol.....</b>	<b>42</b>
<b>Tableau 64 : Récapitulatif des remblais d'emprunt .....</b>	<b>42</b>
<b>Tableau 65 : Corps de chaussée.....</b>	<b>44</b>
<b>Tableau 66 : Coefficient de ruissèlement selon le type d'occupation du sol.....</b>	<b>63</b>
<b>Tableau 67 : Caractéristiques hydrauliques de quelques sections.....</b>	<b>70</b>
<b>Tableau 68 : Valeurs limites des paramètres utilisés.....</b>	<b>89</b>
<b>Tableau 69 : Récapitulatif des quantités obtenues lors du dimensionnement.....</b>	<b>99</b>

## LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

<b>LABOGENIE</b>	Laboratoire National de Génie Civil
<b>APD</b>	Avant-projet Détaillé
<b>CDE</b>	Camerounaise des Eaux
<b>DC</b>	Dossier Confidentiel
<b>DCE</b>	Dossier de Consultation des Entreprises
<b>PK</b>	Point Kilométrique
<b>EP</b>	Eaux pluviales
<b>ICTAVRU</b>	Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines
<b>MAETUR</b>	Mission d'Aménagement et d'Équipement des Terrains Urbains et Ruraux
<b>MINHDU</b>	Ministère de l'habitat et du Développement Urbain
<b>VRU</b>	Voies Rapides Urbaines
<b>VU</b>	Voies Urbaines



# **INTRODUCTION GENERALE**

## CONTEXTE

Le MINHDU, par convention d'assistance technique N°0002672/MINHDU/MAETUR du 10 Octobre 2016, a mis sur pied un groupe de travail chargé de l'étude de restructuration/Rénovation des quartiers sous-structurés de la communauté Urbaine de Garoua ; Zone prioritaire 1. Les conclusions dudit groupe ont conduit à la délimitation d'une superficie d'environ 150ha à restructurer. La première phase qui consistait à faire le diagnostic et les études de faisabilités pour l'élaboration d'un plan de restructuration urbain nous a permis dans ce rapport de déboucher sur des propositions concrètes en termes de projet urbain détaillé.

La réalisation de ce projet détaillé se décline en cinq (5) Missions :

- Mission I : Diagnostic participatif
- Mission II : Etudes de faisabilité et plan de restructuration
- Mission III : Etude technique des programmes d'aménagement.
- Mission IV : Programmes d'intervention
- Mission V : stratégie de mobilisation des ressources et montage institutionnel de mise en œuvre
- Mission transversale aux 5 missions : ingénierie sociale.

## OBJECTIF

Le présent rapport correspond à la Mission 3 : Études Techniques. C'est dans ce rapport que sont fournis les indications sur l'aménagement à travers les plans spécifiques, distincts, les principes d'aménagement, tous de niveau APS. C'est aussi au cours de cette étape que les coûts des travaux sont évalués.

Les Études Techniques se divisent en deux (2) tomes.

Le **tome 1** de l'étude technique objet de la suite du développement, consistera à donner des précisions concernant :

- **Le terrassement et la voirie ;**
- **Le drainage des eaux pluviales ;**
- **L'assainissement des eaux usées.**



**Etude en vue de la restructuration / rénovation des quartiers sous-structures dans la communauté urbaine de Garoua : zone prioritaire n°1**



# PARTIE 1 : TERRASSEMENT ET VOIRIE

## I- RAPPEL DES DONNÉES SOCIO-ÉCONOMIQUES POUR LA VOIRIE / ÉTAT DES LIEUX

La voirie de la zone d'étude présente un maillage plus ou moins rectiligne, en damier à certains endroits avec des pistes et voies qui finissent parfois en cul de sac.

En prenant en compte la morphologie du terrain qui est sensiblement plate (Altitude variant de 159 à 200 mètres), nous optons, au stade initial pour une route en terre (ouverture des voies) qui pourra par la suite recevoir un revêtement suivant le phasage à définir par le Maître d'Ouvrage en phase opérationnelle.

### 1. Objectifs de l'étude

L'étude de terrassement portera sur les points suivants :

1. La coordination, la cohérence et la continuité entre les voiries ;
2. L'établissement des avants métrés des travaux;
3. L'évaluation des travaux;
4. L'établissement des plans suivants :
  - i. Plan d'ensemble ;
  - ii. Cahier des profils en long ;
  - iii. Cahier des Profils en travers types ;
  - iv. Cahier des tracés combinés.

Les normes techniques d'aménagement sont proposées selon les principales références suivantes :

- **VU : VOIRIE URBAINE** - Guide général de la voirie urbaine – Conception, Aménagement, Exploitation – CETUR ;
- **ICTA VRU** : Instructions sur les **C**onditions **T**echniques d'**A**ménagement des **V**oies **R**apides **U**rbaines – CETUR ;
- **ARP** : **A**ménagement des **R**outes **P**incipales – Recommandations techniques pour la conception générale et la géométrie de la route – SETRA – Août 1994 ;

- **CG** : Carrefours Giratoires – Les Carrefours Plans sur Routes Interurbaines – SETRA.

## II- AMÉNAGEMENT ROUTIER

Tableau 1: Typologie de la voirie existante de la zone d'étude

Typologies de voirie	Voie	Caractéristiques	Emprise	Linéaire	% linéaire
Voies primaire	Boulevard Président Ahmadou Ahidjo	Pénétrante Est : voie en BB en bon état.	22 m	1 250 ml	6,65 %
	Carrefour Yelwa-Carrefour Barmari	Voie en Enduit superficiel dégradé à 30%	10 m-14 m	920 ml	4,89 %
Voie secondaire	Carrefour Yelwa-Dépôt pétrolier (avenue Aladji Tidjani Amadou)	Voie en Enduit superficiel dégradé à 95%	10 m-14 m	980 ml	5,21 %
	Carrefour Small-Dépôt pétrolier	Voie en Enduit superficiel dégradé à 90%	8 m-16 m	734 ml	3,90 %
	Carrefour Fédéral-quartier Bamiléké	Voie en Enduit superficiel dégradé à 60%	8 m-18 m	350 ml	1,86 %
	Carrefour Fédéral-hôtel Tour d'argent	Voie en Enduit superficiel dégradé à 60%	8 m-12 m	250 ml	1,33 %
	Carrefour Yelwa-Eglise Catholique	Voie en BB en bon état	12 m-20 m	209 ml	1,11 %
	Carrefour Cimetière-quartier Bamiléké (T1)	Voie en Enduit superficiel en bon état	8 m-18 m	369 ml	1,96 %
	Carrefour Cimetière-quartier Bamiléké (T2)	Voie en terre dégradé à 50%	8 m-18 m	355 ml	1,89 %
	Avenue République centrafricaine	Voie en terre dégradé à 50%	10 m-14 m	640 ml	3,40 %

	Voie B	Voie en terre en bon état	14 m-22 m	620 ml	3,30 %
Voies tertiaires	Voie I	Voie en terre en bon état	12 m-18 m	297 ml	1,58 %
	Voie J	Voie en terre en bon état	12 m-18 m	590 ml	3,14 %
	Voie K	Voie en terre en bon état	12 m-18 m	556 ml	2,96 %
	Voie L	Voie en terre en bon état	12 m-18 m	612 ml	3,25 %
	Voie M	Voie en terre en bon état	12 m-18 m	300 ml	1,59 %
	Voie J'	Voie en terre dégradé à 50%	12 m-16 m	235 ml	1,25 %
	Carrefour Cimetière- quartier Nkolbives	Voie en terre dégradé à 50%	12 m-18 m	240 ml	1,28 %
	Voie S	Voie en terre en bon état	12 m-18 m	214 ml	1,14 %
	Voie R	Voie en terre dégradé à 20%	8 m-14 m	240 ml	1,28 %
	Voie Q	Voie en terre dégradé à 60%	10 m-14 m	382 ml	2,03 %
Piste ou ruelle		Voie piétonne	1 m - 3m	8 463 ml	45,00 %
Total				18 806 ml	100%

Tableau 2 : tableau descriptif des voies du projet

TABLEAU DESCRIPTIF DES VOIES																			
DESIGNATION			EMPRISE												RESEAUX DIVERS				
Type de voirie	Axe	Catégorie	Largeur emprise (m)	Chaussée				Accotements				Caniveaux				Eau	Elect.	Tél./Fibr Opt	EU
				Linéaire (m)	Largeur de chaussée (m)	Surface de chaussée (m <sup>2</sup> )	Revêtement	Largeur trottoir (m)	Nbre de trottoir	surface trottoir (m <sup>2</sup> )	Revêtement	Largeur TPC (m)	Caniveaux béton, section (m <sup>2</sup> )	Nbre de caniveaux					
Primaire	Voie B_21_30_PDU	U60	30	2737,6	21	57489,6	BB, 5cm	0,7	2	3832,64	Pavé, 11cm	0,7	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
Sous-Total 1				2737,6		57489,6				3832,64									
Secondaire	Voie C_7_12	U60	12	718,744	7	5031,21	BB, 5cm	0,8	2	1149,99	Pavé, 11cm	0	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie E_11_18	U60	18	699,762	11	7697,38	BB, 5cm	1,5	2	2099,29	Pavé, 11cm	0,6	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie I_11_18	U60	18	289,641	11	3186,05	BB, 5cm	1,5	2	868,92	Pavé, 11cm	0,6	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie J_10_18	U60	18	295,575	10	2955,75	BB, 5cm	1,5	2	886,73	Pavé, 11cm	1	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie K_11_18	U60	18	292,296	11	3215,26	BB, 5cm	1,5	2	876,89	Pavé, 11cm	0,6	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie L_10_18	U60	18	295,854	10	2958,54	BB, 5cm	1,5	2	887,56	Pavé, 11cm	1	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voies M_10_14	U60	14	297,21	7	2080,47	BB, 5cm	0,7	2	416,09	Pavé, 11cm	0	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie N_7_12	U60	12	1809,69	7	12667,85	BB, 5cm	0,8	2	2895,51	Pavé, 11cm	0	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie P_7_12	U60	12	796,887	7	5578,21	BB, 5cm	0,8	2	1275,02	Pavé, 11cm	0	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie J1_7_12	U60	12	282,098	7	1974,69	BB, 5cm	0,8	2	451,36	Pavé, 11cm	0	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie L3_7_12	U60	12	298,885	7	2092,20	BB, 5cm	0,8	2	478,22	Pavé, 11cm	0	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie D1_7_13	U60	13	227,263	7	1590,84	BB, 5cm	0,8	2	363,62	Pavé, 11cm	0	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie K1_7_13	U60	13	261,25	7	1828,75	BB, 5cm	0,8	2	418,00	Pavé, 11cm	0	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie Q_12_20	U60	20	213,326	12	2559,91	BB, 5cm	1,5	2	639,98	Pavé, 11cm	1	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie H_7_12	U60	12	938,144	7	6567,01	BB, 5cm	0,8	2	1501,03	Pavé, 11cm	0	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie I_2_14_22	U60	22	276,986	14	3877,80	BB, 5cm	1,5	2	830,96	Pavé, 11cm	1,2	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie T_7_12	U60	12	521,147	7	3648,03	BB, 5cm	0,8	2	833,84	Pavé, 11cm	0	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI	
Voies S_10_15	U60	15	281,712	10	2817,12	BB, 5cm	0,7	2	394,40	Pavé, 11cm	0	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI		
Voie L2_12_16	U60	16	281,363	12	3376,36	BB, 5cm	0,6	2	337,64	Pavé, 11cm	0,6	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI		
Voie J2_7_11	U60	11	232,814	7	1629,70	BB, 5cm	0,8	2	372,50	Pavé, 11cm	0	0,6*0,5	2	OUI	OUI	OUI	OUI		
Sous-Total 2				9310,65		77333,12				17977,53									

TABLEAU DESCRIPTIF DES VOIES																			
DESIGNATION			EMPRISE												RESEAUX DIVERS				
Type de voirie	Axe	Catégorie	Largeur emprise (m)	Chaussée				Accotements				Caniveaux				Eau	Elect.	Tél./Fibr Opt	EU
				Linéaire (m)	Largeur de chaussée (m)	Surface de chaussée (m <sup>2</sup> )	Revetement	Largeur trottoir (m)	Nbre de trottoir	surface trottoir (m <sup>2</sup> )	Revêtement	Largeur TPC (m)	Caniveaux béton, section (m <sup>2</sup> )	Nbre de caniveaux					
Tertiaire	Voie I1_7_10	U60	10	1213,19	7	8492,30	BC, 2cm	0,6	2	1455,82	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie A1_7_10	U60	10	708,081	7	4956,57	BC, 2cm	0,6	2	849,70	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie O_5_8	U60	8	747,587	5	3737,94	BC, 2cm	0,7	2	1046,62	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie M1_5_8	U60	8	321,87	5	1609,35	BC, 2cm	0,7	2	450,62	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie P_3_5_8	U60	8	330,363	5	1651,82	BC, 2cm	0,7	2	462,51	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie P2_4_8	U60	8	323,536	4	1294,14	BC, 2cm	0,7	2	452,95	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie B1_5_8	U60	8	614,43	5	3072,15	BC, 2cm	0,7	2	860,20	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie B_2_5_8	U60	8	152,867	5	764,34	BC, 2cm	0,7	2	214,01	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie L1_6_9	U60	9	215,982	6	1295,89	BC, 2cm	0,7	2	302,37	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie P2_4_6	U60	6	259,586	4	1038,34	BC, 2cm	0,5	1	129,79	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie P1_5_8	U60	8	326,114	5	1630,57	BC, 2cm	0,7	2	456,56	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie M2_5_8	U60	8	309,964	5	1549,82	BC, 2cm	0,7	2	433,95	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie R_7_10	U60	10	230,621	7	1614,35	BC, 2cm	0,6	2	276,75	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie Q1_7_10	U60	10	368,088	7	2576,62	BC, 2cm	0,6	2	441,71	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Voie E_6_10	U60	10	699,762	6	4198,57	BC, 2cm	0,7	2	979,67	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
Voie A2_5_7	U60	7	181,687	5	908,44	BC, 2cm	0,7	1	127,18	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI		
Voie H1_5_8	U60	8	983,857	5	4919,29	BC, 2cm	0,7	2	1377,40	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI		
Sous-Total 3				7987,58		45310,47				10317,81									

TABLEAU DESCRIPTIF DES VOIES																			
DESIGNATION			EMPRISE												RESEAUX DIVERS				
Type de voirie	Axe	Catégorie	Largeur emprise (m)	Chaussée				Accotements				Caniveaux				Eau	Elect.	Tél./Fibr Opt	EU
				Linéaire (m)	Largeur de chaussée (m)	Surface de chaussée (m <sup>2</sup> )	Revetement	Largeur trottoir (m)	Nbre de trottoir	surface trottoir (m <sup>2</sup> )	Revetement	Largeur TPC (m)	Caniveaux béton, section (m <sup>2</sup> )	Nbre de caniveaux					
Pistes Carrossables	PISTE F2_3_5	U60	5	164,893	3	494,68	BC, 2cm	0,5	1	82,45	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste F1_3_5	U60	5	214,21	3	642,63	BC, 2cm	0,5	1	107,11	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste B6_6_7	U60	7	201,6	6	1209,60	BC, 2cm	0,7	1	141,12	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste B5_3_5	U60	5	308,246	3	924,74	BC, 2cm	0,5	1	154,12	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste G1_3_5	U60	5	182,113	3	546,34	BC, 2cm	0,5	1	91,06	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste N1_5_7	U60	7	131,189	5	655,95	BC, 2cm	0,7	1	91,83	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste B4_3_5	U60	5	363,682	3	1091,05	BC, 2cm	0,5	1	181,84	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste L2_3_5	U60	5	86,094	3	258,28	BC, 2cm	0,5	1	43,05	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste J2_3_5	U60	5	102,345	3	307,04	BC, 2cm	0,5	1	51,17	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste P1_4_6	U60	6	133,104	4	532,42	BC, 2cm	0,5	1	66,55	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste A11_3_5	U60	5	109,312	3	327,94	BC, 2cm	0,5	1	54,66	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste A1_3_5	U60	5	117,976	3	353,93	BC, 2cm	0,5	1	58,99	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste B2_3_4 (1)	U60	4	107,074	3	321,22	BC, 2cm	0,5	1	53,54	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste B2_3_4	U60	4	125,715	3	377,15	BC, 2cm	0	0	0,00	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste B3_3_4	U60	4	196,845	3	590,54	BC, 2cm	0	0	0,00	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste L1_3_5	U60	5	232,399	3	697,20	BC, 2cm	0,5	1	116,20	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste J1_5_7	U60	7	166,675	5	833,38	BC, 2cm	0,7	1	116,67	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste U_4_6	U60	6	109,885	4	439,54	BC, 2cm	0,5	1	54,94	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste E1_3_5	U60	5	106,659	3	319,98	BC, 2cm	0,5	1	53,33	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Piste N3_4_6	U60	6	94,041	4	376,16	BC, 2cm	0,5	1	47,02	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI	
Piste O3_4_6	U60	6	136,407	4	545,63	BC, 2cm	0,5	1	68,20	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI		
Piste J21_3_5	U60	5	104,129	3	312,39	BC, 2cm	0,5	1	52,06	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI		
Piste B1_3_4	U60	4	62,487	3	187,46	BC, 2cm	0	0	0,00	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI		
Piste N2_3_5	U60	5	92,389	3	277,17	BC, 2cm	0,5	1	46,19	Pavé, 11cm	0	0,4*0,5	1	OUI	OUI	OUI	OUI		
Sous-Total 4					3649,47		12622,37			1732,10									
<b>TOTAL (1+2+3+4)</b>					23685,30		192755,56			33860,08									

## 1. Caractéristiques de l'étude géométrique et technique du projet

Le choix du type de route est guidé par un ensemble de contraintes qui permettent, surtout, d'assurer la cohérence entre les interfaces de la route avec son environnement d'une part, et les principales caractéristiques d'autre part.

Ainsi, la route du projet est classée dans la catégorie U de type U60, suivant les instructions sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines (ICTAVRU). En effet, sur les voies de type U, les courbes de faible rayon ne sont pas nécessairement déversées vers l'intérieur du virage ; ce sont les conditions d'évacuation des eaux qui sont déterminantes. Les caractéristiques du tracé en plan et du profil en long sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 Caractéristiques générales des tracés

Catégorie de la voirie		U60
Vitesse de Référence (km/h)	Voirie Primaire	60
	Voiries secondaires et tertiaires	40-60
Tracé en plan	Rayon minimal: Rm (m)	120
	Rayon non déversé: Rnd (m)	200
Dévers	Dévers maximal	7%
	Devers minimal (%)	2,5%
Profil en long	Déclivité maximale autorisée $\Pi$ (%)	4%
	Rayon minimal en angle saillant (m)	1000
	Rayon normal en angle saillant (m)	1600
	Rayon minimal en angle rentrant (m)	530
	Rayon normal en angle rentrant (m)	1000
Distance d'arrêt d (m)	<b>70</b>	

Les voies primaire et secondaire seront des voies rapides urbaines à caractéristiques non autoroutières de **type U60** offrant un bon niveau de confort aux véhicules circulant entre 40 et 60 km/h.

Les voies U60 sont des voies dont les objectifs sont les :

- ✓ Relations fonctionnelles avec un site très urbanisé ou à devenir très urbanisé ;

- ✓ Trafics d'échanges et locaux prépondérants ;
- ✓ Points d'échanges fréquents assurant une bonne irrigation du tissu traversé ;
- ✓ Intégration éventuelle dans leur emprise, mais de façon séparée des chaussées (contre-allées), d'aménagements pour deux-roues légers et piétons ;
- ✓ Contraintes naturelles (terrain accidenté).

## 2. Profils en travers type pour les études de terrassement

**Pour nos études de terrassement**, les profils en travers en toît qui ont été adoptés contiennent les éléments suivants :

- Une ou Deux chaussées de dimensions variables selon l'emprise de la route ;
- Un ou deux accotements selon l'emprise ;
- Des fossés de section triangulaire avant le talus de déblai ou de remblai de pentes 2/1 et 2/3 respectivement ;
- Des bermes éventuelles selon l'emprise de la route ;
- Des entrées en terre avec des talus de 1/1 et 2/3 respectivement en déblais et remblais ;
- Une sur-largeur de plateforme au niveau des grands remblais.

Les profils en travers courant sont obtenus à l'aide des profils types définis dans le logiciel AUTOCAD-CIVIL 3D. Étant donné que nous sommes à la phase de terrassement des voies, nous ne présenterons pas ici les profils en travers courants.

### 3. Tracé en plan

Les principales précautions à prendre ici consistent à :

- Éviter une extrémité d'alignements droits importants ( $L > 2 \text{ km}$ ) et quelle que soit la catégorie, les courbes de rayon  $< R_{\min}$  ;
- Dans le cas où l'on ne tient pas compte des valeurs minimales des rayons, les conditions d'enchaînement 1 et 2 s'appliquent mais doivent être complétées par une indication : si un virage de faible rayon fait suite à un alignement droit de moins de 500 m de longueur ( $L$ ), il est recommandé dans la mesure du possible de vérifier que :  $R > L/4$

La voirie a été fragmentée en axes géométriques et les études de tracés ont abouti sur les résultats consignés dans le tracé en plan joint à ce document.

### 4. Profils en long de la voirie

La topographie étant une plaine en pente douce vers la Bénoué, non loin de la zone d'étude, le calage des profils en long de la voirie est mené dans l'objectif d'assurer une optimisation autant que possible entre les volumes de déblais et les volumes de remblais. Cette optimisation rencontre bien entendu les contraintes liées aux raccordements des voies qui se croisent et les conditions à observer pour assurer une bonne visibilité dans les carrefours ainsi que les contraintes liées au drainage routier.

Le tracé doit obéir aux principes suivants :

- Le respect des valeurs minimales des rayons en angle rentrant ou en angle saillant en fonction de la vitesse de référence adoptée doivent être respectés ;
- La valeur limite indiquée des déclivités doit être respectées;
- Un écrêtement des bosses afin d'améliorer les conditions de visibilité notamment au niveau des sommets en angle saillant doit être fait (le cas échéant). Ceci doit se faire en essayant d'optimiser au maximum l'équilibre déblais/remblais ;
- Un rehaussement du profil en long dans les passages en zones inondables afin de mettre la plateforme hors d'eau ;
- Le rehaussement du profil en long au droit des ouvrages hydrauliques de manière à permettre leur calage correct par rapport aux "fil d'eau" naturels des écoulements ;
- L'amélioration du profil en long à l'approche des ouvrages d'art afin de tenir compte des hauteurs nécessaires pour l'ouvrage (Remous + PHE + Tirant d'air + Structure);

- L'amélioration du profil en long au niveau des zones plates afin d'assurer une pente minimale de 0,5% (le cas échéant 0,3%) permettant l'écoulement des eaux dans les ouvrages longitudinaux;
- Respecter la contrainte du seuil de dénivelée +/- 1 m ;
- Dans le même esprit, dans le calage de la ligne rouge des voies, nous avons cherché à optimiser le réseau de drainage des eaux pluviales et de maximiser le drainage d'une manière gravitaire et superficielle, en suivant les tendances des pentes naturelles du terrain ;
- Les pentes maximales adoptées du profil en long sont de l'ordre de 12%, leur minimum est de 2.5%.

## 5. Évaluation des dévers

Pour une route bidirectionnelle, comme c'est le cas de la plupart des voies dans la présente étude, le basculement de la chaussée s'effectue autour de son axe. La variation du dévers est linéaire le long du raccordement progressif.

Les courbes de rayon supérieur ou égal à  $R_{nd}$  ne sont généralement pas déversées vers l'intérieur du virage et conservent un profil en toit.

Les courbes de rayon compris entre  $R_{nd}$  et  $R_{dm}$  sont déversées vers l'intérieur du virage avec une pente de 2,5%.

Les courbes de rayon  $R$  inférieur à  $R_{dm}$  sont déversées vers l'intérieur du virage avec une pente transversale dont la valeur est fixée par interpolation linéaire en fonction de  $1/R$  entre 2,5% pour  $R_{dm}$  et 7% pour le rayon minimal  $R_m$ .

Les valeurs des dévers en fonction des rayons en plan pour les différentes catégories de routes sont données par la formule  $D = 0,86 + 736,4 / R$ .

### III- MOUVEMENTS DE TERRE

#### a. Évaluation des volumes de terrassement

Cette évaluation s'est effectuée avec le principe de calcul de cubatures entre le modèle numérique dit par « prisme » du logiciel Autocad Civil-3D entre la ligne du terrain naturel et la ligne de projet.

Tableau 2: Mouvement de terre-Voirie, axe : Voie B\_21\_30\_PDU

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+075,000	12,34	0	0	0,23	0	0	0	0	0
0+150,000	4,57	634,25	634,25	1,56	67,22	634,25	634,25	67,22	567,02
0+334,913	17,8	2072,81	2072,81	0	143,4	2707,06	2707,06	210,62	2496,44
0+394,946	15,36	992,79	992,79	0	0	3699,84	3699,84	210,63	3489,22
0+469,946	16,08	1178,97	1178,97	0	0	4878,81	4878,81	210,63	4668,19
0+544,946	8,82	933,69	933,69	0	0	5812,5	5812,5	210,63	5601,88
0+619,946	0	330,79	330,79	16,06	602,15	6143,29	6143,29	812,77	5330,52
0+694,946	0	0,03	0,03	11,91	1048,88	6143,32	6143,32	1861,65	4281,67
0+769,946	0	0,03	0,03	13,07	937,02	6143,35	6143,35	2798,67	3344,68
0+833,259	0,14	3,77	3,77	5,85	617,06	6147,12	6147,12	3415,73	2731,39
0+961,739	0	9,08	9,08	22,94	1850,94	6156,2	6156,2	5266,67	889,53
1+026,228	0	0	0	27,64	1633,17	6156,2	6156,2	6899,84	-743,64
1+101,228	0	0	0	19,76	1777,39	6156,2	6156,2	8677,23	-2521,03
1+204,926	13,67	708,84	708,84	0	1024,77	6865,04	6865,04	9702	-2836,96
1+230,851	20,12	439,67	439,67	0	0	7304,71	7304,71	9702	-2397,29
1+307,747	16,22	1397,34	1397,34	0	0	8702,06	8702,06	9702	-999,95
1+382,747	0,92	642,56	642,56	1,77	66,23	9344,62	9344,62	9768,23	-423,61
1+445,163	1,01	61,01	61,01	2,1	119,68	9405,63	9405,63	9887,91	-482,27
1+521,872	8,42	361,66	361,66	0	80,55	9767,29	9767,29	9968,46	-201,17
1+596,872	6,19	547,93	547,93	0,06	2,2	10315,22	10315,22	9970,66	344,56
1+717,992	12,85	1155,13	1155,13	0,07	8,02	11470,34	11470,34	9978,67	1491,67
1+792,992	15,03	1045,83	1045,83	0	2,79	12516,17	12516,17	9981,47	2534,71
1+852,546	9,28	720,8	720,8	0,18	5,91	13236,98	13236,98	9987,37	3249,6
1+917,651	7,87	550,72	550,72	0	6,72	13787,69	13787,69	9994,09	3793,6
2+057,050	2,78	739,5	739,5	0,5	36,16	14527,19	14527,19	10030,25	4496,94
2+110,842	1,14	102,49	102,49	1,88	64,64	14629,68	14629,68	10094,89	4534,8
2+179,836	13,02	490,84	490,84	0	64,66	15120,52	15120,52	10159,55	4960,97
2+204,836	14,87	341,1	341,1	0	0	15461,62	15461,62	10159,55	5302,07
2+229,836	9,34	298,19	298,19	0,04	0,58	15759,82	15759,82	10160,13	5599,68
2+254,836	7,02	197,63	197,63	0,45	6,77	15957,44	15957,44	10166,91	5790,54
2+279,836	8,12	180,72	180,72	0	6,19	16138,16	16138,16	10173,09	5965,07
2+304,836	8,76	207,01	207,01	0	0	16345,18	16345,18	10173,09	6172,09
2+430,464	9,34	1139,72	1139,72	0,09	5,26	17484,9	17484,9	10178,36	7306,54
2+646,880	13,23	2442,44	2442,44	0	9,21	19927,34	19927,34	10187,56	9739,77
2+721,880	15,73	1085,97	1085,97	0	0	21013,31	21013,31	10187,56	10825,75

**Tableau 3 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie C 7\_12**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+080,079	2,86	0	0	0	0	0	0	0	0
0+130,079	1,77	115,79	115,79	0	0,25	115,79	115,79	0,25	115,54
0+218,503	4,28	267,39	267,39	0	0,13	383,18	383,18	0,38	382,8
0+280,349	3,61	243,88	243,88	0	0	627,06	627,06	0,38	626,68
0+337,845	3,65	208,58	208,58	0	0	835,64	835,64	0,38	835,26
0+449,842	1,75	302,29	302,29	0,04	2,21	1137,93	1137,93	2,59	1135,34
0+474,842	2,79	56,73	56,73	0,02	0,77	1194,66	1194,66	3,36	1191,3
0+499,842	1,88	58,25	58,25	0	0,28	1252,91	1252,91	3,63	1249,27
0+524,842	2,32	51,83	51,83	0	0,12	1304,74	1304,74	3,75	1300,99
0+588,551	4,54	217,78	217,78	0	0,28	1522,52	1522,52	4,03	1518,48
0+638,551	1,79	158,1	158,1	0	0	1680,62	1680,62	4,03	1676,58
0+688,551	2,68	111,69	111,69	0	0	1792,31	1792,31	4,04	1788,27

**Tableau 4 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie D\_9\_15**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+050,000	4,35	0	0	0	0	0	0	0	0
0+101,151	3,11	190,77	190,77	0	0	190,77	190,77	0	190,77
0+172,632	4,52	272,74	272,74	0	0	463,51	463,51	0	463,51
0+212,907	3,38	159,15	159,15	0	0	622,66	622,66	0	622,66
0+280,493	5,2	290,14	290,14	0	0	912,8	912,8	0	912,8
0+349,458	3,26	291,71	291,71	0,05	1,84	1204,51	1204,51	1,84	1202,66
0+397,990	2,92	150,07	150,07	0,09	3,34	1354,58	1354,58	5,18	1349,4
0+468,528	3,78	236,52	236,52	0	3,01	1591,1	1591,1	8,19	1582,91
0+542,454	3,22	258,98	258,98	0	0	1850,08	1850,08	8,19	1841,89
0+592,454	3,19	160,29	160,29	0	0	2010,37	2010,37	8,19	2002,18
0+642,454	1,96	128,74	128,74	0,04	1,07	2139,12	2139,12	9,26	2129,85

**Tableau 5 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie E\_11\_18**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+050,000	7,3	0	0	0	0	0	0	0	0
0+077,068	6,77	190,71	190,71	0	0	190,71	190,71	0	190,71
0+169,211	4,37	513,14	513,14	0	0	703,84	703,84	0	703,84
0+220,465	6,51	278,96	278,96	0	0	982,81	982,81	0	982,81
0+283,138	4,65	349,34	349,34	0	0	1332,15	1332,15	0	1332,15
0+342,889	6,5	333,09	333,09	0	0	1665,24	1665,24	0	1665,24
0+415,123	7,14	493,17	493,17	0	0	2158,42	2158,42	0	2158,42
0+482,320	5,95	439,8	439,8	0	0,31	2598,21	2598,21	0,31	2597,9
0+502,320	5,8	117,17	117,17	0	0,19	2715,38	2715,38	0,5	2714,88
0+572,198	7,87	483,4	483,4	0	0,31	3198,78	3198,78	0,81	3197,97
0+639,641	7,65	524,93	524,93	0,08	2,71	3723,71	3723,71	3,51	3720,2
0+689,641	6,26	347,83	347,83	0,11	4,76	4071,54	4071,54	8,28	4063,27

**Tableau 6 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie I\_11\_18**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+050,000	5,32	0	0	0,59	0	0	0	0	0
0+084,121	2,67	135,7	135,7	0,49	18,7	135,7	135,7	18,7	117
0+153,263	11,41	487,42	487,42	0	16,73	623,12	623,12	35,43	587,7
0+205,244	8,09	506,95	506,95	0	0	1130,07	1130,07	35,43	1094,64
0+255,244	8,4	412,31	412,31	0	0,08	1542,38	1542,38	35,5	1506,87

**Tableau 7: Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie J\_10\_18**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+050,000	0	0	0	3,77	0	0	0	0	0
0+135,191	8,16	347,78	347,78	0	160,3	347,78	347,78	160,3	187,49
0+185,191	11,35	487,7	487,7	0	0	835,49	835,49	160,3	675,19
0+235,191	8,15	487,38	487,38	0	0	1322,87	1322,87	160,3	1162,57
0+285,191	7,08	380,58	380,58	0,17	4,15	1703,45	1703,45	164,44	1539,01

**Tableau 8: Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie K\_11\_18**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+050,000	1,39	0	0	0,56	0	0	0	0	0
0+100,000	3,33	118,14	118,14	0,55	27,82	118,14	118,14	27,82	90,32
0+192,633	9	571,17	571,17	0	25,65	689,31	689,31	53,47	635,85
0+242,633	4,82	345,5	345,5	0,32	8,12	1034,81	1034,81	61,59	973,22

**Tableau 9: Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie L\_10\_18**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+050,000	5,49	0	0	0,26	0	0	0	0	0
0+100,000	2,18	191,94	191,94	0,69	23,7	191,94	191,94	23,7	168,24
0+135,853	2,31	80,66	80,66	0,6	23,32	272,6	272,6	47,02	225,58
0+203,244	5,58	265,53	265,53	0,03	21,55	538,13	538,13	68,57	469,56
0+234,785	6,83	196,55	196,55	0,06	1,42	734,67	734,67	69,99	664,69
0+287,739	6,12	342,75	342,75	0	1,66	1077,43	1077,43	71,65	1005,78

**Tableau 10 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie M\_10\_14**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+253,449	6,02	0	0	0,06	0	0	0	0	0
0+203,449	5,85	-296,92	-296,92	0,03	-2,23	-296,92	-296,92	-2,23	-294,69
0+100,000	3,9	-504,55	-504,55	0,37	-21,01	-801,48	-801,48	-23,24	-778,23
0+050,000	4,48	-209,46	-209,46	0,1	-11,78	-1010,94	-1010,94	-35,02	-975,91

**Tableau 11 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie N\_7\_12**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+054,675	1,09	0	0	0	0	0	0	0	0
0+074,675	2,66	37,54	37,54	0,02	0,27	37,54	37,54	0,27	37,27
0+139,726	1,15	124,17	124,17	0,38	12,93	161,7	161,7	13,2	148,51
0+231,082	6,47	347,07	347,07	0	17,37	508,77	508,77	30,57	478,2
0+363,765	1,07	500,33	500,33	0,42	27,48	1009,1	1009,1	58,05	951,05
0+456,720	3,7	221,65	221,65	0	19,28	1230,75	1230,75	77,33	1153,42
0+534,548	1,29	194,36	194,36	0,02	0,75	1425,11	1425,11	78,08	1347,03
0+576,296	0,75	42,65	42,65	0,09	2,21	1467,76	1467,76	80,29	1387,47
0+676,435	2,74	174,63	174,63	0	4,59	1642,4	1642,4	84,88	1557,52
0+696,435	2,75	54,86	54,86	0	0,06	1697,25	1697,25	84,93	1612,32
0+763,181	4,76	250,64	250,64	0	0	1947,89	1947,89	84,94	1862,95

**Tableau 12 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie\_J1\_7\_12**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+050,000	0	0	0	3,08	0	0	0	0	0
0+128,470	0	0	0	3,35	252,66	0	0	252,66	-252,66
0+198,765	0,22	7,66	7,66	1,68	177,12	7,66	7,66	429,78	-422,11
0+248,765	0,96	29,35	29,35	0,49	54,31	37,01	37,01	484,08	-447,07

**Tableau 13 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie N\_7\_12**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+050,000	1,95	0	0	0,15	0	0	0	0	0
0+100,000	1,48	85,9	85,9	0,35	12,42	85,9	85,9	12,42	73,48
0+150,000	0,96	60,96	60,96	0,26	15,09	146,86	146,86	27,51	119,35
0+216,478	0,29	41,29	41,29	1,28	50,95	188,15	188,15	78,46	109,7
0+285,378	2,17	84,81	84,81	0,05	45,33	272,97	272,97	123,79	149,18
0+338,382	1,81	105,23	105,23	0,04	2,39	378,19	378,19	126,18	252,02
0+388,382	3,84	141,2	141,2	0,08	2,99	519,39	519,39	129,17	390,22
0+453,531	4,28	264,38	264,38	0,02	3	783,77	783,77	132,18	651,59
0+540,591	1,28	241,68	241,68	0,6	27,01	1025,44	1025,44	159,18	866,26
0+590,591	0,46	43,37	43,37	1,13	43,42	1068,81	1068,81	202,6	866,21
0+709,362	0,86	78,25	78,25	0,41	91,72	1147,06	1147,06	294,32	852,75
0+759,362	1,52	59,52	59,52	0,45	21,61	1206,59	1206,59	315,93	890,65
0+807,801	0,09	39,04	39,04	0,83	30,87	1245,63	1245,63	346,8	898,82
0+898,353	0	3,96	3,96	2,81	165	1249,59	1249,59	511,8	737,79
0+953,259	1,69	46,38	46,38	0,27	84,69	1295,97	1295,97	596,49	699,48
0+981,225	1,18	39,56	39,56	0,33	8,68	1335,53	1335,53	605,17	730,36
1+026,233	3,92	114,89	114,89	0	7,33	1450,42	1450,42	612,5	837,92
1+112,540	1,09	215,95	215,95	0,02	0,71	1666,37	1666,37	613,21	1053,16
1+162,540	3,21	107,55	107,55	0	0,48	1773,92	1773,92	613,68	1160,24
1+196,340	3,7	116,66	116,66	0	0,05	1890,59	1890,59	613,73	1276,86
1+253,161	4,42	230,73	230,73	0	0	2121,31	2121,31	613,73	1507,59
1+299,566	2,22	154,11	154,11	0	0	2275,43	2275,43	613,73	1661,7
1+387,520	2,04	187,54	187,54	0,02	0,87	2462,97	2462,97	614,6	1848,37
1+578,137	4,48	622,17	622,17	0	1,89	3085,14	3085,14	616,49	2468,66
1+628,137	3,07	188,84	188,84	0	0,02	3273,98	3273,98	616,51	2657,48
1+689,011	2,31	163,93	163,93	0	0,03	3437,91	3437,91	616,53	2821,38
1+739,346	4,42	169,4	169,4	0	0	3607,31	3607,31	616,54	2990,77
1+789,346	4,1	212,96	212,96	0	0	3820,27	3820,27	616,54	3203,73

**Tableau 14 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie L3\_7\_12**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+052,318	4,19	0	0	0	0	0	0	0	0
0+127,692	4,82	339,55	339,55	0	0	339,55	339,55	0	339,55
0+200,300	2,69	272,42	272,42	0,06	2,21	611,96	611,96	2,21	609,75
0+250,300	2,05	118,41	118,41	0,02	2,12	730,37	730,37	4,33	726,04

**Tableau 15 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie D1\_7\_13**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+080,020	1,52	0	0	0,05	0	0	0	0	0
0+185,791	2,05	188,47	188,47	0,04	4,63	188,47	188,47	4,63	183,84
0+212,113	3,52	73,31	73,31	0	0,48	261,78	261,78	5,1	256,68

**Tableau 16: Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie D1\_7\_13**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+080,020	1,52	0	0	0,05	0	0	0	0	0
0+185,791	2,05	188,47	188,47	0,04	4,63	188,47	188,47	4,63	183,84
0+212,113	3,52	73,31	73,31	0	0,48	261,78	261,78	5,1	256,68

**Tableau 17 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie Q\_12\_20**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+050,000	5,31	0	0	0,12	0	0	0	0	0
0+100,000	11,61	423,08	423,08	0	3,12	423,08	423,08	3,12	419,96
0+150,000	4,6	405,3	405,3	0	0,22	828,38	828,38	3,34	825,04
0+200,000	5,21	245,38	245,38	0	0,44	1073,76	1073,76	3,78	1069,98

**Tableau 18 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie H\_7\_12**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+054,101	3,45	0	0	0	0	0	0	0	0
0+152,582	0	169,75	169,75	8,37	412,34	169,75	169,75	412,34	-242,59
0+202,582	0	0	0	4,65	325,45	169,75	169,75	737,79	-568,05
0+282,335	0,05	2	2	4,14	350,56	171,75	171,75	1088,35	-916,6
0+332,335	0	1,26	1,26	6,73	271,89	173	173	1360,24	-1187,24
0+429,477	0,17	8,38	8,38	1,98	423,41	181,39	181,39	1783,65	-1602,26
0+479,477	0	4,31	4,31	2,56	113,63	185,7	185,7	1897,28	-1711,58
0+588,355	3,11	169,4	169,4	0,01	140,04	355,1	355,1	2037,32	-1682,22
0+673,781	3,18	268,62	268,62	0	0,52	623,72	623,72	2037,84	-1414,12
0+723,781	4,47	191,22	191,22	0	0	814,94	814,94	2037,84	-1222,9
0+827,268	0,53	258,91	258,91	0,39	20,36	1073,85	1073,85	2058,2	-984,35
0+877,268	2,59	78,13	78,13	0,14	13,46	1151,98	1151,98	2071,65	-919,67
0+927,268	3,91	162,5	162,5	0	3,62	1314,48	1314,48	2075,27	-760,79

**Tableau 19 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie I\_2\_14\_22**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+050,000	0	0	0	13,79	0	0	0	0	0
0+100,000	0	0,19	0,19	18,89	817,01	0,19	0,19	817,01	-816,82
0+150,000	0	0	0	18,59	937,07	0,19	0,19	1754,08	-1753,89
0+200,000	0,01	0,26	0,26	11,5	752,23	0,45	0,45	2506,31	-2505,86
0+250,000	0,72	18,19	18,19	3,63	378,12	18,65	18,65	2884,43	-2865,79

**Tableau 20 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie T\_7\_12**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+050,000	0,03	0	0	3,55	0	0	0	0	0
0+100,000	0	0,85	0,85	6,33	246,97	0,85	0,85	246,97	-246,12
0+150,000	0,01	0,35	0,35	4,16	262,26	1,2	1,2	509,23	-508,03
0+190,605	0,18	3,92	3,92	1,77	120,5	5,11	5,11	629,73	-624,61
0+240,605	4,68	121,47	121,47	0	44,33	126,58	126,58	674,05	-547,47
0+290,605	8,11	319,77	319,77	0	0	446,35	446,35	674,05	-227,7
0+340,605	4,95	326,47	326,47	0	0	772,82	772,82	674,05	98,77
0+390,684	0,56	137,97	137,97	0,17	4,35	910,79	910,79	678,4	232,39
0+467,190	0	21,67	21,67	4,42	175,6	932,45	932,45	854	78,46

**Tableau 21 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voies S\_10\_15**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+068,801	8,01	0	0	0	0	0	0	0	0
0+088,801	10,55	186,57	186,57	0	0,01	186,57	186,57	0,01	186,56
0+150,884	5,71	505,72	505,72	0,04	1,2	692,3	692,3	1,21	691,08
0+200,884	16,6	557,63	557,63	0	1	1249,92	1249,92	2,21	1247,72
0+250,884	0,5	427,41	427,41	0,83	20,87	1677,33	1677,33	23,07	1654,26

**Tableau 22 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie L2\_12\_16**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+050,000	3,09	0	0	0,09	0	0	0	0	0
0+100,000	6,24	233,22	233,22	0	2,19	233,22	233,22	2,19	231,03
0+150,000	11,11	433,72	433,72	0	0	666,94	666,94	2,19	664,74
0+200,000	12,39	587,3	587,3	0	0	1254,24	1254,24	2,19	1252,04
0+250,000	8,32	517,57	517,57	0	0,23	1771,81	1771,81	2,42	1769,39

**Tableau 235 : Mouvement de terre - Voirie Secondaire, Axe: Voie J2\_7\_11**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+039,425	4,97	0	0	0	0	0	0	0	0
0+167,622	3,97	572,83	572,83	0	0	572,83	572,83	0	572,83
0+198,032	2,72	101,24	101,24	0	0	674,06	674,06	0	674,06

**Tableau 24 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie I1\_7\_10**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+050,000	1,8	0	0	0,13	0	0	0	0	0
0+100,000	2,78	114,41	114,41	0,18	7,58	114,41	114,41	7,58	106,83
0+181,697	3,24	245,81	245,81	0,07	10,23	360,22	360,22	17,81	342,41
0+231,697	1,62	121,55	121,55	0,1	4,41	481,77	481,77	22,22	459,55
0+282,445	7,01	219,18	219,18	0	2,61	700,95	700,95	24,83	676,12
0+309,554	6,46	182,31	182,31	0	0	883,25	883,25	24,83	858,43
0+413,251	3,8	531,35	531,35	0	0	1414,6	1414,6	24,83	1389,77
0+486,710	0	139,36	139,36	4,1	150,71	1553,97	1553,97	175,54	1378,43
0+542,016	0,05	1,31	1,31	3,43	208,09	1555,28	1555,28	383,63	1171,65
0+614,960	0,22	9,69	9,69	1,1	165,58	1564,96	1564,96	549,21	1015,76
0+634,960	0,74	9,56	9,56	0,33	14,5	1574,53	1574,53	563,71	1010,82
0+698,630	0,51	39,96	39,96	0,23	17,91	1614,49	1614,49	581,62	1032,87
0+738,255	0,54	20,85	20,85	0,7	18,34	1635,34	1635,34	599,96	1035,38
0+758,255	0,32	8,56	8,56	1,35	20,44	1643,9	1643,9	620,4	1023,5
0+778,255	1,56	18,71	18,71	0,21	15,59	1662,61	1662,61	635,99	1026,62
0+798,255	2,53	40,93	40,93	0,16	3,61	1703,54	1703,54	639,59	1063,94
0+818,255	3,16	56,96	56,96	0,06	2,11	1760,5	1760,5	641,71	1118,79
0+838,255	3	61,54	61,54	0,05	1,11	1822,04	1822,04	642,82	1179,22
0+858,255	3,27	62,77	62,77	0	0,53	1884,81	1884,81	643,35	1241,46
0+878,255	4,86	81,55	81,55	0	0	1966,36	1966,36	643,35	1323,01
0+947,608	0,3	179,29	179,29	0,46	15,98	2145,65	2145,65	659,33	1486,32
1+023,802	1,05	51,67	51,67	0,12	22,32	2197,32	2197,32	681,65	1515,67
1+058,845	3,51	80,02	80,02	0	2,13	2277,34	2277,34	683,78	1593,56
1+078,845	3,92	74,53	74,53	0	0	2351,87	2351,87	683,78	1668,1
1+098,845	6,27	101,83	101,83	0	0	2453,7	2453,7	683,78	1769,93
1+118,845	7,07	133,37	133,37	0	0	2587,08	2587,08	683,78	1903,3
1+138,845	6,95	140,24	140,24	0	0	2727,32	2727,32	683,78	2043,54
1+193,762	5,39	338,94	338,94	0	0	3066,26	3066,26	683,78	2382,48

**Tableau 25 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie A1\_11\_10**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+065,324	2,02	0	0	0,13	0	0	0	0	0
0+085,324	1,31	33,33	33,33	0,33	4,54	33,33	33,33	4,54	28,79
0+105,324	0	13,14	13,14	1,39	17,19	46,46	46,46	21,73	24,74
0+125,324	0,61	6,12	6,12	0,63	20,27	52,58	52,58	41,99	10,59
0+216,240	2,24	129,39	129,39	0	28,7	181,97	181,97	70,69	111,29
0+256,721	3,98	125,62	125,62	0	0	307,59	307,59	70,69	236,9
0+354,615	3,46	364,27	364,27	0	0	671,86	671,86	70,69	601,17
0+404,615	0,74	105,01	105,01	0,93	23,37	776,87	776,87	94,06	682,81
0+493,935	0	32,83	32,83	2,57	156,6	809,71	809,71	250,66	559,04
0+565,129	0,24	8,46	8,46	0,68	115,6	818,17	818,17	366,26	451,91
0+615,129	1,01	31,08	31,08	0,2	21,94	849,25	849,25	388,2	461,05
0+665,129	1,77	69,44	69,44	0,21	10,37	918,69	918,69	398,57	520,12

**Tableau 26 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie O\_5\_8**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+077,529	1,78	0	0	0	0	0	0	0	0
0+127,529	1,98	94,02	94,02	0,05	1,2	94,02	94,02	1,2	92,82
0+177,529	1,31	82,37	82,37	0,08	3,01	176,39	176,39	4,21	172,18
0+227,529	3,02	108,39	108,39	0	1,88	284,78	284,78	6,09	278,69
0+316,370	1,92	219,47	219,47	0,09	4,07	504,25	504,25	10,16	494,08
0+366,370	2,63	113,79	113,79	0,03	3,15	618,04	618,04	13,31	604,72
0+400,748	1,64	73,55	73,55	0	0,65	691,59	691,59	13,96	677,62
0+463,194	0,94	80,54	80,54	0,29	9,29	772,13	772,13	23,25	748,88
0+510,343	2,13	72,59	72,59	0	6,97	844,72	844,72	30,22	814,5
0+584,910	1,87	149,17	149,17	0,12	4,86	993,89	993,89	35,08	958,81
0+727,916	3,13	357,34	357,34	0	8,9	1351,24	1351,24	43,98	1307,26

**Tableau 27 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie M1\_5\_8**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+025,000	1,05	0	0	0,11	0	0	0	0	0
0+064,183	0,43	29,2	29,2	0,35	9,35	29,2	29,2	9,35	19,84
0+097,277	2,55	49,24	49,24	0	5,92	78,44	78,44	15,27	63,17
0+127,149	2,38	73,69	73,69	0,12	1,76	152,13	152,13	17,04	135,1
0+156,026	1,55	56,52	56,52	0,16	4,09	208,66	208,66	21,13	187,52
0+189,459	2,15	61,89	61,89	0,06	3,69	270,54	270,54	24,82	245,72
0+233,483	2,39	99,94	99,94	0,1	3,65	370,48	370,48	28,48	342,01
0+271,844	2,67	96,75	96,75	0,05	2,98	467,23	467,23	31,45	435,78
0+291,844	2,22	48,66	48,66	0	0,58	515,89	515,89	32,03	483,85

**Tableau 28 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie P2\_4\_8**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+067,070	2,56	0	0	0	0	0	0	0	0
0+092,070	1,7	53,04	53,04	0	0	53,04	53,04	0	53,03
0+152,107	0,98	80,52	80,52	0,05	1,5	133,56	133,56	1,51	132,05
0+239,403	2,62	157,02	157,02	0	2,18	290,57	290,57	3,69	286,89
0+290,662	2,9	141,62	141,62	0	0	432,2	432,2	3,69	428,51

**Tableau 29 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie P\_3\_5\_8**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+025,000	2,33	0	0	0,04	0	0	0	0	0
0+050,000	2,11	55,51	55,51	0	0,52	55,51	55,51	0,52	54,98
0+074,040	2,53	55,24	55,24	0,04	0,56	110,75	110,75	1,09	109,66
0+094,040	2,16	46,68	46,68	0,01	0,51	157,43	157,43	1,6	155,83
0+138,848	2,93	114,37	114,37	0	0,35	271,8	271,8	1,95	269,85
0+163,848	2,03	61,97	61,97	0	0,13	333,77	333,77	2,08	331,69
0+192,111	2,85	68,91	68,91	0	0,07	402,68	402,68	2,14	400,54
0+212,111	2,52	53,39	53,39	0	0,05	456,07	456,07	2,2	453,87
0+232,111	1,53	40,26	40,26	0,15	1,56	496,33	496,33	3,76	492,57
0+264,550	0,48	32,54	32,54	0,38	8,52	528,88	528,88	12,28	516,59
0+289,550	0,95	17,9	17,9	0,34	8,92	546,77	546,77	21,21	525,56
0+314,550	1,84	34,85	34,85	0,13	5,86	581,63	581,63	27,07	554,56

**Tableau 30 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie B1\_5\_8**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+050,000	2,63	0	0	0	0	0	0	0	0
0+109,639	1,44	121,55	121,55	0,09	2,69	121,55	121,55	2,69	118,86
0+159,639	1,32	69,04	69,04	0,09	4,41	190,59	190,59	7,1	183,49
0+200,522	1,36	54,84	54,84	0,13	4,35	245,43	245,43	11,46	233,97
0+257,849	1,02	68,46	68,46	0,22	9,9	313,89	313,89	21,36	292,53
0+355,462	0,11	55,48	55,48	1,12	65,09	369,37	369,37	86,45	282,92
0+405,462	0	2,77	2,77	3,75	121,79	372,13	372,13	208,23	163,9
0+455,462	0	0	0	2,71	161,54	372,13	372,13	369,78	2,36
0+505,462	0,64	15,99	15,99	0,24	73,7	388,12	388,12	443,48	-55,36
0+555,462	3,46	102,41	102,41	0	5,89	490,53	490,53	449,37	41,16
0+605,462	2,64	152,53	152,53	0	0,01	643,06	643,06	449,38	193,67

**Tableau 31 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie P2\_4\_6**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+050,000	1,51	0	0	0,05	0	0	0	0	0
0+081,238	1,26	43,2	43,2	0,12	2,69	43,2	43,2	2,69	40,51
0+101,238	1,69	29,52	29,52	0,08	1,9	72,72	72,72	4,6	68,12
0+121,238	1,55	32,36	32,36	0,08	1,54	105,08	105,08	6,14	98,94
0+179,780	1,51	89,57	89,57	0,06	4,08	194,64	194,64	10,21	184,43
0+229,780	1,53	76,14	76,14	0,13	4,93	270,79	270,79	15,15	255,64

**Tableau 32 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie M2\_5\_8**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+025,000	2,58	0	0	0	0	0	0	0	0
0+077,309	3,34	154,76	154,76	0	0,01	154,76	154,76	0,01	154,74
0+140,397	1,63	156,64	156,64	0	0,19	311,39	311,39	0,2	311,19
0+165,397	1,57	39,97	39,97	0,02	0,33	351,36	351,36	0,53	350,83
0+225,872	1,44	91,03	91,03	0,26	8,25	442,39	442,39	8,79	433,61
0+250,872	0,8	27,93	27,93	0,35	7,54	470,33	470,33	16,32	454
0+275,872	1,66	30,73	30,73	0,19	6,68	501,05	501,05	23	478,05
0+300,872	2,01	45,93	45,93	0,03	2,74	546,98	546,98	25,74	521,24

**Tableau 33 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie R\_7\_10**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+064,408	0,89	0	0	0	0	0	0	0	0
0+217,364	1,68	197,13	197,13	0,1	7,76	197,13	197,13	7,76	189,37

**Tableau 34 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie Q1\_7\_10**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+061,549	3,97	0	0	0,06	0	0	0	0	0
0+114,247	2,77	176,72	176,72	0,17	6,06	176,72	176,72	6,06	170,66
0+174,488	2,15	148,18	148,18	0,45	18,8	324,9	324,9	24,86	300,04
0+227,559	1,87	106,88	106,88	0,04	13	431,78	431,78	37,85	393,92
0+330,156	3,07	253,22	253,22	0,03	3,41	685	685	41,27	643,73
0+350,156	3,3	63,8	63,8	0	0,29	748,8	748,8	41,56	707,24

**Tableau 35 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie E\_6\_10**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+020,000	4,27	0	0	0	0	0	0	0	0
0+053,662	4,22	143,01	143,01	0,01	0,31	143,01	143,01	0,31	142,69
0+187,003	1,23	363,28	363,28	0,16	11,46	506,28	506,28	11,78	494,51
0+235,955	2,5	91,22	91,22	0	3,93	597,5	597,5	15,71	581,79

**Tableau 36 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie A2\_5\_7**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+141,623	2,21	0	0	0,07	0	0	0	0	0
0+161,623	2,03	41,8	41,8	0,04	1,07	41,8	41,8	1,07	40,72
0+181,623	2,19	42,16	42,16	0	0,48	83,96	83,96	1,56	82,4

**Tableau 37 : Mouvement de terre - Voirie Tertiaire, Axe: Voie H1\_5\_8**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+000,000	2,19	0	0	0,04	0	0	0	0	0
0+050,000	3,14	133,25	133,25	0	1,06	133,25	133,25	1,06	132,19
0+098,344	2,23	129,87	129,87	0,03	0,75	263,12	263,12	1,82	261,3
0+207,606	2,03	233,69	233,69	0,09	6,36	496,81	496,81	8,17	488,64
0+278,878	1,97	142,57	142,57	0	3,26	639,38	639,38	11,43	627,95
0+340,615	1,53	108,2	108,2	0,03	0,9	747,58	747,58	12,33	735,26
0+390,615	1,72	81,25	81,25	0,02	1,32	828,83	828,83	13,64	815,19
0+440,615	2,01	93,2	93,2	0	0,71	922,03	922,03	14,35	907,67
0+481,584	2,53	93,1	93,1	0	0,09	1015,13	1015,13	14,45	1000,68
0+501,584	2	45,24	45,24	0	0	1060,37	1060,37	14,45	1045,93
0+521,584	2,55	45,33	45,33	0	0	1105,71	1105,71	14,45	1091,26
0+601,938	2,76	212,91	212,91	0	0	1318,62	1318,62	14,45	1304,17
0+666,064	1,8	146,13	146,13	0	0,03	1464,75	1464,75	14,48	1450,27
0+712,425	1,87	85	85	0,04	0,87	1549,75	1549,75	15,35	1534,4
0+749,366	1,41	60,47	60,47	0,09	2,34	1610,22	1610,22	17,7	1592,53
0+789,366	2,19	72,03	72,03	0,08	3,27	1682,25	1682,25	20,97	1661,28
0+899,363	0,82	165,18	165,18	0,2	15,26	1847,43	1847,43	36,23	1811,2
0+949,363	0,85	41,75	41,75	0,26	11,4	1889,19	1889,19	47,64	1841,55
0+983,406	0	14,53	14,53	0	4,37	1903,72	1903,72	52,01	1851,71

**Tableau 38 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: PISTE F2\_3\_5**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+030,000	1,38	0	0	0,07	0	0	0	0	0
0+059,110	1,12	36,41	36,41	0,05	1,66	36,41	36,41	1,66	34,76
0+098,801	1,15	45	45	0,12	3,39	81,42	81,42	5,04	76,37
0+126,846	1,19	32,76	32,76	0,04	2,24	114,18	114,18	7,28	106,9
0+161,774	1,07	39,5	39,5	0,06	1,67	153,68	153,68	8,95	144,73

**Tableau 39: Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste F1\_3\_5**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+030,000	1,05	0	0	0,05	0	0	0	0	0
0+060,000	1,07	31,81	31,81	0,09	2,16	31,81	31,81	2,16	29,65
0+090,000	0,96	30,49	30,49	0,18	4,09	62,3	62,3	6,25	56,05
0+114,379	0,64	19,49	19,49	0,31	5,98	81,79	81,79	12,23	69,56
0+165,771	0,54	30,29	30,29	0,37	17,32	112,08	112,08	29,55	82,54
0+201,207	1	27,32	27,32	0,17	9,48	139,4	139,4	39,02	100,38

**Tableau 40 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste B6\_6\_7**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+030,000	1,86	0	0	0	0	0	0	0	0
0+079,447	2,64	111,32	111,32	0,03	0,8	111,32	111,32	0,8	110,51
0+136,783	2,78	155,64	155,64	0	0,89	266,95	266,95	1,7	265,25
0+156,783	2,08	48,61	48,61	0	0	315,56	315,56	1,7	313,86
0+197,498	2,69	97,09	97,09	0,03	0,7	412,65	412,65	2,4	410,25

**Tableau 41 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste B5\_3\_5**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+025,000	1,31	0	0	0,05	0	0	0	0	0
0+094,641	1,18	86,58	86,58	0,09	5	86,58	86,58	5	81,58
0+119,641	1,14	29,01	29,01	0,09	2,26	115,59	115,59	7,26	108,33
0+158,416	1,18	44,97	44,97	0,08	3,27	160,56	160,56	10,53	150,03
0+190,406	0,85	32,36	32,36	0,15	3,73	192,93	192,93	14,27	178,66
0+215,406	1,09	24,17	24,17	0,11	3,27	217,1	217,1	17,53	199,57
0+264,428	1,1	53,68	53,68	0,11	5,31	270,78	270,78	22,85	247,93
0+295,437	1,16	35,06	35,06	0,08	2,98	305,84	305,84	25,83	280,01

**Tableau 42 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste G1\_3\_5**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+103,489	0,94	0	0	0,13	0	0	0	0	0
0+140,206	1,04	36,24	36,24	0,13	4,76	36,24	36,24	4,76	31,48

**Tableau 43 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste N1\_5\_7**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+030,000	2,22	0	0	0,01	0	0	0	0	0
0+060,000	2,34	68,41	68,41	0,1	1,63	68,41	68,41	1,63	66,78
0+108,367	1,93	103,35	103,35	0,01	2,6	171,75	171,75	4,23	167,52

**Tableau 44 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste B4\_3\_5**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+025,000	1,06	0	0	0,13	0	0	0	0	0
0+050,000	0,74	22,59	22,59	0,16	3,62	22,59	22,59	3,62	18,97
0+065,307	0,46	9,14	9,14	0,28	3,35	31,73	31,73	6,97	24,77
0+096,518	0,82	20,02	20,02	0,15	6,64	51,76	51,76	13,61	38,15
0+218,492	0,05	53,63	53,63	0,59	44,68	105,39	105,39	58,28	47,1
0+308,911	1,12	52,99	52,99	0,05	28,6	158,38	158,38	86,88	71,49
0+323,911	1,34	18,41	18,41	0,06	0,82	176,78	176,78	87,71	89,08
0+338,911	1,47	21,01	21,01	0	0,53	197,8	197,8	88,23	109,56
0+353,911	1,37	21,19	21,19	0,04	0,37	218,98	218,98	88,6	130,38

**Tableau 45 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste L2\_3\_5**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+020,000	1,15	0	0	0,11	0	0	0	0	0
0+040,000	1,15	23,05	23,05	0,11	2,14	23,05	23,05	2,14	20,91
0+060,000	1,08	22,3	22,3	0,13	2,4	45,35	45,35	4,53	40,81
0+080,000	1,2	22,76	22,76	0,04	1,78	68,11	68,11	6,31	61,8

**Tableau 46 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste J2\_3\_5**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+030,000	0,99	0	0	0,12	0	0	0	0	0
0+060,000	0,79	26,75	26,75	0,11	3,49	26,75	26,75	3,49	23,27
0+090,000	0,99	26,73	26,73	0,11	3,39	53,48	53,48	6,88	46,6

**Tableau 47 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste P1\_4\_6**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+018,474	1,01	0	0	0,19	0	0	0	0	0
0+033,474	0,87	14,21	14,21	0,18	2,78	14,21	14,21	2,78	11,43
0+048,474	1,19	15,52	15,52	0,17	2,65	29,72	29,72	5,43	24,3
0+128,484	1,54	109,27	109,27	0,02	7,81	138,99	138,99	13,24	125,75

**Tableau 48 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste A11\_3\_5**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+034,356	1,07	0	0	0,13	0	0	0	0	0
0+070,948	1,19	41,42	41,42	0,08	3,91	41,42	41,42	3,91	37,5
0+090,948	1	21,87	21,87	0,15	2,34	63,29	63,29	6,26	57,03

**Tableau 49 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste A1\_3\_5**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+030,344	0,9	0	0	0,17	0	0	0	0	0
0+050,344	0,7	15,9	15,9	0,22	3,8	15,9	15,9	3,8	12,1
0+096,101	0,42	25,46	25,46	0,26	10,99	41,35	41,35	14,79	26,56

**Tableau 50 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste B2\_3\_4 (1)**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+026,865	0,94	0	0	0,08	0	0	0	0	0
0+058,495	0,72	26,33	26,33	0,13	3,43	26,33	26,33	3,43	22,9
0+074,475	0,69	11,25	11,25	0,15	2,23	37,58	37,58	5,66	31,92

**Tableau 51 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste B2\_3\_4**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+040,296	0,93	0	0	0,06	0	0	0	0	0
0+062,723	1,45	26,76	26,76	0,01	0,84	26,76	26,76	0,84	25,92

**Tableau 52 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste B3\_3\_4**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+084,569	1,09	0	0	0,05	0	0	0	0	0
0+121,630	0,94	37,59	37,59	0,06	1,91	37,59	37,59	1,91	35,68
0+131,630	0,89	9,15	9,15	0,08	0,66	46,74	46,74	2,57	44,17
0+151,741	0,7	16	16	0,11	1,83	62,74	62,74	4,4	58,34
0+177,252	0,88	20,23	20,23	0,1	2,64	82,97	82,97	7,03	75,93
0+191,053	1,07	13,49	13,49	0,06	1,09	96,46	96,46	8,12	88,33

**Tableau 53 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste L1\_3\_5**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+050,000	0,51	0	0	0,33	0	0	0	0	0
0+099,748	0,71	30,12	30,12	0,24	14,18	30,12	30,12	14,18	15,94
0+161,645	1,85	79,21	79,21	0	7,59	109,33	109,33	21,77	87,56
0+211,645	1,29	78,46	78,46	0,02	0,45	187,79	187,79	22,22	165,57

**Tableau 54 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste J1\_5\_7**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+061,410	2,04	0	0	0	0	0	0	0	0
0+066,410	2,52	11,35	11,35	0	0,02	11,35	11,35	0,02	11,33
0+108,418	2,27	100,74	100,74	0,07	1,51	112,08	112,08	1,53	110,56
0+142,821	1,12	58,3	58,3	0,17	4,11	170,38	170,38	5,64	164,75

**Tableau 55 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste U\_4\_6**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+025,000	1,42	0	0	0,09	0	0	0	0	0
0+046,321	1,67	32,88	32,88	0,09	1,96	32,88	32,88	1,96	30,92
0+061,321	1,71	25,32	25,32	0,08	1,3	58,2	58,2	3,25	54,94
0+076,321	1,5	24,02	24,02	0,12	1,57	82,22	82,22	4,82	77,4
0+091,321	1,49	22,36	22,36	0,09	1,62	104,58	104,58	6,44	98,14

**Tableau 56 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste E1\_3\_5**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+000,000	1,04	0	0	0,05	0	0	0	0	0
0+029,886	1,1	31,96	31,96	0,15	3,03	31,96	31,96	3,03	28,93
0+066,267	0,97	37,74	37,74	0,16	5,73	69,7	69,7	8,76	60,94
0+086,267	1,12	20,93	20,93	0,15	3,18	90,64	90,64	11,94	78,7
0+106,659	1,19	23,56	23,56	0,13	2,89	114,2	114,2	14,83	99,37

**Tableau 57 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste N3 4\_6**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+000,000	1,62	0	0	0,06	0	0	0	0	0
0+050,000	1,28	72,54	72,54	0,1	4,02	72,54	72,54	4,02	68,52
0+094,041	1,62	64,12	64,12	0,06	3,51	136,66	136,66	7,53	129,13

**Tableau 58 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste O3\_4\_6**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+000,000	1,4	0	0	0,07	0	0	0	0	0
0+056,809	1,38	79,03	79,03	0,13	5,81	79,03	79,03	5,81	73,22
0+076,809	1,3	26,69	26,69	0,13	2,57	105,73	105,73	8,38	97,35
0+096,809	1,4	26,88	26,88	0,12	2,5	132,61	132,61	10,87	121,73
0+136,407	1,41	55,6	55,6	0,04	3,12	188,21	188,21	14	174,21

**Tableau 59 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste J21\_3\_5**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+028,223	1,09	0	0	0	0	0	0	0	0
0+056,222	0,75	25,85	25,85	0	0	25,85	25,85	0	25,85
0+086,256	0,76	22,69	22,69	0	0	48,54	48,54	0	48,54

**Tableau 60 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste B1\_3\_4**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+032,377	1,04	0	0	0,07	0	0	0	0	0
0+037,377	0,94	4,96	4,96	0,07	0,36	4,96	4,96	0,36	4,59

**Tableau 61 : Mouvement de terre - Pistes Carrossables, Axe: Piste N2\_3\_5**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, réutilisable Cum, (Cu,m,)	Vol, remblai Cum, (m3)	Vol, Net Cum, (m3)
0+030,000	0	0	0	0,34	0	0	0	0	0
0+060,000	0	0,11	0,11	0,53	13,02	0,11	0,11	13,02	-12,92
0+090,000	0,03	0,39	0,39	0,27	11,98	0,5	0,5	25,01	-24,51

Tableau 62 : Mouvement de terre, Récapitulatif

VOLUMES TERRASSEMENT (Récapitulatif)				
Type de voirie	Axe	DEBLAI (m3)	REMBLAI (m3)	DEBLAI-REMBLAI (m3)
Primaire	Voie B_21_30_PDU	21013,31	10187,56	10825,75
Sous-Total 1		21013,31	10187,56	10825,75
Secondaire	Voie C_7_12	1792,31	4,04	1788,27
	Voie E_11_18	4 072	8	4063,27
	Voie I_11_18	1542,38	35,5	1506,87
	Voie J_10_18	1 703	164,44	1539,01
	Voie K_11_18	1 035	61,59	973,22
	Voie L_10_18	1 077	71,65	1005,78
	Voies M_10_14	-1010,94	-35,02	-975,91
	Voie N_7_12	3820,27	616,54	3203,73
	Voie P_7_12	1947,89	84,94	1862,95
	Voie J1_7_12	37,01	484,08	-447,07
	Voie L3_7_12	730,37	4,33	726,04
	Voie D1_7_13	261,78	5,1	256,68
	Voie K1_7_13	173,24	95,36	77,88
	Voie Q_12_20	1073,76	3,78	1069,98
	Voie H_7_12	1314,48	2075,27	-760,79
	Voie I_2_14_22	18,65	2884,43	-2865,79
	Voie T_7_12	932,45	854	78,46
Voies S_10_15	1677,33	23,07	1654,26	
Voie L2_12_16	1771,81	2,42	1769,39	
Voie J2_7_11	674,06	0	674,06	
Sous-Total 2		24644,08	7443,8	17200,29
Tertiaire	Voie I1_7_10	3066,26	683,78	2382,48
	Voie A1_11_10	918,69	398,57	520,12
	Voie O_5_8	1351,24	43,98	1307,26
	Voie M1_5_8	515,89	32,03	483,85
	Voie P_3_5_8	581,63	27,07	554,56
	Voie P2_4_8	432,2	3,69	428,51
	Voie B1_5_8	643,06	449,38	193,67
	Voie B_2_5_8	97,11	0,74	96,38
	Voie L1_6_9	297,02	0,05	296,98
	Voie P2_4_6	270,79	15,15	255,64
	Voie P1_5_8	470,49	54,77	415,72
	Voie M2_5_8	546,98	25,74	521,24
	Voie R_7_10	197,13	7,76	189,37
	Voie Q1_7_10	748,8	41,56	707,24
	Voie E_6_10	597,5	15,71	581,79
Voie A2_5_7	83,96	1,56	82,4	
Voie H1_5_8	1903,72	52,01	1851,71	
Sous-Total 3		12722,47	1853,55	10868,92

Pistes Carrossables	PISTE F2_3_5	153,68	8,95	144,73
	Piste F1_3_5	139,4	39,02	100,38
	Piste B6_6_7	412,65	2,4	410,25
	Piste B5_3_5	305,84	25,83	280,01
	Piste G1_3_5	36,24	4,76	31,48
	Piste N1_5_7	171,75	4,23	167,52
	Piste B4_3_5	218,98	88,6	130,38
	Piste L2_3_5	68,11	6,31	61,8
	Piste J2_3_5	53,48	6,88	46,6
	Piste_P1_4_6	138,99	13,24	125,75
	Piste A11_3_5	63,29	6,26	57,03
	Piste A1_3_5	41,35	14,79	26,56
	Piste B2_3_4 (1)	37,58	5,66	31,92
	Piste B2_3_4	26,76	0,84	25,92
	Piste B3_3_4	96,46	8,12	88,33
	Piste L1_3_5	187,79	22,22	165,57
	Piste J1_5_7	170,38	5,64	164,75
	Piste U_4_6	104,58	6,44	98,14
	Piste E1_3_5	114,2	14,83	99,37
	Piste N3_4_6	136,66	7,53	129,13
	Piste O3_4_6	188,21	14	174,21
	Piste J21_3_5	48,54	0	48,54
	Piste B1_3_4	4,96	0,36	4,59
Piste N2_3_5	0,5	25,01	-24,51	
<b>Sous-Total 4</b>		<b>2920,38</b>	<b>331,92</b>	<b>2588,45</b>
<b>TOTAL (1+2+3+4)</b>		<b>61 300</b>	<b>19 817</b>	<b>41 483</b>
%		76	24	51

Le volume de déblais à effectuer est de **61 300 m<sup>3</sup>** et celui de remblai est **19 817 m<sup>3</sup>**.

## b. Remblais d'emprunt

Eu égard des rapports géotechniques de la zone d'étude, les caractéristiques de portance des emprises des voies sont variables entre les classes de portance S2 et S5. Cependant, la classe de portance de l'arase de terrassement retenue pour la mise en œuvre des couches de chaussée est S4, selon le CEBTP et PF2 selon le LCPC-SETRA avec un CBR  $\geq 20$ .

Par conséquent, dans les zones de portance insuffisante (CBR < 20), la mise en œuvre d'une couche de forme en graveleux latéritiques provenant soit des déblais soit des emprunts, compactés au moins à 97% OPM sera effectuée. Son épaisseur sera de 30 à 35 cm selon la nature des matériaux rencontrés sur l'arase de terrassement. On retiendra les valeurs ci-dessous :

**Tableau 63 : Epaisseur de la couche de forme en fonction de la classe de portance du sol**

Classe de portance de la couche de forme	Epaisseur couche de forme (cm)
S1	35
S2	30
S3	30

Les voies projetées à proximité de la zone marécageuse (B\_21\_30 ; P\_7\_12 ; D\_9\_15 ; C\_7\_12 ; A1\_7\_10 ; P1\_5\_8 ; O\_5\_8 ; P3\_5\_8), sont caractérisées par les classes de portances de type, S<sub>2</sub> ou S<sub>3</sub> et nécessitent donc de prévoir sur leurs plates-formes une couche de forme afin d'améliorer leur portance pour atteindre la classe S<sub>4</sub>.

Y faisant suite nous avons obtenu les quantités de volumes d'emprunts suivants :

**Tableau 64 : Récapitulatif des remblais d'emprunt**

VOIES	Volume de quantité d'emprunt (m <sup>3</sup> )
B_21_30	8623.44
P_7_12	836.732
C_7_12	754.68
A1_7_10	743.486
P1_5_8	489.171
O_5_8	560.691
TOTAL	12008.2

Le volume de remblais d'emprunt à effectuer est de **16 542 m<sup>3</sup>**

D'après les résultats des études présentés par le consortium BVi Consulting Engineers/SADEG – Sol Solution Afrique Central, lors de sa mission de MAITRISE D'OEUVRE COMPLETE DES TRAVAUX DE REHABILITATION/CONSTRUCTION DE LA VOIRIE ET DU DRAINAGE DANS LA VILLE DE GAROUA DANS LE CADRE DU PROGRAMME C2D << CAPITALES REGIONALES>>, en 2017, les corps de chaussée suivants ont été observés pour chacune des classes de trafic, puis réadapté à notre contexte d'étude, vue la proximité géographique des deux projets.

Tableau 65 : Corps de chaussée

Voirie Primaire et secondaire	
Classe de Trafic	150 PL/j/sens < T2 < 300PL/j :sens
Classe de portance	S4
Chaussée	Béton bitumineux, épaisseur 5cm
Couche de base	Grave concassée 0/31.5, épaisseur 40 cm
Couche de fondation + couche de forme	Grave latéritique 0/31.5, épaisseur 68 cm
Voirie tertiaire et pistes carrossables	
Classe de Trafic	25 PL/j/sens < T4 < 50PL/j :sens
Classe de portance	S4
Chaussée	Bicouche, épaisseur 2cm
Couche de base	Grave concassée 0/31.5, épaisseur 15 cm
Couche de fondation	Sable argileux, épaisseur 25 cm

### c. Aménagement des carrefours

Les types de carrefours retenus sont les suivants :

- Carrefour plan type giratoire ;
- Carrefour plan en croix ;
- Carrefour plans en T.

Ces carrefours sont adoptés dans tous les croisements de voie. Les rayons retenus de raccordement des branches sont de 25 m, permettant des manœuvres aisées de « tourne à droite » et « tourne à gauche » pour tout type de véhicule.

#### i. CARREFOUR PLAN TYPE GIRATOIRE ;

*Ce type de carrefour est prévu dans les croisements de la voirie principale. Les caractéristiques géométriques principales adoptées pour les carrefours giratoires sont les suivantes comme illustrées dans le graphique ci-après :*

- Voies sur anneau : 2 voies de 4 m de largeur ;
- Largeur de la voie d'entrée : 4,5 m ;
- Largeur de la voie de sortie : 5 m ;
- Rayon intérieur de l'anneau : 17 m ;

- Rayon de raccordement des voies de sortie : 25 m ;
- Rayon de raccordement des voies d'entrée : 20 m

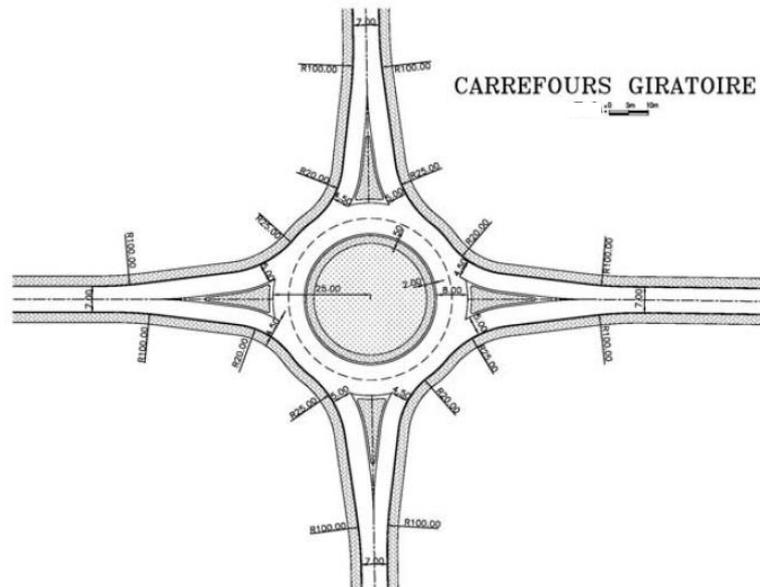


Figure 1 : Carrefour plan giratoire

## ii. CARREFOURS PLANS EN CROIX ET EN T;

Ces carrefours sont adoptés dans les tous les croisements de voie en dehors du cas précédent (croisement de deux artères principales). Les rayons retenus de raccordement des branches sont de 12 m, permettant des manœuvres aisées de «tourne à droite» et «tourne à gauche» pour tout type de véhicule.

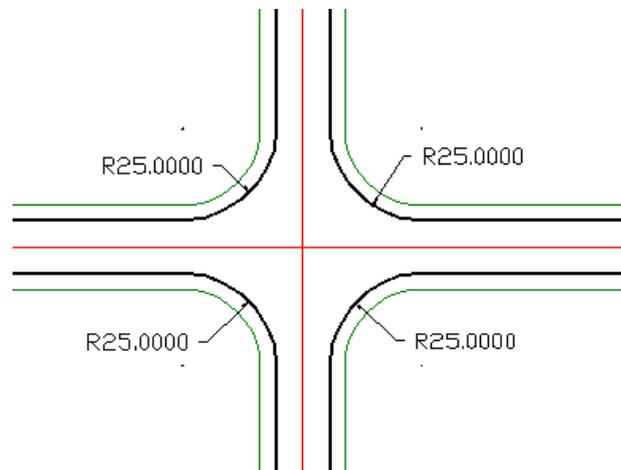


Figure 2 : Carrefour plan et croix

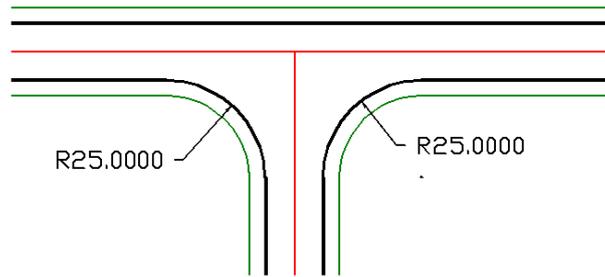


Figure 3 : Carrefour plan en T

#### IV- DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	DESIGNATION	U	QTE	PU (FCFA)	PT (FCFA)
<b>00.00</b>	<b>TRAVAUX A PRIX FORFAITAIRES</b>				
00.01	Installation de chantier	Ft	1	700 000 000	700 000 000
00.02	Amené et repli du matériel	Ft	1	300 000 000	300 000 000
00.03	Etude Géotechnique	Ft	1	60 000 000	60 000 000
00.04	Bureaux du MO, de contrôle et salle de réunions	Ft	1	15 000 000	15 000 000
00.05	Dossier d'exécution	Ft	1	30 000 000	30 000 000
00.06	Dossier de recollement	Ft	1	15 000 000	15 000 000
00.07	Plan d'assurance Qualité	Ft	1	2 000 000	2 000 000
	<b>Sous total 00.00</b>			7 000 000	1 122 000 000
<b>01.00</b>	<b>NETTOYAGE ET TRAVAUX DE TERRASSEMENTS</b>				
01.01	Nettoyage et débroussaillage	m <sup>2</sup>	150 000,00	140	21 000 000
01.02	Dépose ou démolition des constructions existantes dans l'emprise de la voie	m <sup>2</sup>	100 000,00	3 000	300 000 000
01.03	Purges	m <sup>3</sup>	8 000,00	22000	176 000 000
01.04	Déblais mis en remblais	m <sup>3</sup>	19 817,00	6 500	128 810 500
01.05	Déblais ordinaire mis en dépôt	m <sup>3</sup>	41 483,41	5 500	228 158 755
	<b>Sous total 01.00</b>				853 969 255
<b>02.00</b>	<b>CHAUSSEE</b>				
02.01	Finition de la plateforme	m <sup>2</sup>	192755,56	300	57 826 668
02.02	Couche de fondation en grave latéritique 0/31,5 (68cm pour les voiries, primaire et secondaire ; 15cm pour la voirie tertiaire et les pistes carrossables)	m <sup>3</sup>	100825,00	13 600	1 371 220 000
02.03	Couche de base en grave concassée 0/31,5 (40cm pour les voiries primaire et secondaire ; 0 cm pour la voirie tertiaire et les pistes carrossables)	m <sup>3</sup>	54629,40	35 000	1 912 029 000
02.04	Couche de forme en sable argileux, 25cm d'épaisseur (Pour la voirie tertiaire et les pistes carrossables)	m <sup>3</sup>	13257,90	10 000	132 579 000
02.05	Couche de roulement en Bicouche (Pour pistes carrossables et voies tertiaires)	m <sup>2</sup>	57932,84	13 000	753 126 972

02.06	Couche de roulement en Béton Bitumineux 5cm d'épaisseur (pour les voiries primaire et secondaire)	m <sup>3</sup>	6741,14	380 000	2 561 633 200
02.07	Pavé autobloquant 11cm d'épaisseur	m <sup>2</sup>	33861,00	23 000	778 803 000
02.08	lit de sable pour trottoir (5cm d'épaisseur)	m <sup>3</sup>	1693,00	20 000	33 860 000
02.09	Remblais d'emprunt	m <sup>3</sup>	12008,20	7 500	90 061 500
	<b>Sous total 02.00</b>				7 691 139 340
	<b>TOTAL HTVA (A)</b>				<b>9 667 108 595</b>
	<b>TOTAL TVA (19,25%*A)</b>				<b>1 841 668 405</b>
	<b>TOTAL TTC</b>				<b>11 508 777 000</b>

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1.	[KARSENTY, 2004]	<b>Gérard KARSENTY</b> , <i>Guide pratique des VRD et aménagements extérieurs, 2004</i>
2.	[getamap, 2014]	<a href="http://fr.getamap.net/cartes/cameroon/centre/yaounde/">http://fr.getamap.net/cartes/cameroon/centre/ yaoundé/</a>
3.	[CETRU, 1999]	Guide des carrefours urbains, CETRU, Janvier 1999
4.	[Google Earth, 2014]	<b>Google Earth</b> , Yaoundé-Cameroun, ©2014 Google.
5.	[BVi Consulting Engineers/SADEG-Sol Solution Afrique Centrale,2017]	<b>BVi Consulting Engineers/SADEG-Sol Solution Afrique Centrale,2017</b> , Rapports APD des études de la voirie et des études Géotechniques en vue de la réhabilitation/construction de la voirie et du drainage de la ville de Garoua dans le cadre du programme C2D « capitale régionale ». , 2017
6	[Egis & International Engineering,2014]	Etudes en vue de l'aménagement de la zone industrielle de OMBE et NGAOUNDERE, 2014
7	Recommandations pour la réalisation des études de la MAETUR	

## ANNEXES

1. Plan d'ensemble de la voirie de Garoua ;
2. Cahier des profils en travers types des différentes voies ;
3. Cahier des profils en long des différentes voies.



## **PLAN D'ENSEMBLE DE LA VOIRIE DE GAROUA**



## **CAHIER DES PROFILS EN TRAVERS TYPE DES DIFFERENTES VOIES**



## **CAHIER DES PROFILS EN LONG DES VOIES**



**Etude en vue de la restructuration / rénovation des quartiers sous-structures dans la communauté urbaine de Garoua : zone prioritaire n°1**



## **PARTIE 2 : DRAINAGE DES EAUX PLUVIALES**

## RESUME

Le réseau de drainage des eaux pluviales de la ville de Garoua dont le coût des travaux s'élève à **3 519 047 535 Fcfa TTC** recueille les eaux d'une superficie de 150 ha environ présentant une topographie en pente douce d'écoulement vers la Bénoué qui est non loin du site du projet. Il est principalement composé de drains, des caniveaux couverts, de dalots, de regards et d'ouvrages de rejet tels que décrits ci-après :

- 11 244 ml de caniveaux bétonnés ouverts de 0.40 x 0.50 m<sup>2</sup> canalisant les eaux de pluie de la voirie tertiaire et des pistes carrossables ;
- 7348 ml de caniveaux bétonnés ouverts de 0.50 x 0.60 m<sup>2</sup> canalisant les eaux des voiries primaire et secondaire ;
- 10 Dalots ;
- 260 regards de 1,00 x 1.00 m<sup>2</sup> ;
- 21 ouvrages de rejet.

Ce réseau a été connecté à un canal à aménager hors de la zone d'étude et qui déverse les eaux de surface directement dans le fleuve Bénoué. Cet ouvrage devra faire l'objet d'une étude technique en APD

## **INTRODUCTION**

Dans le cadre de la réalisation d'une meilleure gestion et organisation de l'espace urbain de la ville de Garoua, de même que l'aménagement de terrains de standing, l'Etat du Cameroun a entrepris à travers le Ministère de l'Habitat et du Développement Urbain de réaliser les Etudes de restructuration/rénovation des quartiers sous-structurés de la ville de Garoua : Zone prioritaire 1. Ainsi donc, Le Ministre de l'Habitat et du Développement Urbain, au travers de la convention d'assistance technique N° 0002672 / MINHDU / MAETUR, a confié à la MAETUR la réalisation de l'étude suscitée.

Dans ce cadre, la MAETUR est appelée à réaliser aussi bien les études d'urbanisme que les études techniques proprement dites. Le présent document constitue le rapport de l'étude du drainage des eaux pluviales de la ville de Garoua : Zone prioritaire 1.

## I- ANALYSE DU SITE

### 1. Le périmètre du site

Le périmètre de la zone d'étude passe par des points caractéristiques pouvant servir de repère : carrefour YELWA, carrefour BALMARI, Brasserie du Cameroun, SCDP, zone marécageuse limitrophe des magasins de SODECOTON, Boulevard "Président Ahmadou Ahidjo", hôtel DREAM LAND, une friche, église pentecôtiste, hôtel Tour d'argent, cathédrale, maison de la femme, marché YELWA, carrefour YELWA.

### 2. Le milieu naturel

Le site présente une pente générale douce orientée vers la Bénoué qui est non loin de la zone d'étude. On y retrouve quelques drains naturels qui permettent de transiter autant que possible les eaux pluviales vers exutoires naturels en passant parfois par la zone inondable située au sud de la zone d'étude, et qui en l'occurrence présente un relief presque plat.

### 3. Le régime climatique

La région de Garoua appartient au régime climatique tropical qui commence au pied de la falaise dans la localité de MBE, à environ 50 km au nord de NGAOUNDERE. Dans ce régime, les bassins restent vides neuf mois de l'année sur douze. Mais durant les trois mois que dure la saison sèche, les épisodes de pluie peuvent dépasser 40 mm en une heure. Le climat est régulé par deux vents majeurs:

- La mousson, qui est générée par l'anticyclone de Ste Hélène de provenance maritime, au moment de la traversée de l'équateur,
- L'harmattan, généré par l'anticyclone de provenance désertique.

Les deux vents se rencontrent sur un front sensiblement parallèle à l'équateur, appelé FIT (Front Inter Tropical), dont la position géographique fluctue au cours de l'année entre le 4<sup>ième</sup> parallèle Nord en janvier et le 20<sup>ième</sup> parallèle Nord en juillet.

### 4. Les saisons

Les fluctuations du FIT au cours de l'année, génèrent les deux saisons qui caractérisent le climat tropical que l'on observe dans la région de Garoua. Il comprend :

- une longue saison sèche de neuf mois en moyenne,
- une courte saison des pluies de trois mois environ

## 5. Les pluies journalières maximales

L'extraction des pluies journalières maximales à partir des échantillons récoltés sur 36 ans à la station météo de l'ASECNA installée à l'aéroport international de GAROUA, donne un échantillon suffisant pour analyser les pluies du projet.

Cette analyse confirme que la distribution des pluies maximales obéit à la loi « d'extrémum dite généralisée ».

Les fonctions de répartition de cette loi double exponentielle à trois paramètres s'énoncent comme suit :

$$F(x, \mu, \beta) = e^{-e^{\left(\frac{\mu-x}{\beta}\right)}}, \text{ quand } \mu = 0 \text{ et } \beta = 1, \text{ on obtient la loi basique d'Emil}$$

Julius GUMBEL qui prend la forme simplifiée :

$$f(p) = e^{-e^{(u)}}$$

$f$  : loi de distribution

$p$  : variable à distribuer

$u$  : variable réduite, attachée au temps de retour (à la fréquence) du débit.

Sous cette forme, l'application de la loi d'extrémum généralisée à notre échantillon sur GAROUA, vise la recherche du « Gradex » des pluies maximales et des coefficients de Montana. Ces paramètres sont développés et appliqués plus loin à la distribution des débits maximums correspondants, pour trouver les débits de retour constant.

## 6. Recherche du Gradex pour les retours quelconques

La méthode du Gradex a été conçue et mise au point en 1967 par le groupe de recherche d'EDF (Electricité De France). Elle est valable pour les bassins inférieurs à 5 000 km<sup>2</sup>.

Les sous bassins du projet qui atteignent à peine 6 km<sup>2</sup> tombent dans le domaine d'application de cette méthode. La procédure de recherche du Gradex aboutit en trois étapes :

1) Extraction des valeurs maximales annuelles des pluies journalières, pour constituer l'échantillon de l'étude. Trie et rangement de l'échantillon auquel la formule empirique de HAZEN reprise ci-dessous est appliquée, pour déterminer la fréquence et le temps de retour de chaque pluie individuelle :

$$F_r = \frac{r - 0.5}{N}, \quad (F_r : \text{fréquence}) ; (r : \text{rang de la pluie})$$

2) Calcul et rangement des nouvelles variables réduites double logarithmique, obtenues par la formule ci-dessous :

$$u = -\ln(-\ln(F_r)) : \text{Valeur réduite}$$

3) Représentation graphique du nuage de points, sur un repère logarithmique et détermination de la droite de distribution sur laquelle les points tendent à s'aligner avec un coefficient de corrélation satisfaisant :

$$P_T = Gu + B, \text{ droite de régression linéaire des pluies journalières maximales.}$$

$P_T$  : Pluie journalière maximale de temps de retour T

G : Gradex

B : Constante théorique de la droite de distribution

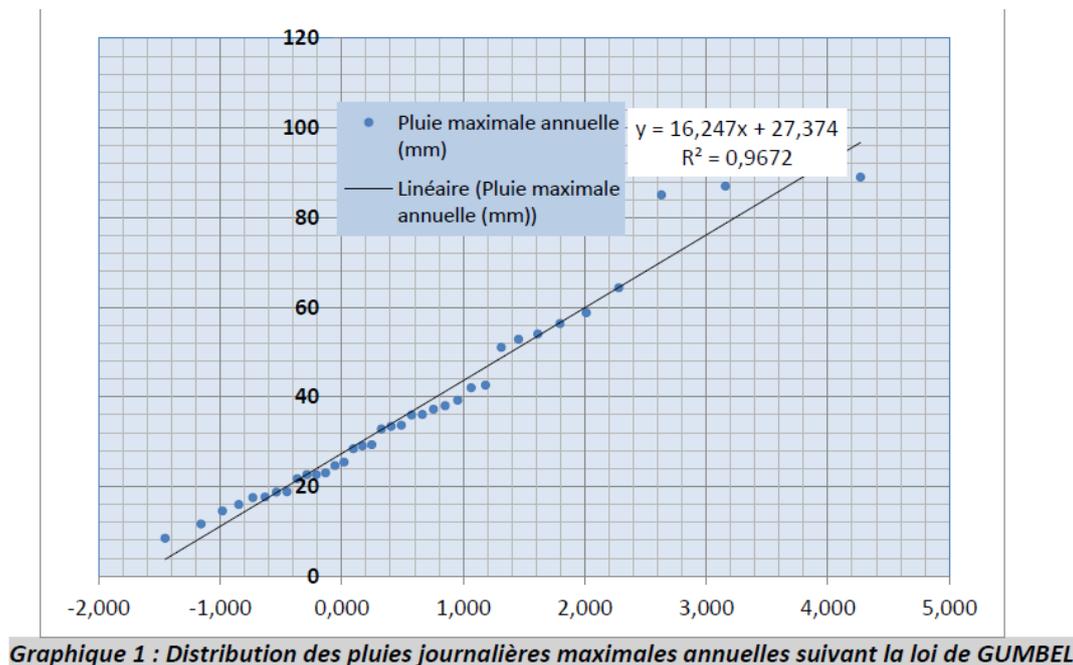


Figure 4 : Ajustement des hauteurs des averses journalières maximales annuelles suivant la loi de GUMBEL

L'application numérique de cette démarche donne le Gradex :  $G = 16.247$  et  $B = 27.37$ , avec un coefficient de PEARSON confortable,  $R^2 = 0.967$

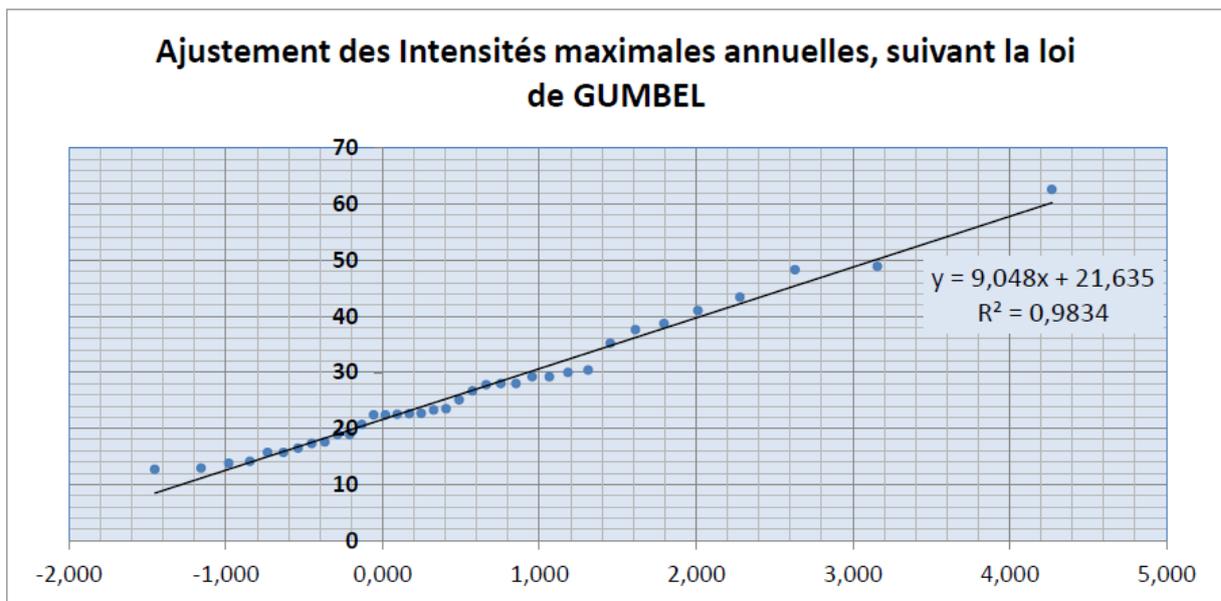
Ayant totalement défini la droite de distribution des pluies en fonction de leur fréquence par la connaissance du Gradex et du point décennal, on peut dresser le tableau ci-

dessous des pluies qui participent au dimensionnement des ouvrages et des pluies que l'on souhaite tout simplement connaître à toutes fins utiles :

**Tableau 1 : Hauteur des pluies journalières périodiques (mm)**

T (an)	P <sub>T</sub>
1	
2	33,32
5	51,73
10	63,92
15	70,79
20	75,61
25	79,31
50	90,74
100	102,08
200	113,37

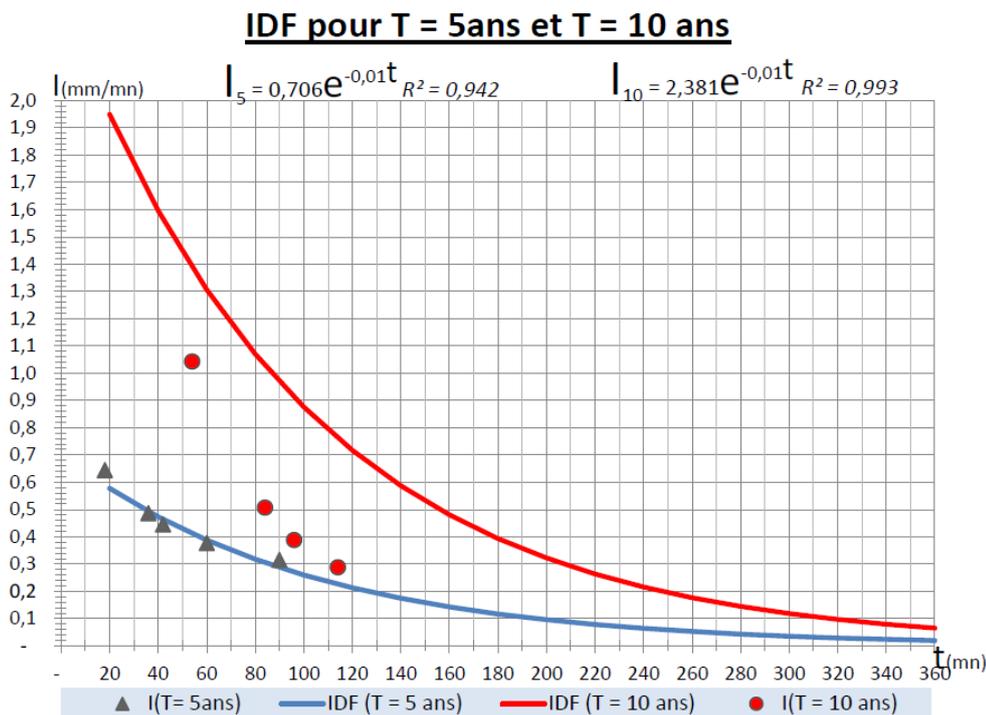
La pluie journalière maximale décennale a la hauteur de :  $P_{10} = 63.92mm$



**Graphique 2 : Distribution des intensités journalières maximales suivant la loi de GUMBEL**

## 7. Recherche des coefficients de Montana

Procédant comme mentionné plus haut pour le Gradex, mais avec des variables réelles nous avons tracé les régressions des intensités de pluie en fonction de leur durée et pour diverses fréquences. Le résultat est restitué au graphique ci-dessous qui donne les coefficients de Montana :



Graphique 3 : Courbes IDF pour 5 et 10 ans

Les différents tronçons de voirie objets de la présente étude totalisent un linéaire d'environ 24 km et appartiennent au réseau de voirie de la ville de Garoua, dans la région du Nord Cameroun.

Parmi ces différents tronçons dont le plus long fait environ 2,8 km et le plus petit 0,63 km, l'on distingue ceux qui possèdent un revêtement en enduit superficiel dans un état relativement très dégradé, et ceux qui n'ont jamais été sujets à des travaux de revêtement.

Le réseau de drainage quant à lui est composé de sept (07) drains, la plupart comportant un canal principal et des démembrements de part et d'autres. Ces différents drains étant pour la plupart obstrués et non aménagés, ils seront formalisés dans le cadre de ce projet par des revêtements appropriés. Des dalots seront également disposés au droit de la traversée des drains par les voies nouvellement projetées.

## II- HYPOTHESES

Afin de mener à bien ce travail, nous avons fixé un certain nombre d'hypothèses.

### 1. Conception du réseau

Les drains se situent le long de la voirie à l'exception des exutoires de raccordement aux ouvrages hydraulique hors de la zone aménagée.

Les drains sont des caniveaux rectangulaires bétonnés couverts avec le rapport  $H/B=2$

La disposition des caniveaux est conforme aux différents profils en travers types des voies.

### 2. Coefficient de ruissellement (C)

Les méthodes d'évaluation des débits d'eau pluviales reposent sur l'analyse du processus de transformation pluies-débits dont le ruissellement sur le sol constitue un palier.

Ainsi compte tenu de la destination de notre site (Centre administratif) et du coefficient d'emprise au sol prescrit par le règlement d'urbanisme de la zone (40% en moyenne/ parcelle) nous avons opté pour une valeur de **0.95**.

Tableau 66 : Coefficient de ruissèlement selon le type d'occupation du sol

Type d'occupation du sol		Coefficient C
<b>Commercial</b>		$0.70 < c < 0.95$
<b>Résidentiels</b>	lotissements	$0.30 < c < 0.50$
	collectifs	$0.50 < c < 0.75$
	habitat dispersé	$0.25 < c < 0.40$
<b>Industriels</b>		$0.50 < c < 0.80$
<b>Pars et jardins</b>		$0.05 < c < 0.25$
<b>Terrain de sports</b>		$0.10 < c < 0.30$
<b>Terrains vagues</b>		$0.05 < c < 0.15$
<b>Terrains agricoles</b>	drainés	$0.05 < c < 0.13$
	non drainés	$0.03 < c < 0.07$

Source : [Satin, Selmi, 1999, p 103].

### 3. Période de retour (T)

La période de retour d'une pluie est le temps statistique qu'il faut attendre pour observer la pluie telle que définie ; c'est-à-dire sa hauteur de précipitation, son intensité, sa durée.

En considérant une pluie d'intensité  $i$  et de durée  $t$ , si au cours d'une période de  $N$  années, on a enregistré  $P$  fois cette averse, la fréquence de cette averse est :

$$F = \frac{P}{N}$$

Le temps de retour représente alors l'inverse de cette fréquence c'est-à-dire :

$$T = \frac{1}{F}$$

Afin d'évaluer le débit de pointe à drainer, nous nous sommes arrimés à la période communément utilisée pour le drainage des eaux pluviales soit **10 ans**.

### 4. Écoulement

Nous supposons que l'écoulement est uniforme c'est-à-dire que le débit, la pente, la section transversale (forme et nature des parois) sont constants.

### 5. Approche de calculs

- Intensité de pluie : **formule de Montana**

Débit : **méthode rationnelle** est une méthode très simple dont l'utilisation est indiquée dans les zones drainées et peu étendues (10 à 100 ha) comme par exemple c'est le cas des sous bassins versants dont les superficies prises individuellement dans la zone projet (150 ha), demeurent dans la plage d'applicabilité de la méthode.

- Vitesse : **formule de Manning-Strickler**

Le réseau de drainage des eaux pluviales est composé des éléments suivants :

- **Des drains ou caniveaux en béton armé** : ce sont ces éléments qui recueillent et canalisent les eaux le long de la voirie.
- **Des regards en béton armé** : nécessaires au bon fonctionnement du réseau de drainage, ils permettent des changements de direction brusques.

- **Des traversées de voies en béton armé** : ces ouvrages permettent d'amener les eaux drainées d'un côté de la chaussée à l'autre.
- **Des ouvrages de rejets au niveau des exutoires** : ceux-ci permettent d'éviter l'érosion du sol en place à la sortie des drains et permettent en outre d'atténuer la vitesse de l'eau avant son rejet hors du réseau.

### III- DIMENSIONNEMENT DU RESEAU

#### 1. Méthode de dimensionnement

Le calcul du réseau de drainage des eaux pluviales est abordé comme suit :

- Collecte des données
- Délimitation des sous-bassins versants
- Conception du réseau de drainage
- Évaluation des débits à drainer
- Détermination de la géométrie des drains.

#### 2. Collecte des données

Elle consiste essentiellement à recueillir les informations relatives au tracé en plan et au profil en long de la voirie, les courbes IDF de la zone étudiée, le levé d'état des lieux et enfin une descente sur le site pour relever les particularités qui ne ressortiraient pas sur le levé d'état des lieux.

#### 3. Délimitation des sous-bassins versants

Elle est fonction à la fois de la topographie et de la configuration de la voirie. En effet, les sous-bassins versant sont délimités à la fois par des limites naturelles (ligne de crête et lignes de fond) et des limites artificielles que constitue les drains de la voirie. Dans le cas du projet à Garoua, cet exercice a permis de déceler **104** sous-bassins versants.

#### 4. Conception du réseau de drainage

La conception du réseau de drainage est réalisée en conformité avec le réseau de voirie conformément aux hypothèses de base. Le sens des écoulements est tributaire du profil en long de chaque voie.

#### 5. Évaluation des débits à drainer

L'évaluation des débits à drainer procède de la manière suivante :

- Identification et évaluation de la superficie à drainer (A)

Cette étape permet en réalité de déterminer la superficie totale dont les eaux s'écoulant dans le drain étudié en direction de l'exutoire le plus proche. A cet égard nous avons la relation suivante :

$A = A_t + A_{xy}$  avec  $A_t$  : surface de transit et  $A_{xy}$  : la surface reversant directement ses eaux dans le tronçon étudié.

- Calcul de la pente moyenne (i)

La pente moyenne est le quotient de la dénivelée la plus élevée du tronçon étudié par sa longueur.

- Détermination du Chemin critique (L)

Le chemin critique dans un bassin versant est l'itinéraire le plus long de la goutte d'eau la plus éloignée vers l'exutoire du tronçon étudié. Aussi dans le cadre de notre étude, suivant le tronçon dimensionné, nous avons différentes valeurs de L.

- Calcul du temps de concentration ( $T_c$ )

C'est le temps compris entre le début et la fin du ruissellement superficiel. Plus précisément, le temps de concentration désigne la durée nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin entre le point le plus éloigné de l'exutoire et ce dernier. Il est composé de trois termes à savoir :

- ✓ le temps d'humectation ( $t_h$ ) qui est le temps qu'il faut à l'imbibition du sol ;
- ✓ le temps d'écoulement ou temps d'entrée ( $t_r$ ) où l'eau ruisselle à la surface du sol ;
- ✓ le temps d'acheminement ou temps de parcours ( $t_a$ ) pour que l'eau se déplace dans le système de collecte ;

$$t_c = t_a + t_r + t_h$$

Dans le cadre de cette étude nous avons utilisé la méthode de KIRPICH recommandé par le livre de recommandation de la MAETUR sis au Département des études et de la stratégie.

Le temps de concentration étant donné par la formule suivante :

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

Avec :

- L= distance entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin en mètres

- H= dénivelée entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin en mètres
  - Calcul de l'intensité de pluie (I)

Les données pluviométriques seront modélisées en courbes I.D.F. (intensité-durée -fréquence) pour déterminer intensité correspondant au débit maximum à l'exutoire.

Ces courbes I.D.F. sont approchées par des formules analytiques dont les plus usuelles sont celles de Montana et de Talbot. La formule de Montana sera utilisée dans le cadre de cette étude puisque c'est cette dernière qui est recommandée par le livre de recommandations des ouvrages à la MAETUR.

La formule de Montana est donnée par:

$$i(T) = a(T) \times T_c^{-b(T)}$$

Avec :

- T= fréquence ou période de retour ;
- a (T) et b (T) sont des coefficients de Montana ou paramètres d'ajustement obtenus à partir de la modélisation des courbes IDF et sont propre à une région donnée.

Pour ce projet, nous avons utilisé a (T)=2.381 ; b (T)= 0,8 ; T= 10 ans (cf. page 41 du CIEH).

- Calcul du débit à évacuer (**Q<sub>ev</sub>**)

Le débit est évalué par la méthode rationnelle. Dans cette méthode, le débit maximal de ruissellement qui arrive à l'exutoire est considéré comme étant proportionnel à la quantité d'eau précipitée sur le bassin versant.

Ce dernier est alors découpé en sous-bassins dont on détermine les caractéristiques principales (surface, pente moyenne, coefficient de ruissellement). L'exutoire de chaque sous bassin est une entrée du réseau. Et, on effectue le calcul de l'amont vers l'aval d'un point d'entrée à un autre.

La détermination du débit de pointe repose alors sur l'estimation du temps de concentration qui permet d'évaluer l'intensité de la pluie par l'intermédiaire des courbes I.D.F. Ce débit est ensuite évacué par la conduite immédiatement à l'aval jusqu'au prochain point d'entrée. Le diamètre de la conduite est calculé en utilisant la pente moyenne sous réserve que le niveau de remplissage est connu (pleine section).

La formule de KIRPICH s'exprime comme suit :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (\text{Exprimé en m}^3/\text{s})$$

C = Coefficient de ruissellement que l'on suppose uniforme sur le petit bassin considéré et pendant l'averse.

I = intensité de l'averse (exprimé en mm/h).

Q=Q<sub>ev</sub>, le débit à évacuer ou débit de pointe en (m<sup>3</sup>/s).

## 6. Détermination de la géométrie des drains.

La détermination de la géométrie du drain (base et hauteur) est déterminée en écrivant l'égalité :  $Q_{ev} \leq Q_c$  où Q<sub>p</sub> est le débit à évacuer et Q<sub>c</sub> le débit capable du drain.

L'écoulement dans les ouvrages d'assainissement de plate-forme est considéré comme un écoulement uniforme.

Dans de telles conditions, la formule de Manning – Strickler peut s'appliquer et elle nous permettra de trouver du débit capable par la formule suivante :

$$Q_c = K_s \times R_h^{2/3} \times i^{1/2}$$

Avec :

- Q<sub>c</sub> : débit en m<sup>3</sup>/s ;
- K<sub>s</sub> : coefficient de rugosité ou coefficient de Manning-Strickler (0.70 pour le béton);
- R<sub>h</sub> : rayon hydraulique en m ;
- i : pente en m/m.

$$\text{Or } R_h = \frac{Sm}{P}$$

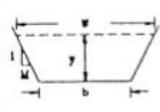
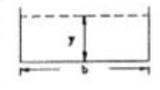
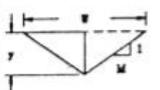
Avec :

Sm : section mouillée du caniveau ;

P : le périmètre mouillé du caniveau.

La relation est tirée sur la base de la figure suivante qui présente la relation du rayon hydraulique en fonction de la hauteur.

Tableau 67 : Caractéristiques hydrauliques de quelques sections

Section	Area A	Wetted Perimeter, P	Hydraulic Radius, R	Top Width, W	Critical Depth Factor, Z
 Trapezoid	$by + My^2$	$b + 2y\sqrt{M^2 + 1}$	$\frac{by + My^2}{b + 2y\sqrt{M^2 + 1}}$	$b + 2My$	$\frac{[(b + My)y]^{1.5}}{\sqrt{b + 2My}}$
 Rectangle	$by$	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	$b$	$by^{1.5}$
 Triangle	$My^2$	$2y\sqrt{M^2 + 1}$	$\frac{My}{2\sqrt{M^2 + 1}}$	$2My$	$\frac{\sqrt{2}}{2} My^{2.5}$

D'où la relation suivante :

$$R_h = \frac{b \times h}{b + 2 \times h}$$

Nous obtiendrons la relation suivante :

$$Q_p \leq K_S \times \left[ \frac{b \times h}{b + 2 \times h} \right]^{2/3} \times i^{1/2} \times b \times h$$

En remplaçant la base b par 2h dans l'expression du rayon hydraulique on obtient l'expression suivante :

$$h \leq \left[ \frac{Q_C}{K_S} \times \frac{2^{2/3}}{2} \times \frac{1}{i^{1/2}} \right]^{3/8}$$

À partir de cette relation, nous trouverons les profondeurs calculées h nous permettant de fixer une profondeur pratique.

Par la suite nous procédons à la vérification de la vitesse d'écoulement avec les dimensions pratiques.

Si la condition  $V_{min} \leq V \leq V_{max}$  est vérifiée, nous déterminons les valeurs à mettre en œuvre en ajoutant une revanche de 20 cm à la hauteur pratique pour tenir compte de l'épaisseur des dalles.

$$\text{Soit } h_{réel} = h_{pratique}$$

La vitesse d'écoulement dans le caniveau exprimé en (m<sup>3</sup>/s) sera donné par la relation de Manning – Strickler.

$$\text{Soit } V_e = K_S \times \left[ \frac{b \times h}{b + 2 \times h} \right]^{2/3} \times i^{1/2}$$

Les conditions sur cette vitesse sont les suivantes :

Elles ne doivent pas dépasser **V<sub>max</sub>** : 4,00 m<sup>3</sup>/s puisqu'il s'agit des caniveaux en béton armé,

Elles ne doivent pas être au-dessous de **V<sub>min</sub>** : 1 m/s pour assurer l'auto curage des caniveaux.

#### **IV- RESULTATS OBTENUS/ CONCLUSION**

A l'issue des calculs, les sections retenues pour le drainage des eaux pluviales dans la ville de Garoua, zone prioritaire 1 sont les suivantes :

- Une section rectangulaire de 0.50 m de largeur par 0.40 m de profondeur, pour la voirie primaire et secondaire ;
- Une section rectangulaire de 0.60 m de largeur par 0.50 m de profondeur, pour la voirie tertiaire et les pistes carrossables ;

Les vitesses d'écoulement quant à elles varient de 0.35 m/s au minimum en début de réseau à 4,02 m/s au maximum en bout de réseau.

Il nous semble cependant opportun d'envisager l'étude hydraulique sur les ouvrages présents en aval vers le cours d'eau Bénoué. Ceci dans le but de s'assurer que le surcroît de débit dû à l'augmentation du coefficient de ruissellement des 150 ha de la zone de restructuration, puisse emprunter aisément les ouvrages existants, le cas échéant, procéder à leur recalibrage.

## V- DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	DESIGNATION	U	QTE	PU (FCFA)	PT (FCFA)
<b>00.00</b>	<b>TRAVAUX A PRIX FORFAITAIRES</b>				
00.01	Installation de chantier	Ft	1	350 000 000	350 000 000
00.02	Amené et repli du matériel	Ft	1	120 000 000	120 000 000
00.03	Etude Géotechnique	Ft	1	30 000 000	30 000 000
00.04	Bureaux du MO, de contrôle et salle de réunions	Ft	1	15 000 000	15 000 000
00.05	Dossier d'exécution	Ft	1	20 000 000	20 000 000
00.06	Dossier de recollement	Ft	1	10 000 000	10 000 000
00.07	Plan de gestion environnemental et social	Ft	1	2 000 000	2 000 000
00.08	Plan d'assurance Qualité	Ft	1	7 000 000	7 000 000
	<b>Sous total 00.00</b>				554 000 000
<b>03.00</b>	<b>OUVRAGES HYDRAULIQUES</b>				
03.01	Dalot en Béton armé 2,0x2,5m <sup>2</sup>	ml	64	480 000	30 825 600
03.02	Dalot en Béton armé 3,0x3,5m <sup>2</sup>	ml	120	480 000	57 600 000
03.03	Dalot en Béton armé 2x3,0x3,5m <sup>2</sup>	ml	157	480 000	75 360 000
	<b>Sous total 02.00</b>				163 785 600
<b>04.00</b>	<b>ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE</b>				
04.01	Fossé en terre en phase provisoire	ml	18 592	2 000	37 184 000
04.02	Caniveaux bétonnés section 0,40x0,50m <sup>2</sup> (Pour voirie tertiaire et pistes carrossables)	ml	11 244	60 000	674 640 000
04.03	Caniveaux bétonnés section 0,50x0,60m <sup>2</sup> (pour les voiries primaires et secondaires)	ml	7 348	85 000	624 580 000
04.04	Dalette sur caniveau bétonné de largeur 50 cm, épaisseur 12cm (voirie tertiaires et pistes carrossables)	ml	11 244	15 300	172 033 200
04.05	Dalette sur caniveau bétonné de largeur 60 cm, épaisseur 20cm (voirie primaire et secondaire)	ml	800	20 300	16 240 000
04.06	Regard de section 1,0x1,0m <sup>2</sup>	u	340	280 000	95 200 000
04.07	Ouvrage de rejet en Béton Armé	u	24	240 000	5 760 000
04.08	Bordure Type T2	ml	22 488	9 600	215 884 800

04.09	Bordure Type CS2	ml	11 244	12 000	134 928 000
04.10	Bordure Type SVT4	ml	6 500	13 000	84 500 000
04.11	Curage des caniveaux et fossés existants	ml	6 192	2 200	13 622 400
04.12	Curage des ouvrages enterrés	ml	90	6 000	540 000
	<b>Sous total 04.00</b>				2 075 112 400
	<b>TOTAL HTVA (A)</b>				<b>2 792 898 000</b>
	<b>TOTAL TVA (19,25%*A)</b>				<b>537 632 865</b>
	<b>TOTAL TTC</b>				<b>3 330 530 865</b>

## ANNEXES

1. **Tableau des superficies drainées par point ;**
2. **Tableau de dimensionnement des caniveaux ;**
3. **Plan des sous bassins versants ;**
4. **Plan du réseau de drainage des eaux pluviales.**

## TABLEAU DES SUPERFICIES DRAINEES PAR POINT

<b>NŒUDS</b>	<b>NŒUDS ANTECEDENTS</b>	<b>SUPERFICIE (en m2)</b>
<b>Voie A</b>		
A1	-	0
A2	-	0
A3	-	0
A4	-	0
A5	-	0
A6	-	0
A11	-	0
<b>Voie B</b>		
B1	-	0
B2	-	0
B3	F1, A2	21741,537
B4	D3, B3	4578,609
B5	-	0
B6	B5, B7	2872,337
B7	A3, G5	34861,49
B8	D1	35186,637
B9	B1	3331,324
<b>Voie C</b>		
C1	-	0
C2	-	0
C3	C1, C4	29904,613
C4	F2, A1	27956,861
<b>Voie D</b>		
D1	-	0
D2	-	0
D3	-	0
D4	-	0
D5	D2	2541,597
D6	L4	404,714
D7	D6, D5	767,408
<b>Voie G</b>		
G1	G2, G3	1364,255
G2	A1, A6	14309,055

<b>NŒUDS</b>	<b>NŒUDS ANTECEDENTS</b>	<b>SUPERFICIE (en m2)</b>
<b>G3</b>	<b>G4, C3</b>	<b>66413,349</b>
<b>G4</b>	<b>A5, A4</b>	<b>36508,736</b>
<b>G5</b>	-	<b>0</b>
<b>G6</b>	-	<b>0</b>
<b>G7</b>	<b>G6</b>	<b>969,23</b>
<b>G8</b>	<b>B4,</b>	<b>1171,466</b>
<b>Voie H</b>		
<b>H1</b>	-	<b>0</b>
<b>H2</b>	-	<b>0</b>
<b>H3</b>	<b>H4, H1, H6</b>	<b>2054,979</b>
<b>H4</b>	<b>H5, B6</b>	<b>1106,217</b>
<b>H5</b>	-	<b>0</b>
<b>H6</b>	-	<b>0</b>
<b>H7</b>	<b>H2</b>	<b>4295,45</b>
<b>H8</b>	<b>G1</b>	<b>1180,407</b>
<b>Voie F</b>		
<b>F11</b>	-	<b>0</b>
<b>F12</b>	-	<b>0</b>
<b>F13</b>	<b>F12, F14, F16</b>	<b>1985,236</b>
<b>F14</b>	<b>F15, F11</b>	<b>10318,958</b>
<b>F15</b>	-	<b>0</b>
<b>F16</b>	-	<b>0</b>
<b>F1</b>	-	<b>0</b>
<b>F2</b>	-	<b>0</b>
<b>Voie L</b>		
<b>L1</b>	-	<b>0</b>
<b>L2</b>	<b>C2</b>	<b>5776,859</b>
<b>L3</b>	<b>B2</b>	<b>6033,204</b>
<b>L4</b>	<b>L5</b>	<b>1024</b>
<b>L5</b>	<b>L3, D4</b>	<b>2329,835</b>

## TABLEAU DU DIMENSIONNEMENT DES SECTIONS DES CANIVEAUX

Type d'ouvrage de drainage	Tronçons	Superficie drainée A (en m²)	Hmax (m)	Hmin (m)	Longueur du chemin critique L (en m)	Pente moyenne P (m/m)	Temps de concentration Tc (min)	Intensité de l'adverse $I=a*Tc^{(-b)}$ (mm/h)	Debit à évacuer $Q_{ev}=2,78CI A$ (m³/s)	Largeur de caniveau minimale nécessaire (B th)	Largeur pratique B (en m)	Profondeur pratique H de la section mouillée (en m)	Vitesse d'écoulement à saturation Vsat (en m/s)	Vmin<Vsat<Vmax	Vitesse d'écoulement normale V (en m/s)	Linéaire des caniveaux (en m)	Vmin<V<Vmax
Caniveau bétonné	A1-C4	4939,617	726	718	420,852	0,019	9,09	6,639	0,00866	0,07	0,6	1,2	3,72116096	Oui	0,886898269	63,1278	Non
Caniveau bétonné	A2-B3	8133,767	728	717	363,912	0,0302	6,81	8,605	0,01849	0,085	0,6	1,2	4,692413919	Non	1,275623064	54,5868	Oui
Caniveau bétonné	A3-B7	15479,664	727	709	459,775	0,0391	7,39	7,995	0,03268	0,1	0,6	1,2	5,340251813	Non	1,620782754	68,96625	Oui
Caniveau bétonné	A4-G4	3592,82	724	718	374,133	0,016	8,86	6,797	0,00645	0,065	0,6	1,2	3,417911215	Oui	0,772968563	56,11995	Non
Caniveau bétonné	A5-G4	25916,803	723	707	374,784	0,0427	6,11	9,488	0,06494	0,128	0,6	1,2	5,576576066	Non	1,987826275	56,2176	Oui
Caniveau bétonné	A6-G2	15157,959	723	702	374,235	0,0561	5,5	10,429	0,04175	0,103	0,6	1,2	6,393454907	Non	1,972111455	56,13525	Oui
Caniveau bétonné	B1-B9	3331,324	732	715	337,269	0,0504	5,29	10,805	0,00951	0,06	0,6	1,2	6,059466773	Non	1,308550358	50,59035	Oui
Caniveau bétonné	B2-L3	6033,204	732	722	579,072	0,0173	12,05	5,15	0,00821	0,07	0,6	1,2	3,546760615	Oui	0,844062862	86,8608	Non
Caniveau bétonné	B5-B6	2872,337	716	709	309,028	0,0227	6,7	8,732	0,00662	0,061	0,6	1,2	4,062078057	Non	0,885747476	46,3542	Non
Caniveau bétonné	B4-G8	27491,612	714	708	545,87	0,011	13,68	4,597	0,03338	0,128	0,6	1,2	2,829626876	Oui	1,011877544	81,8805	Oui
Caniveau bétonné	B6-H4	37773,041	707	694	453,452	0,0287	8,24	7,256	0,07239	0,143	0,6	1,2	4,569873469	Non	1,759175749	68,0178	Oui
Caniveau bétonné	C1-C3	1949,005	726	717	345,433	0,0261	6,93	8,48	0,00436	0,051	0,6	1,2	4,356497836	Non	0,841033691	51,81495	Non
Caniveau bétonné	C3-G9	25446,77	717	708	370,389	0,0243	7,5	7,889	0,05302	0,132	0,6	1,2	4,207173039	Non	1,529569928	55,55835	Oui
Caniveau bétonné	C2-L2	5748,597	728	726	169,028	0,0118	5,39	10,623	0,01613	0,096	0,6	1,2	2,93584979	Oui	0,867292391	25,3542	Non
Caniveau bétonné	D1-B8	35186,637	738	715	431,528	0,0533	6,26	9,284	0,08627	0,136	0,6	1,2	6,230997657	Non	2,319277531	64,7292	Oui
Caniveau bétonné	D2-D5	2541,597	732	719	252,948	0,0514	4,21	13,276	0,00891	0,059	0,6	1,2	6,118630276	Non	1,297018243	37,9422	Oui
Caniveau bétonné	D3-B4	4578,609	736	716	472,936	0,0423	7,34	8,05	0,00973	0,063	0,6	1,2	5,550242658	Non	1,232455511	70,9404	Oui
Caniveau bétonné	D4-L5	2329,835	733	719	227,608	0,0615	3,62	15,189	0,00935	0,058	0,6	1,2	6,693733485	Non	1,404026201	34,1412	Oui
Caniveau bétonné	F1-B3	13610,345	733	717	320,087	0,05	5,1	11,171	0,04016	0,104	0,6	1,2	6,034261592	Non	1,870124289	48,01305	Oui

Caniveau bétonné	F2-C4	23017,251	733	718	239,425	0,0627	3,74	14,758	0,08971	0,134	0,6	1,2	6,755524006	Non	2,488423381	35,91375	Oui
Caniveau bétonné	F11-F14	7162,812	725	718	306,42	0,0228	6,64	8,809	0,01666	0,086	0,6	1,2	4,079327997	Non	1,119063218	45,963	Oui
Caniveau bétonné	F12-F13	1430,311	725	721	198,847	0,0201	4,99	11,381	0,0043	0,053	0,6	1,2	3,827970958	Oui	0,76039518	29,82705	Non
Caniveau bétonné	F15-F14	3156,146	727	722	238,251	0,021	5,65	10,187	0,00849	0,068	0,6	1,2	3,909901317	Oui	0,915880368	35,73765	Non
Caniveau bétonné	F16-F13	554,925	726	721	238,251	0,021	5,65	10,187	0,00149	0,035	0,6	1,2	3,909901317	Oui	0,593072861	35,73765	Non
Caniveau bétonné	G1-H8	62935,464	702	692	800,695	0,0125	17,5	3,683	0,06121	0,157	0,6	1,2	3,016231019	Oui	1,235296263	120,10425	Oui
Caniveau bétonné	G3-G1	30869,271	705	702	715,332	0,0042	24,29	2,742	0,02235	0,132	0,6	1,2	1,747853227	Oui	0,637780533	107,2998	Non
Caniveau bétonné	G5-B7	19264,592	722	709	292,35	0,0445	4,97	11,429	0,05815	0,122	0,6	1,2	5,691389223	Non	1,963425072	43,8525	Oui
Caniveau bétonné	G6-G7	969,23	730	709	99,65	0,2107	1,2	41,023	0,0105	0,048	0,6	1,2	12,38993865	Non	2,293893547	14,9475	Oui
Caniveau bétonné	H1-H3	2054,979	707	700	192,321	0,0364	3,89	14,266	0,00774	0,059	0,6	1,2	5,149129636	Non	1,100239218	28,84815	Oui
Caniveau bétonné	H2-H7	4295,45	707	693	323,707	0,0432	5,43	10,549	0,01197	0,068	0,6	1,2	5,612884849	Non	1,30874427	48,55605	Oui
Caniveau bétonné	H6-H3	274,073	701	697	24,237	0,165	0,44	100,512	0,00728	0,044	0,6	1,2	10,96449729	Non	1,909507038	3,63555	Oui
Caniveau bétonné	H4-H5	347,321	701	694	24,237	0,2888	0,36	121,713	0,01116	0,046	0,6	1,2	14,50466653	Non	2,62153996	3,63555	Oui
Caniveau bétonné	L1-L2	6547,667	725	723	192,321	0,0104	6,26	9,295	0,01607	0,099	0,6	1,2	2,752325563	Oui	0,825588407	28,84815	Non
Caniveau bétonné	L3-L5	2329,835	722	719	663,772	0,0045	22,28	2,962	0,00182	0,051	0,6	1,2	1,814468041	Oui	0,350518292	99,5658	Non
Caniveau bétonné	L4-D6	404,714	725	723	22,854	0,0875	0,54	84,27	0,00901	0,053	0,6	1,2	7,984211751	Non	1,587773738	3,4281	Oui
Caniveau bétonné	B3-B4	21741,901	717	716	312,462	0,0032	14,22	4,437	0,02548	0,146	0,6	1,2	1,526861189	Oui	0,595478658	46,8693	Non
Caniveau bétonné	G4-G3	29477,03	706	705	379,348	0,0026	17,78	3,63	0,02826	0,158	0,6	1,2	1,385732047	Oui	0,568231466	56,9022	Non
Caniveau bétonné	G2-G1	37664,986	703	702	19,048	0,0525	0,57	80,279	0,79857	0,315	0,6	1,2	6,184056787	Non	4,022531556	2,8572	Non
Caniveau bétonné	F14-F13	12304,194	722	721	156,895	0,0064	6,44	9,053	0,02942	0,136	0,6	1,2	2,154733721	Oui	0,799218589	23,53425	Non
Caniveau bétonné	L4-L5	8363,039	720	719	19,048	0,0525	0,57	80,279	0,17731	0,179	0,6	1,2	6,184056787	Non	2,761251963	2,8572	Oui
Caniveau bétonné	L4-D6	8767,753	720	719	261,901	0,0038	11,61	5,327	0,01233	0,108	0,6	1,2	1,667744749	Oui	0,530697702	39,28515	Non
Caniveau bétonné	D6-D5	11309,35	720	719	19,048	0,0525	0,57	80,279	0,23978	0,2	0,6	1,2	6,184056787	Non	2,977655279	2,8572	Oui
Caniveau bétonné	D5-D7	11309,35	715	702	175,62	0,074	2,77	19,368	0,05785	0,11	0,6	1,2	7,343157612	Non	2,373838247	26,343	Oui



Etude en vue de la restructuration / rénovation des quartiers sous-structures dans la communauté urbaine de Garoua : zone prioritaire n°1



Caniveau bétonné	H3-H4	2329,052	699	694	452,891	0,011	11,82	5,24	0,00322	0,053	0,6	1,2	2,835869992	Oui	0,565007269	67,93365	Non
Caniveau bétonné	C4-C3	23017,701	717	716	345,307	0,0029	15,96	4,001	0,02432	0,146	0,6	1,2	1,452430864	Oui	0,566953418	51,79605	Non
Caniveau bétonné	C3-G9	20042,482	717	716	459,755	0,0022	22,18	2,975	0,01575	0,131	0,6	1,2	1,258736801	Oui	0,456805458	68,96325	Non
Caniveau bétonné	B7-B6	25032,212	710	708	366,746	0,0055	13,14	4,765	0,0315	0,143	0,6	1,2	1,993106315	Oui	0,766835324	55,0119	Non
Caniveau bétonné	C3-G9	24221,323	717	708	230,589	0,039	4,35	12,884	0,08242	0,142	0,6	1,2	5,332122544	Non	2,040087244	34,58835	Oui



## **PLAN DES SOUS-BASSINS VERSANTS**

## **PLAN DU RESEAU DE DRAINAGE DES EAUX PLUVIALES**



## **PARTIE 3 : ASSAINISSEMENT DES EAUX USEES**

## INTRODUCTION

La croissance démographique galopante enregistrée au Cameroun ces dernières décennies entraînent l'augmentation accrue des besoins en eau en assainissement de manière générale. La recrudescence des maladies hydriques et du péril fécal telles que parasitoses intestinales, les diarrhées, le choléra et le paludisme, la typhoïde, les dysenteries, etc, et la pollution de l'environnement au Cameroun, sont le fruit d'un manque criard d'infrastructures d'assainissement. L'épidémie de choléra qui a frappé le pays en 2011 est une preuve manifeste du dysfonctionnement du système de gestion des eaux usées, des déchets solides et des boues de vidange au Cameroun.

Selon l'OMS (2004), 1,1 milliard de personnes dans le monde n'ont pas accès à une eau saine, et 2,4 milliards n'ont pas accès aux infrastructures minimales d'assainissement. Les chiffres officiels de 2006 de l'AFD (Agence Française de Développement), confirment que la population Camerounaise ayant accès à des services basiques d'assainissement est estimée à 58 % en milieu urbain et 42 % en milieu rural. Mais problématique de l'assainissement des eaux usées se pose avec acuité dans plusieurs villes camerounaises à l'instar de la ville de GAROUA.

Conscient de leur composition complexe constituant un poison pour la santé publique et les écosystèmes aquatiques récepteurs, conscient de leur capacité à véhiculer des microbes pathogènes responsables des maladies ; conscient du fait qu'elles constituent aussi des sites de prolifération par excellence des vecteurs des maladies, le Ministère de l'Habitat et du Développement Urbain (MINHDU) a commandé par le biais de la Mission d'Aménagement et d'Équipement des Terrains Urbains et Ruraux (MAETUR) les études d'assainissement des eaux usées en vue de la restructuration dans la ville de GAROUA, ceci dans le but d'améliorer les conditions sanitaires des populations et la protection de l'environnement.

L'objectif général de ces études est de définir les différents scénarii de l'assainissement collectif dans la ville de GAROUA.

Les objectifs spécifiques consistent à :

- Tracer et dimensionner le réseau de collecte des eaux usées,
- Déterminer les différents postes de relevage éventuels,
- Déterminer les différents emplacements des stations d'épuration,

- Proposer quelques scénarii de traitement des eaux usées,
- D'explorer les différents scénarii présentés et de choisir les mieux adaptés au contexte et aux contraintes de la ville de GAROUA.

## I- HYPOTHESES GENERALES DE L'ETUDE

### 1. Hypothèses sur le réseau de collecte des eaux usées

- En l'absence des études démographiques complètes, la population sur chaque parcelle est estimée à partir de la densité de population ;
- Le réseau de collecte des eaux usées est partiellement gravitaire et partiellement sous pression. En effet, compte tenu de la topographie du terrain très variable, les eaux usées ne peuvent être collectées par gravité pour être acheminées vers les différents points bas susceptibles d'accueillir les stations d'épurations d'où la nécessité des postes de relevage ;
- Le réseau de collecte est de type séparatif car il ne collecte que les eaux usées domestiques ;
- Le diamètre minimal de canalisations est de 200mm ;
- La vitesse minimale d'écoulement est 0,3m/s afin de respecter l'autocurage ;
- La pente minimale est 0.2% selon les normes, nous adopterons 0,35 % pour tenir compte ;
- La couverture minimale de la canalisation : 80 cm. En dessous de cette valeur ; la canalisation sera protégée par une dalle de répartition en béton pour éviter, son écrasement sous les charges roulantes ;
- Les regards de visite sont placés tous les 50-80 m pour permettre un hydrocurage des réseaux ou une visite par caméra ;
- Les regards de visite sont placés à chaque changement de pente ou de direction ;
- Les regards de branchement sont placés tous les 25m ;
- La demande journalière de l'eau est de 90 l/j/hbt avec un taux de restitution estimé à 85% soit une quantité de rejet estimée à 76,5 l/j/hbt (MBEE ; 2011) ;

### 2. Hypothèses sur les stations d'épuration

- En l'absence d'un lotissement complet et la fixation du type de bâtis, la détermination de la population se fait à partir de la densité de population ;
- En l'absence d'analyses permettant de déterminer les concentrations des paramètres tels que la DBO5, la DCO, la MES, etc, la détermination de l'Équivalent Habitant se fait sur la base des données théoriques telles que :

- ❖ La directive européenne du 21 mai 1991 définit l'EH comme « la charge organique biodégradable ayant une demande biochimique en oxygène à 5 jours (DBO5) de 60 grammes d'oxygène par jour ». Or, La pollution réelle émise par une personne change en fonction du contexte mais se situe plutôt entre 40 et 50 g DBO5/j. Le guide ERU du MEDDE (Morin, et al., 2013) considère que « dans les petites communes sans activités industrielles raccordées, un habitant produit 40 g de DBO5/j ». Dans ces conditions, assimiler l'habitant à l'EH revient en pratique à sur dimensionner la station de 50 %. Dans le cadre de cette étude, nous considérons la pollution réelle émise par un habitant à 45 g DBO5/J.
- ❖ Dans ces conditions, la détermination de l'EH se fait suivant la formule suivante :

$$EH = P \cdot 45/60 \text{ où } P \text{ est la population.}$$

**Tableau 68 : Valeurs limites des paramètres utilisés**

Paramètres	Valeurs limites
pH	> 5.5 et < 9.5 (milieu récepteur non protégé) > 6.0 et < 9.0 (milieu récepteur protégé)
Température	< 30°C ΔT < 3 °C (milieu récepteur protégé)
Matières en suspension (MES)	50 mg/L
Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> )	40 mg/L si charge DBO <sub>5</sub> > 30 kg/j 80 mg/L si charge DBO <sub>5</sub> < 30 kg/j
Demande chimique en oxygène (DCO)	100 mg/L si charge DCO > 100 kg/j 200 mg/L si charge DCO < 100 kg/j
Azote total	30 mg/L si charge > 50 kg/j ou 80 % de réduction
Phosphore total	10 mg/L si charge > 15 kg/j
Coliformes Fécaux	2000 unités/100ml
Streptocoques Fécaux	1000 unités/100ml

### 3. Cadre Légal, Règlementaire et Institutionnel

#### 3.1. Cadre Légal et Règlementaire

Les principaux textes définissant la politique sectorielle du secteur de l'assainissement liquide en milieu urbain et rural sont :

- Loi N° 2004 /018 du 22 juillet 2004, fixant les règles applicables aux communes du Cameroun
- Loi N° 2004/003 du 21 avril 2004, régissant l'urbanisme au Cameroun

- Loi N° 96/12 du 5 août 1996, portant loi cadre relative à la gestion de l'environnement ;
- Loi n°85/009 du 04 Juillet 1985 relative à l'expropriation pour cause d'utilité publique et aux modalités d'indemnisation ;
- Loi n°98/005 du 14 avril 1998 portant régime de l'eau.
- Loi 2004/017 du 22 juillet 2004 portant sur l'orientation de la décentralisation
- Décret N° 2005/3089/PM du 29 août 2005 précisant les règles d'assiette, de recouvrement et de contrôle de la taxe d'assainissement et de redevance de prélèvement des eaux ;
- Le décret n°87/1872 du 16 décembre 1987 portant application de la loi n°85/009 du 04 Juillet 1985 relative à l'expropriation pour cause d'utilité publique et aux modalités d'indemnisation ;
- Décret N° 2001/216 du 2 août 2001 portant création d'un compte d'affectation spéciale pour le financement des projets de développement durable en matière d'eau et d'assainissement ;
- Décrets de 2010 précisant le transfert de compétences dans plusieurs domaines.
- Décret 493/2005 du 31 décembre 2005 fixant les modalités de délégation des services publics de l'eau potable et de l'assainissement liquide en milieu urbain et périurbain ;
- Décret N°2001/163/PM du 08 mai 2001 précisant les modalités de protection des eaux de surface et des eaux souterraines contre pollution ;
- Ordonnance n°74-2 du 06 juillet 1974 fixant le régime domanial ;
- Arrêté N°0009/E/2/MINDUH du 21 août 2008, fixant les normes d'habitat social

### **3.2. Cadre Institutionnel**

Il existe plusieurs acteurs étatiques qui interviennent dans le domaine de l'assainissement liquide au Cameroun :

- Le Ministère de l'Eau et de l'Energie (MINEE)
- Le Ministère de la Santé Publique (MINSANTE)
- Le Ministère de l'industrie des mines et du Développement Technologique (MINMIDT)
- Le Ministère de l'Environnement, de la Protection de la Nature et du Développement Durable (MINEPDED)

- Le Ministère de l'Habitat et du développement urbain (MINHDU)
- Le Comité National de l'Eau
- Le Fonds National de l'Environnement et du Développement Durable
- Le Ministère de l'Éducation de Base (MINEBASE)
- Le Ministère de l'Enseignement Secondaire (MINESEC)
- La Société Immobilière du Cameroun (SIC)
- La Mission d'Aménagement et d'Équipement des Terrains Urbains et Ruraux (MAETUR)
- Les Communes Urbaines et les Communes d'Arrondissement
- Les institutions/organismes de recherche et de formation
- Les collectivités territoriales décentralisées
- Le FEICOM

## **II- OBJECTIFS DE L'ETUDE**

L'objectif général de ces études est de définir les différents scénarii de l'assainissement collectif en vue de la restructuration dans la ville de GAROUA.

Les objectifs spécifiques consistent à :

- Tracer et dimensionner le réseau de collecte des eaux usées,
- Déterminer les différents postes de relevage éventuels,
- Déterminer les différents emplacements des stations d'épuration,
- Proposer quelques scénarii de traitement des eaux usées,
- D'explorer les différents scénarii présentés et de choisir les mieux adaptés au contexte et aux contraintes de la ville de GAROUA.

## **III- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

## 1. Situation géographique

### ❖ VILLE DE GAROUA DANS LE DEPARTEMENT DE LA BENOUE

La ville de Garoua, située entre 9°12'12" et 9°16'12" de latitude Nord et 13°20'24" et 13°26'24" de longitude Est, est le chef-lieu de la Région du Nord et du département de la Bénoué. Elle est localisée dans la vallée de la Bénoué, drainée par le fleuve du même nom, navigable sur près de 1 600 km depuis les boucles du Niger jusqu'à Garoua. Il s'agit d'un milieu naturel à topographie propice à l'installation humaine. Au regard de sa position centrale dans la vallée de la Bénoué, Garoua est une ville "carrefour", un passage de transit très fréquenté par les gros porteurs à destination de la République du Tchad dans le grand Nord du Cameroun.

La ville qui s'étend sur près de 423 Km<sup>2</sup> est le siège de la Communauté Urbaine de Garoua constituée de trois communes d'arrondissement (Garoua I, II et III). Elle dispose de plusieurs infrastructures de transport dont un aéroport international, 2 voies de contournement, une banque centrale, des bâtiments publics imposants, un port fluvial dont l'activité est actuellement interrompue par l'ensablement du fleuve, plusieurs Km de voies urbaines bitumées en bon état. En effet, la ville est desservie par un réseau routier assez dense, constitué de voies nationales, provinciales (régionales), départementales et rurales qui étendent l'influence de Garoua sur toute la région du Nord.

L'économie de la ville est dominée par le secteur primaire, principal pourvoyeur d'emplois, ciblés essentiellement dans l'agriculture traditionnelle vivrière, l'élevage et la pêche. En dépit des avantages qu'offre la pratique de l'agriculture urbaine, cette activité présente des effets indésirables :

- pollution de l'environnement urbain par les excréments des animaux et les pesticides ;
- multiplication des moustiques dans le milieu urbain favorisée par la présence de certaines cultures, ce qui représente un risque pour la santé des populations ;
- contamination des produits agricoles par les eaux d'irrigation polluées, ce qui constitue un danger pour les consommateurs. De plus en plus, les citoyens de Garoua se livrent également à la culture du coton encadrée par SODECOTON et FIMAC. Dans la ville, on dénombre des activités industrielles représentées par la SODECOTON spécialisée dans l'égrenage du coton et la production d'huiles, les Brasserie du Cameroun (productrices de bières et de boissons gazeuses), la CICAM spécialisée

dans la filature de tissus, un Laboratoire National Vétérinaire (LANAVET) de renom, qui produit des vaccins et conduit des recherches scientifiques dans le domaine de la médecine animale.

Garoua est aussi un centre d'activités économiques tertiaires, basées essentiellement sur le commerce, les finances, les services et le tourisme, grâce au fort potentiel dont regorge la région. Le secteur informel offre 90% des emplois et repose essentiellement sur une économie de subsistance pour garantir un seuil minimal vital aux ménages (PDU, 2015). Il concerne en général les métiers de chauffeurs, petits commerçants, artisans, personnels de ménage, vendeurs ambulants, etc. Pendant longtemps et ce jusqu'en 1982, Garoua a été la capitale de la partie septentrionale du Cameroun aujourd'hui subdivisée en 3 Régions. Quelques quartiers ont bénéficié des lotissements, mais les quartiers anciens n'ont pas surtout évolué, et sont sous-structurés.

#### ❖ L'ENVIRONNEMENT BIOPHYSIQUE

Le relief de la ville est constitué essentiellement d'une vaste terrasse alluviale et des piedmonts de raccordement aux reliefs voisins. Les parties planes regorgent de nombreuses zones marécageuses ou inondables. Par endroits, le relief est caractérisé par des pénéplaines, avec une altitude moyenne de 200 m, interrompues par des contreforts rocheux collinaires de dizaines de mètres d'altitude (Mont Tingueling à 625m).

La ville de Garoua subit l'influence d'un climat tropical de type soudanien plus prononcé au fur et à mesure que l'on avance vers le sud. Il est caractérisé par l'existence d'une longue saison sèche qui va d'octobre à avril et une courte saison des pluies de mai à septembre. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1.000 mm. (PDU, 2015). Les températures restent élevées avec une moyenne de 28°C et des maxima atteignant 40 à 45°C en avril. L'amplitude thermique diurne reste cependant fortement élevée d'un mois à un autre. (PDU, 2015).

Dans l'ensemble, le relief de Garoua, étagé, est constitué de plaine inondable (175m), de la terrasse (200 m) et d'un plateau (220 m). La végétation locale est caractérisée par des savanes boisées soudaniennes et des galeries forestières par endroits (le long des cours d'eau). Ces formations végétales sont riches en espèces floristiques observées le long des cours d'eau. On note aussi la présence de diverses graminées sur le tapis herbacé de la région. Le rônier *Borassus arthiopus* constitue

la flore particulière des zones marécageuses ou inondées. Cependant, la pression agricole, les besoins en bois de chauffe, en bois d'œuvres et la production du charbon pour la vente ont dégradé le paysage qui est devenu en majorité arbustif aujourd'hui.

## ❖ ENVIRONNEMENT SOCIO-CULTUREL

La population de la ville de Garoua est passée d'environ 2 000 habitants vers 1860 à 5 000 en 1901, 28 974 en 1968, 265 583 en 2005. Elle est estimée à 357 000 habitants en 2011 (RGPH), soit 14 % de la population du pays. Plus de 90% de la population de la ville de Garoua résident dans les quartiers de l'aire urbaine qui s'étend sur les deux arrondissements (Garoua I et II) situés sur la rive droite du fleuve Bénoué. La Commune de Garoua III, située sur la rive gauche, demeure faiblement urbanisée et garde principalement une vocation agricole.

A la structure administrative hiérarchisée (gouverneur, préfet, sous-préfet) vient se greffer une organisation traditionnelle qui se matérialise notamment à l'échelle du quartier. En effet, la multiplication et la répartition des quartiers de la ville ne sont pas forcément liées à des éléments physiques ou morphologiques, mais plutôt à des regroupements par origine et par ethnie. Le territoire de la ville est subdivisé en 102 quartiers avec des superficies et un nombre d'habitants assez contrastés.

La structure urbaine est duale comportant un habitat planifié et organisé au centre de la ville, sur les zones surélevées, ceinturé par un habitat informel, très dense dans la partie sud de la ville et un habitat de moyenne à faible densité vers les autres directions (Nord, Est et Ouest). On note, toutefois, la présence de quelques poches d'habitat spontané au sein de la zone centrale organisée (PDU, 2015).

C'est dans la catégorie des quartiers denses spontanés que s'insère notre zone d'étude.

## 2. Présentation du site d'étude

La zone, objet de cette étude, forment un ensemble sous-structuré qui se démarque dans la ville de Garoua.

### Localisation

Ces quartiers sont situés au sud-est de la Commune d'Arrondissement de Garoua Ier Ils sont limités :

- À l'ouest par une zone marécageuse et les magasins de la SODECOTON ;
- Au sud par une zone marécageuse où se pratique la culture du mil et du gombo ;
- À l'est par les quartiers Foulbéré et Kouléré;
- Au nord par le cimetière et la cathédrale

Le périmètre de la zone d'étude passe par des points caractéristiques pouvant servir de repère : carrefour Yelwa, carrefour Balmari, magasins du port, Brasserie du Cameroun, SCDP, zone marécageuse limitrophe des magasins de SODECOTON, Boulevard "Président Ahmadou Ahidjo", hôtel Dream Land, une friche, église pentecôtiste, hôtel Tour d'argent, cathédrale, maison de la femme, marché Yélwa, carrefour Yelwa

### **3. Analyse du site naturel**

La zone d'étude bâtie sur un relief relativement plat dont les altitudes varient entre 159 et 200 m. Traversé par des cours d'eau, elle est composée d'un sol ferrugineux tropical ;

Ce plateau malgré quelques obstacles (inondation, présence de marécage...) est propice à un développement continu de l'aire urbanisée.

### **4. État des lieux sur l'assainissement**

La gestion des eaux usées est caractérisée par les systèmes d'assainissement autonome tels que les fosses septiques combinées aux puisards et les latrines.

Ces systèmes sont non seulement inefficaces et adaptés dans le traitement des eaux usées mais aussi et surtout sont eux-mêmes des sources de pollutions diffuses. En effet, les fosses septiques n'ont qu'une efficacité de 25% seulement d'abattement de la pollution et que les puisards qui sont sensés achever le traitement des 75% de la pollution restante des eaux issues des fosses septiques ne sont pas réalisables partout et contribuent dans la plupart des cas à polluer les nappes phréatiques environnantes.

Étant donné que certaines couches sociales défavorisées ne disposent pas d'une connexion au réseau d'eau potable, et suite aux coupures d'alimentation en eau potable incessantes, les populations se rabattent généralement vers les eaux souterraines (puits et forages, sources d'eau, etc) pour des besoins d'approvisionnement en eau. Ceci entraîne l'augmentation des risques de maladies hydriques telles que le choléra, la typhoïde, etc.

## IV- DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE COLLECTE DES EAUX USEES

### 1. Formules de dimensionnement

- **Débit moyen (Qm)** : il est estimé par la formule  $Qm = \frac{Q \times N}{24 \times 3600}$  avec N nombre d'habitant et Q quantité d'eau rejetée par jour et par habitant ;
- **Coefficient de pointe (Cp)**. Il est évalué pour le débit de la journée de plus forte consommation. Ce coefficient varie sur le réseau considéré selon la formule :

$Cp = a + \frac{b}{\sqrt{Qm}}$  . Les valeurs « a =1.5 » et « b =2.5 » sont les valeurs adoptées.

- **Débit de pointe ou débit maximal (Qp)** : il est estimé par la formule  $Q_{max} = Cp \times Qm$
- **La pente du terrain naturel (i)** : C'est la tangente de l'inclinaison entre deux points d'un terrain. C'est donc le rapport entre la différence d'altitudes entre les deux points et la distance horizontale, cartographique, entre ces deux points. Elle calculée par la formule : **Pente (%) = Dénivelé (m)/Longueur parcourue (m)**.
- **Le diamètre des canalisations** : il est déterminé par la formule suivante :

$$D = \left( \frac{Qc \times 4^{\frac{5}{3}} \times n}{\pi \times I^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (\text{formule de MANNING-STRICKLER})$$

- **Le diamètre commercial** : Le diamètre de tuyaux calculé est ensuite comparé avec le diamètre disponible sur le marché et un choix est fait en prenant le diamètre du tuyau le plus grand à côté du diamètre du tuyau calculé précédemment. Le minimum étant **200mm** afin d'éviter l'obstruction du réseau.

- **La vitesse pleine section ( $V_{ps}$ )** doit être supérieure à 0,70 m/s

$$V_{ps}(m.s^{-1}) = \frac{K_s \cdot i^{1/2} \cdot D_e^{2/3}}{4^{2/3}}$$

$$\frac{V}{V_{ps}} = \frac{\left[ 2 \arccos\left(1 - \frac{2h}{D}\right) - \sin\left(2 \arccos\left(1 - \frac{2h}{D}\right)\right) \right]^{2/3}}{2^{2/3} \left[ \arccos\left(1 - \frac{2h}{D}\right) \right]^{2/3}}$$

- **La vitesse d'écoulement  $v$ .** Aux faibles débits, il faut assurer une vitesse d'écoulement empêchant les dépôts, cette vitesse minimale dite auto curage doit être égale au moins à 0,5 m/s. elle est calculée par la formule  $V_{aut} = 0,6 V_{ps}$

- **Débit moyen du bassin à évacuer ( $Q_m$ ) :**

$$Q_m(l.s^{-1}) = \frac{P \cdot R_e}{24 \times 3600}$$

- **Débit de pointe du bassin à évacuer ( $Q_p$ ) :** ( $l.s^{-1}$ ) =  $Q_m \cdot C_p$

- **Diamètre théorique du collecteur d'amenée ( $D_{th}$ ) :**

$$D_{th}(mm) = \left( \frac{4^{5/8} \cdot Q_p}{K_s \cdot i^{1/2} \cdot \pi^1} \right)^{3/8}$$

- **Diamètre économique du collecteur d'amenée ( $D_e$ )** est obtenu à l'aide des catalogues.

## 2. Algorithme du choix du système d'épuration

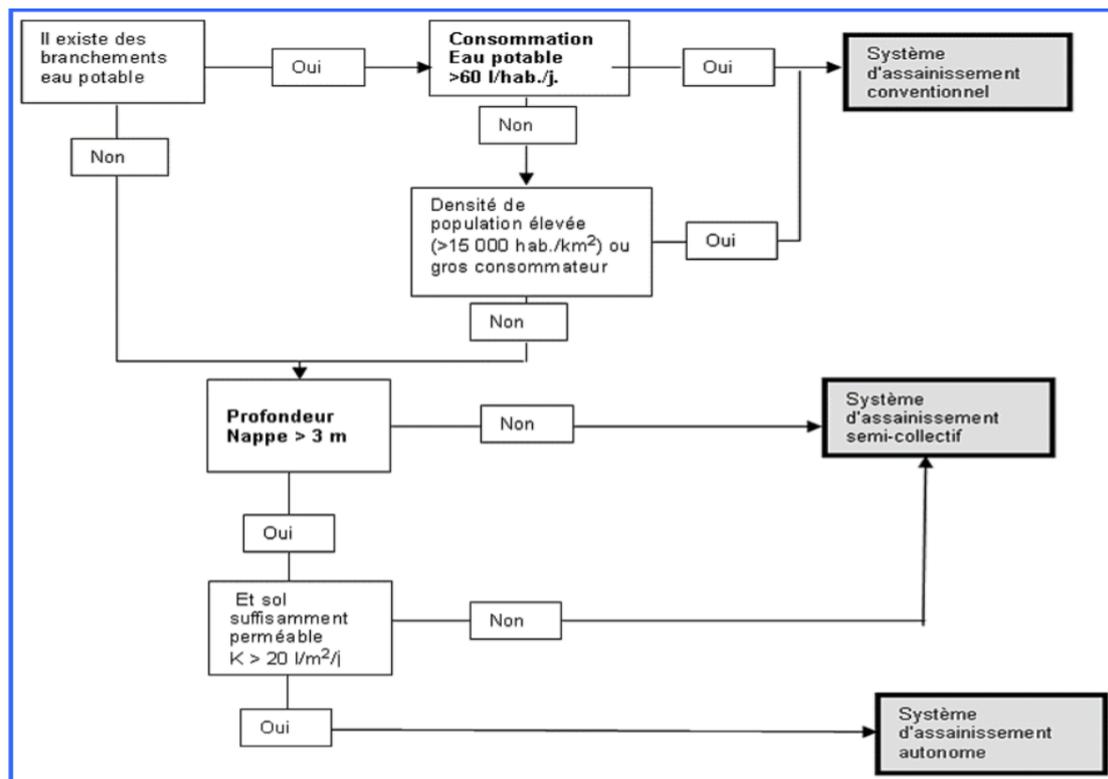


Figure 5: Algorithme du choix du système d'épuration

Cet algorithme nous a permis d'arrêter le système de traitement des eaux usées semi collectif

## V- RESULTATS DU DIMENSIONNEMENT

Le tableau ci-dessous montre les différentes quantités obtenues à l'issue de notre étude,

**Tableau 69 : Récapitulatif des quantités obtenues lors du dimensionnement**

DESIGNATION	UNITE	QUANTITE
RESEAU DE COLLECTE	ml	76 363
RAGARDS DE BRANCHEMENT	U	2960
REGARDS DE VISITE	U	1110
POSTES DE RELEVAGE	U	4

## VI- TRAITEMENT DES EAUX USEES

### 1. Assainissement des eaux usées

Les définitions du terme assainissement sont multiples mais renvoient au même phénomène. Pour certains auteurs l'assainissement est un processus multi-étape dans lequel les déchets sont gérés du point de production au point de réutilisation ou de décharge ultime [Elizabeth T. et al, 2008]. Nous pouvons résumer en disant que c'est un ensemble de processus dont l'objectif est de céder dans l'environnement un effluent acceptable par les normes.

### 2. Objectifs du traitement

L'objet de l'épuration des effluents est de séparer l'eau des polluants qu'elle contient ; par la transformation des matières organiques en produits minéraux inoffensifs [BEMMO Nestor, 2011]. Les objectifs fondamentaux assignés à l'assainissement des eaux usées urbaines sont :

- Évacuer rapidement le plus loin possible, sans stagnation et sans risques, les eaux usées nuisible à l'homme et à l'environnement ;
- Protéger l'environnement et le cadre de vie ; Éliminer ou modifier l'état des polluants de sorte à limiter l'impact négatif qu'elles pourraient avoir sur les écosystèmes naturels ;
- Éviter toutes formes de souillures réversibles ou irréversibles par des traitements appropriés ;
- Préserver la santé humaine ; Minimiser les risques sanitaires après leur rejet dans l'environnement ou leur réutilisation éventuelle ; Apporter aux eaux usées la correction de qualité nécessaire.

Il s'agit donc en résumé de rendre les eaux inoffensives pour l'environnement et la santé humaine.

### **3. Les différentes phases du traitement**

L'épuration des eaux usées se fait en plusieurs phases dont chacune concerne les polluants spécifiques. Les différentes phases successives de traitement sont : le prétraitement, le traitement primaire, le traitement secondaire et le traitement tertiaire.

#### **a. Le prétraitement**

Le prétraitement est une phase du traitement physique qui a trois étapes principales : le dégrillage, le dessablage et l'écumage. Il permet de supprimer les éléments qui gêneraient les phases suivantes de traitement.

- Le dégrillage a pour but de retenir les plus gros éléments (bouchons, morceaux de bois, serviettes hygiéniques...). Il consiste à faire passer l'eau usée à travers une ou plusieurs grilles dont les mailles sont de plus en plus serrées ;
  - Le dessablage a pour but de retenir les matériaux solides fins (sable, graviers...) transportés par les eaux résiduaires. Ces matériaux ne subissent aucune transformation dans la station d'épuration et nuisent à son bon fonctionnement [BEMMO Nestor, 2011] ;
- L'écumage a pour but de séparer de l'effluent à traiter les huiles et les graisses contenues dans les eaux d'égout. Ces huiles difficiles à dégrader peuvent être toxiques et sont sources de colmatage (BEMMO ; 2011).

#### **b. Le traitement primaire**

Le traitement primaire est une simple décantation qui a pour objet de séparer l'effluent des matières en suspension. Le temps de séjour des effluents dans ce bassin dépend de la quantité de matière à éliminer et de la capacité de l'installation à les éliminer. La décantation peut éliminer environ 30 % de DCO, 30% de la DBO5 et 60 % de la MES [NGNIKAM Emmanuel, 2010]. Il existe plusieurs types de décanteurs :

- Les décanteurs circulaires qui sont les grandes fosses au fond conique où les boues sont pompées au centre de la fosse ;
- Les décanteurs horizontaux où l'eau circule à peu près horizontalement ;

- Les décanteurs verticaux où l'eau circule de bas en haut et la vitesse de chute des particules dans ce cas doit être supérieure à la vitesse ascensionnelle de l'eau [BEMMO Nestor, 2011].

### c. Le traitement secondaire

Le traitement secondaire se fait par voie biologique mais l'addition d'une voie physico-chimique peut être nécessaire pour favoriser la floculation et coagulation des boues et la fixation des phosphates. Il est parfois nécessaire d'apporter de l'oxygène artificiellement pour accélérer le processus de dégradation de la matière organique [NGNIKAM Emmanuel, 2010]. Les technologies utilisées sont :

- Les boues activées,
- Les disques biologiques,
- Le lagunage
- Le lit bactérien,
- Le deuxième étage du filtre planté etc.

C'est pendant cette phase qu'on observe la nitrification qui est la transformation de l'azote ammoniacal en nitrite puis en nitrate et la dénitrification qui est la transformation du nitrate en azote qui s'échappe dans l'air [SODOWSKI A., 2002].

Le traitement de déphosphoration se produit pendant cette même phase de manière physique (utilisation des filtres ou des membranes afin d'enlever le phosphore) ou chimique (réaction des sels formant des précipités insolubles au fond du bassin) [NGNIKAM Emmanuel, 2010].

### d. Le traitement tertiaire

Il s'agit d'une phase de traitement qui n'est pas toujours nécessaire. Il permet de réduire le nombre de germes pathogènes présents dans l'eau traitée si leur concentration ne respecte pas les normes de rejet après les phases précédentes. Ce traitement peut être réalisé par ozonation, par un traitement aux UV ou pour des petites capacités de station d'épuration par une filtration sur sable.

## VII- LES FILIERES DE TRAITEMENT DES EAUX USEES

Il existe deux types de filières de traitement des eaux usées : les **filières intensives** et les **filières extensives**

## 1. Les filières intensives

Il s'agit des filières qui nécessitent des surfaces relativement faibles mais qui demandent impérativement de l'énergie. Les filières intensives sont entre autres :

### a. LES LITS BACTERIENS

Un lit bactérien (LB) est un lit fixe, filtre biologique qui fonctionne sous conditions aérobies essentiellement. Les eaux usées stabilisées sont versées en goutte à goutte ou pulvérisées sur le lit. Comme l'eau migre à travers les pores du lit, les matières organiques sont dégradées par la biomasse couvrant le matériau filtrant. Un traitement primaire est essentiel pour prévenir le colmatage et garantir l'efficacité du traitement [Elizabeth T. et al, 2008]. Plusieurs lits bactériens ont été expérimentés en Europe. Un dimensionnement avec une charge organique de 0,4 à 0,7 kg de DBO5/m2/j et une charge hydraulique de 0,4 à 2,2 m3/m2/j en fonction du type de garnissage (plastique ou traditionnel) et de la hauteur du matériau donne les abattements de 90 % en DBO5, 80 % en DCO, 90 % en MES, 70 % en azote, 50% en phosphore et 0% en pollution bactérienne [Agence de l'eau, 2007].

### b. LES DISQUES BIOLOGIQUES

Les disques biologiques (DB) sont constitués de disques partiellement immergés dans l'effluent à traiter et animés d'un mouvement de rotation lequel assure à la fois le mélange et l'aération. L'alternance de phases de contact avec l'air et l'effluent à traiter, consécutive à la rotation du support permet l'oxygénation du système et le développement de la culture bactérienne. Le suivi des stations Européennes dimensionnées avec une charge de 6 à 9g de DBO5/m2 de disque/j donne les rendements de 80 % en DBO5, 70 % en DCO, 80 % en MES, 30 % en azote, 25% en phosphore et 0% en pollution bactérienne [Agence de l'eau, 2007].

### c. LES BOUES ACTIVEES

Les boues activées (BA) sont une unité de réacteur multi chambres qui utilise (la plupart du temps) les microorganismes aérobies pour dégrader les matières organiques des eaux usées et pour produire un effluent de haute qualité. Pour maintenir des conditions aérobies et la biomasse active suspendue, un approvisionnement permanent et bien chronométré en oxygène est exigé. L'eau usée est mélangée et aérée (avec de l'air ou de l'oxygène pur) dans un bassin d'aération et Les microorganismes oxydent le carbone organique contenu dans l'eau usée pour

produire de nouvelles cellules, du gaz carbonique et de l'eau. Le suivi des stations Européennes dimensionnées avec une charge volumique de 0,35kg deDBO5/m3/j, un débit maximal horaire de 0,6 m/h et un temps d'aération de 14 h donne les rendements de 90 à 95 % en DBO5, 80 à 90 % en DCO, 85 à 95 % en MES, 75 % à 90 % en azote, 40 à 50 % en phosphore et 1 à 3 Ulog en pollution bactérienne [Agence de l'eau, 2007].

#### **d. LE LAGUNAGE AERE**

Le lagunage aéré (LA) est un grand réacteur, extérieur, aérobic et mélangé. Les aérateurs mécaniques fournissent l'oxygène et maintiennent les organismes aérobies suspendus et mélangés avec l'eau usée pour atteindre un taux élevé de dégradation de la matière organique et d'élimination des nutriments. Les eaux à traiter devraient être contrôlées et prétraitées pour enlever les ordures et les particules grossières pouvant endommager les aérateurs. Plusieurs lagunes aérées Européennes dimensionnées avec une charge organique d'environ 130 à 240 kg de DBO5/ha/j et un temps de séjour de 24 à 27 jours donne les rendements de 90 % en DBO5, 80 % en DCO, 85 % en MES, 60 % en azote, 50 % en phosphore et 3 à 5 Ulog en pollution bactérienne [Agence de l'eau, 2007].

#### **e. LE DIGESTEUR ANAEROBIE A FLUX ASCENDANT**

Le digesteur anaérobie à flux ascendant (DAFA) est un réservoir à processus simple. L'eau usée rentre dans le réacteur par le fond, et coule vers le haut. Une couche de boues suspendue filtre et traite l'eau usée pendant son passage. La couche de boues est composée d'un floc de granulés microbiens, c'est-à-dire de petits agglomérats (0.5 à 2 mm de diamètre) de micro-organismes qui, en raison de leur poids, résistent au flux ascendant. Les micro-organismes dans la couche de boues dégradent les composés organiques. En conséquence, des gaz (méthane et gaz carbonique) sont libérés. Les bulles de gaz ascendantes se mélangent aux eaux usées sans l'aide d'aucune pièce mécanique. Les parois inclinées redirigent vers le bas les matières atteignant le dessus du réservoir. L'effluent clarifié est récupéré au-dessus du réservoir et des parois inclinées. Après plusieurs semaines d'utilisation, de plus grands flots de boues sont formés et agissent à leur tour comme des filtres pour de plus petites particules montant à travers les eaux usées. En raison du régime de flux ascendant, les organismes floculés se maintiennent alors que ces autres sont

poussées dehors. Il élimine 85 à 90 % de la pollution organique mais les abattements de la pollution microbienne sont faibles [Elizabeth T. et al, 2008].

#### **f. REACTEUR ANAEROBIE A BIOGAZ**

Un réacteur anaérobie à biogaz (RAB) est une technologie de traitement anaérobie qui produit une boue digérée utilisable comme amendement de sol et du biogaz pouvant être utilisé comme énergie. Le biogaz est un mélange de méthane, de dioxyde de carbone et d'autres gaz pouvant être facilement convertis en électricité, lumière et chaleur. Ici, les boues digérées et les effluents nécessitent toujours un traitement car les taux d'abattements sont très faibles [Elizabeth T. et al, 2008].

## **2. Les filières extensives**

Ces filières nécessitent de grandes surfaces. Parmi ces filières, nous pouvons citer entre autres :

#### **a. LES BASSINS DE LAGUNAGE**

Les bassins de lagunage (BL) sont de grands plans d'eau artificiels. Les bassins sont remplis d'eau usée qui est alors traitée par des processus naturels. Les bassins peuvent être utilisés individuellement, ou être reliés en série pour l'amélioration du traitement. Il y a trois types de bassins, (1) anaérobie, (2) facultatif et (3) aérobie (maturation), chacun avec un traitement et des caractéristiques de conception différentes. Plusieurs lagunes Européennes dimensionnées avec une charge organique d'environ 55 kg de DBO<sub>5</sub>/ha/j et un temps de séjour 60 jours donnent les éliminations de 90 % en DBO<sub>5</sub>, 75 % en DCO, 80 % en MES, 70 % en azote, 60 % en phosphore et 3 à 4 Ulog en pollution bactérienne [Agence de l'eau, 2007].

#### **b. LE FILTRE PLANTE A ECOULEMENT VERTICAL**

Filtre planté à écoulement vertical (FPEV) est une couche filtrante sur laquelle sont plantées des plantes aquatiques. L'eau usée est déversée sur la surface du filtre en utilisant un système d'injection. L'eau coule verticalement vers le bas à travers la matrice de filtration. En alimentant le filtre par intermittence (plusieurs fois par jour), celui-ci passe par des états saturés et insaturés, et en conséquence, de différentes phases de conditions aérobies et anaérobies. La fréquence d'alimentation devrait être chronométrée de sorte que la dose précédente d'eau usée ait le temps de percoler à travers la couche filtrante pour que l'oxygène ait le temps de se diffuser par le média

et remplir les espaces vides [Elizabeth T. et al, 2008]. En Europe, un dimensionnement avec une charge organique de 20 à 25 g de DBO5/m2/j, une hauteur de la lame d'eau maximale de 0,9 m/j (rapportée à la surface des lits du premier étage en fonctionnement) et un temps de séjour d'une heure donnent les rendements de 90 % en DBO5, 85 % en DCO, 90 % en MES, 85 % en azote en NTK, 45% en azote en NGL, 40 % en phosphore et 1 à 3 Ulog en pollution bactérienne [Agence de l'eau, 2007].

### **c. LE FILTRE PLANTE A ECOULEMENT HORIZONTAL SUPERFICIEL**

Le filtre planté à écoulement horizontal superficiel (FPEHS) est une série de canaux en eau qui vise à répliquer les processus naturels d'un marais naturel ou un marécage. Comme l'eau traverse lentement le marais, les particules décantent, les germes pathogènes sont détruits, et les organismes et les plantes utilisent les nutriments. L'eau coule au-dessus du sol et est exposée à l'atmosphère et directement à la lumière du soleil.

Le canal ou le bassin est revêtu d'une barrière imperméable (argile ou géo membrane) couverte de cailloux, de gravier et de terre et plantée avec la végétation indigène (par exemple massette, roseaux et/ou joncs).

En Europe, un dimensionnement avec une charge organique de 8 g de DBO5/m2/j, une hauteur de la lame d'eau maximale de 0,05 m/j et un temps de séjour d'une heure et demi donne les rendements de 80 % en DBO5, 80 % en DCO, 80 % en MES, 80 % en azote en NTK, 35% en azote en NGL, 30 % en phosphore et 1 à 3 Ulog en pollution bactérienne [Agence de l'eau, 2007].

### **d. LE FILTRE PLANTE A ECOULEMENT HORIZONTAL SOUS-SURFACE**

Un filtre planté à écoulement horizontal sous-surface (FPEHSS) est un grand canal rempli de gravier et de sable sur lequel la végétation aquatique est plantée. Comme l'eau usée coule horizontalement à travers le canal, le matériau filtrant filtre les particules et les micro-organismes dégradent la matière organique. Le média de filtration agit à la fois comme un filtre pour enlever les solides, une surface fixe sur laquelle des bactéries peuvent s'accrocher, et un support pour la végétation. Bien que les bactéries facultatives et anaérobies dégradent la plupart des matières organiques, la végétation transfère un peu d'oxygène à la zone racinaire de sorte que les bactéries aérobies puissent coloniser le secteur et dégrader également la matière organique.

Les racines des plantes jouent un rôle important en maintenant la perméabilité du filtre [Elizabeth T. et al, 2008]. Il présente les rendements similaires à ceux du filtre à écoulement superficiel.

### 3. Filières adaptées en zone tropicale

L'expérimentation des filières de traitement des eaux usées en Afrique est très récente. Les premières filières importées en Afrique étaient les boues activées. Elles ont rapidement montré leurs limites à cause des coûts d'entretien et du niveau de technologie peu maîtrisé.

Depuis les années 1990, les chercheurs africains expérimentent les filières de traitement des eaux usées et excréta. Ils focalisent particulièrement leur attention sur les filières extensives dont les conditions climatiques tropicales améliorent les rendements et diminuent les coûts.

Cette amélioration des rendements est liée à l'évapotranspiration qui renvoie à deux processus que sont d'une part l'évaporation directe du sol et des plans d'eau libre et d'autre part la transpiration subie par les végétaux [KONE Martine, 2011].

La transpiration transfère de l'eau des végétaux vers l'atmosphère sous forme de vapeur et joue de multiples fonctions : elle assure le transport des nutriments à travers les organes de la plante, participe à la régulation thermique de la plante [KONE Martine, 2011].

L'évapotranspiration modifie les critères de dimensionnement des filières extensives en zone tropicale :

- Le lagunage :
- Les filtres plantés à écoulement vertical :
- L'infiltration percolation ;
- Les lits de séchage plantés.

## VIII- ANALYSE MULTICRITERES

L'analyse multicritère est une branche des modèles de recherche opérationnelle qui s'occupe des problèmes de décision lorsqu'il y a un nombre important de critères.

La pertinence de l'utilisation des méthodes multicritères d'aide à la décision vient du fait que, dans la plupart des situations, lorsque les gens prennent des décisions, ils n'ont pas un seul objectif. Au contraire, ils ont besoin de prendre en considération un certain nombre de critères. C'est le cas de notre problème de choix de la filière de traitement.

Ces modèles multicritères se fondent sur plusieurs hypothèses [SEDIF, 2008] parmi lesquelles nous citons entre autres :

- L'ensemble des possibilités n'est pas défini de façon stable dès le départ ; il peut varier au cours du processus ; les préférences ne sont pas définitives mais construites au cours de la phase de conception ;
- La multiplicité des critères implique la recherche de compromis, par opposition à une solution optimale définie de façon rigide ;
- Le fait que les algorithmes retenus soient suffisamment souples pour autoriser des itérations nombreuses et peu coûteuses permet également de traiter des cas où les informations ne sont pas toutes disponibles en même temps. L'application d'une procédure d'aide multicritère à la décision suit un certain nombre d'étapes clés :
  - Identifier l'objectif global de la démarche et le type de décision ;
  - Dresser la liste des solutions possibles ou envisageables ;
  - Dresser la liste des critères à prendre en considération ;
  - Évaluer chacune des solutions au regard de chacun des critères ;
  - Utiliser une méthode d'analyse pour comparer les solutions entre elles.

### **a) Choix de la filière de traitement ou des filières de traitement**

L'objectif ici est de faire une étude comparative des différentes filières de traitement des eaux usées pour retenir la ou les filière (s) la ou les plus efficace (s) en zone urbaine au Cameroun.

Les différents critères seront pondérés et chaque filière sera notée par critère. Les filières qui auront la note totale pondérée la plus grande seront retenues pour la suite. Notons que les solutions possibles ou envisageables ont un rapport  $DCO/DBO_5 < 3$  et sont donc biodégradables. Les solutions envisageables ici sont les filières de traitement suivantes :

- Lit bactérien ;

- Disques biologiques ;
- Boue activée ;
- Digesteur anaérobie à flux ascendant ;
- Lagunages
- Infiltration-percolation ;
- Filtre planté à écoulement vertical ;
- Filtre planté à écoulement horizontal.

Les méthodes d'épuration directe par le sol ont été éliminées à cause des risques de pollution de la nappe phréatique. Le réacteur anaérobie à biogaz a aussi été supprimé parce qu'il ne supporte pas les eaux grises.

#### **b) Liste des critères à prendre en considération**

Les critères retenus sont les suivants :

- Le coût de l'investissement (C1) ;
- Le coût d'entretien (C2) ;
- Le rendement épuratoire (C3) ;
- La demande en énergie (C4) ;
- La surface nécessaire (C5) ;
- La technologie (C6) ;
- L'adaptation aux variations de charge (C7) ;
- Les nuisances : auditives, olfactives, moustiques (C8) ;
- L'adaptation à la taille de la population (C9).

Après évaluation de chacune des solutions au regard des différents critères ci-dessus, la filière de traitement préconisé est un couplage lagunage aéré-lit bactérien.

#### **c) Justification du choix**

- Le lagunage aéré est une filière intensive avec consommation en énergie pour le traitement des effluents relativement faible,
- C'est une filière très adaptée en zone tropicale,
- C'est une filière très adaptée aux variantes de charges
- C'est une filière qui permet l'élimination de 90 % en DBO5, 75 % en DCO, 80 % en MES, 70 % en azote, 60 % en phosphore et 3 à 4 Ulog en pollution bactérienne [Agence de l'eau, 2007],
- C'est une filière qui ne nécessite pas une haute technologie,
- C'est une filière très adaptée lorsque la taille de la population dépasse 7000 EH et bien dans notre étude, nous avons plus de 15000 EH,
- Certes une filière qui demande beaucoup d'espace mais l'espace est disponible,
- C'est filière qui nécessite des coûts et mise en place et d'entretien relativement bas,
- C'est une filière qui ne présente pas de nuisances lorsqu'elle est bien mise en œuvre et bien entretenue.

Vu la taille de la population, les lagunes ne permettent pas d'abattre les pollutions en respect de la norme d'où la nécessité d'un lit bactérien pour achever l'abattement des pollutions.

## IX- COMPOSANTES DU SYSTEME DE TRAITEMENT PRECONISE

- **Les canalisations** : dont le rôle sera d'assurer l'écoulement du ménage jusqu'à l'unité de traitement.
- **Les regards** : ils permettent d'assurer et faciliter l'entretien du réseau. Nous avons émis l'hypothèse d'installer un regard tous les 50 m ;
- **Le dégrilleur** : il permet de retenir les gros éléments de l'influent : il est formé de deux grilles (10 mm et 5 mm d'ouverture) pour le dégrilleur de la station et d'une grille d'ouverture 20 mm pour le dégrilleur de connexion des ménages ;
- **Le dessableur- déshuileur** : il permet de retenir les matériaux solides fins et de séparer l'effluent à traiter des graisses et des huiles contenues dans les eaux. La nécessité de disposer d'un dessableur-déshuileur a été démontrée pendant les études hydrologiques ;
- **Les canaux venturi** : ils permettent de mesurer les débits à l'entrée et à la sortie du step ; ce qui important pour s'assurer de l'étanchéité des filtres ;
- **Le décanteur** ;
- **Les lagunes** : ils constituent le lieu du traitement principal et permettent d'abattre les concentrations des différents polluants ;
- **Le local technique** : Le local technique a pour but d'abriter le bureau du personnel d'entretien et les outils nécessaires à l'entretien de la station (clefs à vannes, râteaux du dégrilleur). C'est aussi le bâtiment où sont concentrées toutes les arrivées de réseaux (électrique, AEP).

## X- COUT DU SYSTEME COUPLE LAGUNAGE-LIT BACTERIEN

Le coût de mise en œuvre d'un système couplé lagunage-lit bactérien avec deux (02) ans d'exploitation est estimé à moyenne à 300 000 FCFA/EH.

De même, le coût d'un mètre linéaire de mise en place du réseau de collecte des eaux usées est estimé à 14000F CAF/ml. Ainsi, nous pouvons estimer le coût de projet comme suit. (Voir tableau ci-dessous).

<b>ETUDES D'ASSAINISSEMENT DES EAUX USEES DE GAROUA</b>				
<b>DESIGNATION</b>	<b>UNITE</b>	<b>QUANTITE</b>	<b>PRIX UNITAIRE</b>	<b>PRIX TOTAL</b>
RESEAU DE COLLECTE	ML	76363	14 000	1 069 082 000
STATION DE TRAITEMENT	EH	15184	300 000	4 555 200 000
REGARDS DE BRANCHEMENT	U	2960	50 000	148 000 000
REGARDS DE VISITE	U	1110	300 000	333 000 000
POSTE DE RELEVAGE	U	4	25 000 000	100 000 000
ENTRETIEN ANNUEL DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT	FF	1	60 000 000	60 000 000
<b>TOTAL HT</b>				<b>6 265 282 000</b>
<b>TVA (19,25%)</b>				<b>1 206 606 785</b>
<b>AIR (2,2%)</b>				<b>137 836 204</b>
<b>TOTAL TTC</b>				<b>7 471 888 785</b>

## **CONCLUSION**

La problématique d'assainissement des eaux usées telle qu'elle pose avec acuité les villes de Cameroun nécessite que des mesures appropriées soient. Dans cette optique, nous avons pour mission dans cette étude la conception et dimensionnement des ouvrages de collecte des eaux usées et de proposer les différents scénarii de traitement. Au terme de cette étude, nous sommes arrivés aux conclusions suivantes :

- Le réseau de collecte est 76363 ml
- 1110 regards de visite
- 2960 regards de branchement
- 4 postes de relevages
- 1 grande station de traitement

La solution « **couplage lagunage-lit bactérien** » a été adoptée vu l'importance de la population qui ne laisse aucune possibilité pour les filtres plantés.



## ANNEXE

### 1. Plan du réseau d'assainissement des eaux usées.



## CONCLUSION GENERALE

Le Tome 1 des Etudes Techniques, du projet de restructuration des quartiers sous-structurés de la ville de Garoua-Zone prioritaire 1, a porté successivement sur la présentation des parties suivantes :

- Terrassement et voirie qui s'élève à un montant TTC de **11 408 777 000 FCFA**
- Drainage des eaux pluviales, qui s'élève à un montant TTC de **3 330 530 865 FCFA**
- L'assainissement des eaux usées qui s'élève à un montant TTC de **7 471 888 785 FCFA**

La partie terrassement et voirie comporte essentiellement, les travaux de cubature et corps de chaussée de voirie.

Le drainage des eaux pluviales, prend en compte les travaux de curage des ouvrages hydrauliques existants, la réalisation des caniveaux, la réalisation des ouvrages hydrauliques et de rejet, ainsi que l'aménagement des drains et la pose des bordures T2-CS2 et SVT4.

La partie assainissement prend en compte, l'assainissement autonome, la pose des conduites du réseau, la réalisation de la station de pompage et prévoit également une STEP avec lagunage.

Ces travaux d'aménagement d'un montant global TTC de **22 181 196 650 FCFA** permettront de relever le standing de la zone délimitée par le projet en matière d'infrastructure routière et d'assainissement du milieu des quartiers sous-structurés de la ville de Garoua, zone prioritaire1. Son implémentation devra tenir compte à l'année de réalisation du taux d'inflation annuel moyen qui a été évalué en 2017 à 0,6 % par l'Institut National de la Statistique.

Toutefois, préalablement au lancement de ces travaux, il sera nécessaire de procéder à la **libération des emprises devant les recevoir**. Le coût de cette intervention a été évalué à **6 375 000 000 FCFA**, dont le détail d'estimation est contenu dans le rapport d'étude de faisabilité.