

REPUBLIQUE DU SENEGAL  
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



Ecole Supérieure Polytechnique

Centre de THIES  
DEPARTEMENT GENIE CIVIL

GC 483

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION

ETUDE DU PLAN DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DE  
TOUBA

**Auteurs :**

Ousmane NDIAYE  
Abdou Gaye SARR

**Directeurs internes :**

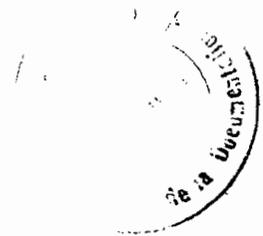
M. El Hadj Bamba DIAW  
M. Séni TAMBA

**Directeur externe :**

M. Pape Cheikh DIOP (SETICO Ingénieurs Conseils)

*Année académique 2006/2007*

## DEDICACES



Nous dédions ce travail:

- à nos parents pour tous les efforts consentis dans notre éducation ;
- à nos professeurs pour leur engagement dans la formation de nos personnalités ;
- à tous les membres du dahira mouride Taïssiroul Assir de l'Ecole Supérieure Polytechnique de Thiès ;
- à toute la promotion 2006-2007 de l'E.S.P centre de Thiès ;
- et à toutes les personnes qui nous sont chers.

*«La persévérance, c'est ce qui rend l'impossible possible, le possible probable et le probable réalisé ... »*

*Robert Half.*

## REMERCIEMENTS



Nos remerciements vont d'abord à l'endroit de toute la direction de SETICO Ingénierie et Conseils pour nous avoir ouvert leurs portes afin que nous puissions participer à l'étude de ce projet, et particulièrement à M. Pape Cheikh DIOP qui n'a ménagé aucun effort pour la réussite de ce travail.

Aussi, nous ne saurions passer sous silence nos chers professeurs MM. Séni TAMBA et El Hadji Bamba DIAW pour leur disponibilité depuis le début de ce travail et leurs conseils.

Ces remerciements vont également à l'endroit des personnes suivantes :

- M. Serigne Touré, ingénieur au bureau EDE pour sa précieuse collaboration ;
- M. Safall Fall, consultant urbaniste, pour sa collaboration, ses conseils et sa disponibilité ;
- M. Amady KANE du Service de l'Hydraulique de TOUBA pour les informations mises à notre disposition ;
- MM. Ibrahima THIAM et Alassane BA, professeurs à l'ESP, pour leurs conseils.

Nous ne saurions également terminer nos remerciements sans exprimer toute notre gratitude à tous les professeurs de l'E.S.P Centre de Thiès qui, durant toutes ces années passées, ont forgé nos personnalités.

## **SOMMAIRE**

Le but de ce travail est de concevoir et de mettre en place un outil de planification en matière d'assainissement (eaux usées et pluviales) pour la zone de TOUBA.

En effet, le découpage administratif et territorial du Sénégal fait de Touba une communauté rurale, cependant, depuis ces dernières années, son évolution démographique et économique en fait une grande ville. Ce qui a amené les décideurs à revoir ses potentialités et à la doter d'infrastructures répondant à son statut. Ce projet d'élaboration d'un plan directeur d'assainissement entre parfaitement dans ce cadre et vient à son heure dans la mesure où Touba ne dispose présentement que d'un bout de réseau d'eaux pluviales et pas de réseau d'eaux usées. L'évacuation des eaux usées se fait selon les anciennes pratiques avec des fosses sceptiques qui, du point de vue conception et entretien ne respectent aucune règle de savoir-faire.

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, il s'agit de concevoir des réseaux qui tiennent compte des spécificités de la ville et dont la mise en place dépendra des zones de priorité cibles (par exemple la zone ceinturée par la grande rocade) et suivant les horizons fixés par l'O.N.A.S à savoir 2010, 2020 et 2030 de procéder à leurs extensions afin de soulager les populations bénéficiaires. Les méthodes de calcul hydraulique utilisées sont des plus courantes et sont développées dans le rapport. Le réseau eaux usées a été calculé avec le logiciel Mensura 5.

Ce plan directeur permettra de réorganiser la ville sur le plan social et aidera les autorités à éradiquer certaines épidémies assez récurrentes et qui sont pour la plupart liées aux problèmes d'hygiène. Cependant, la sensibilisation sera sans doute un levier fondamental sur lequel il faudra s'appuyer pour la réussite du projet et en cela le caractère religieux de la ville peut faciliter la démarche.

**Mots-clés :** *Assainissement - horizon – débit – sensibilisation – épidémies – eaux pluviales – eaux usées – plan directeur – Touba.*

**TABLE DES MATIERES**

<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b> .....	<b>ix</b>
<b>LISTE DES ANNEXES</b> .....	<b>x</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE DE TOUBA</b> .....	<b>3</b>
I.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE : .....	3
I.2. CADRE SOCIO-ECONOMIQUE :.....	5
I.2.1. Les étapes de l'enquête :.....	5
I.2.2. Les résultats de l'enquête:.....	6
I.3. CADRE DEMOGRAPHIQUE :.....	16
I.3.1. Projections sur la population :.....	16
I.3.2. La période du Magal :.....	17
I.4. L'URBANISATION : .....	18
I.4.1. Analyse des études antérieures :.....	18
I.4.2. Typologie de l'habitat :.....	18
I.4.3. Evolution spatiale et tendance d'extension :.....	19
I.5. TOPOGRAPHIE :.....	19
I.6. SITUATION HYDROLOGIQUE : .....	19
I.6.1. Pluviométrie :.....	19
I.6.2. Courbes Intensité-Durée-Fréquence :.....	20
I.7. DIAGNOSTIC DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT EXISTANTS :.....	23
<b>CHAPITRE II : PRESENTATION DES DIFFRENTS SYSTEMES D'EVACUATION DES EAUX USEES ET PLUVIALES</b> :.....	<b>24</b>
II.1. SYSTEME D'ASSAINISSEMENT COLLECTIF :.....	24
II.1.1. Le système unitaire :.....	24
II.1.2. Le système séparatif :.....	25
II.1.3. Le système mixte ou pseudo-séparatif :.....	25
II.1.4. Le système retenu :.....	25
II.2. SYSTEME D'ASSAINISSEMENT AUTONOME :.....	27
II.3. SYSTEME D'ASSAINISSEMENT SEMI COLLECTIF :.....	28
<b>CHAPITRE III : SCHEMAS D'ASSAINISSEMENT ET CHOIX DES TRANCHES PRIORITAIRES</b> .....	<b>29</b>
III.1. CHOIX DES HORIZONS :.....	29
III.2. CHOIX DU TYPE D'ASSAINISSEMENT DES EAUX USEES :.....	29

III.2.1. L'aptitude des sols à l'assainissement autonome : .....	29
III.2.2. Densités de populations et consommation spécifique en eau potable : .....	32
III.2.3. Motivations des populations pour le projet : .....	32
<b>III.3. LES ZONES D'APPLICATION DES DIFFERENTS SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT A MOYEN ET LONG TERME : .....</b>	<b>33</b>
III.3.1. La zone d'application du système collectif : .....	33
III.3.2. La zone d'application du système semi collectif : .....	33
III.3.3. La zone d'application du système autonome : .....	33
<b>III.4. L'EVOLUTION DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT A MOYEN ET LONG TERME : .....</b>	<b>35</b>
<b>CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'EAUX PLUVIALES.....</b>	<b>38</b>
IV.1. SCHEMA GENERAL PROPOSE : .....	38
IV.2. DEFINITION DES PARAMETRES : .....	38
IV.2.1. Le bassin versant : .....	38
IV.2.2. Les sous-bassins versants urbains : .....	38
IV.2.3. La délimitation des bassins versants : .....	39
IV.3. L'EVALUATION DES DEBITS DE DRAINAGE : .....	39
IV.3.1. La méthode rationnelle : .....	39
IV.4. DIMENSIONNEMENT DES COMPOSANTES HYDRAULIQUES : .....	46
IV.4.1. Dimensionnement des collecteurs : .....	47
IV.4.2. Dimensionnement des bassins de stockage ou de rétention : .....	52
<b>CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'EAUX USEES.....</b>	<b>59</b>
V.1. CALCUL DES DEBITS D'EAUX USEES : .....	59
V.1.1. Les débits des eaux usées domestiques : .....	59
V.1.2. Les débits des eaux usées industrielles : .....	59
V.1.3. Variation des débits d'eaux usées: .....	59
V.1.4. Débit maximal (Débit de design) : .....	60
V.1.5. La pente des conduites : .....	60
V.2. SIMULATION DU RESEAU AVEC LE LOGICIEL MENSURA : .....	60
V.2.1. Saisie du réseau et des données : .....	60
V.2.2. Estimation des rejets moyens : .....	61
V.2.3. Méthode de dimensionnement : .....	62
V.2.4. Présentation des résultats.....	63
V.3. DIMENSIONNEMENT DES CONDUITES EN CHARGES : .....	64
V.3.1. Vitesse économique – Diamètre économique : .....	64
V.3.1. Pertes de charge : .....	65
V.3.2. Station de refoulement.....	66
V.4. SYSTEME D'ASSAINISSEMENT AUTONOME : .....	67
V.5. ETUDE DE LA STATION D'EPURATION : .....	69
V.5.1. Objectif de l'épuration : .....	69

V.5.2. Caractéristiques des eaux usées : .....	69
V.5.3. Les phases de l'épuration : .....	70
V.5.4. Réutilisation des eaux issues du traitement : .....	74
V.5.5. Valorisation des boues d'épuration : .....	75
V.5.6. Choix du site de la station d'épuration : .....	77
V.5.7. Choix de la filière d'épuration: .....	77
V.5.8. Dimensionnement de la station d'épuration : .....	78
<b>CHAPITRE VI : ETUDE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX .....</b>	<b>88</b>
VI.1. ANALYSE DE L'ETAT ACTUEL DE L'ENVIRONNEMENT : .....	88
VI.2. IMPACTS SUR LE MILIEU BIOPHYSIQUE : .....	88
VI.2.1. L'air et l'atmosphère : .....	88
VI.2.2. Les ressources hydriques : .....	88
VI.2.3. Le sol : .....	89
VI.2.4. La végétation et la faune : .....	89
VI.2.5. Les infrastructures : .....	89
VI.3. IMPACTS SUR LE MILIEU HUMAIN : .....	89
VI.3.1. Le cadre de vie des populations : .....	89
VI.3.2. L'environnement socio-économique : .....	90
VI.4. MESURES D'ACCOMPAGNEMENT : .....	90
VI.4.1. Pour une pérennisation des impacts positifs : .....	90
VI.4.2. Pour une minimisation des impacts négatifs : .....	91
<b>CHAPITRE VII : ETUDE FINANCIERE.....</b>	<b>92</b>
VII.1. Le système collectif : .....	92
VII.2. Système semi-collectif : .....	95
VII.3. Système autonome : .....	95
VII.4. Le réseau eaux pluviales : .....	96
<b>CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>99</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>101</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>103</b>

**LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude.	4
Figure 2 : Diagramme de répartition des revenus de la population.	9
Figure 3 : Courbe IDF de la Zone de Touba.	21
Figure 4 : Paramètres de Montana pour 10 ans.	22
Figure 5: Echelle bi-log paramètres de Montana pour TOUBA.	22
Figure 6 : Egouts séparatifs.	26
Figure 7 : Egouts pseudo-séparatifs.	26
Figure 8 : Egouts unitaires.	26
Figure 9 : Trou de test de perméabilité.	30
Figure 10 : Zones d'application des différents systèmes d'assainissement.	34
Figure 11 : Illustration du temps de concentration dans un bassin versant.	41
Figure 12 : Saisie des regards.	61
Figure 13: Méthode de calcul.	63
Figure 14 : Fosse septique.	68
Figure 15 : Processus d'épuration par boues activées.	79
Figure 16 : Modalité de remblaiement de la fouille.	93

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition de la population résidente par quartier en 2002.	7
Tableau 2 : Caractéristiques des 13 forages pour l'AEP de Touba à leur réception.	10
Tableau 3 : Débits actuels d'exploitation.	11
Tableau 4 : Typologie de l'organisation sociale des populations.	14
Tableau 5 : Perceptions des chefs de ménage sur le projet d'assainissement	16
Tableau 6 : Population projetée aux horizons 2010, 2015 et 2030.	17
Tableau 7 : Données pluviométriques moyennes 1954-2004.	20
Tableau 8 : Intensité-Durée-Fréquence des pluies dans la zone de Touba.	21
Tableau 9 : Résultats tests de perméabilité.	31
Tableau 10 : Taux d'occupation futurs de la ville.	35
Tableau 11 : Taux d'occupation au court terme (2010).	36
Tableau 12 : Taux d'occupation au moyen terme (2015).	36
Tableau 13 : Taux d'occupation à long terme (2030).	37
Tableau 14 : Hypothèses d'évolution de l'assainissement.	37
Tableau 15 : Evolution de l'assainissement à moyen et long terme.	37
Tableau 16 : Valeurs du coefficient de surface F.	42
Tableau 17 : Coefficient de ruissellement en fonction de la nature de l'occupation.	43
Tableau 18 : Caractéristiques des bassins versants.	46
Tableau 19 : Caractéristiques du bassin versant 13.	48
Tableau 20 : Caractéristiques des conduites en PVC.	50
Tableau 21 : Caractéristiques des canaux en béton armé.	52
Tableau 22 : Coefficient de ruissellement décennal en fonction de l'affectation des sols.	54
Tableau 23 : Caractéristiques des bassins aval.	56
Tableau 24 : Calcul des bassins de rétention sans ouvrage de vidange.	57
Tableau 25 : Caractéristiques des bassins de stockage.	58
Tableau 26 : Résultats de la simulation de quelques tronçons.	64
Tableau 27 : Diamètre, débit et vitesse des conduites de refoulement.	65
Tableau 28 : Pertes de charges et HMT.	66
Tableau 29 : Caractéristiques des pompes.	67
Tableau 30 : Profondeur utile en fonction de la capacité de la fosse.	68
Tableau 31 : Directives de l'OMS pour les eaux usées réutilisables en agriculture.	75
Tableau 32 : Caractéristiques dimensionnelles et fonctionnelles des bassins d'aération.	85
Tableau 33 : Dimensions des ouvrages de la station d'épuration.	87
Tableau 34 : Diamètres et longueurs des tuyaux.	92
Tableau 35 : Volume des déblais.	93
Tableau 36 : Coût d'investissement global des stations de relèvement.	94
Tableau 37 : Coût d'investissement du système collectif.	95
Tableau 38 : Ratios pour l'évaluation du système semi collectif.	95
Tableau 39 : Coût d'investissement du système semi-collectif.	95
Tableau 40 : Coût d'investissement de l'assainissement autonome.	96
Tableau 41 : Coût d'investissement pour l'évacuation des eaux pluviales.	98

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

<i>HMT</i>	: Hauteur Manométrique Totale.
<i>IDF</i>	: Intensité-Durée-Fréquence.
<i>SETICO</i>	: Sahélienne d'Etudes Techniques et d'Ingénierie Conseils.
<i>GIE</i>	: Groupement d'Intérêt Economique.
<i>GPF</i>	: Groupement de Promotion Féminine.
<i>ASC</i>	: Association Sportive et Culturelle.
<i>REPD</i>	: Réseaux Eaux Petit Diamètre.
<i>PVC</i>	: Polychlorure de Vinyle.
<i>ONAS</i>	: Office National de l'Assainissement du Sénégal.
<i>AGETIP</i>	: Agence d'Exécution des Travaux d'Intérêt Publics.
<i>BV</i>	: Bassin Versant.
<i>SBV</i>	: Sous Bassin Versant.
<i>CMJ</i>	: Consommation Moyenne Journalière.
<i>DBO</i>	: Demande Biologique en Oxygène.
<i>DCO</i>	: Demande Chimique en Oxygène.
<i>MES</i>	: Matières En Suspension.
<i>OMS</i>	: Organisation Mondiale de la Santé.
<i>EUD</i>	: Eaux Usées Domestiques.
<i>MVS</i>	: Matières Volatiles en Suspension.
<i>EU</i>	: Eaux Usées.
<i>EP</i>	: Eaux Pluviales.
<i>TCM</i>	: Toilette à Chasse Maman.
<i>PEPAM</i>	: Programme d'Eau Potable et d'Assainissement du Millénaire.
<i>NSP</i>	: Ne se Sont pas Prononcés.
<i>HTVA</i>	: Hors Taxe sur la Valeur Ajoutée.
<i>SIG</i>	: Système d'Informations Géographiques.
<i>AEP</i>	: Alimentation en Eau Potable

## **LISTE DES ANNEXES**

<b>ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE SOCIO-ECONOMIQUE :</b> .....	<b>104</b>
<b>ANNEXE 2: TABLEAU DE CALCUL DU RESEAU EAUX PLUVIALES.</b> .....	<b>113</b>
<b>ANNEXE 3: SCHEMA DE TRANSFERT ENTRE BASSINS.....</b>	<b>117</b>
<b>ANNEXE 4: CARACTERISTIQUES DES CANAUX DE VIDANGE .....</b>	<b>117</b>
<b>ANNEXE 5: REGARD DE SORTIE TYPE.....</b>	<b>118</b>
<b>ANNEXE 6: PLAN TOPOGRAPHIQUE (COURBES DE NIVEAU) .....</b>	<b>119</b>
<b>ANNEXE 7: DECOUPAGE DES BASSINS VERSANTS ET DES SOUS-BASSINS.....</b>	<b>120</b>
<b>ANNEXE 8 : PLAN DU RESEAU EAUX PLUVIALES. ....</b>	<b>121</b>
<b>ANNEXE 9 : PLAN DU RESEAU EAUX USEES. ....</b>	<b>122</b>
<b>ANNEXE 10 : RESULTATS DE LA SIMULATION POUR QUELQUES TRONÇONS.....</b>	<b>123</b>
<b>ANNEXE 11: PROFILS EN LONG EAUX USEES .....</b>	<b>124</b>
<b>ANNEXE 12 : PHOTO BASSIN DE LA GARE.....</b>	<b>125</b>
<b>ANNEXE 13 : PHOTO CONDUITE DE REJET .....</b>	<b>125</b>
<b>ANNEXE 14 : PHOTO SITE DE LA STEP (SAM THIALE) .....</b>	<b>126</b>

## **INTRODUCTION**

L'évacuation des eaux usées et pluviales constitue de plus en plus pour les villes modernes une priorité en ce sens que sa non considération est source de beaucoup de désagréments (récurrence de maladies hydriques, climat social délétère etc.) pour les populations. Dans un passé récent, la mise en place de réseaux d'adduction en eau potable demeurait la seule préoccupation des décideurs et l'assainissement était relégué au second plan. La ville de Touba ne déroge pas à cette règle et sa situation actuelle en matière d'assainissement est plus qu'inquiétante du fait de l'absence d'un réseau de collecte des eaux usées pour les eaux pluviales, il n'existe que quelques tronçons dont le fonctionnement n'est pas très effectif.

Néanmoins, des efforts considérables sont entrain d'être faits par le gouvernement du Sénégal dans le cadre du P.E.P.A.M (Programme d'Eau Potable et d'Assainissement du Millénaire) dans l'optique de doter certaines villes aussi bien de services d'accès à l'eau potable mais aussi d'assainissement.

Touba est une ville à caractère particulier, en effet depuis 1988, son développement démographique et son expansion géographique n'ont respecté aucune règle de prévision jusque là établie. Et cela fait qu'aujourd'hui, on la cite comme deuxième ville après la capitale Dakar en termes de démographie. Cependant, du point de vue infrastructure, les mesures d'accompagnement n'ont pas très bien suivies et cela a d'énormes conséquences sur les conditions de vie des populations autochtones.

Ce projet sur lequel nous avons travaillé en étroite collaboration avec le cabinet SETICO Ingénieurs Conseils et l'O.N.A.S, prend une place importante dans l'amélioration du cadre de vie jusque là précaire. Il vise à l'élaboration d'un plan directeur d'assainissement sur la base d'horizons (2010, 2015 et 2030). Ainsi, il permettra aux acteurs de procéder à la mise en place des réseaux suivant les zones de priorité et de prévoir les dispositions pour une extension dans le moyen et le long terme. Ce sera un outil d'aide à la décision.

D'une part, pour mieux cerner les attentes des populations et leur volonté à s'investir dans le projet, des enquêtes ont été menées sur un échantillon assez représentatif de la ville. D'autre part, pour les calculs, un travail manuel a été effectué pour une comparaison avec les résultats automatiques des logiciels.

Nous étudierons ainsi :

- le site (cadres géographique, socio-économique et démographique, urbanisme, topographique et situation hydrologique) ;

- la présentation du projet et le diagnostic des ouvrages d'assainissement existants ;
- la présentation des systèmes d'évacuation et ceux retenus ;
- la planification des différents systèmes ;
- le tracé et le calcul hydraulique du réseau d'évacuation des eaux pluviales ;
- le tracé et le calcul hydraulique du réseau d'évacuation des eaux usées ;
- la station d'épuration (calcul des composantes, traitement des boues de vidange etc.) ;
- l'étude des impacts environnementaux du projet;
- et enfin l'estimation financière de la tranche prioritaire.

## **CHAPITRE 1 : PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE DE TOUBA**

### **I.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE :**

La ville de Touba qui fait l'objet de notre étude se trouve dans le tiers ouest du Sénégal à 193 km de Dakar, 47 km de Diourbel et à 7 km de Mbacké. Elle se situe également à 15°52' de longitude ouest et 14°52' de latitude nord. Touba a été instituée en communauté rurale à la suite de la réforme administrative, territoriale et locale de 1976 pour des raisons de développement socio-économique et d'urbanisation intense.

Elle couvre une superficie d'environ 552,92 km<sup>2</sup> soit 53% de la superficie de l'arrondissement de Ndame.

La communauté rurale de Touba est limitée au nord par l'arrondissement de Darou Mousty, au sud par l'arrondissement de Kael, à l'est par l'arrondissement de Sagatta Djolof et à l'ouest par les communautés rurales de Missirah, Touba Fall et Dalla Ngabou.

Sa fonction religieuse lui confère un rayonnement national voire international surtout en période de Magal (commémorant la célébration du départ en exil de Cheikh Ahmadou Bamba MBACKE, fondateur de la ville) pendant laquelle, chaque année des millions de fidèles y convergent venant des quatre coins du monde.

En effet, la ville exerce une forte polarisation qui va au-delà de son hinterland ; elle concentre 77% de la population du département de Mbacké et représente actuellement 43% de la population régionale.

Toutefois, la communauté rurale de Touba demeure très faiblement dotée de potentialités naturelles, ce qui constitue un facteur limitant pour toute activité industrielle.

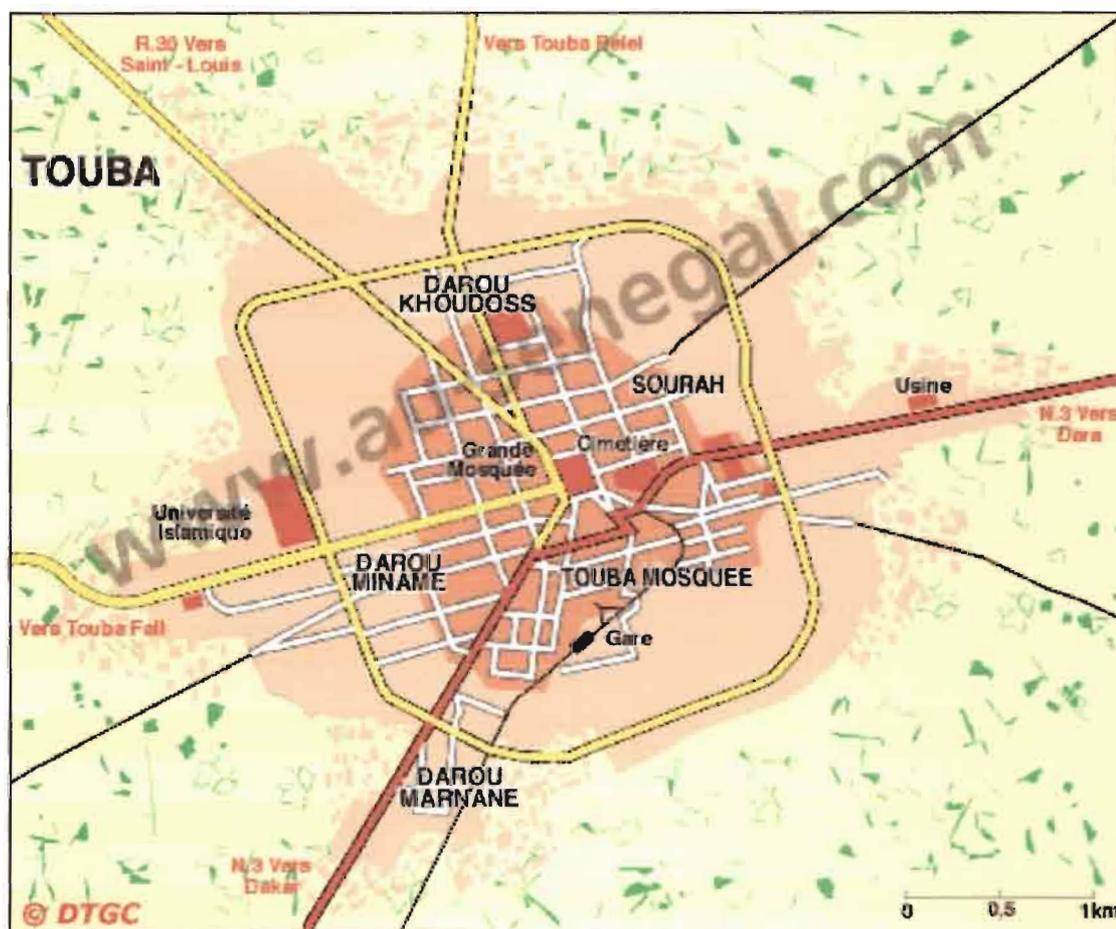
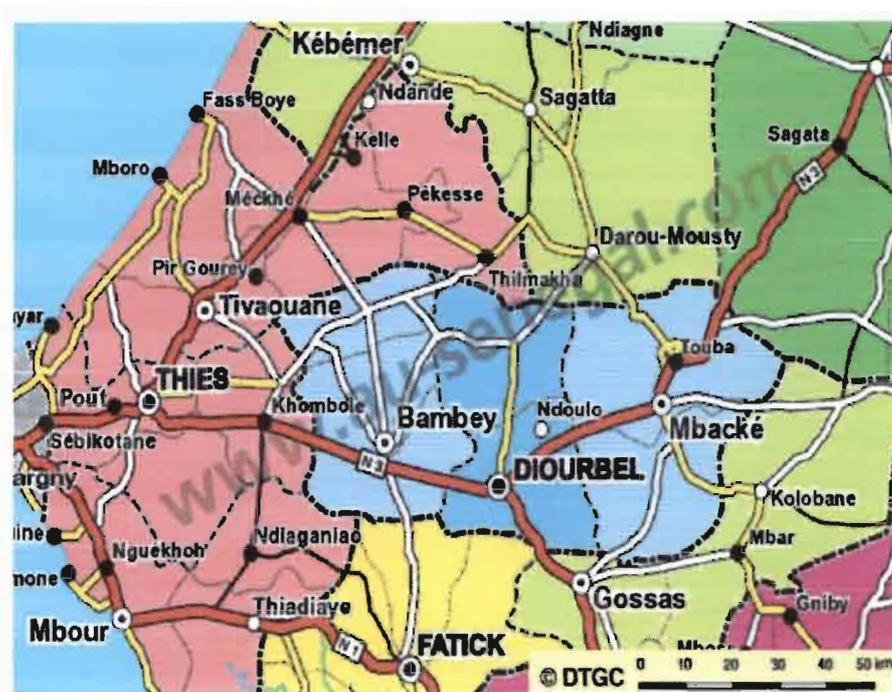


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude.

## I.2. CADRE SOCIO-ECONOMIQUE :

L'étude socio-économique a été confiée à un consultant privé. Elle a été effectuée d'une part sur la base d'enquêtes réalisées au sein des ménages et d'autre part par une analyse de la documentation portant sur le sujet de l'étude.



### I.2.1. Les étapes de l'enquête :

Les différentes étapes suivies, ont été les suivantes :

- visite de reconnaissance et identification des districts de recensement ;
- formatage et validation d'un questionnaire ;
- traitement et analyse des données.

#### a) Visite de reconnaissance et identification des districts de recensement :

La base de sondage s'est appuyée sur la division de la communauté rurale en quatre cent soixante neuf (469) districts de recensement. Un district de recensement (DR) est une unité aréolaire qui compte environ cent ménages d'environ neuf cents (900) habitants chacune ; ce qui fait une population approximative de 422 000 habitants. Le tirage s'est effectué à deux degrés, parmi les 469 districts de recensement que compte la ville.

Au premier degré, cinquante et un (51) districts ont été tirés au hasard et proportionnellement à leur taille.

Au deuxième degré, vingt et quatre (24) concessions sont tirées au hasard avec une probabilité égale pour chaque concession du district d'appartenir à l'échantillon. Ainsi, au total mille deux cent vingt quatre (1 224) concessions sont tirées et 1220 enquêtées.

Le tirage à deux degrés des concessions a été préféré au tirage aléatoire simple, car il respecte mieux la composition de la base de sondage et offre une plus grande fiabilité à l'enquête.

#### b) Formatage et validation du questionnaire :

Le questionnaire joint en annexe peut être résumé en cinq grandes parties :

- l'identification du nombre de concessions, de ménages et la répartition par sexe et par quartier ;
- les activités socio-économiques existantes et les revenus financiers ;
- le niveau d'équipement de la ville en infrastructures (hydraulique, santé, éducation, commerce et transport) ;
- les modes d'organisation de la population ;
- le degré d'implication des populations pour le projet et leurs opinions sur la gestion et la qualité du service de l'eau et de l'assainissement.

***c) Traitement et analyse des données :***

Dans cette partie, il conviendra de faire un dépouillement des différents résultats recueillis durant les enquêtes et de procéder à leur analyse.

**I.2.2. Les résultats de l'enquête:**

***1) L'identification du nombre de concession, de ménages et la répartition par sexe et par quartier :***

Il ressort des enquêtes que, la quasi-totalité des chefs de ménages enquêtés sont de sexe masculin. 96,60 % d'entre eux sont des hommes contre 03,40% de femmes. Ceci peut être rapporté au caractère religieux de la localité où les femmes n'accèdent pas aux mêmes responsabilités que les hommes. Le tableau 1 présente les résultats globaux des identifications par quartier.

Quartiers	Nombre de concessions	Nombre de ménages	Masculin	Féminin	TOTAL
Tindody	52	52	234	263	497
Bagdad	53	54	208	220	428
Thiawène	75	92	515	586	1 101
Touba Mosquée	5 191	5 478	29 093	34 722	63 815
Khaira	4 823	5 014	23 986	30 038	54 024
Madiyana	2 219	2 279	10 427	13 965	24 392
Boukhtal Moubaraca	536	541	1 675	1 991	3 666
Housnoul Mouhab	180	183	593	677	1 270
Al Azar	1 006	1 007	3 578	4 131	7 709
Touba HLM	1 128	1 152	5 010	5 779	10 789
Darou Marnane	5 555	5 642	22 802	27 242	50 044
Ndindi Abdou	1 060	1 067	3 370	3 859	7 229
Darou Salam	549	549	2 094	2 227	4 321
Alia	437	441	1 596	1 720	3 316
Oumoul Khoura	506	507	1 519	1 605	3 124
Guélode	32	32	161	173	334
Guédé	3 276	3 324	14 572	18 754	33 326
Dianatoul Makhwa	1 154	1 184	4 870	5 912	10 782
Sam	1 806	1 821	6 474	7 523	13 997
Gouye Mbinde	1 666	1 746	8 406	10 103	18 509
Darou Tanzil	621	631	2 275	2 484	4 759
Dianatoul Nahim	434	437	1 632	1 732	3 364
Sonatel	75	75	289	312	601
Affé Niang	33	40	305	359	664
Boffel	56	59	332	338	670
Keur Niang	906	932	4 946	6 021	10 967
Darou Minane	2 196	2 291	10 264	13 164	23 428
Darou Khoudoss	7 802	8 215	39 880	53 240	93 120
Total	43 427	44 845	201 106	249 140	450 246

(Source : Service Régional de la Prévision et de la Statistique de Diourbel)

**Tableau 1 : Répartition de la population résidente par quartier en 2002.**

## 2) Les activités socio-économiques existantes et les revenus financiers :

La ville de Touba est un véritable pôle commercial, cela s'explique d'une part par les activités agricoles qui y sont exercées et d'autre part par son caractère de carrefour (point de rencontre des régions de Diourbel, Louga et Kaolack) qui favorisent l'installation d'unités commerciales.

En dehors de ces deux causes, il y a aussi l'influence de l'émigration qui développe les transactions financières et motive la création de banques et d'agences de voyage dans la ville. Les résultats de l'enquête montrent que plus de quatre vingt pour cent (82,1%) des chefs de ménages ont une activité dans le commerce (quincaillerie, pharmacie, vente de gros et de demi-gros, etc.) ; les chômeurs constituent (3,3%) et les retraités (9,1%) sont assez peu nombreux dans cette population car il faut dire qu'à Touba, le travail en soi est une obligation morale. C'est ainsi que, même si souvent le gain financier tiré de l'activité n'est pas très important, l'exercice de cette activité suffit à se faire bonne conscience sur le plan socio-professionnel.

Il faut reconnaître qu'à Touba, beaucoup de personnes sont sans activité précise et durable. Ces dernières investissent surtout le secteur du courtage ou reçoivent des soutiens de la part de leurs parents expatriés ou même des marabouts. Ces personnes constituent 18,44 % des ménages interrogés.

En ce qui concerne les revenus et tenant compte du fait que cette variable est la plus difficile à saisir en Afrique en général et au Sénégal en particulier, les populations ayant tendance à sous-évaluer les revenus gagnés pour des raisons socio-culturelles, on peut penser que les montants issus de l'enquête pourraient être sous-estimés.

Les résultats donnent les chiffres suivants (Voir figure 1) :

- ✓ plus de 45 % (48%) des populations ont déclaré avoir un revenu mensuel inférieur à 50 000 FCFA ;
- ✓ 34,4 % d'entre eux déclarent un revenu compris entre 50 000 et 100 000 F CFA ;
- ✓ 11.1% entre 100 000 et 200 000 F CFA

Même si la somme semble modique, elle révèle un niveau de revenu assez consistant comparé au seuil de pauvreté nationale donné par l'Enquête sur les Priorités (E.S.P) réalisée en 1993 qui est de 3 324F CFA/habitant/mois.

Il faut signaler par ailleurs qu'en 1993, 32% des ménages sénégalais vivaient en dessous de ce seuil de pauvreté.

Ces revenus ont permis, jusque-là, de satisfaire les dépenses des concessions. Celles-ci sont estimées comme suit, pour plus de la moitié des sondés, 11 500 F Cfa pour les dépenses

bimestrielles d'électricité (pour ceux qui en possèdent), 500 F Cfa pour les dépenses mensuelles pour l'enlèvement des ordures et 2500 F Cfa pour les dépenses mensuelles pour l'eau.

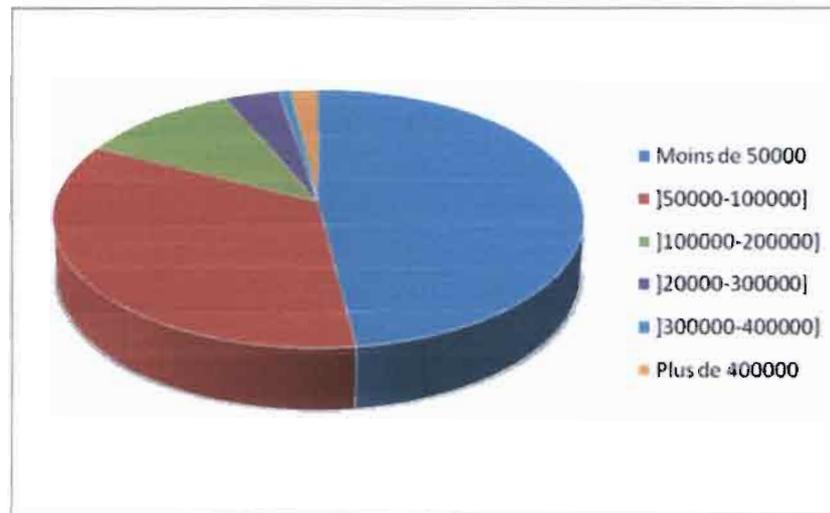


Figure 2 : Diagramme de répartition des revenus de la population.

### 3) Niveau d'équipement de la ville en infrastructures :

Les équipements publics sont dispersés à travers les quartiers. Le statut particulier de Touba fait que les équipements publics de type administratif ou autres sont rares. Les principaux équipements administratifs et de sécurité sont constitués par la sous-préfecture, la maison communautaire, la gendarmerie et l'hôtel de police. Les édifices religieux constituent les pôles les plus importants de la ville (grandes mosquées, mausolées, cimetière, demeures de marabout ...). Ils sont concentrés dans le centre ville (Touba mosquée) et sont très fréquentés. Les autres équipements publics concernent principalement l'hydraulique, la santé, l'éducation, le commerce et le transport.

#### ✓ *Hydraulique :*

Avec la croissance démographique et l'expansion de la ville, des efforts sont faits dans la construction de nouvelles infrastructures hydrauliques. En ce qui concerne l'adduction en eau, la ville compte actuellement 13 forages dont les caractéristiques techniques sont données aux tableaux n°2 et 3.

Ce qu'il faut dire c'est que même avec ces forages, le problème de l'eau se pose toujours dans la ville.

Pour l'assainissement, il n'existe qu'un bout de réseau de collecte des eaux pluviales et pas de réseau d'eaux usées, la quasi-totalité des concessions et services dépendent du système

bimestrielles d'électricité (pour ceux qui en possèdent), 500 F Cfa pour les dépenses mensuelles pour l'enlèvement des ordures et 2500 F Cfa pour les dépenses mensuelles pour l'eau.

autonome avec des fosses et puits perdus souvent mal conçus ; ce qui engendre des problèmes de pollution environnementale et d'hygiène.

Site	Autre nom	Année de mise en service	Prof. (m)	Niveau statique (m/TN)	Débit réception m <sup>3</sup> /h	Débit d'équipement (*) m <sup>3</sup> /h	Rabattement (m)	HMT (m)
F1	Baye Lahat	1970	286	40,55	150	132	9,2	130
F2	Touba Guédé	1978	301	42,48	150	132	7,32	100
F3	Ndamatou	1979	280	39,5	150	150	12,5	
F4	Route de D. Rahmane	1979	306	33,3	250	211	9,36	100
F5	Khaira	1979	322	38,53	233	186-198	10,77	130
F6	Sam Touba	1982	324	43,96	141	132-138	9,65	100
F7		1996	295	43,2	210	156-188 (168)	13,75	130
F8	Madyana/ Route Darou Mousty	2002	311	48,2	360	264	27,96	110
F9	Université	2002	292	49,7	263	198	29,6	110
F10	Gouye Mbinde	2002	270	45,03	-	200	27,86	100
F11	Darou Khadim	1978	273	45,5	250	200	8,8	100
F Kébé		1998	290	49,1	200	186	12,61	75
F Ndamme 2		1998	295	44,61	300	150-180	13,67	100

(Source Service de l'hydraulique de TOUBA.)

**Tableau 2 : Caractéristiques des 13 forages pour l'AEP de Touba à leur réception.**

Ces débits de réception donnés dans le tableau ci-dessous ont connu des fluctuations. Pour certains les débits ont diminué suite à un manque de suivi (retard dans le développement des forages ou non existence de pièces de rechange) et dans d'autre, on constate une augmentation de la production après réinstallation de nouveaux équipements. Le tableau 3 donne les débits actuels d'exploitation des forages.

Site	Autre nom	Débit exploitation actuel (m <sup>3</sup> /h)
F1	Baye Lahat	150
F2	Touba Guédé	120
F3	Ndamatou	180
F4	Route de D. Rahmane	211
F5	Khaira	190
F6	Sam Touba	74
F7		170
F8	Madyana/Route Darou Mousty	225
F9	Université	198
F10	Gouye Mbinde	200
F11	Darou Khadim	200
F Kébé		120
F Ndame2		220

(Source Service de l'hydraulique de TOUBA.)

**Tableau 3 : Débits actuels d'exploitation.**

Avec un taux de disponibilité de 24h/jour (sauf en cas d'arrêt : intervention sur le réseau ou sur l'équipement du forage ou encore en cas de coupure d'électricité), le volume actuel de la production journalière est estimé à 54192 m<sup>3</sup>/jour.

✓ **Les infrastructures sanitaires :**

Le plateau sanitaire de Touba fait partie des plus importants du pays, on note les équipements suivants:

- l'hôpital «Matlaboul Fawzaïni» d'une capacité de 200 lits ;
- les deux centres de santé (Ndamatou et Diénoul) qui comptent respectivement 107 et 150 lits. Celui de Ndamatou reçoit environ 3500 consultations par mois ;
- treize postes de santé localisés dans huit quartiers.

Cependant le niveau de desserte par les équipements sanitaires est médiocre. En effet, la population à charge est de :

- 450.000 personnes pour l'hôpital ;
- 225.000 par centre de santé ;

- 34.615 par poste de santé.

Ces ratios sont largement supérieurs aux normes du ministère de la santé à savoir :

- 150.000 habitants pour l'hôpital ;
- 50.000 pour le centre de santé ;
- 10.000 pour le poste de santé.

A ces infrastructures sanitaires, s'ajoutent les nombreuses cliniques privées qui se sont implantées dans la ville ces dernières années.

✓ **L'éducation:**

Elle est constituée de l'enseignement arabe et coranique. L'enseignement en français est inexistant. La ville compte :

- deux instituts islamiques (Université Baye Lahat et Al Azar) qui comptaient 2 860 élèves en 2005 provenant du Sénégal et de l'étranger ;
- les nombreuses « Daaras » qui existent sont réparties à travers la ville ;
- la bibliothèque qui contient une documentation très fournie allant des sciences pures aux sciences humaines. Elle est très fréquentée.
- Quelques écoles bilingues (français et arabe).

✓ **Le commerce :**

Touba dispose de deux grands lieux d'échanges commerciaux (le marché OCAS et le centre commercial Serigne Saliou MBACKE), de quatre marchés de moindre importance (Moubarak, Mbarya, Khar Yalla et Khaira). D'un marché de bétail à Ndamatou et de nombreux lieux de petites ventes de denrées alimentaires au niveau des quartiers. Il est à noter que toutes les voies qui convergent vers la grande mosquée ont tendance à devenir des rues commerçantes.

✓ **Le transport :**

a) Routier:

On distingue dans la voirie principalement, les quatre grandes routes interurbaines passant par Touba, les deux roades et la voie de contournement de Mbacké.

La voirie secondaire permet l'accès aux édifices religieux, aux pôles d'équipements et aux quartiers. Elle est constituée d'axes routiers, orientés Nord-Sud et aboutissant généralement aux alentours de la grande mosquée. La principale voie secondaire orientée Est-Ouest est constituée par la pénétrante grande mosquée-hôtel de police ; l'emprise de la voirie secondaire varie entre 15 et 20 mètres.

Le reste de la voirie urbaine n'est pas aménagé. Il s'agit de routes sableuses, difficilement carrossables. Aussi, au delà de la grande rocade, l'accès des zones d'habitation est très difficile.

Cependant les investissements annoncés sur les travaux routiers prévus par l'actuel Khalife apporteront une nouvelle image à la ville.

*b) Ferroviaire :*

La voie ferrée qui entre à Touba par la commune de Mbacké dispose d'une emprise qui varie entre 20 et 50 m.

Touba ne dispose actuellement que d'un hélicoptère, situé à l'entrée de la ville sur la route de Dianatoul Mahwa.

*4) Les modes d'organisation de la population :*

A Touba, près de 90,7% des chefs de concessions appartiennent à une organisation communautaire ou villageoise. Le type d'organisation le plus fréquent est le Dahira (74,1% des chefs de concessions). Cela s'explique par l'impact de la pratique religieuse dans la vie quotidienne. Toutefois, aujourd'hui, de nouvelles formes de réseaux à prédominance féminine commencent à se mettre en place, les « Mbootaay » (20,3%). Ces organismes jouent un rôle important dans la création de richesses (activités de teinture, transformation de produits agricoles etc.) et dans le cadre de l'assainissement public (phénomène Set Setal et opérations de désinfection).

	Effectif	Pourcentage
<b>Type de relation dans le quartier</b>		
Solidarité	1219	99,9
Individualisme	1	0,1
<b>Total</b>	<b>1220</b>	<b>100</b>
<b>Appartenance à une organisation</b>		
Oui	1107	90,7
Non	113	9,3
<b>Total</b>	<b>1220</b>	<b>100</b>
<b>Type d'organisation</b>		
GIE	7	0,6
Association de développement	5	0,4
GPF	4	0,3
Syndicat	7	0,6
Dahira	904	74,1
ASC	12	1
Mbootaay	248	20,3
Tontine	21	1,7
Autre	12	1
<b>Total</b>	<b>1220</b>	<b>100</b>
<b>Domaines d'intervention</b>		
Activités économiques	63	5,2
Activités de développement	13	1,1
Solidarité religieuse	881	72,1
Solidarité dans l'emploi	12	1
Activités culturelles	11	0,9
Autre	240	19,7
<b>Total</b>	<b>1220</b>	<b>100</b>

Tableau 4 : Typologie de l'organisation sociale des populations.

Les problèmes majeurs que rencontrent ces organisations demeurent le manque de moyens matériels et financiers et surtout le faible niveau d'instruction. En effet ; 03,94 % d'entre eux sont sans instruction, 02,48% ont fréquenté l'école primaire, 03,30% ont fait le cycle secondaire et 00,82 % le cycle supérieur. C'est dire qu'on a une proportion très large de chefs de ménages qui sont analphabètes par rapport à la langue française (figure 2).

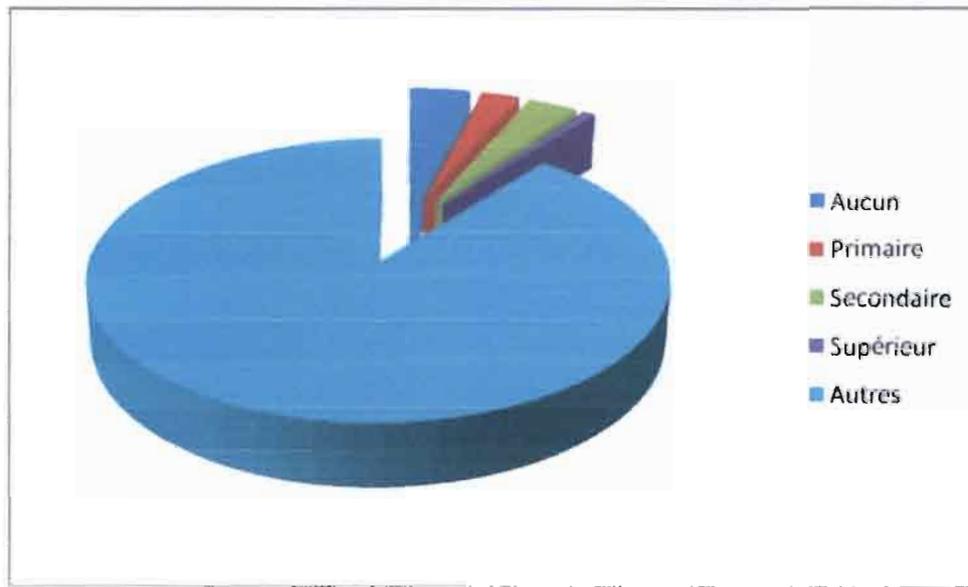


Figure 2 : Répartition des chefs de ménage selon le niveau d'instruction.

**5) Le degré d'implication des populations pour le projet et leurs opinions sur la gestion et la qualité du service de l'eau et de l'assainissement :**

Les enquêtes montrent que les chefs de ménages sont dans leur quasi totalité réceptifs par rapport au projet. En effet, 97,52% d'entre eux accepteraient de se brancher au réseau d'assainissement une fois qu'il sera mis en place. Ils sont également prêts à payer les frais de branchement à 93,67 %. Et même ceux qui se trouveraient dans des situations où le branchement au réseau reste difficile voire impossible acceptent d'être connectés à une fosse septique à 84,59%.

En plus de cette réceptivité, on peut noter certaines prédispositions qui peuvent être des facteurs favorables à la bonne gestion du projet. Le plus important facteur est le communautarisme qui caractérise la vie des populations de Touba.

Toutefois la sensibilisation devrait être renforcée en matière de connaissances et de capacités relatives à l'utilisation et à la gestion d'équipements d'assainissement.

	EFFECTIFS	POURCENTAGES
<b>Êtes-vous informé du projet d'assainissement de Touba ?</b>		
Oui	300	27,52%
Non	790	72,48%
TOTAL	1090	100%
<b>Le projet constitue-t-il une priorité ?</b>		
Oui	838	76,88%
Non	170	15,60%
N S P	82	7,52%
TOTAL	1090	100%
<b>Est-il possible qu'une fois le projet mis en place qu'il y ait des risques de dégradation ?</b>		
Oui	491	45,05%
Non	591	54,22%
N S P	8	00,73%
TOTAL	1090	100%
<b>Voulez vous améliorer vos ouvrages ?</b>		
Oui construction	280	25,69%
Oui réhabilitation	464	42,57%
Non construction, non réhabilitation	294	26,97%
N S P	52	4,77
TOTAL	1090	100 %

Tableau 5 : Perceptions des chefs de ménage sur le projet d'assainissement

### I.3. CADRE DEMOGRAPHIQUE :

#### I.3.1. Projections sur la population :

Les projections de population s'appuient sur la population estimée en 2002 à 450 246 habitants dans la communauté rurale de Touba.

La méthode de l'accroissement géométrique sera utilisée dans le cadre de notre étude pour l'estimation des populations aux différents horizons 2010, 2015 et 2030. Cette méthode s'applique dans le cas d'une ville à population jeune et en pleine croissance démographique et Touba, avec 56 % des habitants qui sont dans la tranche d'âge de 15 à 29 ans, obéit à cette considération.

Selon cette méthode, le taux d'accroissement est proportionnel à la population selon la loi suivante :

$$\frac{dP}{dt} = K \times P$$

$$K = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$$

$$P_n = P_2 e^{K(t_n - t_2)}$$

avec :

$P_1$  = Population à l'année:  $t_1$  ( $P_1 = 450\,246$  habitants, la population de base en 2002)

$P_2$  = Population à l'année  $t_2$ ;

$P_n$  = Population à l'année  $t_n$ .

Le Taux de croissance Kg :

Pour les horizons 2010 et 2015, nous considérons un taux constant de 6.1% et à l'horizon 2030 nous prendrons 4.5% à partir de 2015.

Ces valeurs ont été utilisées par la Direction de la Prévision et de la Statistique pour effectuer les projections de population de l'arrondissement de Ndamé dont l'évolution démographique est fortement portée par la communauté rurale de Touba mosquée.

Avec ces considérations, le tableau 6 donne les populations estimées qui seront notre base pour le calcul hydraulique.

Années	Taux de croissance en %	Population estimée [habitants]
2002		450 246
2010	6.1	733 476
2015	6.1	995 052
2030	4.5	1 954 313

**Tableau 6 : Population projetée aux horizons 2010, 2015 et 2030.**

### **I.3.2. La période du Magal :**

Touba étant un centre de pèlerinage, des fidèles viennent se réunir à l'occasion des fêtes religieuses (Magal et Ziars), cause pour laquelle la population varie de manière très considérable lors de ces événements.

En période de grand Magal, l'estimation de la population a été faite sur les bases suivantes :

- 30 personnes par concession pour une durée moyenne de 4 jours ;
- 2000 concessions supplémentaires par an et un nombre de concessions habitées en 2003 de 45 533.

Sur la base de ces hypothèses, la population pendant le grand Magal se présente comme suit :

- ✓ 1 725 990 personnes en 2010 ;

- ✓ 2 025 990 personnes en 2015 ;
- ✓ 2 925 990 personnes en 2030.

Dans le cadre du dimensionnement des réseaux, il sera considéré les estimations faites en période normale c'est-à-dire hors Magal (Tableau n°6), afin de rentabiliser les investissements prévus.

#### **I.4. L'URBANISATION :**

##### **I.4.1. Analyse des études antérieures :**

L'urbanisation de la ville de Touba est la plus difficile à cerner, cela est due au fait que son agrandissement ne respecte aucune règle d'expansion territoriale jusqu'ici élaborée.

En effet, en 1974 un schéma d'urbanisme horizon 2000 avait été réalisé.

Cependant, les considérations à l'époque ont été une superficie de 1350 ha organisée en 25 quartiers, une population de 17 000 habitants avec les limites géométriques suivantes : la grande rocade ceinturant la ville et trois bifurcations de sortie à savoir la route de Mbacké (Darou Marnane), la route du Nord (Touba Mérina) et la route de Linguère. Les projections de l'époque donnaient une population de 63 000 habitants en 2000.

##### **I.4.2. Typologie de l'habitat :**

L'analyse de l'occupation actuelle du sol, permet de distinguer trois types d'habitat :

- l'habitat type populaire sur trame lotie : Il est le plus représenté et se retrouve dans tous les quartiers de Touba. Il s'agit de constructions en dur de plusieurs pièces, généralement pavillonnaires avec toiture en tôle ou fibro-ciment ou en dalle de béton ;
- l'habitat type villa de grand et moyen standing : Il se retrouve dans tous les quartiers de l'agglomération, principalement au centre, à Dianatoul Mahwa, à Touba HLM... Il s'agit de grandes villas R + 1 ou pavillonnaires en dalle de béton ;
- l'habitat type villageois : Ce type d'habitat se retrouve généralement dans les anciens villages rejoints par l'urbanisation et à la périphérie urbaine. Il concerne des habitations de petite taille (une à trois pièces). Les murs sont le plus souvent en dur mais les cases en paille ou en tôle de zinc sont encore présentes.

### **1.4.3. Evolution spatiale et tendance d'extension :**

Le village de Touba a été fondé en 1887 par le vénéré Cheikh Ahmadou Bamba MBACKE. Le développement de Touba a réellement commencé avec le début de la construction du mausolée de celui-ci en 1927. L'extension de Touba s'est poursuivie mais de manière lente jusqu'en 1988. En effet, la population de l'agglomération est passée de 39 634 en 1976 à 450 246 en 2002 soit un taux de croissance moyen annuel de 9,4 %.

L'occupation spatiale qui était de 1926 ha en 1975 est passée à 3600 ha en 1988.

Entre 1988 et 2002, Touba a connu une explosion démographique sans précédent. Selon le recensement général de la population et de l'habitat de 2002, Touba comptait 450.246 personnes. Le taux de croissance 1988/2002 s'élève à 8,8 % par an.

La superficie de la ville est estimée à 11 912 ha en 2010. Les lotissements les plus récents sont constitués par ceux de Darou Nahim, Darou Tanzil, Ndamé Al Azar, Darou Marnane IV et le long de la route de Darou Mouhty. Ils comptent 8948 parcelles. Il est à noter que la majorité de ces lotissements ne sont pas encore viabilisés, ce qui ralentit leur rythme d'occupation. La superficie lotie représente en 2005, 39,6 % du périmètre alloué à Touba.

### **1.5. TOPOGRAPHIE :**

La ville de Touba est caractérisée par une topographie relativement plate. Les altitudes maximales sont d'environ cinquante mètres. En fait, Touba a la forme d'une cuvette avec les périphéries comme zone haute et le centre et les environs de la mosquée comme zones basses.

Les pentes, de manière générale convergent toutes vers le centre ville avec toutefois des dépressions qui constituent des points bas localisés un peu partout dans la ville, tout autour de la grande mosquée, vers le marché Occas etc. Ces dépressions font l'objet d'inondations en période d'hivernage. Ce qui favorise le développement de vecteurs pathogènes, cause de certaines maladies telles que le paludisme, le choléra etc. Le plan topographique donnant les courbes de niveau est donné à l'annexe 7.

### **1.6. SITUATION HYDROLOGIQUE :**

#### **1.6.1. Pluviométrie :**

Les pluies moyennes mensuelles observées à la station de Diourbel calculée sur la période de 1954 à 2004 sont données dans le tableau n° 7.

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy. annuelle
Pluie (mm)	2,2	1,3	0,0	0,0	1,2	31,6	107,5	211,1	159,2	36,4	1,1	1,7	553,3

(Source : Service Météorologique National / Station de Diourbel)

**Tableau 7 : Données pluviométriques moyennes 1954-2004.**

### I.6.2. Courbes Intensité-Durée-Fréquence :

Ce sont des courbes traduisant l'évolution de l'intensité moyenne maximale de la pluie en fonction de la durée  $t$  et de la période de retour  $T$ . Dans la présente étude, la formule de Montana à été utilisée avec une période de retour décennale.

Ce modèle, lie l'intensité et le temps par une fonction de type puissance, qui s'écrit de la manière suivante :

$$i[T, i] = a(T)t^{-b(T)}$$

où :

$t$  : durée sur laquelle est atteinte l'intensité moyenne  $i$  ;

$a(T)$  et  $b(T)$  sont les coefficients d'ajustement dépendant du lieu et de la période de retour ;

$T$  : période de retour de l'événement pluvieux.

Nous notons également l'existence des formules de Talbot, de Keiffer et Chu etc.

- Talbot :  $i = \frac{a}{b+t}$ ,

- Keiffer et Chu :  $i = \frac{a}{t^b + c}$ .

où :

$a$ ,  $b$  et  $c$  sont des paramètres d'ajustement dépendant de la zone d'étude et de la période de retour.

Dans la présente étude, la formule de Montana à été utilisée avec une période de retour décennale.

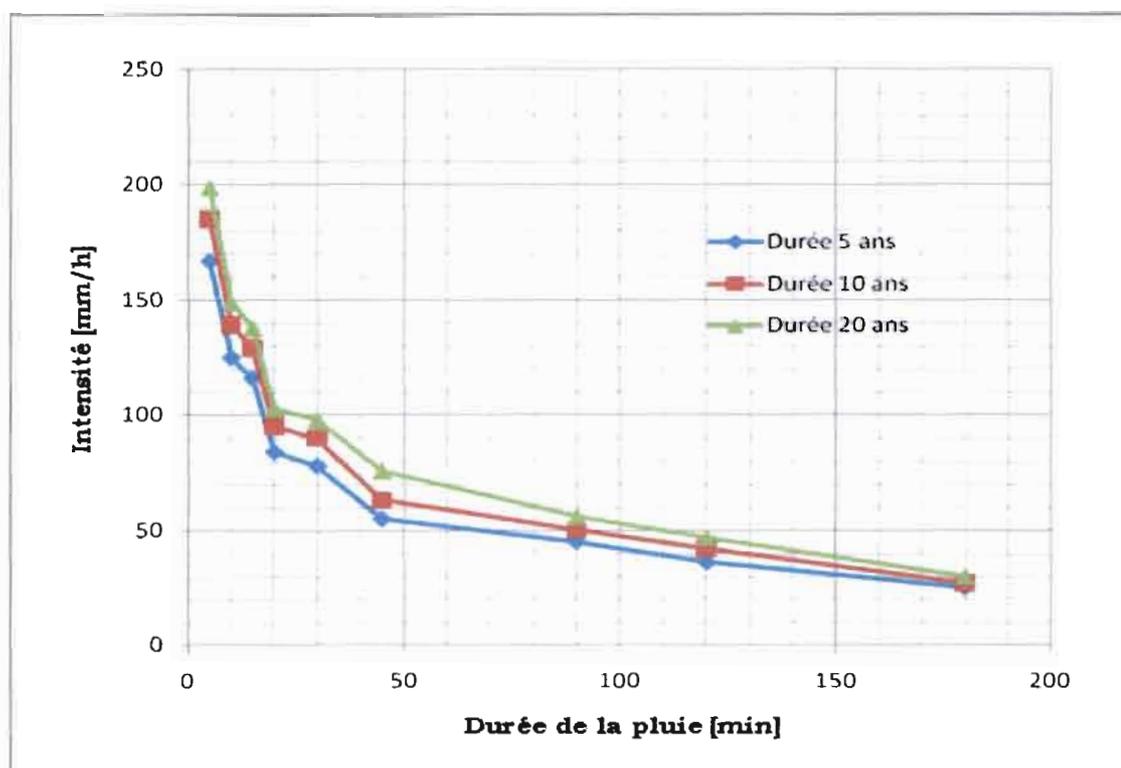
Le tableau n°8 donne les différents enregistrements pluviométriques en fonction de la durée et des périodes de retour.

Durée (min)	Période de Retour					
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
5	147	167	185	199	228	245
10	110	125	139	149	170	183
15	102	116	129	138	159	171
20	75	84	95	103	119	129
30	61	78	90	98	115	127
45	50	55	63	76	77	90
90	39	45	50	56	60	74
120	29	36	42	47	51	60
180	20	25	27	30	36	37

(Source : Service Météorologique National / Station de Diourbel).

**Tableau 8 : Intensité-Durée-Fréquence des pluies dans la zone de Touba.**

Avec ces valeurs, nous avons tracé les courbes IDF suivantes :



**Figure 3 : Courbe IDF de la Zone de Touba.**

La figure 4 avec un temps de retour de 10 ans, nous permet de déterminer les paramètres de Montana en procédant à une régression de type puissance.

Ainsi, les valeurs trouvées sont : **a = 7,778** et **b = - 0,5**.

L'expression de l'intensité est alors :  $i(t) = 7,778.t^{-0.50}$

avec :

*i* : intensité en mm/min ;

*t* : temps en min [0-180 min].

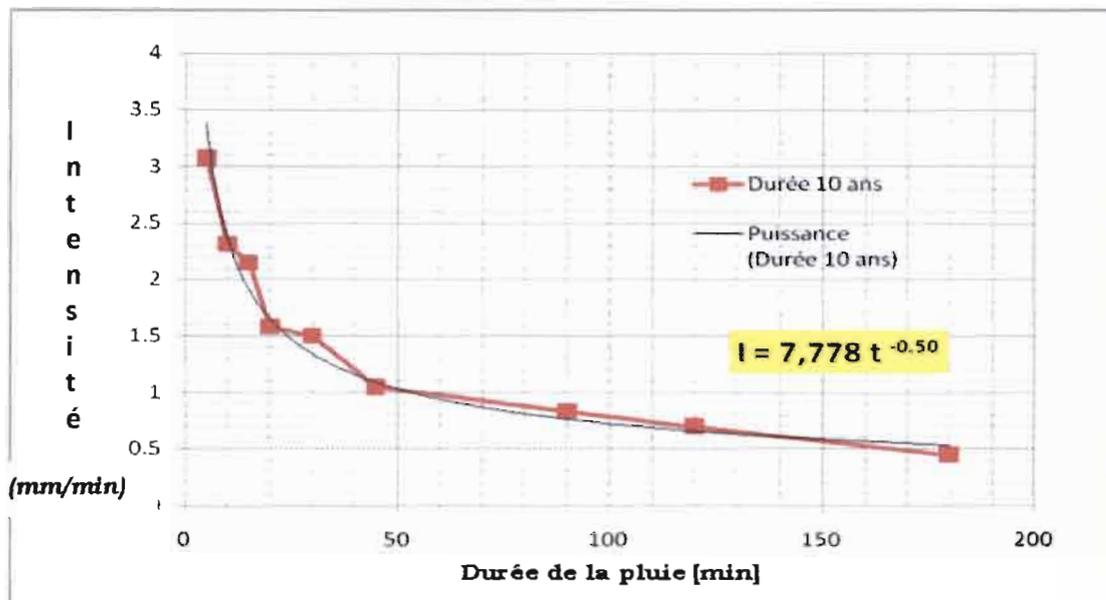


Figure 4 : Paramètres de Montana pour 10 ans.

La figure suivante est une représentation bi-log de la courbe IDF pour une période de retour de 10 ans.

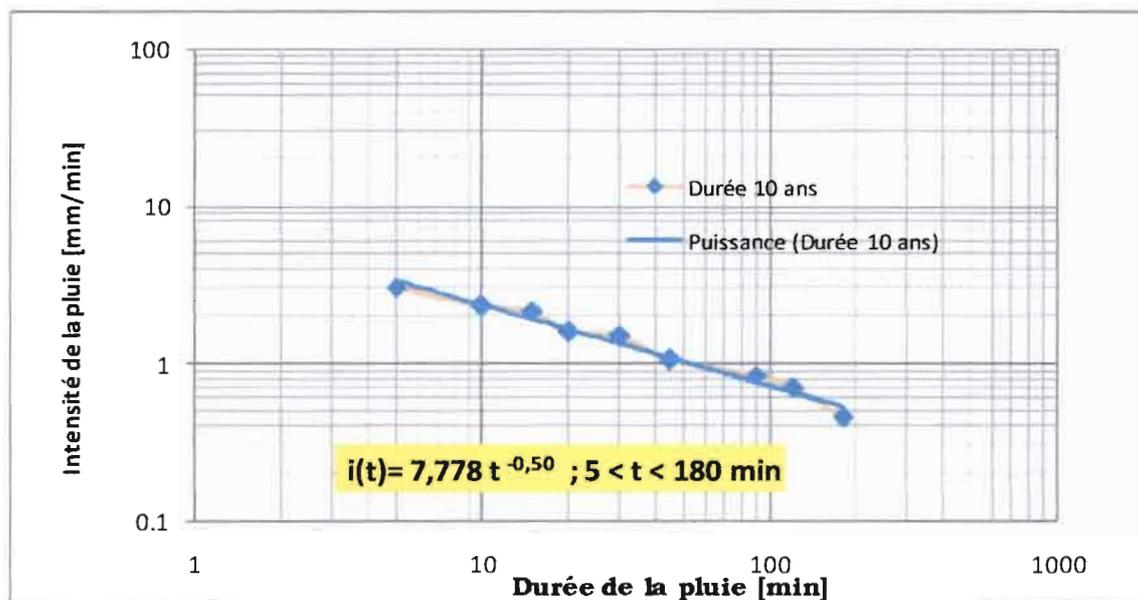


Figure 5: Echelle bi-log paramètres de Montana pour TOUBA.

A travers, ce graphique il s'agissait de voir de manière plus précise l'évolution de l'intensité en fonction du temps. Cependant, comme l'illustre le graphique, il n'apparait pas de cassure durant la durée de pluie considérée (5 à 180 minutes). Ainsi dans les calculs, une seule expression de l'intensité en fonction du temps a été retenue, c'est celle de la figure 4.

## **I.7. DIAGNOSTIC DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT EXISTANTS :**

A Touba, il n'existe pas à l'heure actuelle un système d'assainissement collectif en en eaux usées.

L'assainissement eaux usées est de type autonome. La collecte et l'évacuation des eaux ménagères (bains, lavages, vaisselle) et eaux vannes (WC) sont assurées respectivement par :

- l'infiltration à même le sol ;
- l'écoulement dans des puits perdus et fosses septiques.

L'assainissement pluvial est quant à lui embryonnaire dans la mesure où :

- dans certains quartiers du centre ville, des rigoles assurent le drainage des zones les plus peuplées vers des zones moins densément peuplées ;
- les quartiers les plus récents ne sont pas raccordés à ce réseau.

La nature sableuse du sol de Touba et l'absence d'exploitation de la nappe superficielle à des fins d'alimentation en eau potable constitue des éléments favorables pour la bonne marche des systèmes d'assainissement autonome, cependant on ne peut s'affranchir d'une grande rigueur dans la mise en œuvre des solutions, notamment :

- la bonne réalisation des puisards et fosses septique ;
- leur entretien périodique ;
- la déposition des boues des fosses septiques qui sont incompatibles avec une bonne santé des habitants et un environnement sain.

Outre des rigoles dans certains quartiers du centre ville, on relève la présence d'un bassin de collecte et d'infiltration des eaux de pluie près de la gare (photo annexe13).

Ce bassin a connu en 2006, un débordement et le trop plein d'eau a causé beaucoup de dommages aux populations riveraines allant jusqu'à la délocalisation de certaines maisons.

Pour parer à cette situation, cette année, le tirant d'eau a été relevé et une conduite de vidange a été posé pour assurer le rejet des eaux hors de la ville (photo annexe 14).

## **CHAPITRE II : PRESENTATION DES DIFFERENTS SYSTEMES D'EVACUATION DES EAUX USEES ET PLUVIALES :**



### **II.1. SYSTEME D'ASSAINISSEMENT COLLECTIF :**

L'établissement du réseau collectif d'assainissement d'une ville doit répondre à deux catégories de préoccupations à savoir :

- le transit vers une station d'épuration des eaux usées domestiques et éventuellement des eaux industrielles ;
- l'évacuation des eaux pluviales de manière à empêcher la submersion des zones urbanisées et éviter toute stagnation dans les points bas après les averses.

L'écoulement de ces eaux peut se faire de manière gravitaire en utilisant les pentes naturelles ; cependant, dans des cas très rares, il peut être sous pression.

On distingue les systèmes suivants :

#### **II.1.1. Le système unitaire :**

Dans un système unitaire, l'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales se fait à travers un unique réseau. Généralement, celui-ci est pourvu de déversoirs permettant, en cas d'orage, le rejet d'une partie des eaux, par surverse, directement dans le milieu naturel (Figure 8).

Ce système présente l'avantage de la simplicité dans la conception et la mise en œuvre, puisqu'il suffit de disposer d'une conduite unique au droit de chaque voie publique et permettre aux habitations environnantes de procéder à un raccordement, sans souci de conformité. Il fournit également l'avantage de collecter les eaux de « petites pluies », qui représentent la grande majorité des événements pluviométriques régionales et de les traiter en station d'épuration.

Son inconvénient majeur est qu'il est sujet à des déversements parfois intempestifs (en cas de crue) qu'il convient de gérer au plus juste, et des débits très irréguliers à prendre en compte au niveau de la station de traitement. De plus, les ouvrages dimensionnés ne fonctionneraient à leur débit de dimensionnement que quelques jours par an, ce qui les expose par conséquent à des risques de colmatage du fait des faibles écoulements pendant les 9 à 10 mois de saison sèche.

### **II.1.2. Le système séparatif :**

C'est le cas où les différents effluents (eaux usées et pluviales) sont évacués par des réseaux séparés. Ainsi, une conduite de dimension plus importante assure la collecte et le rejet des eaux pluviales et une autre plus petite, en fait de même pour les eaux usées (voir figure 6).

Par ailleurs, dans le cas de villes industrialisées, les effluents industriels sont collectés par le réseau eaux usées sous réserves qu'ils aient des caractéristiques analogues aux eaux usées domestiques du point de vue physico-chimiques.

Ce système est le plus indiqué dans le cas d'une ville qui doit reprendre l'extension nécessitée par les zones résidentielles ou industrielles en voie de création.

Il est le système le plus utilisé dans le monde et présente beaucoup d'avantages tels :

- la possibilité de recourir à des postes de relèvements ou de refoulement que la faiblesse du relief imposerait ;
- possibilité d'évacuer rapidement et efficacement les eaux usées polluées, sans contact avec l'extérieur, ce qui n'est pas le cas du mode unitaire qui nécessite, en cas d'orages, le fonctionnement de déversoirs de surverse ;
- permet d'assurer à la station d'épuration un fonctionnement régulier, puisque les eaux à traiter ont les débits les plus faibles et les plus réguliers : la station d'épuration reçoit alors des eaux ayant un degré de pollution uniforme et cette installation est économique en investissement comme en exploitation.

### **II.1.3. Le système mixte ou pseudo-séparatif :**

Ce système désigne communément des réseaux constitués, selon les zones d'habitation, en partie en système unitaire et en partie en système séparatif (voir figure 7).

Ce système présente le même inconvénient (dans une moindre mesure) que le système unitaire dans la mesure où il augmente et surtout fournit des débits irréguliers à traiter au niveau des stations d'épuration.

### **II.1.4. Le système retenu :**

Le système retenu dans le cadre de ce projet est un système entièrement séparatif pour éviter la mise en place d'ouvrages d'exploitation complexes et d'éviter des débits irréguliers au niveau de l'exutoire des eaux usées domestiques.

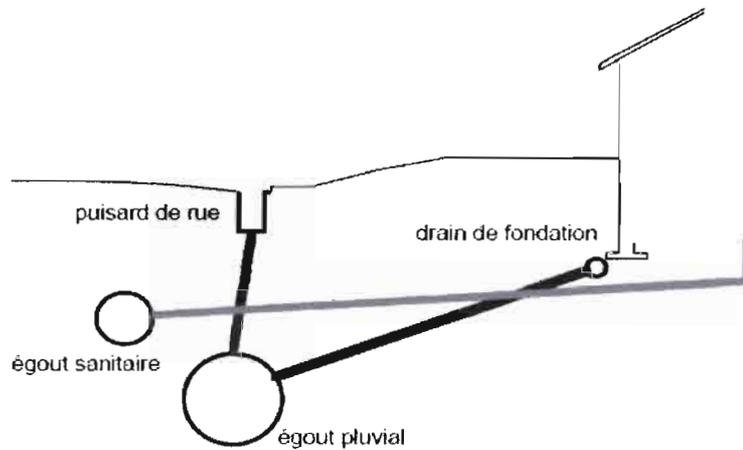


Figure 6 : Egouts séparatifs.

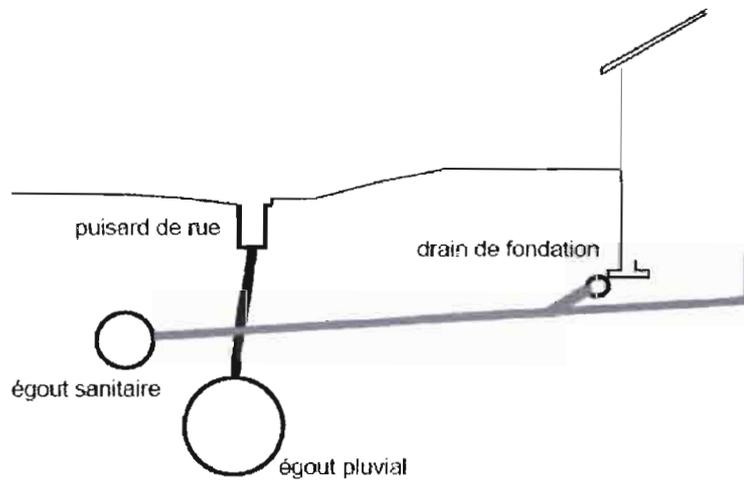


Figure 7 : Egouts pseudo-séparatifs.

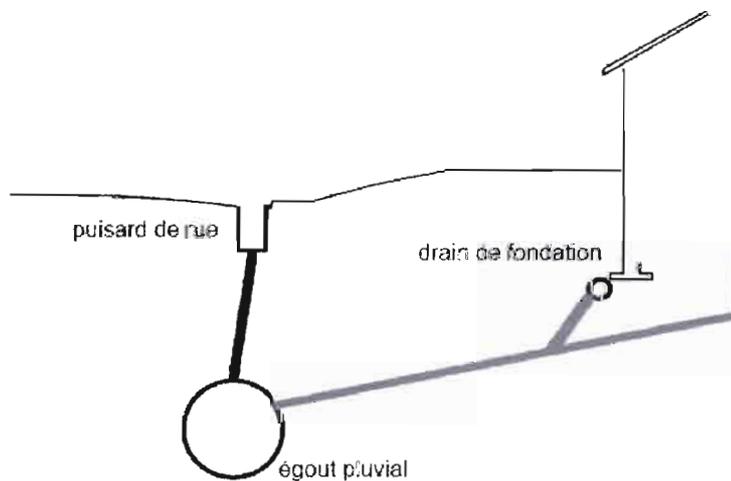


Figure 8 : Egouts unitaires.

## **II.2. SYSTEME D'ASSAINISSEMENT AUTONOME :**

L'assainissement autonome ou individuel concerne les dispositifs à mettre en place dans la concession pour la collecte et le traitement des eaux usées domestiques en utilisant les caractéristiques épuratoires qu'offre le sol. Il a pour objet d'assurer l'épuration des eaux usées ainsi que leur évacuation, sous des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement.

Ces eaux usées domestiques peuvent soit provenir d'une maison individuelle, on parle alors d'assainissement autonome individuel, soit d'une parcelle privée mise en lotissement et comprenant des bâtiments d'habitation collectif ou d'un édicule public, on parle d'assainissement autonome public.

Ainsi, l'assainissement autonome bien conçu et bien entretenu est comparable à l'assainissement collectif pour ces performances et, est plus économique.

Cependant, pour obtenir une solution définitive et satisfaisante pour la collectivité et pour l'usager, un véritable service public de gestion de l'assainissement autonome devra être mis en place à l'image de celui de l'assainissement collectif ; il devra se porter garant de la bonne exploitation des installations comme les déposantes de boues de vidange.

Un système d'assainissement autonome bien conçu est composé :

- d'ouvrages de collecte et d'épuration des eaux, gérés par les populations elles - mêmes dans le cas d'ouvrages privés et par la collectivité dans le cas d'édicules publics ;
- d'ouvrages de traitement des boues de vidange, gérés par la collectivité avec une participation des populations,
- de matériels de transports des excréta des propriétés privées vers les déposantes de boues de vidanges gérés par la collectivité avec une participation des populations et/ou par des privés agréés.

Le système autonome est proposé lorsque la faible densité de l'habitat rend trop coûteuse la mise en place de réseaux publics. En termes d'investissement, au-delà de 50 m entre branchements, l'assainissement individuel est à retenir.

### II.3. SYSTEME D'ASSAINISSEMENT SEMI COLLECTIF :

Le système d'assainissement semi collectif est intermédiaire entre le collectif et l'autonome. On l'appelle aussi réseau de petit diamètre (REPD) et il est constitué des parties suivantes:

- des fosses intermédiaires (ou fosses d'interception) qui éliminent les matières flottantes et en suspension ;
- un réseau de canalisations de petit diamètre qui capte toutes les eaux décantées et les achemine vers l'exutoire ;
- Un exutoire final qui peut être un réseau conventionnel ou une station d'épuration.

Le principe de fonctionnement du réseau de petit diamètre est basé sur la collecte d'effluents de fosses septiques. La fosse septique élimine un pourcentage élevé de matières en suspension et de graisses, la faible fraction de solides non retenus possède un poids spécifique à peu près équivalent à celui de l'eau.

De ce fait, il n'y a pas de dépôt de solides, à l'exception d'une fine couche de limon (biomasse) qui se forme sur la paroi des conduites. La présence des fosses septiques permet ainsi :

- d'utiliser des conduites de faible diamètre ;
- de changer de direction ou de pente sans regard en raison de l'utilisation de conduites en PVC ;
- d'incorporer des tronçons à pente faible, parfois nulle ou même inverse.

Le système d'assainissement de petit diamètre peut être divisé en deux grandes catégories, à savoir les réseaux à pente minimale et ceux à pentes variables.

Pour le premier, les pentes descendantes minimales sont imposées et les conduites sont conçues pour couler partiellement pleines au débit maximum.

Le réseau à pente variable comporte des sections de conduites avec des pentes inverses ou nulles qui coulent à pleine capacité. Dans ce type de réseau, aucune vitesse ni pente minimale ne sont imposées. Toutefois, nous devons s'assurer que le niveau de sortie de chaque fosse septique est au-dessus du gradient hydraulique en tout point sur toute la conduite concernée.

### **CHAPITRE III : SCHEMAS D'ASSAINISSEMENT ET CHOIX DES TRANCHES PRIORITAIRES**

#### **III.1. CHOIX DES HORIZONS :**

Les horizons de calcul des réseaux ont été définis par l'O.N.A.S qui est le maître d'ouvrage du projet et elles se présentent comme suit :

- court terme : horizon 2010 ;
- moyen terme : horizon 2015 ;
- long terme : horizon 2030.

#### **III.2. CHOIX DU TYPE D'ASSAINISSEMENT DES EAUX USEES :**

Le choix du type d'assainissement à appliquer à chaque partie de la ville de Touba doit se faire en tenant compte d'un certain nombre de critères technico-économiques. Ces critères sont principalement :

- ✓ l'aptitude du sol à l'assainissement autonome qui découle des capacités épuratoires des sols dont la plus importante est sa capacité d'infiltration ;
- ✓ la densité et les consommations des populations afin de garantir un autocurage correct des canalisations ;
- ✓ la capacité et la volonté des futures bénéficiaires à supporter les coûts de branchements ainsi que les redevances et taxes d'assainissement collectif.

##### **III.2.1. L'aptitude des sols à l'assainissement autonome :**

Pour l'évaluation de l'aptitude des sols à l'assainissement, il s'agit de déterminer la perméabilité (ou vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol) de ceux-ci. Il existe plusieurs méthodes de terrain dont celle de Porchet, de Muntz etc. Cependant, pour des sols meubles de faible cohésion, la méthode de Porchet est la plus conseillée.

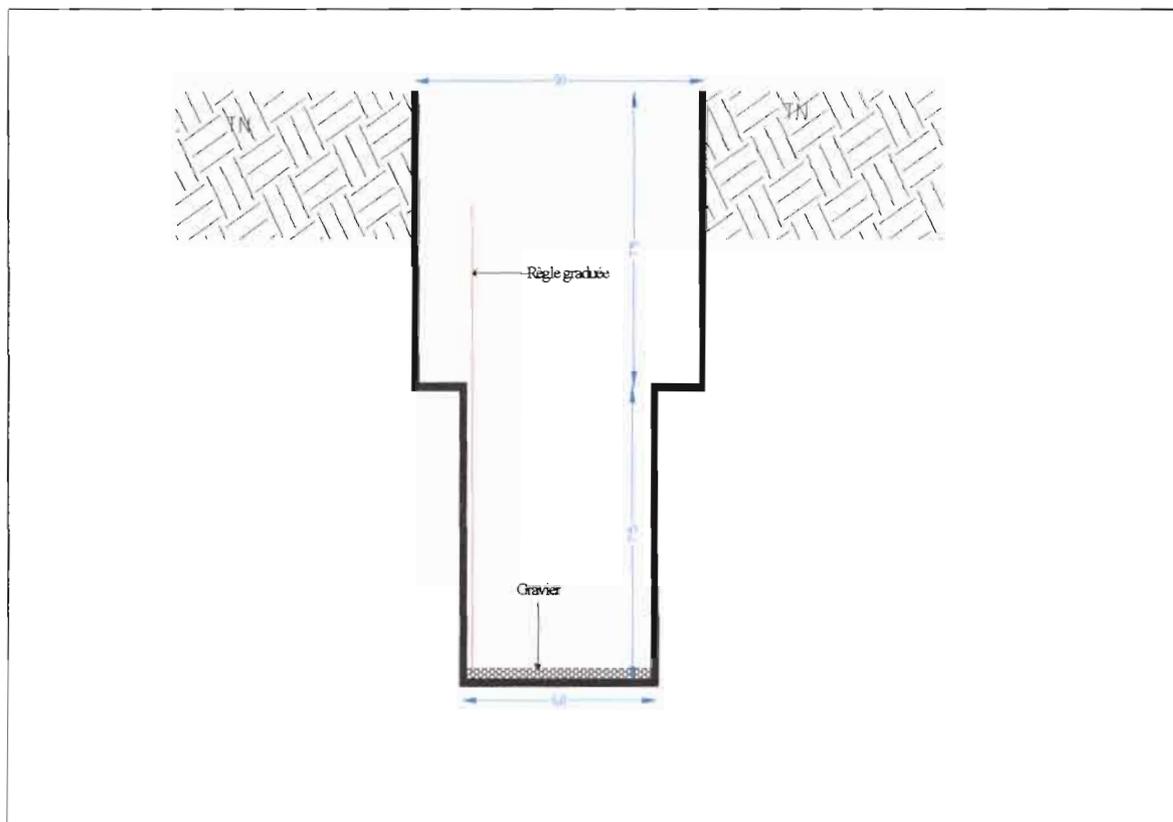
En vue de la confection de la carte d'aptitude des sols, 23 tests de perméabilité ont été réalisés par la méthode Porchet au niveau de la ville dont :

- 10 tests au niveau de 10 quartiers choisis au hasard et uniformément répartis ;
- 10 tests au niveau de ces mêmes quartiers mais dans les bas fonds où s'accumulent les eaux de ruissellement pendant la saison des pluies ;
- 3 tests au niveau des sites ciblés pour abriter la station d'épuration.

### 1. Mode opératoire de l'essai Porchet :

Pour la réalisation des tests, le mode opératoire suivant a été adopté.

- ✓ Creusage des trous jusqu'à une profondeur de 1.5 m ;
- ✓ Le diamètre est de 90 cm sur la première moitié du trou (0,75 m) et de 60 cm sur la seconde moitié du trou (vers le fond) ;
- ✓ Enlèvement de tous les matériaux d'excavation du fond du trou ;
- ✓ Mise en place de 5 cm de matériaux grossiers avant la mise en eau pour éviter l'affouillement du fond ;
- ✓ Fixation sur la paroi d'une règle graduée d'instituteur ;
- ✓ Mise en saturation, avec précaution des sols au niveau de chaque trou pendant au moins quatre heures.



**Figure 9 : Trou de test de perméabilité.**

## 2. Mesures :

- Si l'eau demeure dans le trou après la période de pré-saturation. On ajuste la hauteur de l'eau à 30 cm. On mesure ensuite la baisse du niveau d'eau toutes les 5 minutes pendant 30 minutes. On continue l'essai jusqu'à ce que la dernière lecture cumulée pendant 30 minutes soit identique à la précédente ou alors après 4 heures.
- S'il ne reste plus d'eau dans le trou :
  - Mesure de la baisse du niveau d'eau toutes les 5 minutes et ajustement de la hauteur à 30 cm après 30 minutes de lecture par ajout de l'eau manquante ;
  - On continue l'essai jusqu'à ce que la dernière lecture cumulée pendant 30 minutes soit identique à la précédente ou alors après 4 heures ;
  - Arrêt de l'essai, si pour deux prises de 30 minutes successives les baisses de niveau sont sensiblement égales ou au bout de quatre heures de mesures.

Ces tests ont donné les résultats du tableau n°9.

Echantillon	Type de sol à la profondeur d'essai	Capacité d'infiltration [l/m <sup>2</sup> /j]	Coefficient de perméabilité [m/s]
E1	Sable fin	90.43	2.83x10-5
E2	Sable fin	96.62	3.02x10-5
E3	Sable fin	98.58	3.08x10-5
E4	Sable fin	92.91	2.91x10-5
E5	Sable fin	93.42	2.92x10-5
E6	Sable fin	92.15	2.88x10-5
E7	Sable fin	99.45	3.11x10-5
E8	Sable fin	95.8	3.00x10-5
E9	Sable fin	93.68	2.93x10-5
E10	Sable fin	93.16	2.92x10-5
Zone de Bas Fonds	Sable fin	11.51	0.36x10-5
Ndock	Sable argileux	faible	faible
Sam Thialé	sable argileux	très faible	très faible
Affé Gouye	Argile	très faible	très faible

**Tableau 9 : Résultats tests de perméabilité.**

Les résultats au niveau des quartiers sont représentatifs de la nature du sol sur toute l'étendue de la ville de Touba. Pour les bas fonds par contre, ils sont circonscrits dans les points bas des différents bassins versants et la faible valeur relative de la capacité d'infiltration des sols à ces endroits s'explique c'est des zones de sédimentation.

Nous constatons que les sols sont suffisamment perméables dans les quartiers  $K > 25 \text{ L/m}^2/\text{j}$ . Donc un système d'assainissement autonome est bien applicable dans ces zones.

### **III.2.2. Densités de populations et consommation spécifique en eau potable :**

La densité de population et la consommation spécifique en eau potable sont deux critères essentiels pour le choix d'un type d'assainissement. En effet pour une population dense avec une forte consommation en eau potable, la mise en place d'un système collectif est presque obligatoire dans la mesure où les dimensions minimales des ouvrages autonomes seraient trop grandes quelles que soient les capacités épuratoires du sol. Dans ce cas, l'autocurage des conduites ne serait pas correctement effectué du fait de la faiblesse des débits ce qui entraînerait de fréquents colmatages des conduites.

Egalement pour une population faiblement dense avec une consommation spécifique en eau potable moyenne ou faible, la mise en place d'un système collectif ne serait pas rentable dans la mesure où le rapport du nombre de populations raccordées sur le linéaire de réseau serait faible et les besoins en ressources pour l'exploitation du système trop grands face aux redevances collectées.

A Touba, un plan directeur pour l'alimentation en eau est en phase d'étude, donc, même si des réflexions sont menées pour faire payer la consommation d'eau à la population, la consommation pourrait supporter l'assainissement à travers les taxes et redevances à payer.

Du point de vue densité de population, la ville de Touba regorge de quartiers très densément peuplés à l'image de ceux situés à l'intérieur de la rocade et le long de la route de Mbacké.

### **III.2.3. Motivations des populations pour le projet :**

L'assainissement, surtout collectif et conventionnel, exige un service très onéreux. En moyenne, il coûte 6 et 8 fois plus cher respectivement en investissement et en exploitation que le système autonome. Il est donc important de s'assurer que les futurs bénéficiaires ont la volonté et la capacité financière de s'acquitter correctement tout d'abord des droits de branchements, mais aussi et surtout, des redevances et taxes nécessaires à l'exploitation du système même si une subvention de quelque nature que ce soit n'est pas à écarter.

Pour le cas spécifique de la ville de Touba, les enquêtes réalisées mettent en exergue la volonté des populations à participer dans la mesure de leur moyen au coût d'exploitation des systèmes mis en place. En effet, ils sont 93,7% à accepter de payer les frais liés à un branchement au réseau et à payer une redevance dépendant du volume d'eau consommée et en sus de la facture d'eau.

Par contre, la faiblesse des moyens financiers au niveau de certains quartiers laisse présager des

difficultés pour plus de la moitié des ménages de s'acquitter de ces frais supplémentaires. Donc il sera nécessaire de trouver des formules sociales pour ces populations.

### **III.3. LES ZONES D'APPLICATION DES DIFFERENTS SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT A MOYEN ET LONG TERME :**

Sur la base de ces trois critères que sont : la perméabilité des sols, les densités des populations et leur motivation pour le projet, un zonage de la ville selon le type d'assainissement à moyen et court terme est réalisé (figure 10). Ce zonage considère les trois types d'assainissement décrits plus haut.

#### **III.3.1. La zone d'application du système collectif :**

Le système collectif serait réalisé au niveau des quartiers situés à l'intérieur de la rocade et le long de la route de Mbacké. Ces quartiers ont la particularité d'être habités par des familles maraboutiques et/ou des familles à revenus moyens à élevés d'après le standing des habitations. En plus, ces quartiers sont densément peuplés et reçoivent quotidiennement des nombres importants de pèlerins en dehors des jours du grand Magal. Cette zone couvre une superficie d'environ 3000 hectares et regroupe les quartiers de (Darou Khoudoss, Madiyana, etc....) pour une population estimée à près de 180 000 habitants.

#### **III.3.2. La zone d'application du système semi collectif :**

Tout autour de la première zone réservée au système collectif, sera réalisé le système semi collectif qui a comme avantage d'être moins coûteux aussi bien en investissement qu'en exploitation. Ce système concernera les quartiers moyennement denses et sera raccordé au système collectif. Cette zone couvre une superficie de 2300 hectares pour une population d'environ 100 000 habitants.

#### **III.3.3. La zone d'application du système autonome :**

En dehors de ces deux zones, on rencontre à Touba des quartiers de type traditionnel occupés la plupart du temps par des immigrants venus des villages environnants de la ville sainte. Ces habitations ne sont pas denses et ne disposent généralement pas de branchements individuels d'eau potable. En plus, le niveau moyen de leurs revenus est relativement bas, l'activité principale étant l'agriculture.

L'assainissement, le mieux adapté pour ces populations demeurent le système autonome.

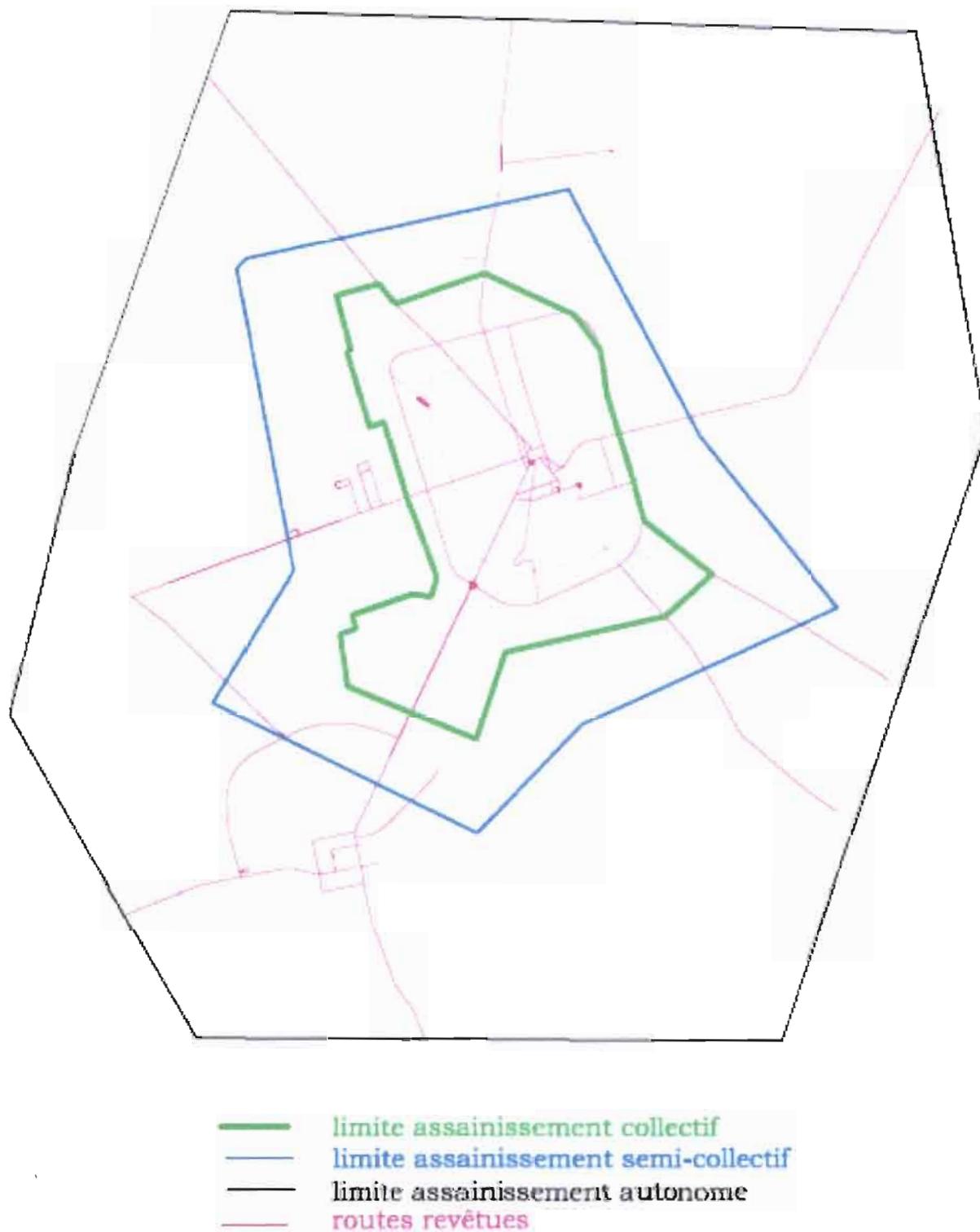


Figure 10 : Zones d'application des différents systèmes d'assainissement.

### III.4. L'EVOLUTION DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT A MOYEN ET LONG TERME :

L'évolution de l'assainissement dans la ville de Touba a été étudiée sur la base des taux d'occupation actuels de la ville. Ces taux ont été évalués à partir de la photographie aérienne récente de Touba en procédant à un planimétrage des superficies occupées. L'évolution du taux d'occupation tient compte des possibilités de densification des anciens quartiers et de l'extension des nouveaux quartiers.

Le tableau 10 suivant donne l'évolution des taux d'occupation pour les horizons 2010, 2015 et 2030.

QUARTIERS	Superficie (km <sup>2</sup> )	Taux d'occupation (en %)		
		2010	2015	2030
1- Daroul Marnane	56	65	80	95
2- Mbacké Sud 2A	3,5	15	60	95
2- Mbacké Sud 2B	21,5	15	60	95
3- Mbacké Sud-Est	9	5	20	90
4- Mbacké Est	13	15	60	80
5- Al Azarh - Daroul Marnane	15	65	75	90
6- Touba Mosquée	26	90	90	95
7- Marché Khar Yala	19	90	90	95
8- Daroul Miname	4	90	90	95
9A- Ancienne carrière 1	5	25	40	75
9B- Ancienne carrière 2	13	25	40	75
10- Daroul Khoudos Sud	6	90	90	95
11- Boukhatoul Moubarca	7	60	70	95
12- Samouhabidoune Nafia Est	8	35	45	90
13A- Daroul Khoudoss Nord 13A	3,5	80	85	90
13B- Daroul Khoudoss Nord 13B	3,5	80	85	90
14- Guédé	8	50	60	95
15- Alia - Bagdad	8	25	40	90
16- Samouhabidoune Nafia Nord	14	20	30	80
17- Samouhabidoune Nafia Ouest	13	40	50	90
18- Touba HLM	8	25	45	90
19- Bagdad Nord-Est	11	5	20	90
20- Divers périphéries	25	5	20	95
	<b>Total =300</b>	<b>Moy=44</b>	<b>Moy=58,5</b>	<b>Moy = 90</b>

(Source : Rapport de mission de la SETICO)

**Tableau 10 : Taux d'occupation futurs de la ville.**

Les données du tableau 10, ont été ensuite exploitées pour définir les priorités d'intervention en fonction des horizons ainsi établis.

L'intervention prioritaire se fera sur les quartiers qui atteindront en 2010 un taux d'occupation de 50%. Le tableau 11 donne le recensement de ces quartiers.

**A/ Court terme : horizon 2010 :**

La première phase du projet concernera une population de 632 700 habitants et concerne les neuf (9) quartiers listés dans le tableau 11.

QUARTIERS	Superficie (km2)	Taux d'occupation (2010)	Population (2010)
6- Touba Mosquée	26	90	140 400
7- Marché Khar Yala	19	90	102 600
8- Daroul Miname	4	90	21 600
10- Daroul Khoudoss Sud	6	90	32 400
13A- Daroul Khoudoss Nord 13A	3,5	80	16 800
13B- Daroul Khoudoss Nord 13B	3,5	80	16 800
1- Daroul Marnane	56	65	218 400
5- Al Azarh - Daroul Marnane	15	65	58 500
11- Boukhatoul Moubarca	7	60	25 200
<b>TOTAL</b>			<b>632 700</b>

**Tableau 11 : Taux d'occupation à court terme (2010).**

**B/ Moyen terme : horizon 2015 :**

La deuxième phase va prendre en compte les quatre (4) quartiers, atteignant 50% d'occupation à cette date, montrés dans le tableau 12.

QUARTIERS	Superficie (km2)	Taux d'occupation (2015)	Population (2015)
2- Mbacké Sud 2A	3,5	60	13 650
2- Mbacké Sud 2B	21,5	60	83 850
4- Mbacké Est	13	60	50 700
14- Guédé	8	60	31 200
<b>TOTAL</b>			<b>179 400</b>

**Tableau 12 : Taux d'occupation au moyen terme (2015).**

**C/ Long terme : horizon 2030 :**

L'extension du réseau couvrira les quartiers restants qui comptent une population de 185 250 habitants comme indiqué dans le tableau 13.

QUARTIERS	Superficie (km2)	Taux d'occupation (2030)	Population (2030)
16-Samouhabidoune Nafia Nord	14	80	84 000
9A- Ancienne carrière 1	5	75	28 125
9B- Ancienne carrière 2	13	75	73 125
<b>TOTAL</b>			<b>185 250</b>

**Tableau 13 : Taux d'occupation à long terme (2030).**

En passant d'un horizon à un autre, les équipements prévus au niveau des quartiers déjà assainis sont réhabilités, supprimés ou maintenus à l'état.

Les hypothèses prises pour l'établissement de l'évolution des infrastructures d'assainissement sont dans le tableau 14.

<i>Horizon</i>	2010	2015	2030
<i>Densité (habitants / ha)</i>	60	65	75
<i>Taux de raccordement (%)</i>	30	45	60

**Tableau 14 : Hypothèses d'évolution de l'assainissement.**

Le tableau 15 donne l'évolution de l'assainissement à moyen et long terme :

<i>Horizon</i>	<i>Taux d'occupation moyen</i>	<i>Population totale</i>	<i>Population raccordée</i>	<i>Population non raccordée</i>
2010	44	733 476	189 600	543 876
2015	58,5	995 052	352 755	642 296
2030	90	1 954 313	1 230 300	724 013

**Tableau 15 : Evolution de l'assainissement à moyen et long terme.**

## **CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'EAUX PLUVIALES.**

### **IV.1. SCHEMA GENERAL PROPOSE :**

Compte tenu de la topographie particulière que présente la ville de Touba, il n'est pas possible de prévoir un réseau de collecte et d'évacuation des eaux pluviales qui fonctionne exclusivement en système gravitaire. La succession de monticules et de dépressions favorise un schéma de réseau particulier comprenant plusieurs « unités ». Chaque unité est composée d'un réseau primaire lequel draine un ou plusieurs sous-bassins versants et rejette les eaux de ruissellement collectées dans un bassin de rétention ou de stockage.

### **IV.2. DEFINITION DES PARAMETRES :**

#### **IV.2.1. Le bassin versant :**

Contrairement à l'hydrologie continentale où le bassin versant est défini comme la surface de ruissellement des eaux pluviales délimitée par les lignes de crêtes (c'est-à-dire par les lignes de partage des eaux), en hydrologie urbaine (échelle plus fine : ville), nous appellerons bassin versant, une surface de ruissellement telle que le réseau qui la draine possède un exutoire. On parle dans ce cas de bassin versant urbain.

Les paramètres physiques et géométriques essentiels qui caractérisent classiquement un bassin versant sont :

- sa pente moyenne en % ;
- sa superficie en hectares ;
- son temps de concentration ;
- la courbe hypsométrique ;
- son coefficient de ruissellement en %.

Il en existe d'autres, comme le coefficient de Gravius, l'allongement, etc.

En réalité, les paramètres descriptifs du bassin versant n'ont de sens que par rapport au modèle que l'on utilise pour décrire, prévoir ou simuler la transformation que ce bassin va opérer d'une pluie qui y tombe avec un débit donné à son exutoire.

Le découpage effectué dans la zone de la tranche prioritaire donne 12 bassins versants.

#### **IV.2.2. Les sous-bassins versants urbains :**

C'est un bassin versant dont le débit de ruissellement à la décharge se déverse dans une bouche d'égout. On en dénombre 108 dans le réseau prioritaire projeté.

### **IV.2.3. La délimitation des bassins versants :**

La délimitation des bassins versants se fait en partant de l'exutoire par le tracé suivant la ligne de plus grande pente et ensuite suivant les lignes de crêtes qui joignent un sommet à l'autre.

Dans le cas du projet basé sur un bassin versant urbain, la délimitation se fera eu égard aux contraintes suivantes :

- les chaussées seront traversées le moins possible par l'eau de ruissellement.

Les axes de route représentent donc les lignes de crête.

- les cotes des axes de routes sont supérieures à celles des accotements.

Suivant ces contraintes, les lignes de crête seront constituées par les axes des routes et les surfaces de sous-bassins versants seront quant à elles des polygones délimités par les chaussées.

### **IV.3. L'EVALUATION DES DEBITS DE DRAINAGE :**

De nombreux modèles de prévision du débit ruisselé existent, partiellement déterministe, probabiliste, mécaniste ou empirique. Parmi ces modèles nous pouvons citer :

- la méthode rationnelle ;
- le modèle de Caquot ;
- le modèle du réservoir linéaire ;
- le modèle de Bouvier.

Cependant, ceux qui ont été testés et calés sur des bassins urbains tropicaux sont : la méthode rationnelle et le modèle de Caquot qui donnent directement le débit de pointe à l'exutoire contrairement aux autres qui ne fournissent que l'hydrogramme de ruissellement. Le calcul du réseau a été effectué avec la méthode rationnelle.

#### **IV.3.1. La méthode rationnelle :**

Elle s'appuie sur trois hypothèses :

- le débit de pointe  $Q_p$  est observé à l'exutoire seulement si la durée de l'averse est supérieure au temps de concentration du bassin versant;
- $Q_p$  est proportionnelle à l'intensité moyenne maximale  $i$  sur une durée égale au temps de concentration  $t_c$  du bassin versant ;

- l'intensité et le débit de pointe qui en résulte ont la même période de retour  $T$ . Ceci suppose que le coefficient de ruissellement  $C$  du bassin versant soit constant.

Ainsi le débit  $Q_p$  est donné par la formule ci-dessous :

$$Q_p(T) = K.C.i(t_c, T).A.A^{-\varepsilon} = 0,167.C.i.(t_c, T).A^{0,95}$$

avec :

$K=1/360$  : constante de conversion d'unités ;

$C$  : coefficient de ruissellement dans le bassin ;

$i(t_c, T)$  : l'intensité de la pluie en (mm/min) ;

$A$  : aire du bassin en hectares (ha) ;

$A^{-\varepsilon}$  : coefficient d'abattement spatial où  $\varepsilon=0.05$ .

Cette formule est très utilisée pour les projets d'assainissement pluvial des villes africaines.

Elle présente néanmoins des inconvénients et des limites majeures :

- l'estimation du temps de concentration est souvent laborieuse ;
- elle ne tient pas compte de la distribution spatiale des pluies (variation de l'intensité) ;
- elle ne tient pas compte de l'effet de stockage de l'eau dans le bassin versant.

#### **a) La période de retour $T$ :**

Le degré de protection à assurer aux réseaux résultera d'un nécessaire compromis entre l'aspiration à une protection absolue pratiquement irréalisable et le souci de limiter le coût de l'investissement et les sujétions d'exploitation.

Dans cette étude, il a été considéré une période de retour de 10 ans conformément aux termes de référence de l'ONAS.

#### **b) Le temps de concentration ( $t_c$ ):**

Le temps de concentration relatif à un bassin versant est le temps le plus long que peut mettre, l'eau ruisselle sur ce bassin pour atteindre l'exutoire.

Le temps de concentration est la sommation du temps d'entrée ( $t_e$ ) du premier sous-bassin le plus en amont sur le plan hydraulique et du temps d'écoulement ( $t_{ec}$ ) de l'eau dans les conduites d'égouts depuis ce sous-bassin versant jusqu'à la décharge du bassin versant (Voir figure 11).

$O$  : exutoire du bassin versant ;

$M$  : point du bassin où tombe le goutte d'eau ;

*m* : point d'entrée de la goutte d'eau dans le réseau.

Temps mis entre  $Mm = t_e =$  temps d'entrée ;

Temps mis entre  $mO = t_{ec} =$  temps d'écoulement ou de parcours.

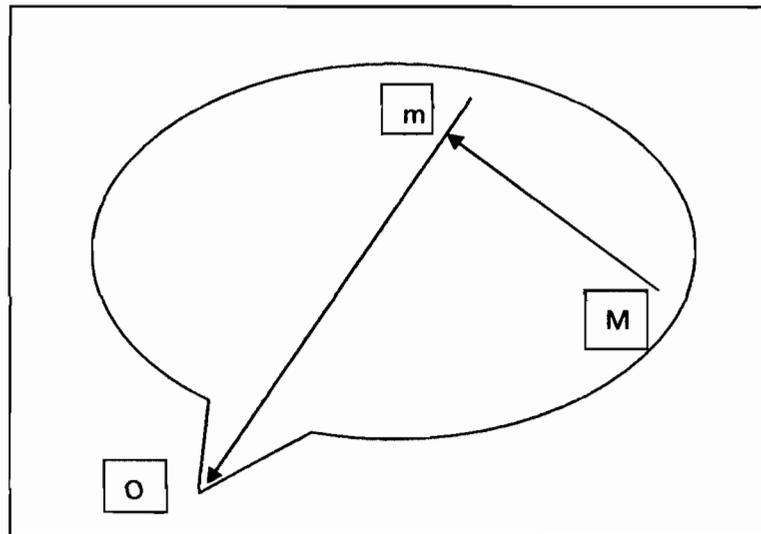


Figure 11 : Illustration du temps de concentration dans un bassin versant.

- Temps d'entrée ( $t_e$ ) :

Le temps d'entrée est le temps le plus long que peut mettre la goutte d'eau, qui ruisselle sur ce bassin versant pour atteindre la bouche d'égout.

Il est fonction de :

- la pente moyenne de la surface du terrain en direction de la bouche d'égout ;
- la distance que l'eau doit parcourir en surface pour atteindre la bouche d'égout ;
- la nature de la surface sur laquelle l'eau doit ruisseler.

Pour évaluer le temps d'entrée, il existe plusieurs modèles :

Equation de Kirpich :

$$t_e = \frac{0.0195 \times L^{0.77}}{S^{0.385}} \times F$$

avec :

$t_e =$  temps d'entrée en min ;

$F$  : facteur propre aux différentes surfaces des sous-bassins (tableau 16) ;

$L$  = longueur maximale parcourue par l'eau sur la surface en m ( $30 \text{ m} < L < 3050 \text{ m}$ ) ;

$S = \frac{\Delta Z}{L}$  : pente moyenne du chemin parcouru par l'eau (m/m) ;

Surface du bassin versant	Facteur de surface
Sol décapé à surface plane (bassin rural)	1
Béton ou béton bitumineux	0.4
Canal en béton	0.2

**Tableau 16 : Valeurs du coefficient de surface F.**

Dans le cadre de cette étude, nous considérons l'équation de Kirpich avec  $F=1$  (Sol décapé à surface plane, bassin rural).

- Temps d'écoulement (tec) :

Le temps d'écoulement dans une conduite est donné par la relation suivante :

$$t_{ec} = \frac{L \times D^2}{76.3944 \times Q_{ps}}$$

avec :

$t_{ec}$  = temps d'écoulement en min ;

$L$  : longueur de la conduite en m ;

$D$  : diamètre de la conduite en m ;

$Q_{ps}$  = débit dans la conduite à plein débit en  $\text{m}^3/\text{s}$ .

**c) Coefficient de ruissellement :**

Le coefficient de ruissellement ou coefficient d'imperméabilisation  $C$  mesure l'importance des pertes à l'écoulement (évaporation, interception par la végétation, infiltration et rétention en surface) des eaux dans un bassin versant.

Il dépend de :

- la nature du terrain ;
- la pente moyenne de la surface du terrain en direction de l'exutoire ;
- l'intensité de la pluie ;

- du pourcentage d'emmagasinage de l'eau dans les affaissements de terrain ;
- des conditions atmosphériques antérieures à la pluie (période de sécheresse ou période d'humidité).

Il est constant pour un bassin versant donné et est estimé par la formule suivante pour un bassin constitué de surfaces hétérogènes :

$$C = \frac{A_{imp}}{\sum A_j}$$

avec :

$A_{imp}$  = fraction de surface imperméabilisée ;

$\sum A_j$  = surface totale des aires A du bassin j considéré.

Le tableau n°17 fourni des valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de la nature de l'occupation.

Centre urbain, zone commerciale de haute densité	0,80
Zone résidentielle	0,60
Zone industrielle	0,60
Zone agricole et espace vert	0,20

**Tableau 17 : Coefficient de ruissellement en fonction de la nature de l'occupation.**

En considérant la ville de Touba comme une zone à caractère résidentielle, il a été considéré un coefficient de ruissellement de 60%.

**d) la pente du bassin versant :**

Pour un bassin versant dont le plus long cheminement hydraulique L est constitué de tronçons successifs  $L_K$  de pente sensiblement constante  $S_K$ , l'expression de la pente moyenne qui intègre le temps d'écoulement le long du cheminement le plus hydrauliquement éloigné de l'exutoire ( ou temps de concentration ) est la suivante :

$$S_{moy} = \left[ \frac{\sum L_K}{\sum \frac{L_K}{S_K}} \right]^2$$

avec ;

$L_K$  : longueur du plus long chemin hydraulique de la zone k considérée ;

$S_k$  : pente suivant la longueur  $L_k$ .

Les caractéristiques des bassins versants sont données au tableau n°18.

Bassins Versants	N° Sous-Bassin Versant	Aire (Ha)	Coefficient ruissellement C	Longueur du thalweg (m)	Cote amont	Cote aval	Pente naturelle du thalweg (m/m)	Temps d'entrée (min)
<b>BS10</b> (41,38 ha)	SBV 1	3.26	0.6	721	45.5	45	0.0007	51
	SBV 2	2.8	0.6	1059	45.5	45	0.0005	79
	SBV 3	2.72	0.6	842	45.5	45	0.0006	61
	SBV 4	1.44	0.6	678	45.5	45	0.0007	47
	SBV 5	4.81	0.6	979	45.5	45	0.0005	72
	SBV 6	1.95	0.6	574	45.5	45	0.0009	39
	SBV 7	1.97	0.6	632	45.5	45	0.0008	44
	SBV 8	5.38	0.6	841	45.5	45	0.0006	61
	SBV 9	5.76	0.6	1155	45.5	45	0.0004	88
	SBV 10	4.7	0.6	925	45.5	45	0.0005	68
	SBV 11	2.33	0.6	743	45.5	45	0.0007	53
	SBV 12	3.77	0.6	1023	45.5	45	0.0005	76
	SBV 13	0.39	0.6	365	45.5	45	0.0014	23
<b>BS11</b> (109,54ha)	SBV 1	15.15	0.6	1861	47.5	45	0.0013	82
	SBV 2	6.81	0.6	1000	48	47.5	0.0005	74
	SBV 3	8.61	0.6	1046	50	47.5	0.0024	42
	SBV 4	15.71	0.6	1884	50	47.5	0.0013	83
	SBV 5	23.26	0.6	2557	50	47	0.0012	110
	SBV 6	10.43	0.6	1454	47.5	45	0.0017	62
	SBV 7	9.38	0.6	1545	45	42.5	0.0016	66
	SBV 8	8.5	0.6	1139	47.5	45	0.0022	46
	SBV 9	5.23	0.6	1372	47	45	0.0015	63
	SBV 10	6.46	0.6	1550	46	45	0.0006	94
<b>BS 12</b> (85,51 ha)	SBV 1	14.93	0.6	1661	46	45	0.0006	102
	SBV 2	7.65	0.6	1203	45.5	45	0.0004	92
	SBV 3	6.46	0.6	1143	45.5	45	0.0004	87
	SBV 4	10.34	0.6	1558	46	45	0.0006	95
	SBV 5	12.32	0.6	1734	46	45	0.0006	107
	SBV 6	12.59	0.6	1899	46.5	45	0.0008	102
	SBV 7	4.43	0.6	1235	45.5	45	0.0004	95
	SBV 8	4.11	0.6	1054	45.5	45	0.0005	79
	SBV 9	12.68	0.6	2594	47	45	0.0008	131
<b>BS 13</b> (102,34ha)	SBV 1	13.1	0.6	1599	47.5	42.5	0.0031	53
	SBV 2	13,11	0.6	2112	42.5	40	0.0012	95
	SBV 3	17.13	0.6	1795	42.5	40	0.0014	79
	SBV 4	15.02	0.6	1665	37.5	35	0.0015	72
	SBV 5	30.82	0.6	2508	42	37.5	0.0018	92

	SBV 6	26.27	0.6	1820	37.5	35	0.0014	80
<b>BS 14 (99,10 ha)</b>	SBV 1	9.91	0.6	1320	37.5	35	0.0019	55
	SBV 2	17.2	0.6	1578	37.5	35	0.0016	68
	SBV 3	7.2	0.6	1154	40	35	0.0043	36
	SBV 4	13.05	0.6	1714	40	37.5	0.0015	74
	SBV 5	21.12	0.6	2530	45	37.5	0.0030	77
	SBV 6	16.53	0.6	2139	45	40	0.0023	74
	SBV 7	14.09	0.6	1396	48	45	0.0021	55
<b>BS 15 (50,39 ha)</b>	SBV 1	2.77	0.6	504	45	42.5	0.0050	18
	SBV 2	3.36	0.6	611	45	42.5	0.0041	23
	SBV 3	8.37	0.6	1119	45	42.5	0.0022	46
	SBV 4	2.91	0.6	915	47.5	45	0.0027	36
	SBV 5	7.96	0.6	1052	47.5	42.5	0.0048	32
	SBV 6	5.88	0.6	976	45	42.5	0.0026	39
	SBV 7	5.29	0.6	1169	45	42.5	0.0021	48
	SBV 8	5.18	0.6	1126	45	42.5	0.0022	46
	SBV 9	8.67	0.6	1242	45	42.5	0.0020	51
<b>BS 16 (17,54 ha)</b>	SBV 1	1.82	0.6	679	45	43	0.0029	28
	SBV 2	1.87	0.6	676	45	42.5	0.0037	25
	SBV 3	3.66	0.6	887	45	42.5	0.0028	35
	SBV 4	3.07	0.6	864	45	42.5	0.0029	34
	SBV 5	2.25	0.6	696	45	42.5	0.0036	26
	SBV 6	2.68	0.6	716	42.5	40	0.0035	27
	SBV 7	2.19	0.6	879	42.5	40	0.0028	34
<b>BS 17 (90,83 ha)</b>	SBV 1	14.15	0.6	1591	47.5	45	0.0016	68
	SBV 2	7.7	0.6	2095	47.5	45	0.0012	94
	SBV 3	5.23	0.6	1283	47.5	45	0.0019	53
	SBV 4	9.21	0.6	1468	47.5	45	0.0017	62
	SBV 5	6.4	0.6	1408	47.5	45	0.0018	59
	SBV 6	6.14	0.6	1066	45	43	0.0019	47
	SBV 7	10.33	0.6	1641	45	43	0.0012	77
	SBV 8	2.81	0.6	928	45	43	0.0022	40
	SBV 9	4.98	0.6	769	45	43	0.0026	32
	SBV 10	3.14	0.6	870	45	43	0.0023	37
	SBV 11	6.66	0.6	1165	45	43	0.0017	52
	SBV 12	9.69	0.6	1560	47.5	45	0.0016	67
	SBV 13	4.39	0.6	828	47.5	45	0.0030	32
<b>BS 23 (76,18 ha)</b>	SBV 1	2.7	0.6	813	43	42.5	0.0006	58
	SBV 2	3.53	0.6	658	43	42.5	0.0008	46
	SBV 3	3.73	0.6	685	44	42.5	0.0022	31
	SBV 4	2.99	0.6	750	45	42.5	0.0033	29
	SBV 5	2.92	0.6	798	44	42.5	0.0019	38
	SBV 6	1.13	0.6	536	44	42.5	0.0028	24
	SBV 7	5.38	0.6	851	45	42.5	0.0029	33
	SBV 8	5.24	0.6	1087	45	42.5	0.0023	44

	SBV 9	5.8	0.6	1125	45	42.5	0.0022	46
	SBV 10	5.9	0.6	988	45	42.5	0.0025	39
	SBV 11	6.93	0.6	929	47.5	45	0.0027	37
	SBV 12	4.75	0.6	703	47.5	42.5	0.0071	20
	SBV 13	3.34	0.6	788	45	42.5	0.0032	30
	SBV 14	1.14	0.6	605	44	42.5	0.0025	27
	SBV 15	20.7	0.6	2169	47.5	45	0.0012	98
<b>BS 24</b> (33,87 ha)	SBV 1	2.94	0.6	891	40	35	0.0056	27
	SBV 2	3.41	0.6	1078	40	35	0.0046	33
	SBV 3	5.59	0.6	1072	42.5	40	0.0023	43
	SBV 4	3.04	0.6	705	45	42.5	0.0035	27
	SBV 5	4.22	0.6	1190	43	42.5	0.0004	91
	SBV 6	2.79	0.6	1050	42.5	40	0.0024	42
	SBV 7	5.53	0.6	1438	47.5	42.5	0.0035	47
	SBV 8	3.24	0.6	1014	43	42.5	0.0005	75
	SBV 9	3.11	0.6	806	42.5	40	0.0031	31
<b>BS 25</b> (92,38 ha)	SBV 1	15.58	0.6	1842	42.5	37.5	0.0027	62
	SBV 2	4.68	0.6	607	38	37.5	0.0008	42
	SBV 3	11.88	0.6	1757	42.5	37.5	0.0028	59
	SBV 4	8.41	0.6	1206	40	38	0.0017	54
	SBV 5	2.91	0.6	715	37.5	35	0.0035	27
	SBV 6	19.44	0.6	1817	42.5	40	0.0014	80
	SBV 7	12.11	0.6	1138	40	37.5	0.0022	46
	SBV 8	15.15	0.6	1474	45	40	0.0034	48
	SBV 9	2.22	0.6	3155	45	37.5	0.0024	99
<b>BS 26</b> (183,57 ha)	SBV 1	21.64	0.6	2978	39	35	0.0013	118
	SBV 2	13.64	0.6	1948	40	37.5	0.0013	86
	SBV 3	5.38	0.6	1228	37.5	35	0.0020	51
	SBV 4	2.88	0.6	755	37.5	35	0.0033	29
	SBV 5	23.06	0.6	2614	42	37.5	0.0017	97
	SBV 6	14.85	0.6	2876	45	37.5	0.0026	89
	SBV 7	33.94	0.6	3308	43	37.5	0.0017	118
	SBV 8	32.12	0.6	1869	45	42.5	0.0013	82
	SBV 9	6.11	0.6	1179	45	42.5	0.0021	48
	SBV 10	18.71	0.6	1896	40	37.5	0.0013	84
	SBV 11	11.24	0.6	1633	39	37.5	0.0009	86

Tableau 18 : Caractéristiques des bassins versants.

#### IV.4. DIMENSIONNEMENT DES COMPOSANTES HYDRAULIQUES :

Il s'agit, dans cette partie, de procéder au calcul hydraulique des composants du réseau que sont : les collecteurs et les bassins de stockage.

#### IV.4.1. Dimensionnement des collecteurs :

Les dimensions des canalisations de collecte des eaux sont obtenues par la formule de Manning-Strickler suivante :

$$Q = K_s \cdot S \cdot R_H^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

avec :

$Q$  = débit ( $m^3/s$ ) ;

$S$  : section mouillée ( $m^2$ ) ;

$K_s$  : coefficient dépendant de la rugosité de la canalisation ;

$R_H$  = Rayon hydraulique = Section liquide / Périmètre mouillé ( $m$ ) ;

$J$  = pente de la conduite ( $m/m$ ).

Pour les diamètres supérieures à 800 mm, il a été adopté de mettre en place des canaux de collecte rectangulaires. Ces canaux ont été dimensionnés par l'usage de la méthode des sections hydrauliquement favorable dont le principe est de réduire au mieux le coût des installations en rendant minimale le périmètre et la section mouillés.

Ainsi le débit  $Q$  s'écrit comme suit :

$$Q = K_s \cdot \sqrt{J} \cdot \frac{y^{8/3}}{2^{2/3}} \cdot (2\sqrt{1+m^2} - m)$$

où :

$K_s$  = coefficient de Manning ou de rugosité du canal ( $K_s=70$  pour canal revêtu en béton en bon état) ;

$y$  : hauteur ou tirant d'eau dans le canal ( $m$ ) ;

$m$  : fruit des berges (canal rectangulaire  $m=0$ ) ;

$J$  : pente du canal ( $m/m$ ).

La largeur du canal  $b$ , elle est obtenue par cette relation :

$$b = 2y \cdot (\sqrt{1+m^2} - m) = 2y$$

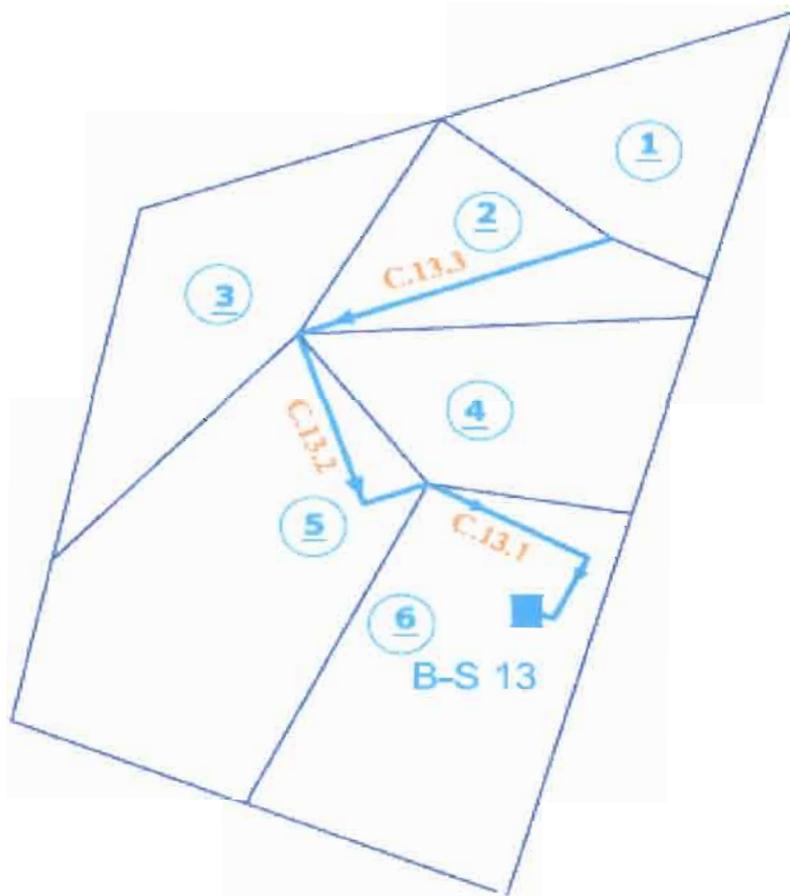
A la hauteur d'eau  $y$  dans le canal, il faudra ajouter une revanche pour des raisons de sécurité (non franchissement). La valeur obtenue, constituera la hauteur totale du canal. Cette revanche  $r$  a été calculée par la formule de Lancey suivante:

$$r = 0,20 + 0,15 \cdot Q^{1/3}$$

$r$  : revanche en ( $m$ ) ;

$Q$  : débit en ( $m^3/s$ ).

- Exemple de calcul : Bassin versant BV 13



Le tableau 19 donne les caractéristiques géométriques des sous-bassins versants :

Sous-bassin	Aire A (ha)	Longueur thalweg L (m)	Pente suivant L
SBV 1	13.10	1599	0.0031
SBV 2	13.11	2112	0.0012
SBV 3	17.13	1795	0.0014
SBV 4	15.02	1665	0.0015
SBV 5	30.82	2508	0.0018
SBV 6	26.27	1820	0.0014

**Tableau 19 : Caractéristiques du bassin versant 13.**

- *Calcul du temps d'entrée dans les bouches d'égout :*

Equation de Kirpich: il a été considéré un facteur de correction de F=1.

Pour le sous-bassin 1:  $t_{e_1} = \frac{0.0195 \times 1599^{0.77}}{0.0031^{0.385}} \times 1 = 52.82 \text{ min.}$

Pour le sous-bassin 2 :  $t_{e_2} = \frac{0.0195 \times 2112^{0.77}}{0.0012^{0.385}} \times 1 = 94.31 \text{ min.}$

Pour le sous-bassin 3 :  $t_{e_3} = \frac{0.0195 \times 1795^{0.77}}{0.0014^{0.385}} \times 1 = 78.42 \text{ min.}$

Pour le sous-bassin 4 :  $t_{e_4} = \frac{0.0195 \times 1665^{0.77}}{0.0015^{0.385}} \times 1 = 72.10 \text{ min.}$

Pour le sous-bassin 5 :  $t_{e_5} = \frac{0.0195 \times 2508^{0.77}}{0.0018^{0.385}} \times 1 = 92.10 \text{ min.}$

Pour le sous-bassin 6 :  $t_{e_6} = \frac{0.0195 \times 1820^{0.77}}{0.0014^{0.385}} \times 1 = 79.26 \text{ min}$

▪ *Calcul des temps de concentration :*

Pour les sous-bassins 1, 3, 4 et 6 ; le temps de concentration est égal au temps d'entrée.

Pour les sous-bassins 2 et 5; le temps de concentration est obtenu en additionnant aux temps d'entrée calculés plus haut, les temps d'écoulement à travers les conduites C13.3 et C13.2.

Le débit véhiculé par la conduite C.13.2 est :

$$Q_2 = 0,167.C_2.i_2.A_2^{0.95}$$

▪ *Calcul de l'intensité de la pluie :*

Elle est obtenue avec la relation de Montana (figure n° 5).

$$i_2 = 7,778 . t_c^{-0.5} = 7,778 \times 52,82^{-0.5} = 1,07 \text{ mm/min.}$$

Ainsi avec C=60% :

$$Q_p = 0,167.0,60.1,07.13,10^{0.95} = 1.235 \text{ m}^3 / \text{s}$$

▪ *Calcul du diamètre théorique de la conduite C13.2 :*

$$D_{th} = \left[ \frac{n \times Q_2}{0.3117 \times I^{0.5}} \right]^{3/8} = \left[ \frac{0.014 \times 1.235}{0.3117 \times 0.003^{0.5}} \right]^{3/8} = 1.005 \text{ m}$$

Choix : Diamètre commercial Dc=1200 mm.

Le débit en pleine section Qc calculé avec Dc est de :

$$Q_c = 2.76 \text{ m}^3/\text{s} \text{ et } V_c = 2.44 \text{ m/s.}$$

Avec  $r_Q = \frac{Q_p}{Q_c} = \frac{1.235}{2.76} = 0.447 \approx 0.5$  ; l'abaque à l'annexe 15 donne  $r_H = 0.48$  et  $r_V = 1.01$ .

La vitesse d'écoulement réelle est  $V_e = V_c \times r_V = 2.46 \text{ m/s}$  et la hauteur de remplissage

$$Y_e = D_c \times r_H = 0.58 \text{ m.}$$

La vitesse d'écoulement est satisfaisante :  $0.6 \text{ m/s} < V_e < 3 \text{ m/s}$

Il vient alors que le temps d'écoulement  $t_{ec}$  dans la conduite C.13.2 est :

$$t_{ec2} = \frac{L}{60 \times V_e} = \frac{L \times D_c^2}{76.3944 \times Q_c} = \frac{1682}{60 \times 2.46} = 11.38 \text{ min}$$

Le temps de concentration du bassin 2 est alors :  $t_c = 11.38 + 94.31 = 105.69 \text{ min}$ .

Le calcul a été effectué pour tous les sous-bassins suivant ce principe.

Pour les sous-bassins en tête de réseau, le temps d'entrée correspond au temps de concentration, tandis que pour les autres, il conviendra d'ajouter au temps d'entrée, le temps de parcours dans la conduite située en amont.

Pour les vitesses :

- dans les conduites en PVC :  $V_{min}=0.6 \text{ m/s}$  et  $V_{max}=3 \text{ m/s}$  ;
- dans les canaux en béton armé:  $V_{min}=0.6 \text{ m/s}$  et  $V_{max}=4 \text{ m/s}$  ;
- Une pente minimale de 0.3% a été considérée dans les calculs.

Les tableaux détaillant le calcul des autres tronçons constituent l'annexe 2.

Les caractéristiques géométriques et hydrauliques des canalisations en PVC et en béton armé sont données dans les tableaux n°20 et n°21.

Conduite	Aire (ha)	Long (m)	Pente (m/m)	Temps d'entrée (min)	Intensité (mm/min)	$Q_p$ (m <sup>3</sup> /s)	Dth (m)	$V_p$ (m/s)	Dc (m)	$Q_c$ (m <sup>3</sup> /s)	$V_c$ (m/s)	$V_e$ (m/s)
C10.1	2.72	271	0.003	60.91	1.00	0.26	0.56	1.05	0.60	0.31	1.11	1.24
C10.3	3.26	433	0.002	50.92	1.09	0.34	0.67	0.97	0.80	0.55	1.09	1.18
C10.4	1.95	420	0.003	39.13	1.24	0.23	0.54	1.03	0.60	0.31	1.11	1.22
C10.6	3.77	674	0.003	76.27	0.89	0.31	0.60	1.11	0.80	0.67	1.34	1.31
C10.7	7.03	451	0.003	67.89	0.89	0.57	0.75	1.28	0.80	0.67	1.34	1.53
C10.8	2.33	571	0.003	52.71	1.07	0.24	0.54	1.03	0.60	0.31	1.11	1.22
C11.9	6.81	676	0.004	74.29	0.90	0.56	0.72	1.38	0.80	0.75	1.49	1.64
C12.3	6.46	1468	0.003	86.69	0.84	0.49	0.71	1.24	0.80	0.67	1.34	1.46
C12.6	4.43	845	0.003	94.80	0.80	0.33	0.61	1.12	0.80	0.67	1.34	1.44
C16.4	2.25	345	0.003	26.31	1.52	0.33	0.61	1.12	0.70	0.47	1.22	1.32
C17.1	3.14	527	0.005	37.09	1.28	0.38	0.59	1.38	0.60	0.39	1.39	1.60
C17.7	4.39	923	0.003	32.15	1.37	0.56	0.75	1.28	0.80	0.67	1.34	1.49
C23.5	4.05	359	0.003	23.68	1.45	0.55	0.74	1.27	0.80	0.67	1.34	1.49
C23.6	1.13	348	0.003	23.68	1.60	0.18	0.49	0.96	0.60	0.31	1.11	1.15
C23.9	4.48	326	0.003	27.24	1.41	0.59	0.76	1.29	0.80	0.67	1.34	1.51
C23.10	1.14	294	0.007	27.24	1.49	0.17	0.41	1.29	0.60	0.47	1.66	1.55
C24.6	2.79	143	0.003	46.57	1.14	0.30	0.59	1.10	0.60	0.31	1.11	1.27
C25.4	2.22	1035	0.003	98.74	0.78	0.17	0.47	0.95	0.60	0.31	1.11	1.12

Tableau 20 : Caractéristiques des conduites en PVC.

Conduite	Débit $Q_{ps}$ ( $m^3/s$ )	Dc (mm)	Pente canal (m/m)	Y (m)	r (m)	H (m)	b (m)	$R_H$ (m)	V (m/s)	Nombre de FROUDE Fr	Remarque
C10.2	2,15	1400	0,003	0,74	0,39	1,13	1,48	0,37	1,97	0,73	Régime fluvial
C10.5	1,59	1200	0,003	0,66	0,38	1,03	1,32	0,33	1,83	0,72	Régime fluvial
C11.1	0,83	1000	0,003	0,52	0,34	0,86	1,03	0,26	1,55	0,69	Régime fluvial
C11.2	3,40	1600	0,003	0,88	0,43	1,30	1,75	0,44	2,21	0,75	Régime fluvial
C11.3	2,04	1400	0,003	0,72	0,39	1,11	1,45	0,36	1,95	0,73	Régime fluvial
C11.4	1,48	1200	0,003	0,64	0,37	1,01	1,28	0,32	1,80	0,72	Régime fluvial
C11.5	4,73	1600	0,004	0,95	0,45	1,40	1,90	0,48	2,61	0,85	Régime fluvial
C11.6	3,02	1400	0,003	0,84	0,42	1,26	1,68	0,42	2,15	0,75	Régime fluvial
C11.7	1,67	1200	0,003	0,67	0,38	1,05	1,34	0,34	1,85	0,72	Régime fluvial
C11.8	1,17	1000	0,003	0,59	0,36	0,95	1,18	0,29	1,69	0,71	Régime fluvial
C12.1	3,77	1600	0,003	0,91	0,43	1,34	1,82	0,46	2,27	0,76	Régime fluvial
C12.2	1,52	1200	0,003	0,65	0,37	1,02	1,30	0,32	1,81	0,72	Régime fluvial
C12.4	1,84	1200	0,003	0,70	0,38	1,08	1,39	0,35	1,90	0,73	Régime fluvial
C12.5	1,12	1000	0,003	0,58	0,36	0,93	1,16	0,29	1,68	0,70	Régime fluvial
C13.1	3,20	1600	0,002	0,95	0,42	1,37	1,90	0,47	1,78	0,58	Régime fluvial
C13.2	2,43	1400	0,002	0,86	0,40	1,26	1,71	0,43	1,66	0,57	Régime fluvial
C13.3	1,60	1400	0,001	0,75	0,38	1,13	1,51	0,38	1,41	0,52	Régime fluvial
C14.1	0,93	1000	0,003	0,54	0,35	0,88	1,08	0,27	1,60	0,70	Régime fluvial
C14.2	5,17	2000	0,002	1,11	0,46	1,57	2,21	0,55	2,11	0,64	Régime fluvial
C14.3	4,44	1800	0,003	0,97	0,45	1,42	1,94	0,48	2,36	0,77	Régime fluvial
C14.4	4,01	1800	0,002	1,01	0,44	1,45	2,03	0,51	1,95	0,62	Régime fluvial
C14.5	1,30	1200	0,003	0,60	0,36	0,97	1,21	0,30	1,79	0,73	Régime fluvial
C15.1	4,34	1800	0,002	1,04	0,44	1,48	2,07	0,52	2,02	0,63	Régime fluvial
C15.2	2,70	1600	0,002	0,89	0,41	1,29	1,77	0,44	1,72	0,58	Régime fluvial
C15.3	1,48	1200	0,003	0,64	0,37	1,01	1,28	0,32	1,80	0,72	Régime fluvial
C15.4	1,47	1200	0,004	0,61	0,37	0,98	1,22	0,31	1,96	0,80	Régime fluvial
C15.5	0,85	1000	0,003	0,52	0,34	0,86	1,04	0,26	1,56	0,69	Régime fluvial
C15.6	1,05	1000	0,003	0,56	0,35	0,92	1,13	0,28	1,65	0,70	Régime fluvial
C16.1	1,18	1200	0,003	0,59	0,36	0,95	1,18	0,29	1,70	0,71	Régime fluvial
C16.2	1,02	1000	0,003	0,56	0,35	0,91	1,12	0,28	1,64	0,70	Régime fluvial
C16.3	0,69	900	0,003	0,48	0,33	0,81	0,96	0,24	1,48	0,68	Régime fluvial
C17.2	2,22	1400	0,002	0,82	0,40	1,22	1,64	0,41	1,65	0,58	Régime fluvial
C17.3	1,36	1200	0,003	0,62	0,37	0,99	1,25	0,31	1,76	0,71	Régime fluvial
C17.4	0,82	1000	0,003	0,52	0,34	0,86	1,03	0,26	1,55	0,69	Régime fluvial
C17.5	1,91	1200	0,003	0,71	0,39	1,09	1,41	0,35	1,92	0,73	Régime fluvial
C17.6	3,08	1600	0,003	0,87	0,42	1,29	1,74	0,44	2,02	0,69	Régime fluvial
C17.8	1,17	1000	0,003	0,59	0,36	0,95	1,17	0,29	1,69	0,71	Régime fluvial
C23.1	1,65	1200	0,003	0,67	0,38	1,05	1,34	0,33	1,85	0,72	Régime fluvial
C23.2	1,32	1000	0,006	0,54	0,36	0,90	1,08	0,27	2,27	0,99	Régime fluvial
C23.4	0,77	900	0,003	0,50	0,34	0,84	1,01	0,25	1,53	0,69	Régime fluvial
C23.7	4,90	2000	0,001	1,15	0,45	1,61	2,31	0,58	1,84	0,55	Régime fluvial
C23.8	1,10	1000	0,004	0,56	0,36	0,91	1,12	0,28	1,77	0,76	Régime fluvial

C23.11	2,47	1600	0,003	0,78	0,40	1,18	1,56	0,39	2,04	0,74	Régime fluvial
C23.12	2,17	1400	0,003	0,74	0,39	1,13	1,48	0,37	1,98	0,73	Régime fluvial
C23.13	1,40	1200	0,004	0,61	0,37	0,98	1,22	0,31	1,88	0,77	Régime fluvial
C23.14	0,81	1000	0,002	0,53	0,34	0,87	1,06	0,27	1,43	0,63	Régime fluvial
C24.1	0,65	900	0,003	0,47	0,33	0,80	0,94	0,24	1,46	0,68	Régime fluvial
C24.2	2,38	1200	0,003	0,77	0,40	1,17	1,53	0,38	2,02	0,74	Régime fluvial
C24.3	1,11	1200	0,003	0,58	0,36	0,94	1,17	0,29	1,63	0,68	Régime fluvial
C24.4	0,98	900	0,004	0,52	0,35	0,87	1,04	0,26	1,81	0,80	Régime fluvial
C24.5	0,88	900	0,003	0,53	0,34	0,87	1,06	0,26	1,58	0,69	Régime fluvial
C25.1	5,34	2000	0,002	1,12	0,46	1,58	2,24	0,56	2,13	0,64	Régime fluvial
C25.2	4,31	1800	0,003	0,96	0,44	1,40	1,92	0,48	2,35	0,77	Régime fluvial
C25.3	0,92	1200	0,003	0,54	0,35	0,88	1,07	0,27	1,59	0,69	Régime fluvial
C25.5	3,13	1600	0,002	0,96	0,42	1,38	1,91	0,48	1,71	0,56	Régime fluvial
C25.6	1,49	1200	0,005	0,58	0,37	0,95	1,16	0,29	2,20	0,92	Régime fluvial
C26.1	1,33	1200	0,003	0,62	0,37	0,98	1,23	0,31	1,75	0,71	Régime fluvial
C26.2	7,41	2000	0,002	1,27	0,49	1,76	2,53	0,63	2,31	0,65	Régime fluvial
C26.3	2,05	1400	0,003	0,72	0,39	1,11	1,45	0,36	1,95	0,73	Régime fluvial
C26.4	9,13	2200	0,002	1,37	0,51	1,88	2,74	0,69	2,43	0,66	Régime fluvial
C26.5	4,02	1800	0,003	0,96	0,44	1,39	1,91	0,48	2,20	0,72	Régime fluvial
C26.6	2,13	1400	0,002	0,79	0,39	1,18	1,58	0,40	1,70	0,61	Régime fluvial
C26.7	0,63	900	0,002	0,48	0,33	0,81	0,97	0,24	1,34	0,61	Régime fluvial

**Tableau 21 : Caractéristiques des canaux en béton armé.**

#### **IV.4.2. Dimensionnement des bassins de stockage ou de rétention :**

Les bassins de rétention (appelés également bassins de stockage) permettent d'écarter les débits de crue et éviter ainsi les débordements. Ils servent également de réduire les dimensions des collecteurs projetés en aval.

Ces bassins, suivant les conditions de fonctionnement, peuvent être :

- soit munis d'un ouvrage de vidange qui permet d'évacuer les eaux stockées en un temps favorable qui tient compte des conditions d'écoulement en aval ;
- soit sans ouvrage de vidange et, dans ce cas, les eaux sont évacuées par infiltration et évaporation.

Leur dimensionnement s'effectue à l'aide des deux méthodes suivantes :

- la méthode des pluies et,
- la méthode des volumes.

Ces méthodes permettent globalement de déterminer le volume qu'il faut retenir pour que les ouvrages de sécurité soient sollicités, avec une probabilité donnée.

Les calculs des bassins ont été effectués avec la méthode des volumes.

1) Méthode des pluies :

C'est une méthode qui utilise l'analyse statistique des pluies. Cette étude statistique est basée principalement sur l'indépendance des événements pluviométriques. Ce qui signifie que lors des dépouillements les périodes de temps sec ne sont pas prises en compte

Le volume de stockage de la retenue donné par cette méthode est :

$$V = 10 \left[ \frac{qs}{a(1+b)} \right]^{\frac{1}{b}} \times \frac{-b \cdot qs}{1+b} \times A \cdot C_a$$

avec :

$V$  : capacité totale de rétention du bassin en  $m^3$  ;

$A$  : surface du bassin en hectares ;

$C_a$  : coefficient d'apport ;

$a$  et  $b$  sont les paramètres de Montana, définis à la figure n°4.

$a=7.778$  ;  $b=-0.5$  pour la zone de Touba.

Ce volume peut s'écrire sous la forme suivante :  $V = 10 \times Ha \times A \times C_a$

avec :

$Ha$  : capacité maximale de stockage de la retenue en mm donnée par la formule :

$$Ha = \frac{-b q_s}{1+b} \left[ \frac{q_s}{a(1+b)} \right]^{1/b}$$

Le débit spécifique  $q_s$  d'évacuation constant de la retenue en mm/h répond à :

$$q_s = \frac{360 \cdot Q}{Sa}$$

$Sa$  : la surface active du bassin est donnée par :  $Sa = A \times C_a$

$Q$  est le débit de fuite ( $m^3/s$ ).

Le coefficient d'apport  $C_a$  :

La difficulté principale de l'utilisation de cette méthode réside dans la détermination du coefficient d'apport  $C_a$ . Celui-ci mesure la fraction de pluie qui parvient réellement à l'exutoire du bassin versant considéré. Lorsque le bassin versant alimentant la retenue est très urbanisé, on pourra assimiler  $C_a$  au coefficient de ruissellement  $C$ . En revanche, dès lors que le bassin est hétérogène, il faudra calculer  $C_a$  comme la moyenne des coefficients de

ruissellement, donnés par le tableau n°22, sur des types de sols homogènes, pondérée par la surface respective de chacun de ces sols.

Affectation des sols	Coefficient de ruissellement décennal
Espace verts aménagés, terrains de sports, etc.	0.25 à 0.35
<b>Habitat individuel</b>	
12 logements/ha	0.40
16 logements/ha	0.43
20 logements/ha	0.45
25 logements/ha	0.48
35 logements/ha	0.52
<b>Habitat collectif</b>	
50 logements/ha	0.57
60 logements/ha	0.60
80 logements/ha	0.70

**Tableau 22 : Coefficient de ruissellement décennal en fonction de l'affectation des sols.**

Dans l'étude, à défaut de procéder à un découpage des bassins suivant la typologie de l'habitat, nous avons considéré un coefficient d'apport  $Ca = 1.10 \times C = 0.66$ .

## 2) Méthode des volumes :

Contrairement à la méthode des pluies définie plus haut qui détermine la hauteur d'eau maximale à stocker dans la retenue  $H_a$ , la méthode des volumes elle, la déduit expérimentalement à partir d'épisodes pluvieux réellement observés. Ainsi la hauteur  $H_a$  est directement lue sur un graphique calé sur la période de retour et les paramètres locaux des zones pluviométriques françaises (abaque de l'instruction technique du ministère de l'intérieur français de 1977 annexe 16).

Le volume d'eau stocké se calcule par la même formule donné par la méthode des pluies:

$$V = 10 \times H_a \times A \times C_a$$

$V$  : volume stocké en  $m^3$  ;

$H_a$  : en mm ;

$Ca$  = coefficient d'apport ;

$A$  = surface du bassin en hectares.

Avec l'une ou l'autre de ces deux méthodes, le temps de remplissage  $T$  du bassin est estimé à travers cette relation :

$$T = \left[ \frac{qs}{a(1+b)} \right]^{\frac{1}{b}}$$

**a) Bassins de rétention avec ouvrage de vidange :**

Il s'agira dans cette partie, de déterminer les caractéristiques géométriques des bassins (surface totale d'infiltration et hauteur) devant retenir les eaux de pluie ainsi que les sections des canaux de vidange aval. Pour des raisons de sécurité, la profondeur totale de ces bassins est fixée à 3m dont 0.5m de revanche.

Exemple de calcul:

Hypothèses :

En considérant comme ouvrage de vidange, un canal rectangulaire de 0.80m x 1.00 m avec une revanche de 20 cm.

Surface du bassin drainé  $A=5.039$  ha

Coefficient d'apport  $Ca = 1.10$   $C=0.66$

Pente naturelle de la conduite CV 15/24 :  $S=0.016\%$

Pente minimale projet = 0.03%.

Il vient :

Surface mouillée  $Sm=0.8 \times 0.8 = 0.64m^2$  ;

Périmètre mouillé  $Pm=2 \times 0.8 + 0.8=2.4$  m ;

$$R_H = \frac{Sm}{Pm} = \frac{0.64}{2.4} = 0.27m$$

Le débit maximum admissible dans le canal est donné par la formule de Manning-Strickler :

$$Q = k.(R_H)^{\frac{2}{3}}.I^{\frac{1}{2}}.S$$

avec:

$k$  = coefficient de rugosité du canal pris égal à 70 (canal en béton en bon état);

$R_H$  = Rayon hydraulique en m ;

$I$  : pente du canal en m/m ;

$S$  = section du canal en  $m^2$ .

L'application numérique donne :

$$Q = 70.(0,27)^{\frac{2}{3}}.0,003^{\frac{1}{2}}.0,64 = 1.02m^3 / s.$$

Le débit spécifique par unité de surface  $qs$  est de:

$$qs = \frac{Q_s}{C.A} = \frac{1.02}{0.6 \times 50.39 \cdot 10^4} = 0.202 \text{ mm} / \text{min} / \text{m}^2$$

Le temps de remplissage  $T$  est obtenu par la même formule ci-dessous :

$$T = \left[ \frac{qs}{a(1+b)} \right]^{\frac{1}{b}} = \left[ \frac{0.202}{7.778(1-0.5)} \right]^{\frac{1}{-0.5}} = 318 \text{ min}$$

Le volume  $V$  stocké est de:

$$V = 10 \left[ \frac{qs}{a(1+b)} \right]^{\frac{1}{b}} \cdot A.C_a \cdot \frac{-b \cdot qs}{1+b} = 10 \left[ \frac{0.202}{7.778(1-0.5)} \right]^{\frac{1}{-0.5}} \times 50.39 \times 0.66 \times \frac{0.5 \times 0.202}{1-0.5} = 24932 \text{ m}^3$$

Pour une hauteur du tirant d'eau admissible de 2.5m :

La surface requise :

$$S = \frac{V}{h} = \frac{24932}{2.5} = 9973 \text{ m}^2$$

Les deux autres canaux de vidange ont été calculés suivant le même principe et les résultats sont consignés dans l'annexe 3.

Pour les bassins aval, en plus du volume drainé par leur surface tribulaire, il conviendra dans leur dimensionnement d'ajouter les volumes provenant des bassins de vidange amont.

Le tableau n° 23 ci-dessous fournit les caractéristiques des bassins aval BS 17 et BS 24.

<i>Basin Aval</i>	<i>Volume initial</i>	<i>Volume final</i>	<i>Hauteur d'eau (m)</i>	<i>Surface requise (m2)</i>
BS 17	60392,06	65608,50	2,50	26243
BS 24	8382,66	74753,62	2,50	29901

**Tableau 23 : Caractéristiques des bassins aval.**

### ***b) Bassins de rétention sans ouvrage de vidange :***

Le calcul de ces bassins se limite à la détermination du volume d'eau arrivant dans le bassin et de la surface à aménager en vue du stockage. La profondeur maximale est 2 m dont une marge de 0.5 m pour la sécurité.

**Hypothèses :**

La perméabilité moyenne trouvée après les essais Porchet est de l'ordre de  $3.10^{-5}$  m/s.

**Calcul :**

La loi de Darcy donne la relation entre le débit de fuite  $q_f$ , la perméabilité  $K$ , et la surface d'infiltration  $S$  en considérant un gradient unitaire  $I$ .

$$q_f = S \times k$$

avec :

$q_f$  : débit de fuite du bassin considéré en  $m^3/s$  ;

$k$  : coefficient de perméabilité du sol en m/s ;

$S$  : Somme des surfaces latérales et de fond du bassin en  $m^2$ .

En intégrant les paramètres de Montana pour une période de retour décennale; le temps de remplissage  $T$  et le volume total d'eau  $V$  retenue dans chaque bassin sont donnés par :

$$T = \frac{a \times S \times C_a \times (1-b)}{q_f^{\frac{1}{b}}} \text{ et } V = a \times S \times C_a \times T^{(1-b)} - q_f \times T$$

Les volumes d'eaux retenues, les surfaces de stockage et les profondeurs des bassins d'infiltration figurent dans les tableaux 24 et 25.

Bassins-versants	Débit total collecté ( $m^3/s$ )	Aire B.V ( $m^2$ )	Coefficient d'apport $C_a$	$a$	$b$	Débit de fuite $q_f$ ( $m^3/min$ )	Temps de remplissage $T$ (min)	Volume d'eau retenue ( $m^3$ )
BS 10	6,15	413800	0,66	7,778	-0,5	180	35	12534
BS 11	19,76	1095400	0,66	7,778	-0,5	180	244	87835
BS 12	10,09	855100	0,66	7,778	-0,5	180	149	53525
BS 13	9,17	1023400	0,66	7,778	-0,5	180	213	76668
BS 14	17,26	991000	0,66	7,778	-0,5	180	200	71890
BS 15	12,37	503900	0,66	7,778	-0,5	180	52	18587
BS 16	4,14	175400	0,66	7,778	-0,5	180	6	2252
BS 17	13,11	908300	0,66	7,778	-0,5	180	168	60392
BS 23	19,01	761800	0,66	7,778	-0,5	180	118	42482
BS 24	7,16	338400	0,66	7,778	-0,5	180	23	8383
BS 25	16,15	923800	0,66	7,778	-0,5	180	174	62471
BS 26	27,70	1835700	0,66	7,778	-0,5	180	685	246675

**Tableau 24 : Calcul des bassins de rétention sans ouvrage de vidange.**

<i>Bassins-versants</i>	<i>Volume collecté (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Hauteur d'eau dans bassin (m)</i>	<i>Surface nécessaire (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Hauteur de la retenue (m)</i>
BS 10	12534	1,5	8356	2
BS 11	87835	1,5	58557	2
BS 12	53525	1,5	35683	2
BS 13	76668	1,5	51112	2
BS 14	71890	1,5	47927	2
BS 25	62471	1,5	41647	2
BS 26	246675	1,5	164450	2

**Tableau 25 : Caractéristiques des bassins de stockage.**

## **CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'EAUX USEES**

### **V.1. CALCUL DES DEBITS D'EAUX USEES :**

Les débits à transiter dans les collecteurs d'eaux usées ont trois (3) origines : les rejets d'eaux usées domestiques, les rejets d'eaux usées industrielles et les eaux parasites.

L'estimation des débits devra être menée pour chacun de ces trois types de rejet.

#### **V.1.1. Les débits des eaux usées domestiques :**

Ces eaux sont essentiellement constituées par les rejets d'origine domestique (linge, boisson, toilettes etc.). Cependant, le pourcentage des eaux de consommation demeure le plus important de tous.

Ainsi, l'estimation des rejets d'eaux domestiques se fait sur la base qu'ils représentent 70 à 80% de la consommation. Notre hypothèse de calcul est un taux de rejet de 80 % pour des raisons de sécurité dans le fonctionnement des ouvrages.

Rappelons aussi que le taux de raccordement à long terme (horizon 2030) à été estimé à 60%.

Pour dimensionner le réseau, il est nécessaire de connaître le débit qui transite dans chaque tronçon. La méthode la plus précise pour déterminer ce débit consiste à relever les quantités d'eaux usées issues des concessions desservies par un tronçon donné.

L'évaluation exacte de la consommation est quasi impossible dans la mesure où il n'existe pas de compteurs d'eau du fait de sa gratuité. Donc, une consommation moyenne journalière par personne de 100 litres a été retenue.

#### **V.1.2. Les débits des eaux usées industrielles :**

C'est l'ensemble des eaux issues des unités industrielles de la ville. Cependant, il faut dire que Touba ne dispose que de petites unités de production dont les rejets ont été inclus dans ceux des habitations.

#### **V.1.3. Variation des débits d'eaux usées:**

Le bilan des différents débits cités plus haut est fonction de l'heure, de la température et de la saison. Ainsi, il s'avère nécessaire d'en tenir compte en les affectant un facteur de pointe.

Le facteur de pointe utilisé dans l'étude est donné par la relation suivante :

$$C_p = a + \frac{b}{\sqrt{q_m}}$$

avec :

$a=1.5$  ;

$b=2.5$  ;

$q_m$  : débit moyen journalier en L/s ;

$C_p$  : facteur de pointe ( $\leq 4$ ).

#### V.1.4. Débit maximal (Débit de design) :

Il est constitué des débits d'eaux usées domestiques ou non domestiques (au cas échéant) et des débits d'eaux parasites. Ainsi, il a été déterminé par la relation suivante :

$$Q_{\max} = Q_{\text{moydom}} \times C_p$$

#### V.1.5. La pente des conduites :

Nous déterminons pour chaque tronçon, l'altitude au droit des nœuds amont et aval et la longueur du tronçon.

Soit  $Z_A$  l'altitude amont,  $Z_B$  l'altitude aval et  $L$  la longueur.

La pente naturelle (P) est donnée par la relation suivante :

$$P = \frac{Z_A - Z_B}{L}$$

Si la pente naturelle est suffisante pour assurer l'écoulement ( $P \geq 3\text{‰}$ ), nous adopterons cette pente comme étant celle de la conduite ( $P = I$ ). Dans le cas contraire, nous fixons une pente minimale de 3‰ ( $I=3\text{‰}$ ).

## V.2. SIMULATION DU RESEAU AVEC LE LOGICIEL MENSURA :

### V.2.1. Saisie du réseau et des données :

Le logiciel Mensura ne reconnaît pas directement un réseau tracé à partir d'Auto CAD. Après l'importation, il va falloir ressaisir le réseau.

La fonction « saisie » permet de saisir l'ensemble des réseaux, en renseignant les regards, piquages, ainsi que les différents tronçons de ces réseaux (figure 12).

A la saisie du premier regard, la boîte de dialogue ci-contre apparaît, elle sert à définir les caractéristiques de départ du réseau.

Figure 12 : Saisie des regards.

### V.2.2. Estimation des rejets moyens :

Le logiciel demande de renseigner les données suivantes :

- la consommation journalière par habitant et par jour (100L) ;
- la densité de la population (75 habitants à l'hectare) ;
- les pentes des conduites ;
- le taux de rejet (80%) ;
- les coefficients a et b de la formule donnant le facteur de pointe en fonction du débit moyen (a=1.5 ; b=2.5).

Avec ces données, le logiciel calcule le rejet total provenant des concessions ( $Q_d$ ) en délimitant l'aire effectivement desservie par chaque tronçon. Des surfaces partielles sont attribuées à chaque tronçon. L'aire effectivement desservie par un tronçon  $i$  est calculée en considérant, en plus de sa surface partielle, celle des tronçons amont. Il obtient ainsi les surfaces cumulatives ( $A_c$ ) de chaque tronçon.

Si  $A$  est l'aire totale desservie par le réseau, le rejet moyen  $Q_i$  véhiculé par un tronçon  $i$  de surface cumulative  $A_i$  est calculé par Mensura avec la relation :

$$Q_i = Q_d \frac{A_i}{A}$$

### V.2.3. Méthode de dimensionnement :

La méthode de calcul des réseaux de Mensura est conforme à l'instruction technique du ministère de l'intérieur français de 1977 (Circulaire N°77.284/INT) relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations.

La partie étude du logiciel permet le calcul des réseaux d'assainissement gravitaires et constitués d'ouvrage de sections circulaires.

La fonction « méthode de dimensionnement » (Figure n°13) permet de calculer et d'éditer le tableau du dimensionnement des réseaux EU. Celle-ci permet de choisir les hypothèses de calcul suivant :

- méthodes (Bazin, Manning – Strickler, Colebrook – White);
- choix des canalisations (fonte, PVC, etc....) ;
- taux de remplissage (égal à 50% pour notre cas).



Figure 13: Méthode de calcul.

#### V.2.4. Présentation des résultats

Les résultats sont présentés sous forme de tableaux, exportables vers Excel. Mensura affiche entre autres, les informations suivantes :

- numéro des tronçons ;
- diamètre théorique ;
- pente en m/m ;
- longueur (m) ;
- débit moyen du bassin ( $Q_m$ ), débit en route ( $Q_{mr}$ ), débit entrant ( $Q_{me}$ ) ;
- débit sortant ( $Q_{mst}$ ), débit de pointe entrant ( $Q_{pe}$ ), débit de pointe sortant ( $Q_{pst}$ ) ;
- vitesse à pleine section ( $V_{ps}$ ), ( $V_{1/2S}$ ) et ( $V_{2/10S}$ ).

Les caractéristiques hydrauliques de certains tronçons sont présentées dans le tableau n° 26.

Les autres résultats constituent l'annexe 10.

Tronçon	Ø théorique	Ø (mm)	Pente m/m	Long m	Qm l/s	Qmr l/s	Qme l/s	Qmst l/s	Qpe l/s	Qpst l/s	Qpf l/s	VPS m/s	V 1/2 S m/s	V 2/10 S m/s
R29-R30	50	250	0.003	100	62.537	0.504	0.000	0.504	0.000	0.916	0.458	1.380	0.994	0.849
R30-R31	75	250	0.003	100	62.537	0.504	0.504	1.008	0.916	1.831	1.374	1.380	0.994	0.849
R31-R32	91	250	0.003	100	62.537	0.504	1.008	1.513	1.831	2.747	2.289	1.380	0.994	0.849
R32-R33	103	250	0.003	100	62.537	0.504	1.513	2.017	2.747	3.663	3.205	1.380	0.994	0.849
R33-R34	114	250	0.003	100	62.537	0.504	2.017	2.521	3.663	4.578	4.121	1.380	0.994	0.849
R34-R35	122	250	0.003	100	62.537	0.504	2.521	3.025	4.578	5.494	5.036	1.380	0.994	0.849
R35-R36	130	250	0.003	100	62.537	0.504	3.025	3.529	5.494	6.410	5.952	1.380	0.994	0.849
R36-R37	137	250	0.003	100	62.537	0.504	3.529	4.034	6.410	7.326	6.868	1.380	0.994	0.849
R37-R38	144	250	0.003	100	62.537	0.504	4.034	4.538	7.326	8.241	7.783	1.380	0.994	0.849
R38-R39	150	250	0.003	100	62.537	0.504	4.538	5.042	8.241	9.157	8.699	1.380	0.994	0.849
R39-R40	156	250	0.003	100	62.537	0.504	5.042	5.546	9.157	10.073	9.615	1.380	0.994	0.849
R40-R41	161	250	0.003	100	62.537	0.504	5.546	6.050	10.073	10.988	10.531	1.380	0.994	0.849
R41-R42	166	250	0.003	100	62.537	0.504	6.050	6.555	10.988	11.904	11.446	1.380	0.994	0.849
R42-R43	171	250	0.003	93	62.537	0.469	6.555	7.024	11.904	12.756	12.330	1.380	0.994	0.849
R43-R44	176	250	0.003	100	62.537	0.504	7.024	7.528	12.756	13.671	13.214	1.380	0.994	0.849
R44-R45	180	250	0.003	85	62.537	0.429	7.528	7.956	13.671	14.450	14.061	1.380	0.994	0.849
R45-R46	184	250	0.003	100	62.537	0.504	7.956	8.461	14.450	15.365	14.908	1.380	0.994	0.849
R46-R47	188	250	0.003	100	62.537	0.504	8.461	8.965	15.365	16.281	15.823	1.380	0.994	0.849
R47-R48	192	250	0.003	100	62.537	0.504	8.965	9.469	16.281	17.197	16.739	1.380	0.994	0.849
R48-R49	197	250	0.003	138	62.537	0.697	9.469	10.166	17.197	18.462	17.830	1.380	0.994	0.849
R49-R50	254	315	0.003	61	62.537	0.312	19.329	19.641	35.104	35.670	35.387	1.610	1.159	0.990
R50-R51	256	315	0.003	100	62.537	0.504	19.641	20.145	35.670	36.586	36.128	1.610	1.159	0.990
R51-R52	259	315	0.003	100	62.537	0.504	20.145	20.649	36.586	37.501	37.043	1.610	1.159	0.990
R52-R53	261	315	0.003	100	62.537	0.504	20.649	21.153	37.501	38.417	37.959	1.610	1.159	0.990
R53-R54	263	315	0.003	100	62.537	0.504	21.153	21.657	38.417	39.333	38.875	1.610	1.159	0.990
R54-R55	266	315	0.003	127	62.537	0.640	21.657	22.298	39.333	40.496	39.914	1.610	1.159	0.990
R55-R56	311	315	0.003	100	62.537	0.504	33.201	33.705	60.298	61.214	60.756	1.610	1.159	0.990
R56-R57	313	315	0.003	70	62.537	0.353	33.705	34.058	61.214	61.855	61.534	1.610	1.159	0.990
R57-R58	353	400	0.003	100	62.537	0.504	46.401	46.905	84.270	85.186	84.728	1.888	1.360	1.161
R58-R59	354	400	0.003	100	62.537	0.504	46.905	47.409	85.186	86.102	85.644	1.888	1.360	1.161
R59-R60	355	400	0.003	100	62.537	0.504	47.409	47.913	86.102	87.017	86.559	1.888	1.360	1.161
R60-R61	357	400	0.003	100	62.537	0.504	47.913	48.418	87.017	87.933	87.475	1.888	1.360	1.161
R61-R62	358	400	0.003	100	62.537	0.504	48.418	48.922	87.933	88.849	88.391	1.888	1.360	1.161

Tableau 26 : Résultats de la simulation de quelques tronçons.

### V.3. DIMENSIONNEMENT DES CONDUITES EN CHARGES :

#### V.3.1. Vitesse économique – Diamètre économique :

Dans la pratique, le choix d'un diamètre optimal conduit à adopter une vitesse moyenne qui dépend en première approximation peu des autres paramètres.

C'est à cette approximation que répond la formule de Bresse :

$$D_m = 1,5 \times \sqrt{Q}$$

avec :

*D<sub>m</sub>* diamètre optimal en mètre ;

$Q$  débit en  $m^3/s$ .

Cette formule conduit à une vitesse économique moyenne de 0,566 m/s, valeur qui est inférieure à la vitesse d'autocurage de 0.6 m/s. Il est alors plus judicieux d'adopter un diamètre voisin des 2/3 du précédent diamètre en prenant :

$$D_m = \sqrt{Q}$$

Cette formule fait apparaître une vitesse économique de 1,27 m/s, plus conforme aux conditions d'auto curage pour ce genre de conduites.

Le diamètre retenu pour le dimensionnement de la conduite de refoulement sera le diamètre commercial immédiatement supérieur au diamètre trouvé.

Le tableau n° 27 donne les diamètres des conduites de refoulement :

Conduite	$Q$ [ $m^3/s$ ]	$D_m$ [ $m$ ]	$D_c$ [ $mm$ ]	$V$ [ $m/s$ ]
P1	0.084	0.290	315	1.19
P2	0.127	0.357	400	1.01
P3	0.064	0.253	315	0.91

**Tableau 27 : Diamètre, débit et vitesse des conduites de refoulement.**

### V.3.1. Pertes de charge :

Les valeurs des pertes de charges linéaires s'obtiennent à partir des caractéristiques de la conduite et du débit qui y transite.

Elles sont calculées par l'application de la formule empirique de Williams et Hazen suivante :

$$J = 10.667 \times Q^{1.852} \times C_{WH}^{-1.852} \times D^{-4.871}$$

avec :

$J$  : perte de charge linéaire (m/m)

$Q$  : débit qui transite ( $m^3/s$ )

$C_{WH}$  : Coefficient de Williams et Hazen qui est fonction du matériau utilisé, pour le PVC, il varie entre 140 et 150 (dans cette étude nous prenons un coefficient de 140 pour tenir en compte du vieillissement des conduites).

Afin de trouver les pertes de charges linéaires totales sur toute la longueur (L) d'une conduite, nous utilisons l'expression suivante :

$$\Delta H = J \times L = 10.667 \times Q^{1.852} \times C_{WH}^{-1.852} \times D^{-4.871} \times L$$

Les pertes de charge singulières sont estimées à 10% de la valeur des pertes de charges linéaires.

Les pertes de charges totales seront la somme arithmétique des pertes de charges linéaires et singulières.

En somme, nous aurons :

$$\Delta H_{totale} = 11.734 \times Q^{1.852} \times C_{WH}^{-1.852} \times D^{-4.871} \times L$$

### V.3.2. Station de refoulement

A partir des calculs des pertes de la conduite de refoulement et des caractéristiques géométriques exprimées par la hauteur géométrique ( $H_g$  en m), la hauteur manométrique totale (HMT en m) est donnée par :

$$HMT = H_g + \Delta H_{totale}$$

Le tableau n°28 récapitule les pertes de charges et la hauteur manométrique totale.

Conduite	Q [m <sup>3</sup> /s]	Diamètre refoulement [mm]	j [m/m]	Long [m]	$\Delta H$ [m]	H <sub>géo</sub> [m]	HMT [m]
P1	0.084	300	0.0041	4125	18.5039	4.50	23.00
P2	0.127	400	0.0022	5536	13.0963	4.50	17.60
P3	0.064	300	0.0025	3288	8.9258	6.00	14.93

**Tableau 28 : Pertes de charges et HMT.**

Le nombre de pompes par station est de 1 à 2 pompes plus une pompe de sécurité (1S) laquelle doit assurer au minimum 50% du débit total refoulé.

Le nombre des pompes par station a été estimé de façon à optimiser les travaux et les investissements d'un horizon à un autre. Si des pompes ITUR sont choisies, nous aurons leurs caractéristiques dans le tableau 29.

<i>STATIONS</i>	<i>HMT (m)</i>	<i>Q (m<sup>3</sup>/h)</i>	<i>Nombre de pompe</i>	<i>Série</i>	<i>Diamètre (mm)</i>	<i>Rendement (%)</i>
<b>SP1</b>	23.00	302	2 pompes en parallèle + 1 de secours	100-315 ITUR 1450 RPM	300	76
<b>SP2</b>	17.60	457	2 pompes en parallèle + 1 de secours	100-315 ITUR 1450 RPM	255	78
<b>SP3</b>	14.93	230	1 pompe + 1 de secours	100-315 ITUR 1450 RPM	255	77

Tableau 29 : Caractéristiques des pompes.

#### V.4. SYSTEME D'ASSAINISSEMENT AUTONOME :

##### Dimensionnement de la fosse septique :

La fosse septique est un réservoir enterré, destiné à la collecte et à la liquéfaction des matières excrémentielles contenues dans les eaux vannes. Les eaux de cuisine, de toilette, de bain, de buanderie ou lessive peuvent y être admises. Cependant les eaux de pluies ne sont admises.

Il est recommandé de vidanger la fosse quand le volume des boues atteint le 1/3 du volume total. Le taux d'accumulation des boues dans la fosse est très variable et très difficile à mesurer. La formule suivante permet de calculer le volume liquide de la fosse, en fonction de la fréquence de vidange et de l'accumulation des boues :

$$V = 3 \times P \times Ac \times Tv$$

*V* : volume de la fosse, m<sup>3</sup> ;

*Ac* : accumulation des boues, m<sup>3</sup>/hab.an (*Ac* = 0.040 m<sup>3</sup>/hab.an) ;

*P* : population desservie, hab. ;

*Tv* : fréquence de vidange, an (*Tv* = 2 à 3 ans).

Les principales dispositions constructives suivantes doivent être respectées :

- Les volumes de compartiments sont respectivement de 2/3 et 1/3 du volume total liquide V de la fosse ;
- Le tuyau d'entrée est coudé ou en forme de T. Il doit être muni d'une ouverture de décompression pour chasser l'air entraîné par l'écoulement. Le diamètre minimal de ce tuyau est de 100 mm ;

- L'extrémité du tuyau de chute doit être immergée d'une profondeur de 30 à 40 cm;
- La distance minimale entre le radier du tuyau d'arrivée et le plan d'eau est de 7.5 à 10 cm.

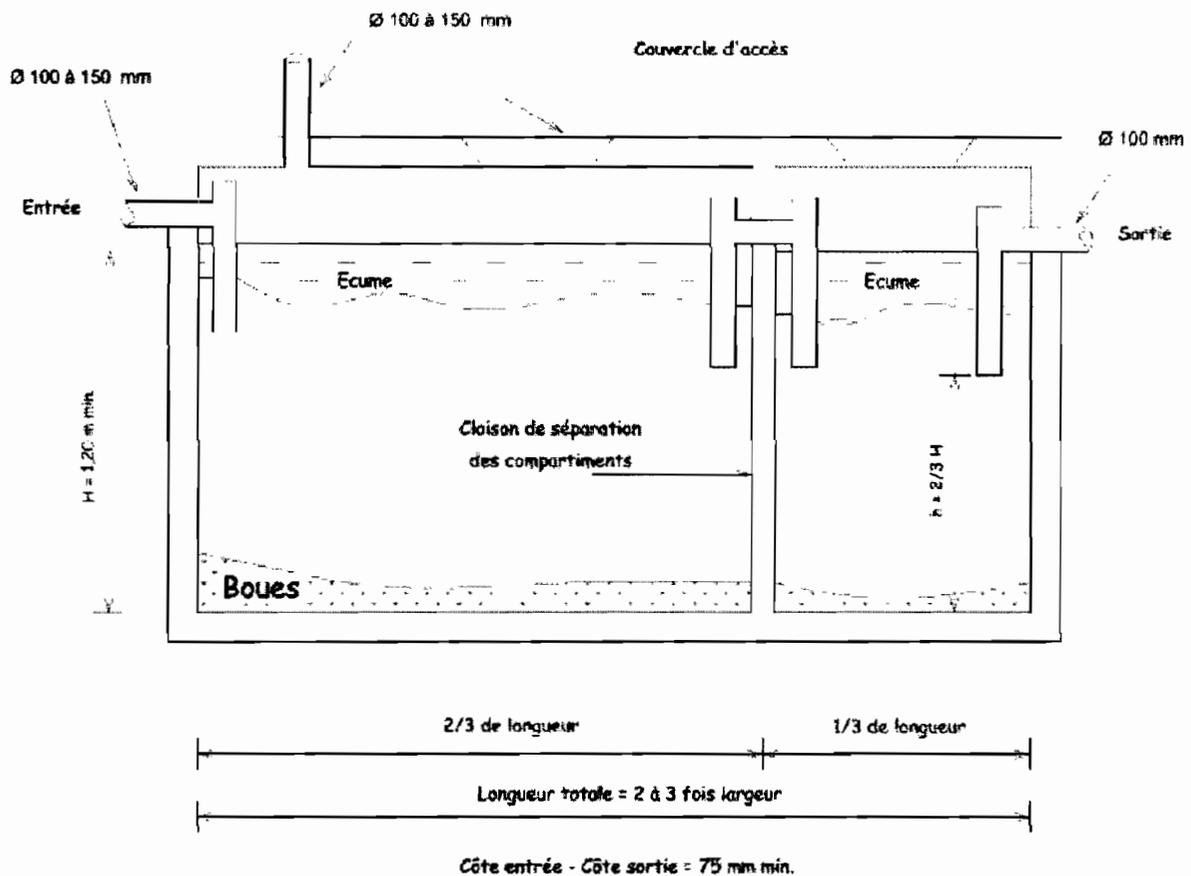
La profondeur utile en fonction de la capacité de la fosse est donnée par le tableau n°30.

Capacité, V, m <sup>3</sup>	Hauteur liquide, h <sub>L</sub> , m
≤ 4,5	1,00
4,5 à 11	1,50
11 à 18	1,65
>18	1,90

**Tableau 30 : Profondeur utile en fonction de la capacité de la fosse.**

La longueur (L) et la largeur (l) doivent respecter les conditions suivantes :

Largeur  $l \geq 1.10$  m et longueur L est de 2 à 4 fois la largeur.



**Figure 14 : Fosse septique.**

Avec ces considérations ; nous calculons les dimensions de la fosse.

Par hypothèse ; nous prenons :  $T_v = 3$  ans ;  $A_c = 0,04$  m<sup>3</sup>/hab/an ; et le nombre d'usagers pour une concession de 12 personnes. Ainsi, le volume de la fosse est de :

$$V = 3 \times 12 \times 0,04 \times 3 = 4,32 \text{ m}^3$$

Le tableau 30 nous donne  $h_L = 1$  m.

La hauteur totale  $H = h_L + 0,30 = 1,30$  m d'où la surface est de 3,32 m<sup>2</sup>.

Nous prenons  $l = 1,50$  m d'où  $L = 2,25$  m.

Les dimensions de la fosse seront de :  $L = 2,25$  m ;  $l = 1,50$  m et  $H = 1,30$  m.



## V.5. ETUDE DE LA STATION D'EPURATION :

### V.5.1. Objectif de l'épuration :

Dans tout système d'assainissement de type collectif, les volumes d'eaux usées, collectées, sont acheminés vers une station de traitement. Le rôle de cette station est multiple; elle permet entre autres :

- d'épurer les eaux collectées afin de les rendre utilisable éventuellement pour l'agriculture ou pour l'arrosage;
- d'éliminer ces eaux qui peuvent être sources de maladies surtout hydriques comme le choléra, la dysenterie etc.

Il s'agit dans cette partie de passer en revue ces différentes substances, les systèmes de traitement utilisés et le calcul des ouvrages qui serviront à l'épuration.

### V.5.2. Caractéristiques des eaux usées :

Les eaux usées contiennent essentiellement des substances nocives de nature biodégradables et d'autres non biodégradables, qui doivent être éliminées ou voire leur teneur réduite avant d'être réutilisées. Pour cela, différentes réactions chimiques et de processus physiques sont utilisés parmi lesquels les plus importants sont :

- la demande biochimique en oxygène ;
- la demande chimique en oxygène ;
- et les matières en suspension.

### **1. Demande Biochimique en Oxygène (D.B.O) :**

Elle représente la quantité d'oxygène en mg, dépensée par la dégradation des matières organiques biodégradables présentes dans un litre l'eau.

Généralement, on mesure cette quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours d'où l'appellation de DBO5.

### **2. Demande Chimique en Oxygène (D.C.O) :**

C'est la quantité d'oxygène nécessaire à la réaction d'élimination des particules oxydables. L'oxydation de ces matières se fait par voie chimique dans ce cas. Il est exprimé en mg d'oxygène par litre d'eau à traiter.

### **3. Matières En Suspension (MES) :**

Elles représentent les matières qui ne sont pas dissoutes dans l'eau. Elles se divisent :

- en matières colloïdales (qui sont assez fines et requièrent l'usage d'un coagulant pour les agglomérer afin qu'elles puissent décanter);
- et en matières décantables (qui se déposent après une certaine durée de repos dans l'eau).

C'est un paramètre important qui marque le degré de pollution d'un effluent.

### **V.5.3. Les phases de l'épuration :**

L'épuration des eaux usées est un processus qui commence de l'arrivée des celles-ci à la station à travers les collecteurs, jusqu'à la production d'une eau propre relativement utilisable pour certains usages et à la valorisation ou à l'élimination par incinération des boues obtenues après traitements. Ces différentes phases sont :

- le prétraitement ou traitement physique ;
- le traitement primaire ;
- l'épuration biologique ou élimination de la pollution carbonée ;
- le traitement des résidus d'épuration.

#### **1) Le prétraitement :**

Le prétraitement a pour objectif de séparer les matières les plus grossières et les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement.

Il comprend les quatre étapes suivantes:

- le dégrillage ;
- le dessablage ;
- le dégraissage ;
- et le déshuilage.

*a) Le dégrillage :*

Il consiste à un tamisage des éléments grossiers contenus dans les eaux afin de les éliminer. Il est effectué, si possible, avant la station de relevage, afin de protéger les pompes, les vis d'Archimède et de ne pas gêner le fonctionnement des étapes suivantes.

*b) Le dessablage :*

Il consiste à l'élimination par une décantation mécanique (sédimentation) des sables contenus dans les eaux usées afin :

- d'éviter les dépôts dans les conduites pouvant provoquer leur bouchage ou une perte de charge importante ;
- de protéger les pompes et autres organes mécaniques contre l'abrasion ;
- d'éviter la perturbation à l'aval de l'épuration notamment dans le réacteur biologique ;
- et enfin de réduire la production de boues.

*c) Le dégraissage-déshuilage :*

Les huiles et les graisses sont séparées sous forme de boues flottantes dans des ouvrages comportant une zone de tranquillisation, et parfois une zone où de fines bulles d'air sont générées au fond et montent en ascension libre. Les bulles d'air entrent en contact avec les gouttelettes d'huiles et les particules de graisse, sur lesquelles elles s'adsorbent pour les alléger et accélérer leur remontée vers la surface. Les boues flottantes sont extraites du déshuileur par écumage de la surface.

**2) Le traitement primaire :**

Le traitement primaire se résume essentiellement à la décantation. Il permet la sédimentation des boues par différence de masse volumique, soit dans un bassin au repos pendant un temps suffisamment long (une à quelques heures le plus souvent deux heures), soit dans un bassin traversé par un écoulement très lent. La vitesse est pratiquement sans effet sur la décantation, si elle est inférieure à 5cm/s.

La décantation, enlève des eaux usées une partie importante (50 à 60% des matières en suspension), mais est insuffisante pour le traitement de la pollution carbonée. Ainsi, il faudra passer à une réaction de type biochimique d'oxydation pour réduire la consommation en oxygène.

### **3) L'épuration biologique ou élimination de la pollution carbonée :**

Généralement, le taux d'épuration exigé pour le rejet des effluents dans le milieu naturel n'est pas atteint par une simple épuration préliminaire et primaire.

Ainsi, l'épuration biologique a pour rôle de transformer les eaux décantées en amont, dans des limites acceptables, afin d'assurer l'imputrescibilité de l'effluent grâce à la stabilisation des matières organiques (évacuation des boues et gaz).

Il existe essentiellement trois méthodes pour l'épuration biologique :

- l'épuration biologique par le sol ou lagunage ;
- l'épuration biologique par lits bactériens ;
- l'épuration biologique par boues activées.

#### **a) L'épuration biologique par le sol ou lagunage :**

Le principe du lagunage consiste à l'élimination des matières organiques grâce à l'action de bactéries aérobies et anaérobies. Il faut pour cela que le sol soit suffisamment perméable pour éviter le colmatage par les dépôts de boue.

Les mécanismes de l'épuration et le fonctionnement d'un lagunage simple sont illustrés par les schémas suivants :



Il existe trois types de lagunage suivant :

- le lagunage naturel ;
- le lagunage aéré ;
- et le lagunage facultatif.

#### **b) L'épuration biologique par lits bactériens :**

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien, quelque fois appelé « filtre bactérien » ou « filtre percolateur », consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement

décantées, sur une masse de matériaux poreux ou caverneux constitués de pouzzolanes, scories et mâchefers avec une granulométrie faible (4 à 8 cm) qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs

**c) L'épuration biologique par boues activées :**

L'épuration par boues activées apporte, elle aussi, au milieu à traiter des bactéries aérobies destinées à accélérer l'oxydation. Cependant, ces bactéries sont amenées sous forme de boues (que l'on ajoute à effluent) très riches en faune microbienne. Pour conserver la faune microbienne, une partie importante des boues issues du traitement est recyclée en tête de bassin.

**4) Le traitement des résidus d'épuration :**

Les résidus d'épuration ne peuvent être abandonnés dans le milieu naturel sans précautions à cause de leur nocivité et de leur propriété physique due en particulier à une très forte teneur en eau. Il est donc nécessaire de les traiter avant de les déposer en décharge. Dans ce qui suit, nous examinerons séparément les résidus autres que les boues et les boues provenant des décanteurs.

**a) Les résidus autres que les boues :**

▪ *Résidus provenant des grilles et des bassins d'écumage :*

Les résidus provenant des grilles et de bassins d'écumage peuvent être incinérés après séchage, ou bien enfouis dans le sol, où ils mettront plusieurs années à se minéraliser, ou encore utilisés comme engrais.

▪ *Résidus provenant des bassins de dessablement:*

Les dépôts dans les bassins de dessablement sont des sables fins plus ou moins mêlés de boues. Ils sont repris soit par raclage ; soit par aspiration et grâce à leur facile décantation et à leur relative inertie chimique, ils peuvent être déposés en décharge sans précautions particulières.

**b) Traitement des boues :**

○ *Propriétés des boues:*

On recueille des bassins de décantation des boues de deux types :

- les boues primaires obtenues par décantation ;
- les boues secondaires décantées lors de l'élimination de la pollution carbonée.

Toutes ces boues contiennent de nombreux germes pathogènes ; elles ont en plus une forte teneur en eau.

○ *Digestion des boues:*

La digestion des boues est une fermentation basique anaérobie qui a pour effets principaux :

- de diminuer la proportion de matières organiques (environ 50%) ;
- de diminuer le poids total du résidu sec (d'environ 1/3) ;
- de détruire une partie importante des germes pathogènes et enfin ;
- de dégager les gaz.

Cette fermentation est due à l'action des bactéries anaérobies qui sont actives en milieu alcalin et perdent leur activité si la décomposition fournit trop d'acide organique. Leur activité augmente assez vite avec la température justifiant le maintien d'une température de l'ordre de 35°C pour les bactéries ordinaires, et voisinent de 60° pour les bactéries dites thermophiles, qui assurent alors une digestion plus rapide (10 à 15 jours).

Les récipients où s'opère la digestion (digesteur) sont donc chauffés. On utilise souvent pour cela les gaz produits par cette même digestion dans un souci de rentabilité.

○ *Evacuation des boues digérées:*

Les boues sortantes du digesteur contiennent environ 10% de matières sèches, cette proportion pouvant varier suivant le traitement qui précède la digestion. Pour les évacuer, il est nécessaire d'augmenter fortement cette proportion, afin d'éviter de manipuler inutilement une grande quantité d'eau.

On peut, soit procéder à un séchage à l'air, qui relève la proportion de matières sèches au environ de 1/3 à 1/2, soit effectuer une filtration à la presse qui porte cette proportion vers 60 % ou à une dessiccation mécanique qui permet d'atteindre 75 à 80 %.

Les boues séchées sont ensuite déposer en décharge contrôlée, ou utiliser comme engrais.

#### **V.5.4. Réutilisation des eaux issues du traitement :**

Les eaux provenant de l'épuration, sont dans la plupart des cas réutilisées pour l'irrigation. Le caractère agricole de la ville de Touba fait que la réutilisation des eaux aura un effet bénéfique.

Cependant les eaux traitées doivent être conformes au règlement en vigueur au niveau mondial dont celui de l'O.M.S (Organisation Mondiale de la Santé). Le tableau n° 31 donne les qualités des eaux susceptibles d'être utilisées pour l'irrigation :

Type de réutilisation	Nématodes intestinaux (1) (nombre d'œufs viables / litre)	Coliformes fécaux (nombre/100ml)
Irrigation non restreinte	$\leq 1$	-
Irrigation restreinte	$\leq 1$	1000

(1) *Ascaris spp* ; *Trichuris* ; *Dracunulus medinesis*

**Tableau 31 : Directives de l'OMS pour les eaux usées réutilisables en agriculture.**

Le traitement minimum des EUD (Eaux Usées Domestiques) imposé, pour toute irrigation est la lagune anaérobie avec un temps de séjour minimum d'un jour suivi d'une lagune facultative avec un temps de séjour de 5 jours.

L'irrigation non restreinte concerne :

- les cultures ligneuses ;
- les cultures fourragères ;
- l'arboriculture ;
- les prairies.

L'irrigation restreinte concerne :

- les cultures maraichères ;
- les zones de sport et de loisir.

Lorsque les légumes sont consommés cuits, des normes moins sévères peuvent être envisagées.

Lorsque les EUD contiennent des métaux lourds, des normes plus sévères sont établies.

#### **V.5.5. Valorisation des boues d'épuration :**

L'utilisation des boues en agriculture présente beaucoup d'intérêt. Elles sont utilisées principalement comme fertilisant du fait de leurs caractéristiques :

- minérales : 50 à 55% ;
- organiques : 45 à 70% ;
- chimiques : (azote, phosphore, potassium).

Il faut dire que l'azote final est parmi ces éléments constitutifs le plus actif sur les cultures. Ensuite, viennent le carbone, le phosphore et potassium.

Le compostage et le séchage thermique des boues urbaines constituent des solutions techniques très intéressantes, mais il faut, néanmoins, trouver des débouchés payants afin de couvrir les frais d'exploitation et d'amortissement des équipements.

**a) Le compostage :**

Il peut être réalisé sur des boues déshydratées avec d'autres déchets organiques (ordures ménagères, paille, sciure de bois, lisier etc.). Il contribue à l'apport aux terres d'un produit fumigène. Cette méthode de compostage commun permet donc de réaliser d'importantes économies.

Le compostage peut être soit lent, en tas, sur aires, soit accéléré à l'aide de tambours rotatifs ou de réacteurs verticaux à niveaux superposés dans lesquelles la matière est retournée et véhiculée par des dispositifs racleurs.

Le compost obtenu a une siccité de l'ordre de 65%.

**b) Le séchage thermique :**

Le séchage thermique des boues déshydratées est une solution intéressante dans l'optique où le produit fertilisant confectionné est particulièrement stérile et a une siccité de l'ordre de 90% (sous forme de granulés).

Les sècheurs utilisés sont de deux types direct et indirect :

- Le séchage direct des boues met en contact directement le produit organique avec le fluide sécheur ; ce qui implique d'importantes émissions d'odeurs nécessitant la mise en place d'installations de traitement de l'air sécheur ;
- Dans le cadre d'un séchage indirect, ces installations de désodorisation ne sont pas indispensables du fait de l'absence de contact entre la boue et le fluide sécheur.

La mise en œuvre de la technique du séchage thermique nécessite absolument, dans sa conception, de disposer d'une unité de déshydratation très performante et d'une production de chaleur suffisante pour le séchage.

Etant donné les importants coûts d'investissements et les conditions d'exploitation, la destination du produit fini conditionne la mise en place d'une installation de séchage.

### **V.5.6. Choix du site de la station d'épuration :**

Le site retenu pour abriter la station d'épuration se situe au sud de la ville sur la route de Kael à mi chemin entre le village de Sam Thialé et les dernières habitations de Mbacké (à peu près à un kilomètre à vol d'oiseau de Mbacké). Ce terrain disponible appartient à la communauté rurale voisine de la commune de Mbacké (Kael).

Le site de la station d'épuration projetée jouxte le lit d'une zone de ruissellement pendant la saison des pluies, et il est constitué de sable fin argileux de perméabilité relativement faible. A l'essai de percolation, le temps de la baisse d'eau de 1 cm est supérieur à 30 minutes. En effet, l'eau utilisée pour la saturation est restée presque au même niveau pendant quatre heures.

La présence de la nappe phréatique est exclue jusqu'à la profondeur de 10 m au minimum.

Ce site a été retenu suite à l'étude d'avant projet détaillé de l'assainissement de la ville de Mbacké, avec l'approbation de l'ONAS et de la Mairie de Mbacké pour abriter la future station d'épuration

### **V.5.7. Choix de la filière d'épuration:**

La comparaison des différentes filières montre que les procédés par lagunage, et lits bactériens posent des problèmes dans le cas spécifique de Touba.

Le traitement par lagunage est un procédé qui manque de souplesse ; la teneur en matières en suspension reste toujours élevée à cause de la mauvaise décantation des boues. Son inconvénient majeur réside du fait que ce type de station nécessite une très grande surface (20 m<sup>2</sup> par équivalent-habitants). Cependant, il est communément admis que le lagunage est le moyen le plus économique pour traiter les eaux usées dans le cas de petites stations.

Le lit bactérien est aussi difficile à faire fonctionner. La variation de la charge hydraulique et de la charge de pollution, ce qui est fréquent à Touba qui est une zone de pèlerinage, détruit très vite les pellicules accrochées au support en les emportant. La nécessité de recourir à une décantation primaire préalable rend le procédé encore plus difficile à conduire.

Dans la présente étude, nous préconisons une station à boues activées en aération prolongée. Ce procédé est de plus en plus utilisé pour les grandes stations.

Il faudra cependant une étude économique comparative tenant compte aussi bien du prix du matériel que des frais d'installation pour pouvoir justifier complètement le choix entre les différents procédés

### **V.5.8. Dimensionnement de la station d'épuration :**

La filière d'épuration pour le calcul des ouvrages de la station à boues activées est la suivante :

- dessableur ;
- dégraisseur ;
- bassin d'aération ;
- clarificateur ;
- et l'épaississeur.

Le schéma de la figure 15 suivant donne une illustration du process.

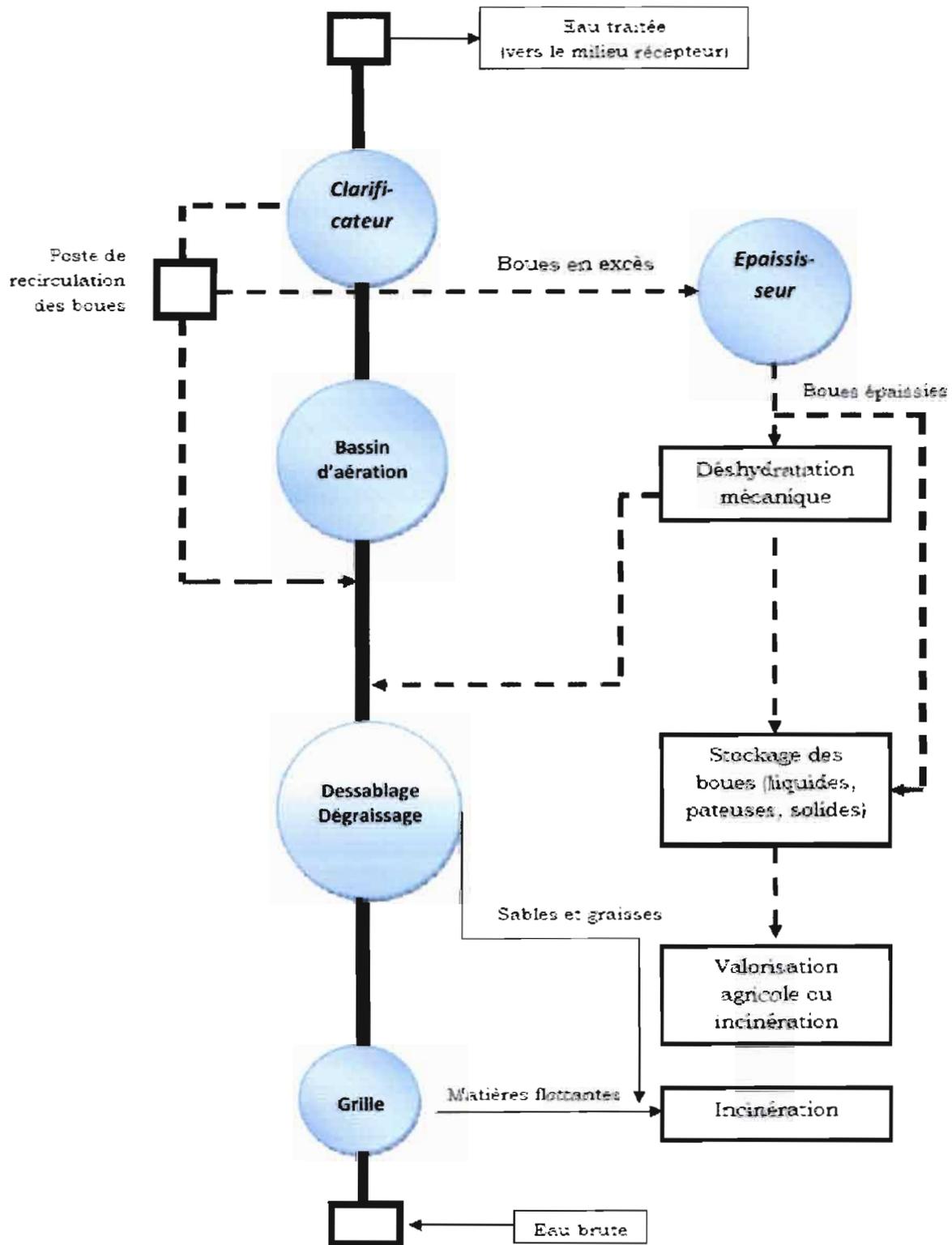


Figure 15 : Processus d'épuration par boues activées.

**1) Bases du dimensionnement des ouvrages :**

La station d'épuration sera calculée pour la situation projetée en 2010 qui est de 189 600 Equivalents-Habitants.

L'Eq.Hab. correspond à la production journalière d'un charge polluante de 60 g/j de DBO5 et 90 g/j de MES. Le débit futur est de 21716 m<sup>3</sup>/j.

La concentration en DBO5 est de :

$$L_0 = \frac{60 \times 189\,600}{21\,716 \cdot 10^3} = 0,524 \text{ g/l}$$

La quantité de matières en suspension (MES) journalières à traiter est de :

$$0,09 \times 189\,600 = 17\,064 \text{ kg}$$

**2) Dégrilleur :**

Connaissant la section mouillée et en fixant la largeur de la grille, le tirant d'eau est calculé, ce qui permet d'avoir la longueur de la grille en tenant compte de l'inclinaison.

La section mouillée est donnée par la relation suivante :

$$S_m = \frac{Q(e+b)}{V \times e \times (1-C)} \quad [14]$$

avec :

$S_m$  : section mouillée (m<sup>2</sup>)

$Q$  : débit maximum (m<sup>3</sup>/s);

$V$  : vitesse minimum (m/s) pour éviter les dépôts de sable égal à 0.7 m/s ;

$e$  : espacement des barreaux (cm) ;

$C$  : coefficient de colmatage ;

$b$  : l'épaisseur des barreaux (cm) ;

Les grilles seront placées avec une inclinaison de 70° par rapport à la verticale ; ce qui permettra de prendre un coefficient de colmatage  $C = 0,75$ .

L'espacement entre deux barreaux successifs sera pris égal à 4 cm et l'épaisseur d'un barreau est de 0.5 cm afin de laisser les matières fécales à travers les grilles. Seules les matières volumineuses seront retenues.

L'application numérique donne :

$$S_m = \frac{0.256(4 + 0.5)}{0.70 \times 4 \times (1 - 0.75)} = 1,65 \text{ m}^2$$

Le tirant d'eau sera donc :

$$h = \frac{Sm}{l}$$

En choisissant une largeur de 2 m (la largeur de la grille doit être comprise entre 0.3 et 2 m), la hauteur sera de 0.825 m. La grille aura une longueur oblique de :

$$L = \frac{h}{\cos \alpha} = \frac{0,825}{\cos 70} = 2,40 \text{ m}$$

Les dimensions de la grille sont :  $L = 2.40 \text{ m}$  et  $l = 2 \text{ m}$ .

### 3) Dessableur:

L'ouvrage sera un déversoir-canal muni de deux canaux rectangulaires parallèles avec jeu de vannes pour permettre la mise hors circuit en vue de la récupération des sables.

Un dessableur est calculé pour retenir les particules minérales de diamètre supérieur ou égal à 0.2 mm. Il faut donc que la vitesse ascensionnelle soit inférieure à la vitesse de chute des particules ( $V_s = 70 \text{ m/h}$ ). En plus la vitesse transversale doit être supérieure ou égale à la vitesse critique de ces mêmes particules ( $V_h = 0.30 \text{ m/s}$ ) pour que toutes les particules de diamètre inférieure à 0.2 mm soient entraînées. Soient H, B et L la hauteur, la largeur et la longueur du dessableur ; la condition de piégeage de la particule sera respectée si :

$$\frac{V_s}{V_h} \geq \frac{H}{L} \quad (1)$$

La surface horizontale  $S_H$  est de :

$$S_h = B.H = \frac{Q}{V_h} = \frac{0.256}{0.30} = 0.853 \text{ m}^2$$

En prenant  $B = 2 \text{ m}$ , la hauteur sera  $H = 0.45 \text{ m}$ . La condition (1) donne :  $\frac{L}{H} = \frac{V_h}{V_s} = \frac{0.3}{0.02} = 15$

d'où  $L = 6.75 \text{ m}$  ; nous prenons  $L = 6.80 \text{ m}$ .

Les dimensions du dessableur seront :  $B = 2 \text{ m}$  ;  $H = 0.45 \text{ m}$  ;  $L = 6.80 \text{ m}$ .

**4) Dégraisseur:**

Les dégraisseurs sont dimensionnés pour une vitesse ascensionnelle de l'ordre de 15 m/h à 25 m/h et un temps de séjour de l'effluent de 3 à 8 min avec un débit d'air de 4 à 8 m<sup>3</sup> d'air par heure et par m<sup>3</sup> de capacité du dégraisseur.

Si on considère une vitesse ascensionnelle  $V$  de 20 m/h, la surface de sédimentation  $A$  est donnée par :

$$A = \frac{Q[m^3/h]}{V} = \frac{917}{20} = 45.85 \text{ m}^2$$

Le dégraisseur sera circulaire de diamètre :

$$D = 2\sqrt{\frac{A}{\pi}} = 7.65 \text{ m}$$

On recherchera un temps de séjour de 6 min au débit maximal, ceci implique un volume de :

$$V = Q \times t_s = 917 \times \frac{6}{60} = 91.7 \text{ m}^3$$

La hauteur utile est de :

$$h_u = \frac{V}{A} = 2 \text{ m}$$

En ajoutant une marge sécuritaire de 50 cm nous obtenons les dimensions suivantes pour les dégraisseurs :  $D = 7.65 \text{ m}$  ;  $H = 2.50 \text{ m}$ .

Le débit d'air nécessaire pour la mise en émulsion des graisses, sera, en tablant sur un besoin unitaire de 5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h, égal à :

$$Q_{air} = q_u \times A = 5 \times 45.85 = 230 \text{ m}^3/h.$$

**5) Bassin d'aération :**✓ Dimensions du bassin :

Le volume du bassin est déterminé à partir de la charge massique, qui est le rapport entre la masse de DBO5 éliminée journalièrement et la masse de boues présente dans le bassin.

La relation de base est la suivante :

$$C_m = \frac{QL_0}{S_a V}$$

avec,

$C_m$  : charge massique (kg DBO/kg MVS/j) ;

$S_a$  : Concentration de matières volatiles en suspension (MVS) dans les bassins (g/l) ;

$V$  : volume du bassin ( $m^3$ ) ;

$L_0$  : concentration en DBO<sub>5</sub> de l'eau brute (g/l) ;

$Q$  : débit de design ( $m^3/j$ ) ;

Dans le cadre d'un fonctionnement en aération prolongée, la charge massique retenue pour le calcul des volumes minimaux d'aération est de 0.1 kg DBO<sub>5</sub>/Kg MVS/jour. Pour des raisons de sécurité, la concentration en MVS dans les bassins est de 3g/l.

Le volume du bassin d'aération est de :

$$V = \frac{Q \times L_0}{S_a \times C_m} = \frac{21716 \times 0.524}{3 \times 0.1} = 37\,931 \, m^3$$

Si nous optons pour quatre (4) bassins cylindriques de 6 m de hauteur, en parallèle, le diamètre de chacun sera de :

$$D = \sqrt{\frac{4V}{4\pi H}} = \sqrt{\frac{4 \times 37\,931}{\pi \times 4 \times 6}} = 45 \, m$$

✓ Calcul de l'efficacité du traitement :

Le temps de séjour ( $t_s$ ) en aération est donné par :

$$t_s = \frac{V}{Q} = \frac{37\,931}{917} = 41 \, h \, 22 \, mns$$

La concentration en DBO<sub>5</sub> en sortie est de :

$$L_f = \frac{L_0}{1 + K \times S_a \times t_s}$$

avec :

$L_f$  : concentration en DBO<sub>5</sub> en sortie (mg/l) ;

$L_0$  : concentration en DBO<sub>5</sub> à l'entrée (mg/l) ;

$K$  : coefficient d'Eckenfelder ( $K=0.3$  pour les eaux résiduaires domestiques) ;

$t_s$  = temps de séjours en aération (en heures) ;

$S_a$  = concentration des boues (g/l).

$$L_f = \frac{524}{1 + 0.3 \times 3 \times 41,36} = 13,7 \text{ mg/l}$$

Cette valeur donne un très bon rendement par rapport aux normes sénégalaises qui limitent la concentration en DBO5 des effluents traités à 40 mg/l au maximum.

Le rendement de l'épuration est de :

$$\eta = 100 \times \frac{L_0 - L_f}{L_0} = 100 \times \frac{524 - 13,7}{524} = 97 \%$$

✓ Calcul de la puissance d'aération requise :

Les bactéries étant aérobies, utilisent l'oxygène pour la respiration endogène et pour l'assimilation du substrat. Les besoins journaliers en oxygène sont donnés par :

$$Q_{o_2} = a' L_0 + b' S_a \times V$$

avec :

$Q_{o_2}$  : besoins moyens en oxygène (kg/j)

$a'$  : quantité d'O<sub>2</sub> / kg DBO5 en aération prolongée ( $a'=0.66$ )

$b'$  : quantité d'O<sub>2</sub> / kg MVS / jour en aération prolongée ( $b'=0.07$ ).

$$Q_{o_2} = 0.66 \times 524 + 0.07 \times 3 \times 37931 = 8280 \text{ kg / jour}$$

Pour assurer une bonne agitation et homogénéisation du bassin d'aération, il est nécessaire de disposer d'une puissance spécifique supérieure à 30 W / m<sup>3</sup> de bassin.

Comme chaque bassin disposera de 3 aérateurs, il faudra que chacun d'eux ait une puissance absorbée minimale de :

$$P = \frac{0.03 \times 37931}{3 \times 4} = 95 \text{ kW}$$

Le tableau n°32 récapitule les caractéristiques dimensionnelles et fonctionnelles des bassins d'aération.

Diamètre	45 m
Hauteur	6 m
Lo (DBO5 entrant)	524 mg/l
Lf (DBO5 sortant)	13,7 mg/l
Charge massique	0.1 kg DBO5/Kg MVS/jour

Concentration en MVS dans le bassin	3 g/l
Temps de séjour en aération	41 heures 22 mns
Puissance d'un aérateur	95 kW

**Tableau 32 : Caractéristiques dimensionnelles et fonctionnelles des bassins d'aération.**

**6) Clarificateur ou décanteur secondaire :**

Les clarificateurs circulaires sont conçus de manière à ce que :

- la vitesse ascensionnelle de l'eau soit inférieure à la vitesse de décantation ( $V_a \leq 1.3$  m/h) ;
- la hauteur H soit comprise entre 2 et 3.5 m ;
- la pente du radier sur laquelle s'effectue le raclage soit comprise entre 4% et 10% ;

La surface du clarificateur est:

$$S = \frac{Q}{V_a} = \frac{917}{1.3} = 705.38 \text{ m}^2$$

Nous préconisons deux clarificateurs. Ils auront chacun une surface de 352,69 m<sup>2</sup>. Le diamètre est :

$$D = 2\sqrt{\frac{S}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{352,69}{\pi}} = 22 \text{ m}$$

Les dimensions de chaque clarificateur sont :  $D = 22 \text{ m}$  et  $H = 2 \text{ m}$

Le temps de séjour t est :

$$t = \frac{H}{V_a} = \frac{2}{1.3} = 1.54 \text{ h}$$

**7) L'épaisseur :**

La quantité de boues produites par jour est donnée par la relation suivante :

$$S = S_{\min} + S_{\text{dur}} + \Delta S_a$$

$$\Delta S_a = (\alpha_m L_a - b S_a V)$$

avec :

$S$  : quantité de boues produites (kg/j) ;

$S_{\min}$  : matières minérales en suspension dans l'eau = 25 % des matières en suspension initiales (kg/j) ;

$S_{\text{dur}}$  : matières organiques en suspension non biodégradable = 25 % des matières organiques initiales en kg/j;

$\Delta S_a$  : reste de la matière synthétisée non détruite par la respiration endogène

$a_m$  et  $b$  : coefficients dépendants de la charge ( $a_m = 0.55$  et  $b = 0.05$  pour une aération prolongée) ;

$L_a$  : quantité de DBO5 initiale (kg/j).

Dans les matières en suspension, on a 70% de matières organiques.

$$S_{\min} = 0.25 \times 17\,064 = 4\,266 \text{ kg}$$

$$S_{\text{dur}} = 0.25 \times 0.70 \times 17\,067 = 2\,986,2 \text{ kg}$$

$$\Delta S_a = 0.55 \times 0.06 \times 189\,600 - 0.05 \times 3 \times 37\,931 = 567,15 \text{ kg}$$

La quantité de boues produites journalièrement est de :

$$S = 4\,266 + 2\,986,2 + 567,15 = 7\,819,35 \text{ kg.}$$

Cette quantité est composé de :

$$- \frac{S_{\min}}{S} = \frac{4\,266}{7\,819,35} = 54,56 \% \text{ de matières minérales et,}$$

- 45,44 % de matières organiques.

La concentration réelle des boues est de :

$$\frac{S_a}{\% \text{mat.org}} = \frac{3}{0.4544} = 6,602 \text{ g/l ; soit } 1\,184 \text{ m}^3/\text{j}$$

On se fixe un temps moyen de séjour de 1,2 jour des boues dans l'épaisseur ; ceci correspond à un volume à aménager de :

$$V = 1\,184 \times 1,2 = 1\,421,26 \text{ m}^3$$

L'épaisseur doit avoir une hauteur minimale de 3 mètres afin de faciliter le tassement des boues.

Ce volume nous donne donc deux épaisseurs cylindriques de diamètre  $D = 11 \text{ m}$  et de hauteur  $H = 4 \text{ m}$ .

**1) Les lits de séchage :**

A leur sortie de l'épaississeur, les boues sont envoyées sur des lits de séchage où elles sont étalées en couches de 50 cm d'épaisseur. S'il est estimé qu'une durée de séchage de 21 jours est suffisante, les lits de séchages devront avoir une surface totale de :

$$S = \frac{1184 \times 21}{0.50} = 49\,728 \text{ m}^2$$

Cette surface se répartit en 30 lits de (30 x 60 m).

Les caractéristiques des ouvrages sont récapitulées dans le tableau n°33.

	Nombre	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)	Diamètre (m)
<b>Dégrilleur</b>	1	2.4	2		
<b>Dessableur</b>	1	6.8	2	0.45	
<b>Dégraisseur</b>	1			2.5	5.65
<b>Bassin d'aération</b>	4			6	45
<b>Clarificateur</b>	2			2	22
<b>Epaississeur</b>	2			4	11
<b>Lits de séchage</b>	30	60	30	0.5	

**Tableau 33 : Dimensions des ouvrages de la station d'épuration.**

## **CHAPITRE VI : ETUDE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX**

### **VI.1. ANALYSE DE L'ETAT ACTUEL DE L'ENVIRONNEMENT :**

L'étude environnementale repose sur une étude d'impacts aussi bien positifs que négatifs du projet sur les milieux sensibles à savoir :

- le milieu biophysique ;
- et le milieu humain.

A la lumière de cette étude d'impacts, une conclusion par sur la viabilité du projet sera faite.

### **VI.2. IMPACTS SUR LE MILIEU BIOPHYSIQUE :**

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

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

#### **VI.2.1. L'air et l'atmosphère :**

Les désagréments pouvant être occasionnés sur la qualité de l'air et de l'atmosphère sont les nuisances sonores et la poussière avec l'utilisation des engins de terrassement pour la mise en œuvre des tranchées. Cependant, il faut dire que leurs effets seront temporaires. On peut noter également les mauvaises odeurs et la prolifération des moustiques si des dispositions ne sont pas prises pour l'entretien des ouvrages.

#### **VI.2.2. Les ressources hydriques :**

L'alimentation en eau potable de Touba est assurée principalement par les forages. Ainsi, des travaux d'excavation n'auront pas une très grande incidence sur la qualité des eaux pompées. Par ailleurs, les eaux épurées pourront être réutilisées dans l'irrigation, ce qui diminuera l'utilisation de l'eau potable à cette fin.

**VI.2.3. Le sol :**

Les impacts du projet sur le sol se limitent d'une part à la modification géomorphologique du terrain naturel lors des terrassements et d'autre part, aux déchets solides susceptibles d'être générés par l'existence de la station d'épuration et des bassins de stockage.

Par ailleurs, des mesures d'accompagnement devront être prises afin de minimiser ces points négatifs.

**VI.2.4. La végétation et la faune :**

Du point de vue de la végétation, il s'agit de l'abattage ponctuel de certains arbres qui seront au niveau de l'emprise de la station d'épuration, des bassins de stockage et le long du tracé du réseau.

**VI.2.5. Les infrastructures :**

Les infrastructures qui seront concernées sont de manière générale ; les routes et les réseaux de téléphonie et de distribution d'eau potable. Pour les chaussées et les réseaux cités plus haut, suivant le tracé des conduites il sera nécessaire de les traverser ou de les longer. Cela entrainera à coup sûr des préjudices pour les populations et les automobilistes à court terme.

**VI.3. IMPACTS SUR LE MILIEU HUMAIN :**

Les impacts sur le milieu humain sont les plus sévères dans la mesure où ils sont les plus ressentis à travers les conditions de vie des populations.

Cette étude se fera par une analyse des impacts sur :

- le cadre de vie des populations ;
- et l'environnement socio-économique.

**VI.3.1. Le cadre de vie des populations :**

Un projet d'assainissement vise en premier lieu, l'amélioration du cadre de vie des populations bénéficiaires, car permet de réduire la récurrence de certaines maladies hygiéniques et certaines épidémies. Par ailleurs, il est important que de ce point de vue que le système puisse fonctionner dans des conditions optimales. Pour la sécurité, les ouvrages

(bassins d'infiltration, regards et station d'épuration) peuvent constituer une source de danger surtout pour les enfants.

La construction de la station d'épuration et des bassins d'infiltration occasionnera des déplacements de personnes ou d'activités notamment de maraîchages ou commerciales. Engendrant ainsi des impacts négatifs majeurs qui restent les plus cruciaux à aborder au niveau des mesures d'accompagnement.

### **VI.3.2. L'environnement socio-économique :**

Les retombées socio-économiques sont multiples pour la population de Touba :

- renforcement des capacités du personnel ouvrier qui sera recruté ;
- développement des activités commerciales (restauration et autres produits) ;
- développement des entreprises locales (sous-traitance) ;
- augmentation des revenus des foyers ;
- possibilité d'aménagement de périmètres maraîchers

### **VI.4. MESURES D'ACCOMPAGNEMENT :**

Les mesures d'accompagnement sont de deux types :

- o celles visant à minimiser les impacts négatifs ;
- o et celles visant à pérenniser les impacts positifs.

#### **VI.4.1. Pour une pérennisation des impacts positifs :**

Il est important pour un tel projet, que les impacts positifs soient pérennisés voire même augmentés dans le temps.

- Il est également favorable pour toute une frange de la population dite vulnérable dans la mesure où il fait appel à une haute intensité de main d'œuvre. Bien que temporaire, le recrutement de main d'œuvre peut constituer une opportunité pour cette population de s'intégrer dans la vie professionnelle et d'améliorer le niveau de vie ;
- un projet de développement hydro-agricole constituerait une véritable politique socio-économique en faveur de la population ;

- du point de vue social, un brassage entre les acteurs permettra une meilleure cohésion autour de la construction de la ville ;
- un autre aspect qui est l'un des plus importants demeure la propreté de la zone ce qui permettra un recul considérable de certaines maladies.

#### **VI.4.2. Pour une minimisation des impacts négatifs :**

- Une attention toute particulière doit être apportée à la gestion des bassins d'infiltration. Il s'agira d'éviter autant que faire se peut la présence de moustiques et d'autres bestioles nuisibles à la santé humaine (rats, cafards etc....) au niveau des bassins, en désherbant régulièrement les berges et en désinsectisant périodiquement l'eau stockée. En outre, lors de la réalisation des talus, les dispositifs de construction appropriés seront pris pour éviter les zones mortes dans les angles des bassins.
- les eaux épurées seront régulièrement analysées avant leur rejet dans le milieu récepteur où leur réutilisation.
- l'application d'une campagne d'information, Education et de Communication (I.E.C) aux acteurs :
  - Au grand public, par le biais notamment de la radio, télévision et journaux ;
  - Aux communautés riveraines des ouvrages importants (station d'épuration, bassins d'infiltration, station de pompage), par le biais de consultation publique, notamment des séances d'information conduites par les autorités locales et les responsables techniques du projet ;
  - Aux riverains et usagers: pendant la durée des travaux, des panneaux de signalisation seront installés pour les informer des lieux à risque (sortie des camions, du périmètre du chantier) et des éventuelles coupures d'eau, d'électricité et de téléphone.

Ces différentes méthodes d'information permettront aux usagers de gérer les désagréments temporaires.

- indemnisation et relogement des populations déplacées par le projet ;
- identification de l'ensemble des réseaux (eau, téléphone, électricité) pour faciliter les interventions;
- réparation adéquate de toute chaussée démolie au cours des travaux.

## CHAPITRE VII : ETUDE FINANCIERE

### VII.1. Le système collectif :

#### 1) La canalisation :

La canalisation est essentiellement constituée de tuyaux en PVC de diamètre 250, 315 ou 400 mm (tableau 34).

Diamètre (mm)	Longueur (m)
250	54999
315	3505
400	1783

**Tableau 34 : Diamètres et longueurs des tuyaux.**

#### 2) Les regards d'égouts :

Le regard d'égout est un ouvrage de toute première importance sur le réseau. Il permet l'accès à la conduite pour effectuer les tâches d'entretien et il assure une ventilation dans le réseau. Les regards d'égouts sont installés aux changements de pente et de diamètre, à la jonction de conduites qui viennent de directions différentes, au commencement d'un réseau c'est-à-dire en tête du tronçon le plus en amont, à la rencontre de deux conduites alignées mais installées à des profondeurs différentes.

La distance moyenne entre deux regards est de 100 m. Ce qui correspond à un nombre total de 503 regards.

#### 3) Le terrassement :

Le terrassement concerne principalement le remblayage et le déblayage.

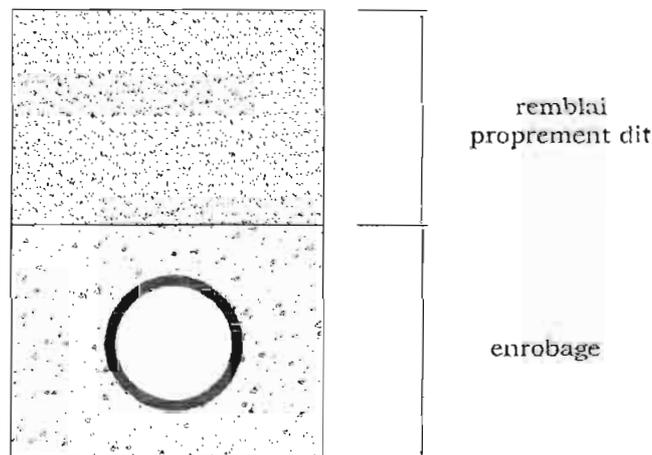
##### a) Le déblayage :

Le déblayage concerne l'exécution des tranchées pour la pose des tuyaux. Nous considérons une profondeur moyenne de pose des canalisations de 2 m. La largeur d'ouverture de tranchées sera égal au diamètre extérieur de la conduite avec des surlargeurs de 0.30 m de part et d'autre.

b) Le remblayage :

On distingue dans le remblaiement deux zones :

- le lit de pose ou enrobage, d'une épaisseur standard de 0.10 m au dessous et en dessus de la conduite, est constitué de matériaux contenant moins de 5% de particules inférieures à 0.1 mm,
- le remblai est constitué des terres provenant des fouilles. La figure 16 détaille les modalités de remblaiement de la fouille.



**Figure 16 : Modalité de remblaiement de la fouille.**

Le tableau 35 donne le volume des déblais et remblais en fonction des diamètres. Les quantités sont fournies par le logiciel Mensura.

Diamètre	Longueur (m)	Remblai d'emprunt (m <sup>3</sup> )	Fouille en tranchée (m <sup>3</sup> )	Volume excédent (m <sup>3</sup> )	Remblai réutilisé (m <sup>3</sup> )
250	54999	17169	75678	20313	55365
315	3505	1327	8120	1636	6484
400	1784	806	5082	1053	4029
<b>TOTAL</b>	60288	19297	88880	23002	65878

**Tableau 35 : Volume des déblais.**

#### 4) Les stations de refoulement :

Les coûts d'investissement d'un poste de relevage des eaux usées dépendent de nombreux facteurs. La diversité de ces facteurs, l'évolution des conditions économiques rendent difficiles l'établissement des coûts réels. Cependant il est possible d'indiquer des ordres de grandeurs de ces coûts pour des stations de relèvement d'importance graduée. Ainsi,

pour des stations de débits variant entre 200 à 400 m<sup>3</sup>/h, le cout global de la station est estimé à 200 000 CFA par m<sup>3</sup>/h [1]. Ces ratios nous permettront d'évaluer les coûts des stations de refoulement mises en place (tableau 36).

Stations	Q [m <sup>3</sup> /h]	Prix [F CFA]
SP1	302	60 400 000
SP2	457	91 400 000
SP3	230	46 000 000
		197 800 000

**Tableau 36 : Coût d'investissement global des stations de relèvement.**

### 5) La station d'épuration :

La station d'épuration, à l'image de la station d'épuration sera évaluée sur la base de ratio. Le coût moyen d'une station biologique conventionnelle sur réseau de type séparatif, avec traitements préliminaires, secondaires et traitement des boues se situe à 55 000 F Cfa/éq.hab. [1]. Notre station d'épuration concerne 189600 éq.hab. Le coût global d'investissement est de 10 428 000 000 F CFA.

Le tableau n° 37 récapitule les opérations concernant le système collectif d'évacuation et de traitement des eaux usées ainsi que les quantitatifs et les coûts d'investissement.

Opérations	Unité	Quantité	Prix unitaire (F CFA)	Montant (F CFA)
Installations de chantier, mise en place de barrières et signalisation	Forfait	1	3 000 000	3 000 000
Fouilles en tranchée et évacuation des déblais impropres	m3	88880	2 500	222 200 000
Fournitures et pose de canalisation PVC 250	ml	54999	20 000	1 099 980 000
Fournitures et pose de canalisation PVC 315	ml	3505	25 000	87 625 000
Fournitures et pose de canalisation PVC 400	ml	1784	35 000	62 440 000
Fourniture et pose de regards de visite	U	503	750 000	377 250 000
Remblai en sable provenant des fouilles	m3	65878	1 500	98 817 000
Remblai avec sable d'apport	m3	19296	1 500	28 944 000
Démolition et réfection de chaussée et de dallage	m <sup>2</sup>	320	25 000	8 000 000
Relèvement des eaux usées	U	1	197 800 000	197 800 000
Station d'épuration	U	1	10 428 000 000	10 428 000 000
Essai, plans de récolement	Forfait	1	1 000 000	1 000 000
Divers et imprévus	Forfait	1	20 000 000	20 000 000

**TOTAL HTVA****12 635 056 000****Tableau 37 : Coût d'investissement du système collectif.****VII.2. Système semi-collectif :**

L'étude des ouvrages du système semi-collectif n'étant pas fait, il sera difficile d'évaluer en détail les coûts d'investissement pour les différentes opérations concernant la mise en place du système. Pour estimer le prix total, les ratios du tableau n°38 servira de base de calcul.

Désignation	Ratio
Fosse intermédiaire	123 465 F CFA/ménage
Réseau Petit Diamètre	1000 F CFA/habitant
Station de traitement de boue de vidange	1000 F CFA/habitant

(Source : Evaluation du coût réel des ouvrages d'assainissement, ICORE/AGETIP/ONAS, 2004).

**Tableau 38 : Ratios pour l'évaluation du système semi collectif.**

La population retenue pour ce système est de 100 000 habitants. Le nombre d'habitants par concession est estimé à 12. Le nombre de ménages sera donc de 8333. L'évaluation financière de ce système est récapitulée dans le tableau n°39.

Désignation	Ratios	Prix total (F CFA)
Fosse intermédiaire	123 465 F/ménage	1 028 833 845
REPD	1 000 F/habitant	100 000 000
Station traitement de Boue de vidange	1 000 F/habitant	100 000 000
<b>TOTAL HTVA</b>		<b>1 228 833 845</b>

**Tableau 39 : Coût d'investissement du système semi-collectif.****VII.3. Système autonome :**

Pour les ouvrages autonomes le package par ménage retenu est composé :

- ✓ d'un bac à laver + puisard pour la gestion des eaux grises ;
- ✓ d'une double fosse de TCM pour la gestion des eaux de vanes.

Ce type d'assainissement concernera 90 000 habitants avec 12 personnes par concession. Le tableau n°40 montre le détail de l'investissement pour le système d'assainissement autonome.

<b>SYSTEME AUTONOME</b>	<b>Ratios</b>	<b>Prix total (F CFA)</b>
Station de traitement des boues de vidange	1000 F/habitant	90 000 000
Double fosse de toilette à chasse manuelle	118 838 F/ouvrage	891 285 000
Bac à laver-puisard	97 516 F/ouvrage	731 370 000
<b>TOTAL HTVA EN CFA</b>		<b>1 712 655 000</b>

**Tableau 40 : Coût d'investissement de l'assainissement autonome.**

Le montant total des investissements concernant la première tranche pour la collecte et l'évacuation des eaux usées s'élève à **15 576 544 850 F CFA HTVA**.

#### **VII.4. Le réseau eaux pluviales :**

Cette partie vise à faire un estimatif global du réseau d'eaux pluviales projeté.

Pour les opérations d'excavation (remblayage et déblais), les considérations ont été les mêmes que pour le réseau d'eaux usées.

En ce qui concerne les regards, ils sont disposés tous les 50 mètres. Leurs dimensions sont fonction des canaux ou des conduites qui y sont raccordés; ils sont résumés dans le tableau 41. L'annexe 5 illustre le prototype d'un regard de sortie avec les différents éléments constitutifs.

Les dalots seront tous fermés ceci pour éviter leur ensablement et les déchets qui peuvent entraver leur fonctionnement efficient.

Opérations	Unité	Quantité	Prix unitaire (F CFA)	Montant (F CFA)
Installations de chantier, mise en place de barrières + signalisation et repli de matériel	Forfait	1	10 000 000	10 000 000
Fouilles en tranchée et évacuation des déblais impropres	m <sup>3</sup>	112 859	2 500	282 147 325
Fournitures et pose de canalisation PVC 600	ml	3 609	70 000	252 630 000
Fourniture et pose regards de visite (PVC 600)	U	73	400 000	29 272 000
Fournitures et pose de canalisation PVC 800	ml	6 155	85 000	523 175 000
Fourniture et pose regards de visite (PVC 800)	U	124	500 000	62 050 000
Fournitures et pose de dalot 0,60m x 1,00m	ml	4 238	100 000	423 800 000
Fourniture et pose de regards de visite 1,00 x 1,40m	U	86	300 000	25 728 000
Fournitures et pose de dalot préfabriqué en BA 0,80m x 1,00m	ml	7 177	150 000	1 076 550 000
Fourniture et pose de regards de visite 1,20m x 1,40m	U	145	350 000	50 589 000
Fournitures et pose de dalot préfabriqué en BA 0,60m x 1,50m	ml	11 751	240 000	2 820 240 000
Fourniture et pose de regards de visite 1,00 x 1,90m	U	236	400 000	94 408 000
Fournitures et pose de dalot préfabriqué en BA 0,70m x 1,50m	ml	7 343	90 000	660 870 000
Fourniture et pose de regards de visite 1,10m x 1,90m	U	148	245 000	36 225 700
Fournitures et pose de dalot préfabriqué en BA 0,80m x 1,50m	ml	5 780	102 000	589 560 000
Fourniture et pose de regards de visite 1,20m x 1,90m	U	117	550 000	64 130 000
Fournitures et pose de dalot préfabriqué en BA 1,00m x 1,50m	ml	4 737	250 000	1 184 250 000
Fourniture et pose de regards de visite 1,40m x 1,90m	U	96	580 000	55 529 200
Fournitures et pose de dalot préfabriqué en BA 1,00m x 2,00m	ml	1 907	285 000	543 495 000
Fourniture et pose de regards de visite 1,40m x 2,40m	U	39	600 000	23 484 000
Remblai en sable provenant des fouilles (50% des déblais)	m <sup>3</sup>	70 537	1 500	105 805 500

Remblai avec sable d'apport	m <sup>3</sup>	42 322	1 500	63 482 895
Démolition et réfection de chaussée et de dallage	m <sup>2</sup>	6 000	25 000	150 000 000
Bassins de stockage sans ouvrage de vidange (y compris toutes les sujétions)	U	9	10 000 000	90 000 000
Bassins de stockage avec ouvrage de vidange (y compris toutes les sujétions)	U	3	15 000 000	45 000 000
Dalot préfabriqué de vidange 0,70m x 0,80m	U	1	350 000	350 000
Dalot préfabriqué de vidange 0,80m x 1,00m	U	1	500 000	500 000
Dalot préfabriqué de vidange 1,00m x 1,00m	U	1	600 000	600 000
Essais, plans de récolement	Forfait	1	2 000 000	2 000 000
Divers et imprévus (Sensibilisation etc.)	Forfait	1	20 000 000	20 000 000
<b>TOTAL HTVA EN FCFA</b>				<b>9 285 871 620</b>

**Tableau 41 : Coût d'investissement pour l'évacuation des eaux pluviales.**

Il ressort de cette évaluation financière, un coût global de **24 862 416 470 FCFA HTVA** (vingt quatre milliards huit cent soixante deux millions quatre cent seize mille quatre cent soixante dix francs CFA hors taxes).

## **CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

Touba est une ville qui doit être dotée d'infrastructures modernes qui garantissent à sa population un cadre de vie acceptable. En cela les nouveaux investissements consentis dans la ville par le marabout et les autorités administratives représentent un geste salubre.

L'étude s'est appesantie dans un premier temps, au contexte de la ville, il s'agit par là, de sa situation géographique, socio-économique, démographique et physique. Touba est située dans une zone de carrefour, ce qui favorise la circulation des biens et principalement du commerce. Sa démographie reste l'une des plus versatiles dans la mesure où son accroissement est un phénomène qui n'est toujours pas très bien cerné. Pour l'aspect physique, c'est une zone où la pluviométrie n'est pas toujours au rendez-vous la moyenne annuelle y est de 553 mm. Son urbanisation a connu un certain retard, ce qui a mené à des occupations plus ou moins anarchiques et non contrôlées. Ensuite à la conception de réseaux fiables et qui tiennent compte de la spécificité de la ville. Cette spécificité se résume au caractère hétérogène de l'occupation. Ainsi sur la base de calcul et de projections faites sur le taux d'occupation des différents quartiers des villes, ceux dont le taux dépasse actuellement 50% ont été retenus dans le cadre du programme prioritaire de 2010. Pour les autres il est prévu, à court terme un système d'assainissement autonome et des extensions sur le réseau collectif afin de les considérer aux horizons 2015 et 2030, suivant leur développement. En ce qui concerne l'adhésion des populations au projet, il ressort des enquêtes que plus de 97.52% des chefs de ménage sont prêts à se raccorder au réseau, une fois qu'il est mis en place.

Pour les eaux usées, un réseau d'environ 66 Km a été tracé et calculé par le logiciel Mensura dans la tranche prioritaire; avec une station d'épuration et trois postes de pompage.

Pour le réseau eaux pluviales, le calcul a été effectué avec le tableur Excel et la zone d'étude a été découpée en douze bassins versants dont la superficie totale avoisine 960 hectares, cent huit sous bassins et le linéaire de conduites est de 53 km. Pour le cas spécifique de Touba, des bassins de retenue ont été adoptés, dans la mesure où les tests sur les certains quartiers donnent des sols sablonneux avec une perméabilité moyenne de  $3.10^{-5}$  m/s. En effet Touba est cuvette où toutes les eaux de ruissellement sont drainées dans le centre ville (Touba Mosquée) et cette partie représente la zone la plus sensible car c'est le lieu où sont concentrés les édifices tels que la grande mosquée et les domiciles des chefs religieux. Fort de ces deux

constats, nous avons préconisé pour les eaux pluviales de mettre dans chaque bassin versant un bassin de stockage et d'infiltration car la nature des sols s'y prête.

Par ailleurs, pour les zones sensibles citées plus haut, ces bassins de stockage sont munis de dispositif de vidange qui permettra, l'évacuation des eaux de crue vers d'autres de moindre importance. Pour le réseau eaux usées des stations de pompage sont installées, sur les points bas afin d'assurer un rejet adéquat.

Les études d'impacts environnementaux montrent que les aspects négatifs sont relativement moins importants que ceux positifs. Et, une bonne organisation surtout à l'interne permettra d'en juguler la plupart.

Le coût d'investissement de la tranche prioritaire est estimé à 24 862 416 470 FCFA HT.

Pour les recommandations, il conviendrait de veiller sur ces cinq points:

- faire des campagnes de sensibilisation pour inciter les populations à se raccorder aux réseaux ;
- conscientiser la population sur les risques que présente certains comportements malsains sur les réseaux (ordures dans les canaux, ensablement etc.) ;
- mettre en place après exécution un personnel dont le rôle sera de veiller au planning d'entretien des bassins de stockage (éviter leur colmatage) et des réseaux ; et à la désinfection (contre les moustiques et les rongeurs) et au désherbage;
- tester régulièrement les eaux épurées qui seront utilisées dans l'irrigation des cultures ;
- concevoir dans le cadre d'un projet de fin d'études un système d'information géographique (S.I.G) de l'ensemble du réseau pour faciliter les interventions.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] SATIN, Marc et SELMI, Bachir. *Guide technique de l'assainissement*, 2<sup>ème</sup> édition, Le Moniteur, Paris, 1999, 680 p.
- [2] BONIN, Jean. *Hydraulique urbaine appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance*, Eyrolles, Paris, 1986, 228 p.
- [3] La Lyonnaise des Eaux. *Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement*, Tome 2, Lavoisier, Paris, 1994, 387 p.
- [4] MOREL A L'HUISSER, Alain. *L'assainissement des eaux pluviales en milieu urbain tropical subsaharien*, Lux-development, Luxembourg, 1996, 167 p.
- [5] BA, Moussa Alioune et NDIAYE, Cheikh. *Assainissement de Ouakam*, ENSUT, Dakar, 1981, 90 p.
- [6] SY, Silman et TALL, Pape Sidy. *Etude de réhabilitation de la station d'épuration de Saly portudal*, Ecole Supérieure Polytechnique, Thiès, 2003, 94 p.
- [7] CAMARA, Oumar et DIABY, Madiba. *Etude diagnostique et mise en place d'un système d'informations géographiques pour le réseau d'assainissement de la ville de Louga*, Ecole Supérieure Polytechnique, Thiès, 2004, 96 p.
- [8] Ministère de l'intérieur français. *Instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations*, Circulaire n° 77.284/INT, Paris, 1977, 70 p.
- [9] SETICO. *Rapport de mission à Touba*, Dakar, 2006, 119 p.
- [10] Association Amicale des Ingénieurs Anciens Elèves de L'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. *Evacuation Des Eaux Pluviales Urbaines*, presses de l'imprimerie de Roissy, Paris, 1978, 166 p.
- [11] DIAW, El hadj Bamba. *Notes de cours d'hydraulique générale DUT2 génie civil*, Ecole Supérieure Polytechnique, Thiès, 2004.
- [12] TAMBA, Séni. *Notes de cours d'hydraulique urbaine et assainissement DUT2 génie civil*, Ecole Supérieure Polytechnique, Thiès, 2004.
- [13] NDOYE, Seyni. *Notes de cours d'hydraulique urbaine DIC3 génie civil*, Ecole Supérieure Polytechnique, Thiès, 2007,
- [14] BECHAC, Jean-Pierre, BOUTIN, Pierre MERCIER Bernard et NUER, Pierre. *Traitement des eaux usées*. Paris, Eyrolles, 1984, 221 p.
- [15] VALIRON, François. *Gestion des eaux : alimentation – assainissement*, Tome 2, Paris, Presse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1984, 505 p.

- [16] Infinités communication. *Traiter et valoriser les boues*, Cachan, Lavoisier Tec & Doc, 1997, 453 p.
- [17] BOURRIER, Régis. *Les réseaux d'assainissement calcul application perspective*, 2ème édition, Paris, Lavoisier Tec & Doc, 1985, 482 p.
- [18] ICORE. *Evaluation du coût réel des ouvrages d'assainissement autonome*, PELT, 2004.
- [19] METCALF & EDDY, INC. *Wastewater Engineering: Collection and pumping of wastewater*, McGraw-Hill, New York, 1981, 432 p.

***ANNEXES***

**ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE SOCIO-ECONOMIQUE :****PARTIE I****I. Identification**

1.1. N° de concession :

1.2. Nom et Prénom du chef de la concession :

1.3. Sexe : (1.masculin 2. féminin)

1.4. Niveau d'étude : (1. Aucun 2.Primaire 3. secondaire 4.Sup 5.Autre)

1.5. Position dans le quartier:

1- Chef de quartier 2- Notable 3- Responsable d'Association 4- Autres à préciser

1.6. Nombre de ménages dans la concession :

N°	Nom du chef de ménage	Statut	Date Installation	Lieu d'origine	Activité			Population du ménage		Revenu
					Nb. Pers.	Nb. Adultes	Nb. actifs			
		1 Propriétaire 2 Locataire 3 Logé 4 Autre		1 Touba 2 Diourbel 3 Autre	1 En activité 2 Chômeur 3 Ménagère 4 Retraité 5 Trop âgé(e) 6 Trop jeune 7 Autre					

**II. Equipement, confort et patrimoine de la concession**

2.1- Mode de collecte et d'évacuation des eaux usées

2.1.a) Le ménage dispose-t-il d'un WC? OUI  NON 

2.1.b) Quel est le mode d'évacuation des eaux usées?

Désignation	Eaux vanes	Eaux de cuisine	Eaux de douche	Eaux de lavage (lessives et autres)
A - Fosse Septique				
B - Puisard				
C - Rue				
D - Autres (à préciser)				

**Dans le cas de fosse septique :**

2.1. c - Où se trouve la fosse septique? \_\_\_\_\_

2.1. d - La fosse possède t-elle un regard ? OUI  NON

2.1. e - Quelle est la fréquence de vidange par an? \_\_\_\_\_

2.1. f- Qui fait la vidange? \_\_\_\_\_

2.1. g -Où se fait la vidange? \_\_\_\_\_

2.1-h - quels sont les systèmes utilisés pour la vidange?

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

2.1-i -Quel est le coût d'une vidange? \_\_\_\_\_

2.1- j Epreuvez vous des difficultés pour la vidange des fosses?

OUI  NON

2.1-k- Si OUI, quelles sont les difficultés

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

2.2. Confort et cadre de vie

2.2. A. Niveau de désenclavement du quartier :

1- Le quartier est-il loti? OUI   
NON

2. Condition d'accès ? Difficile  Facile   
Moyenne

### 2.2. b- Niveau d'équipement du quartier

1. voirie  2. Adduction d'eau  3. Evacuation eaux usées   
4. Ramassage ordures  5. Poste de santé  6. Maternité   
7. Edicule public  8. Centre social  9. Espace vert   
10. Autres (à préciser)

2.3. Y a t il des animaux domestiques dans votre concession ? 1. Oui /\_\_\_/ 2. Non /\_\_\_/

2.3.a De combien de têtes de moutons disposez vous ?

2.3. b De combien de têtes de bœufs disposez-vous ?

2.3. c De combien d'ânes disposez vous ?

2.3. d De combien de chevaux disposez vous ?

2.4 Pratiquez vous des activités de production (maraîchage, arboriculture, embouche, artisanat.) ? 1. Oui /\_\_\_/ 2. Non /\_\_\_/

Si oui citer par ordre d'importance

1. \_\_\_\_\_  
2. \_\_\_\_\_  
3. \_\_\_\_\_

2.5 Ces activités de production nécessitent-elles l'utilisation de l'eau ?

1. oui / \_\_\_/ 2. Non /\_\_\_/

Si oui : estimer : \_\_\_\_\_

### III. LES BESOINS DU QUARTIER

3.1- Les Besoins de première nécessité.

3.1.1- Classer par ordre de priorité les besoins de première nécessité pour le quartier?

- 1 \_\_\_\_\_  
2 \_\_\_\_\_  
3 \_\_\_\_\_

3.1.2- . Besoins en eau (estimés en litre)

- Quelle est la quantité d'eau utilisée par votre concession par jour pour boire ?  
|\_|\_|\_|\_|

- Quelle est la quantité d'eau utilisée par jour pour les soins corporels? |\_|\_|\_|\_|

- Quelle est la quantité d'eau utilisée par jour pour les soins de la maison ? |\_|\_|\_|\_|

- Quelle est la quantité d'eau utilisée par jour pour laver la vaisselle ? |\_|\_|\_|\_|

- Quelle est la quantité d'eau utilisée par semaine pour laver les habits ? |\_|\_|\_|\_|

- Quelle est la quantité d'eau utilisée par jour pour désaltérer les animaux domestiques ?  
|\_|\_|\_|\_|

3.2- Degré d'implication des populations

3.2.1- Les membres de votre famille ont-ils déjà participé à des opérations et actions d'amélioration du cadre de vie du quartier? OUI  NON

Si OUI sous quelle forme?

- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_

3.2.2-la Communauté Rurale de Touba fait face à de sérieux problèmes d'évacuation des eaux usées et pluviales. Comment le ressentez-vous au niveau de votre zone?

1. Etes – vous concernés OUI  NON

2. Quels sont les quartiers plus affectés par ce phénomène ? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3.2.3 -Comment réagissez-vous?

- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_

3.2.4 -Etes-vous informé du Projet d'Assainissement des eaux usées et pluviales de Touba?

OUI  NON

3.2.5- Si OUI Par qui?.....  
.....

3.2.6 - Depuis quand ?.....

3.2.7 - Qu'en avez-vous retenu?

- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_

3.2.8 -Ce Projet constitue-t-il une priorité pour le quartier ?      OUI     NON

3.2.9 -Si NON, donner la Priorité \_\_\_\_\_

3.3.0 -Quels sont les avantages que peut procurer ce projet?

- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_
- 4. \_\_\_\_\_

3.3.1-Quelles sont les mesures qui pourraient permettre de tirer le maximum du projet?

- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_
- 4. \_\_\_\_\_

3.3.2- Quels sont les inconvénients que pourrait entraîner ce projet?

- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_
- 4. \_\_\_\_\_

3.3.3-Quelles sont les mesures qui pourraient atténuer ou dissiper ces inconvénients?

- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_
- 4. \_\_\_\_\_

3.3. 4- Après mise en place du réseau d'assainissement, accepteriez vous de vous brancher?

OUI NON 

3.3. 5- Si OUI, êtes vous prêt à payer les frais de branchement ?

3.3. 6 -Si NON, Pourquoi,

**Question spéciale :**

3.3. 7- Compte tenu de la situation de votre concession qui est assez éloignée du centre, de branchement au réseau risque d'être difficile, voire même impossible, êtes vous prêts à accepter d'être connecté à :

- une fosse septique

OUI NON 

**IV- PARTICIPATION A LA GESTION COLLECTIVE**

**41- Acteurs sociaux**

4.1.1-Sous quel angle appréciez-vous les relations dans le quartier?

1. Solidarité    2. Individualisme    3. Conflictuelle    4. autres (à préciser)

4.1.2-Les membres de votre famille appartiennent-ils à des organisations de base (associations, GIE)

ONG, groupement) qui évoluent dans le quartier ?

OUI NON 

4.1.3-Si OUI, de quel type d'organisation (s) s'agit-il ?

4.1.3.1    GIE   

4.1.3.2    Association de développement   

4.1.3.3    GPF   

4134    Syndicat   

4.1.3.5    Dahira   

4.1.3.6    ASC   

4.1.3.7    Mbootaay   

4.1.3.8    Tontine   

4.1.3.9    Autre à préciser \_\_\_\_\_

4.1.4 - Quels sont les domaines d'intervention de ces organisations ?

4.14.1    Activités économiques

4.1.4.2 Activités de développement

4.14.3 Solidarité religieuse

4.14.4 Solidarité dans l'emploi

4.14.5 Activités culturelles et sportives

4.4.4.6 Autres.....

4.2 -Est-il possible qu'une fois les travaux réalisés, qu'il y ait des risques de dégradation du réseau par les populations?

OUI  NON

4.2.1 -Si OUI, énumérez les risques

- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_
- 4. \_\_\_\_\_

4.2.2-Sous quelles formes les populations pourraient-elles participer à la réalisation et à la gestion du projet ?

- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_
- 4. \_\_\_\_\_

4.2.3 Certains membres de la famille ont-ils participé à des sessions de formation et de sensibilisation sur la santé, l'hygiène et l'assainissement ? Oui  Non

Si Oui dans quel cadre \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**V- LE PROJET**

5.1. -Etes-vous informé du Projet d'Assainissement des eaux usées et pluviales de Touba?

OUI  NON

5.2.-Si OUI Par qui?.....

5.3. - Depuis quand ? .....

5.4. - Qu'en avez-vous retenu?

- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_

5.5. - Ce Projet constitue-t-il une priorité pour le quartier ?      OUI     NON

5.6. - Si NON, donner la Priorité

5.7. -Quels sont les avantages que peut procurer ce projet?

- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_
- 4. \_\_\_\_\_

5.8. -Quelles sont les mesures qui pourraient permettre de tirer le maximum du projet?

- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_
- 4. \_\_\_\_\_

5.9. - Quels sont les inconvénients que pourrait entraîner ce projet?

- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_
- 4. \_\_\_\_\_

5.10.-Quelles sont les mesures qui pourraient atténuer ou dissiper ces inconvénients?

- 1. \_\_\_\_\_
- 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_
- 4. \_\_\_\_\_

5.11. - Après mise en place du réseau d'assainissement, accepteriez vous de vous brancher?

OUI

NON

5.12.- Si OUI, êtes vous prêt à payer les frais de branchement ?

5.13. -Si NON, Pourquoi,

Question spéciale :

5.14. - Compte tenu de la situation de votre concession qui est assez éloignée du centre, de branchement au réseau risque d'être difficile, voire même impossible, êtes vous prêts à accepter d'être connecté à :

- une fosse septique

OUI

NON

## ANNEXE 2: TABLEAU DE CALCUL DU RESEAU EAUX PLUVIALES.

Bassins Versants	Conduites & Sous-bassins	Aire (ha)	Pente (m/m)	Temps d'entrée (min)	C	Temps de concentration (min)	I (mm/min)	Qp (m <sup>3</sup> /s)	Dth (m)	Vp (m/s)	Dc (m)	Qc (m <sup>3</sup> /s)	Vc (m/s)	Ve	ye/Dc	tec (min)	
BS 10	C10.1	2.72	0.003	60.91	0.60	60.91	1.00	0.26	0.56	1.05	0.60	0.31	1.11	1.24	0.68	3.65	
	C10.2	30.67	0.003	87.74	0.60	87.74	0.83	2.15	1.24	1.79	1.40	2.99	1.94	2.10	0.52	1.53	
	C10.3	3.26	0.002	50.92	0.60	50.92	1.09	0.34	0.67	0.97	0.80	0.55	1.09	1.18	0.56	6.11	
	C10.4	1.95	0.003	39.13	0.60	39.13	1.24	0.23	0.54	1.03	0.60	0.31	1.11	1.22	0.63	5.76	
	C10.5	21.94	0.003	76.27	0.60	84.83	0.84	1.59	1.10	1.66	1.20	1.98	1.75	1.98	0.69	5.37	
	C10.6	3.77	0.003	76.27	0.60	76.27	0.89	0.31	0.60	1.11	0.80	0.67	1.34	1.31	0.64	8.56	
	C10.7	7.03	0.003	67.89	0.60	75.72	0.89	0.57	0.75	1.28	0.80	0.67	1.34	1.53	0.70	4.93	
	C10.8	2.33	0.003	52.71	0.60	52.71	1.07	0.24	0.54	1.03	0.60	0.31	1.11	1.22	0.64	7.83	
	SBV2	2.8		79.38	0.60	79.38	0.87	0.23									
	SBV4	1.44		47.42	0.60	47.42	1.13	0.16									
SBV13	0.39		23.19	0.60	23.19	1.62	0.07										
BS 11	C11.1	11.69	0.003	94.38	0.60	94.38	0.80	0.83	0.87	1.41	1.00	1.22	1.55	1.68	0.59	2.51	
	C11.2	43.072	0.003	61.60	0.60	66.80	0.95	3.40	1.47	2.01	1.60	4.27	2.13	2.33	0.59	7.05	
	C11.3	33.692	0.003	110.22	0.60	116.84	0.72	2.04	1.21	1.77	1.40	2.99	1.94	2.10	0.76	5.20	
	C11.4	23.262	0.003	110.22	0.60	110.22	0.74	1.48	1.07	1.63	1.20	1.98	1.75	1.92	0.66	6.62	
	C11.5	69.542	0.004	81.92	0.60	86.04	0.84	4.73	1.59	2.37	1.60	4.77	2.37	2.75	0.80	1.62	
	C11.6	31.13	0.003	42.11	0.60	45.75	1.15	3.02	1.41	1.95	1.40	2.99	1.94	2.22	0.80	4.12	
	C11.7	22.52	0.003	74.29	0.60	81.18	0.86	1.67	1.12	1.68	1.20	1.98	1.75	1.99	0.67	3.64	
	C11.8	15.71	0.003	83.09	0.60	83.09	0.85	1.17	0.98	1.54	1.00	1.22	1.55	1.75	0.79	3.12	
	C11.9	6.81	0.004	74.29	0.60	74.29	0.90	0.56	0.72	1.38	0.80	0.75	1.49	1.64	0.63	6.89	
	SBV8	8.5		46.46	0.60	46.46	1.14	0.87									
BS 12	C12.1	70.58	0.003	131.00	0.60	138.86	0.66	3.77	1.53	2.06	1.60	4.27	2.13	2.39	0.71	0.31	
	C12.2	23.25	0.003	86.69	0.60	103.46	0.76	1.52	1.09	1.64	1.20	1.98	1.75	2.02	0.74	7.86	
	C12.3	6.46	0.003	86.69	0.60	86.69	0.84	0.49	0.71	1.24	0.80	0.67	1.34	1.46	0.65	16.77	

	C12.4	29.34	0.003	102.08	0.60	109.82	0.74	1.84	1.17	1.72	1.20	1.98	1.75	1.96	0.68	4.08
	C12.5	17.02	0.003	94.80	0.60	104.56	0.76	1.13	0.97	1.52	1.00	1.22	1.55	1.71	0.66	7.74
	C12.6	4.43	0.003	94.80	0.60	94.80	0.80	0.33	0.61	1.12	0.80	0.67	1.34	1.44	0.60	9.76
	SBV 1	14.93		102.23	0.60	102.23	0.77	1.01								
<b>BS 13</b>	C13.1	45.25	0.003	72.04	0.60	83.17	0.85	3.20	1.44	1.98	1.60	4.27	2.13	2.31	0.58	10.36
	C13.2	30.23	0.003	52.65	0.60	66.85	0.95	2.43	1.30	1.85	1.40	2.99	1.94	2.15	0.67	11.13
	C13.3	17.13	0.003	52.65	0.60	52.65	1.07	1.60	1.11	1.66	1.40	2.99	1.94	1.97	0.50	14.21
	SBV 6	26.27		79.84	0.60	79.84	0.87	1.95								
<b>BS 14</b>	C14.1	9.91	0.003	55.09	0.60	55.09	1.05	0.93	0.90	1.45	1.00	1.22	1.55	1.70	0.60	4.22
	C14.2	71.99	0.003	74.49	0.60	76.76	0.89	5.17	1.72	2.23	1.80	5.85	2.30	2.60	0.68	1.17
	C14.3	64.79	0.003	76.51	0.60	85.32	0.84	4.44	1.62	2.15	1.80	5.85	2.30	2.52	0.60	2.27
	C14.4	51.74	0.003	54.79	0.60	68.12	0.94	4.01	1.56	2.09	1.80	5.85	2.30	2.47	0.59	8.81
	C14.5	14.09	0.003	54.79	0.60	54.79	1.05	1.30	1.01	1.62	1.20	2.06	1.82	1.94	0.56	13.33
	SBV 2	17.2		67.71	0.60	67.71	0.95	1.41								
<b>BS 15</b>	C15.1	47.62	0.003	45.52	0.60	49.64	1.10	4.34	1.61	2.13	1.80	5.85	2.30	2.49	0.61	2.70
	C15.2	25	0.003	32.46	0.60	37.70	1.27	2.70	1.35	1.89	1.60	4.27	2.13	2.26	0.56	4.12
	C15.3	16.35	0.003	47.88	0.60	55.85	1.04	1.48	1.08	1.63	1.20	1.98	1.75	1.90	0.60	5.60
	C15.4	16.63	0.004	51.35	0.60	58.88	1.01	1.47	1.02	1.78	1.20	2.23	1.98	2.09	0.59	5.24
	C15.5	8.67	0.003	51.35	0.60	51.35	1.09	0.85	0.87	1.42	1.00	1.22	1.55	1.67	0.59	7.53
	C15.6	10.47	0.003	47.88	0.60	47.88	1.12	1.05	0.94	1.50	1.00	1.22	1.55	1.75	0.67	7.97
	SBV 1	2.77		18.12	0.60	18.12	1.83	0.48								
<b>BS 16</b>	C16.1	10.85	0.003	34.81	0.60	40.48	1.22	1.18	0.99	1.54	1.00	1.22	1.55	1.79	0.74	1.61
	C16.2	8.98	0.003	33.77	0.60	37.87	1.26	1.02	0.93	1.49	1.00	1.22	1.55	1.73	0.68	5.67
	C16.3	5.32	0.003	26.31	0.60	30.66	1.40	0.69	0.81	1.35	0.90	0.92	1.45	1.57	0.60	4.11
	C16.4	2.25	0.003	26.31	0.60	26.31	1.52	0.33	0.61	1.12	0.70	0.47	1.22	1.32	0.60	4.36
	SBV 1	1.82		27.86	0.60	27.86	1.47	0.26								
	SBV 6	2.68		27.18	0.60	27.18	1.49	0.38								
	SBV 7	2.19		34.45	0.60	34.45	1.33	0.28								
<b>BS 17</b>	C17.1	3.14	0.005	37.09	0.60	37.09	1.28	0.38	0.59	1.38	0.60	0.39	1.39	1.60	0.74	5.50

	C17.2	34.38	0.003	93.93	0.60	102.27	0.77	2.22	1.25	1.80	1.40	2.99	1.94	2.11	0.61	2.17
	C17.3	17.39	0.003	66.82	0.60	74.10	0.90	1.36	1.04	1.60	1.20	1.98	1.75	1.89	0.59	8.34
	C17.4	9.69	0.003	66.82	0.60	66.82	0.95	0.82	0.86	1.41	1.00	1.22	1.55	1.67	0.58	7.29
	C17.5	23.36	0.003	62.29	0.60	66.14	0.96	1.91	1.18	1.74	1.20	1.98	1.75	1.97	0.79	6.41
	C17.6	39.38	0.003	62.29	0.60	68.70	0.94	3.08	1.46	1.84	1.60	3.92	1.95	2.12	0.59	6.23
	C17.7	4.39	0.003	32.15	0.60	32.15	1.37	0.56	0.75	1.28	0.80	0.67	1.34	1.49	0.67	10.32
	C17.8	14.15	0.003	68.35	0.60	68.35	0.94	1.17	0.98	1.54	1.00	1.22	1.55	1.78	0.74	3.85
	SBV 6	6.14		46.90	0.60	46.90	1.14	0.64								
	SBV 8	2.81		39.96	0.60	39.96	1.23	0.33								
	SBV 9	4.98		32.16	0.60	32.16	1.37	0.63								
BS 23	C23.1	14.3	0.003	31.44	0.60	34.85	1.32	1.65	1.12	1.68	1.20	1.98	1.75	1.95	0.67	5.80
	C23.2	10.77	0.006	28.68	0.60	31.98	1.38	1.32	0.90	2.06	1.00	1.73	2.21	2.42	0.60	3.41
	C23.4	7.04	0.003	37.50	0.60	41.53	1.21	0.77	0.84	1.39	0.90	0.92	1.45	1.63	0.69	3.30
	C23.5	4.05	0.003	23.68	0.60	28.73	1.45	0.55	0.74	1.27	0.80	0.67	1.34	1.49	0.68	4.03
	C23.6	1.13	0.003	23.68	0.60	23.68	1.60	0.18	0.49	0.96	0.60	0.31	1.11	1.15	0.54	5.05
	C23.7	53.8	0.003	45.80	0.60	49.22	1.11	4.90	1.68	2.20	2.00	7.74	2.47	2.63	0.56	2.21
	C23.8	9.23	0.004	30.36	0.60	33.97	1.33	1.10	0.94	1.61	1.00	1.32	1.68	1.87	0.67	5.05
	C23.9	4.48	0.003	27.24	0.60	30.40	1.41	0.59	0.76	1.29	0.80	0.67	1.34	1.51	0.68	3.61
	C23.10	1.14	0.007	27.24	0.60	27.24	1.49	0.17	0.41	1.29	0.60	0.47	1.66	1.55	0.40	3.17
	C23.11	39.33	0.003	97.77	0.60	106.57	0.75	2.47	1.30	1.85	1.60	4.27	2.13	2.21	0.54	3.42
	C23.12	33.53	0.003	97.77	0.60	102.51	0.77	2.17	1.24	1.79	1.40	2.99	1.94	2.10	0.52	4.06
	C23.13	20.7	0.004	97.77	0.60	97.77	0.79	1.40	1.02	1.71	1.20	2.15	1.90	2.00	0.59	4.74
	C23.14	6.93	0.003	36.72	0.60	36.72	1.28	0.81	0.86	1.40	1.00	1.22	1.55	1.64	0.59	8.27
	SBV 1	2.7		58.49	0.60	58.49	1.02	0.26								
SBV 7	5.38		33.18	0.60	33.18	1.35	0.67									
BS 24	C24.1	5.9	0.003	42.30	0.60	42.30	1.20	0.65	0.79	1.33	0.90	0.92	1.45	1.56	0.60	3.61
	C24.2	21.62	0.003	26.70	0.60	36.77	1.28	2.38	1.29	1.84	1.40	2.99	1.94	2.13	0.59	3.12
	C24.3	16.03	0.003	90.82	0.60	95.34	0.80	1.11	0.98	1.48	1.20	1.92	1.70	1.77	0.54	10.07
	C24.4	12.99	0.004	75.49	0.60	81.96	0.86	0.98	0.87	1.64	0.90	1.06	1.67	1.84	0.66	4.52
	C24.5	8.77	0.003	46.57	0.60	48.45	1.12	0.88	0.89	1.43	0.90	0.92	1.45	1.63	0.79	6.47
	C24.6	2.79	0.003	46.57	0.60	46.57	1.14	0.30	0.59	1.10	0.60	0.31	1.11	1.27	0.74	1.88
	SBV 1	2.94		26.79	0.60	26.79	1.50	0.42								

	SBV 2	3.41		33.39	0.60	33.39	1.35	0.43								
BS 25	C25.1	68.82	0.003	61.99	0.60	66.11	0.96	5.34	1.74	2.25	2.00	7.74	2.47	2.65	0.59	1.00
	C25.2	64.14	0.003	79.69	0.60	88.67	0.83	4.31	1.61	2.13	1.80	5.85	2.30	2.48	0.62	4.12
	C25.3	14.33	0.003	98.74	0.60	114.09	0.73	0.92	0.90	1.45	1.20	1.98	1.75	1.71	0.64	6.97
	C25.4	2.22	0.003	98.74	0.60	98.74	0.78	0.17	0.47	0.95	0.60	0.31	1.11	1.12	0.55	15.35
	C25.5	34.59	0.003	47.92	0.60	52.04	1.08	3.13	1.42	1.97	1.60	4.27	2.13	2.32	0.53	8.98
	C25.6	15.15	0.005	47.92	0.60	47.92	1.12	1.49	0.97	1.99	1.20	2.59	2.29	2.37	0.54	4.12
	SBV 4	8.41		54.09	0.60	54.09	1.06	0.80								
BS 26	C26.1	21.64	0.003	117.66	0.60	117.66	0.72	1.33	1.03	1.59	1.20	1.98	1.75	1.88	0.58	2.82
	C26.2	133.44	0.003	117.51	0.60	120.78	0.71	7.41	1.97	2.44	2.00	7.74	2.47	2.77	0.79	3.41
	C26.3	33.94	0.003	117.51	0.60	117.51	0.72	2.05	1.21	1.77	1.40	2.99	1.94	2.09	0.58	3.26
	C26.4	125.18	0.003	48.35	0.60	70.40	0.93	9.13	2.13	2.57	2.00	7.75	2.47	2.81	0.95	4.93
	C26.5	62.07	0.003	85.75	0.60	95.59	0.80	4.02	1.60	2.00	1.80	5.49	2.16	2.35	0.53	13.37
	C26.6	29.95	0.003	85.75	0.60	85.75	0.84	2.13	1.23	1.78	1.40	2.99	1.94	2.10	0.63	9.84
	C26.7	6.11	0.003	48.35	0.60	48.35	1.12	0.63	0.78	1.31	0.90	0.92	1.45	1.56	0.58	22.04
	SBV 2	13.64		86	0.60	86.36	0.84	1.00								

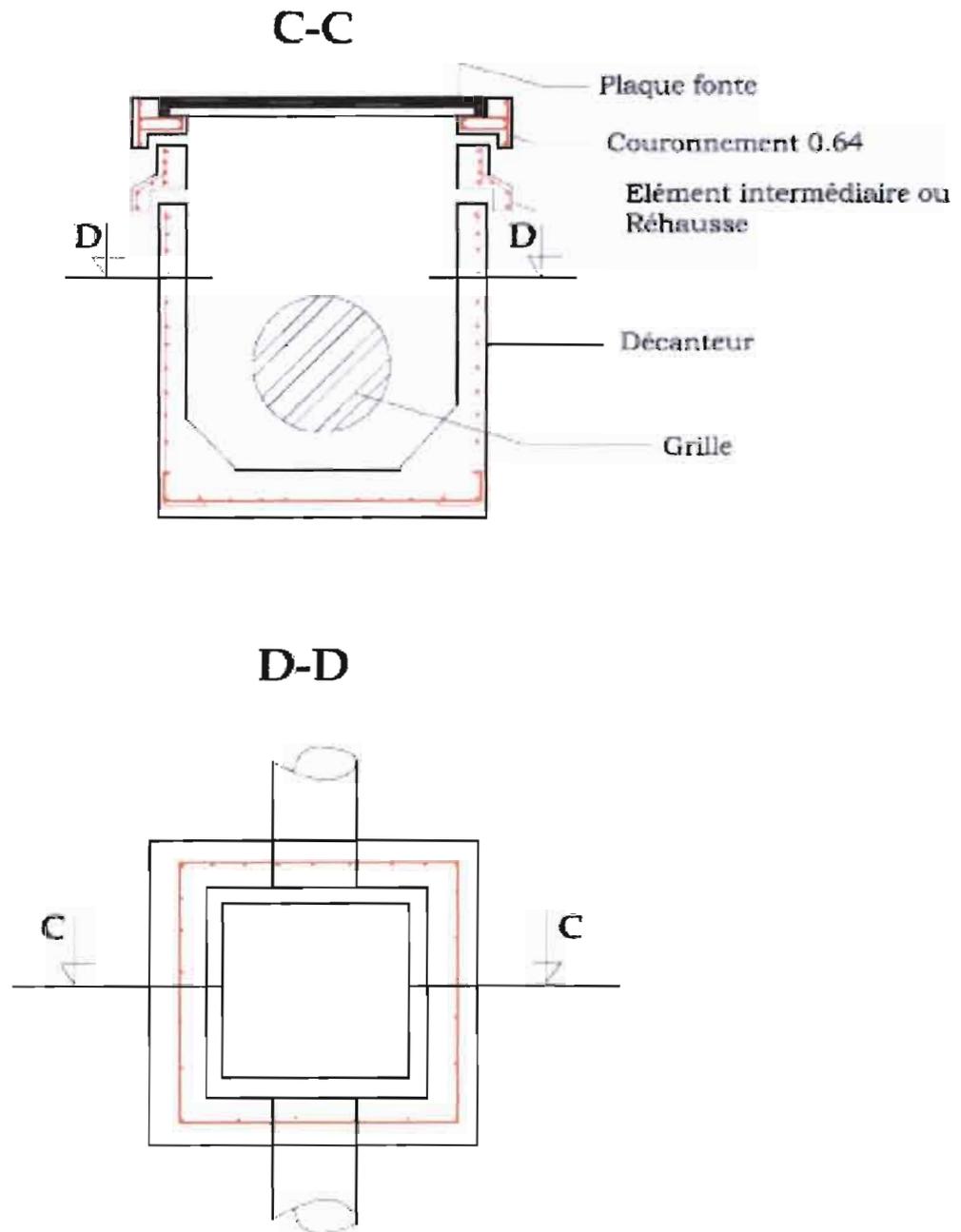
**ANNEXE 3: SCHEMA DE TRANSFERT ENTRE BASSINS**

<i>Bassin Amont</i>	<i>Basin Aval</i>	<i>section canal évacuateur</i>	<i>Tirant d'eau dans canal</i>	<i>Section mouillée (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Périmètre mouillé (m)</i>	<i>Rayon hydraulique (m)</i>	<i>longueur canal L (m)</i>	<i>cote amont (m)</i>	<i>cote aval (m)</i>	<i>Pente naturelle (m/m)</i>	<i>Pente projet (m/m)</i>	<i>Ks</i>	<i>Débit de fuite (m<sup>3</sup>/s)</i>
BS 16	BS 17	0.70 m x 0.80 m	0.6	0.42	1.9	0.22	2091	43	43	0.0000	0.003	70	0.59
BS 23	BS 24	1.00 m x 1.00 m	0.8	0.8	2.6	0.31	2018	42.5	40	0.0012	0.003	70	1.40
BS 15	BS 24	0.80 m x 1.00 m	0.8	0.64	2.4	0.27	1531	42.5	40	0.0016	0.003	70	1.02

**ANNEXE 4: CARACTERISTIQUES DES CANAUX DE VIDANGE**

<i>Bassin Amont</i>	<i>Bassin Aval</i>	<i>Coefficient Ruissellement C</i>	<i>Aire bassin (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Débit spécifique (mm/min)</i>	<i>Temps de remplissage (min)</i>	<i>Volume véhiculé par le canal (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Hauteur bassin (m)</i>	<i>Surface de rétention (m<sup>2</sup>)</i>
BS 16	BS 17	0.6	175400	3.36E-01	129	3952	2.50	1581
BS 23	BS 24	0.6	761800	1.84E-01	383	31393	2.50	12557
BS 15		0.6	503900	2.02E-01	318	18888	2.50	7555

**ANNEXE 5: REGARD DE SORTIE TYPE.**



**ANNEXE 6: PLAN TOPOGRAPHIQUE (COURBES DE NIVEAU)**

**ANNEXE 7: DECOUPAGE DES BASSINS VERSANTS ET DES SOUS-BASSINS**

**ANNEXE 9 : PLAN DU RESEAU EAUX USEES.**

**ANNEXE 10 : RESULTATS DE LA SIMULATION POUR QUELQUES TRONÇONS.**

**Dimensionnement EU**

Affaire : pfe

Situation actuelle

Méthode de dimensionnement Manning & Strickler

K (coeff. de Manning) = 80.00

Tronçon	Ø théorique	Ø	Pente m / m	Long m	Qm l / s	Qmr l / s	Qme l / s	Qmst l / s	Qpe l / s	Qpst l / s	Qpf l / s	VPS m / s	V 1/2 S m / s	V 2/10 S m / s
R1-R2	50	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	0.000	0.504	0.000	0.916	0.458	1.380	0.994	0.849
R2-R3	75	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	0.504	1.008	0.916	1.831	1.374	1.380	0.994	0.849
R3-R4	91	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	1.008	1.513	1.831	2.747	2.289	1.380	0.994	0.849
R4-R5	102	250	0.0030	83.000	62.537	0.418	1.513	1.931	2.747	3.507	3.127	1.380	0.994	0.849
R5-R6	112	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	1.931	2.435	3.507	4.423	3.965	1.380	0.994	0.849
R6-R7	121	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	2.435	2.940	4.423	5.339	4.881	1.380	0.994	0.849
R7-R8	129	250	0.0030	90.000	62.537	0.454	2.940	3.393	5.339	6.163	5.751	1.380	0.994	0.849
R8-R9	135	250	0.0030	90.000	62.537	0.454	3.393	3.847	6.163	6.987	6.575	1.380	0.994	0.849
R9-R10	141	250	0.0030	93.402	62.537	0.471	3.847	4.318	6.987	7.842	7.414	1.380	0.994	0.849
R10-R11	148	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	4.318	4.822	7.842	8.758	8.300	1.380	0.994	0.849
R11-R12	153	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	4.822	5.326	8.758	9.673	9.216	1.380	0.994	0.849
R12-R13	159	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	5.326	5.831	9.673	10.589	10.131	1.380	0.994	0.849
R13-R14	164	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	5.831	6.335	10.589	11.505	11.047	1.380	0.994	0.849
R14-R15	169	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	6.335	6.839	11.505	12.421	11.963	1.380	0.994	0.849
R15-R16	174	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	6.839	7.343	12.421	13.336	12.878	1.380	0.994	0.849
R16-R17	179	250	0.0030	117.000	62.537	0.590	7.343	7.933	13.336	14.408	13.872	1.380	0.994	0.849
R17-R18	183	250	0.0030	57.000	62.537	0.287	7.933	8.221	14.408	14.930	14.669	1.380	0.994	0.849
R18-R19	186	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	8.221	8.725	14.930	15.845	15.387	1.380	0.994	0.849
R19-R20	190	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	8.725	9.229	15.845	16.761	16.303	1.380	0.994	0.849
R20-R21	194	250	0.0030	75.000	62.537	0.378	9.229	9.607	16.761	17.448	17.104	1.380	0.994	0.849
R21-R22	197	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	9.607	10.111	17.448	18.363	17.906	1.380	0.994	0.849
R22-R23	201	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	10.111	10.615	18.363	19.279	18.821	1.380	0.994	0.849
R23-R24	204	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	10.615	11.120	19.279	20.195	19.737	1.380	0.994	0.849
R24-R25	208	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	11.120	11.624	20.195	21.111	20.653	1.380	0.994	0.849
R25-R26	211	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	11.624	12.128	21.111	22.026	21.568	1.380	0.994	0.849
R26-R27	214	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	12.128	12.632	22.026	22.942	22.484	1.380	0.994	0.849
R29-R30	50	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	0.000	0.504	0.000	0.916	0.458	1.380	0.994	0.849
R30-R31	75	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	0.504	1.008	0.916	1.831	1.374	1.380	0.994	0.849
R31-R32	91	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	1.008	1.513	1.831	2.747	2.289	1.380	0.994	0.849
R32-R33	103	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	1.513	2.017	2.747	3.663	3.205	1.380	0.994	0.849
R33-R34	114	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	2.017	2.521	3.663	4.578	4.121	1.380	0.994	0.849
R34-R35	122	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	2.521	3.025	4.578	5.494	5.036	1.380	0.994	0.849

Tronçon	Ø théorique	Ø	Pente m / m	Long m	Qm l/s	Qmr l/s	Qme l/s	Qmst l/s	Qpe l/s	Qpst l/s	Qpf l/s	VPS m/s	V 1/2 S m/s	V 2/10 S m/s
R35-R36	130	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	3.025	3.529	5.494	6.410	5.952	1.380	0.994	0.849
R36-R37	137	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	3.529	4.034	6.410	7.326	6.868	1.380	0.994	0.849
R37-R38	144	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	4.034	4.538	7.326	8.241	7.783	1.380	0.994	0.849
R38-R39	150	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	4.538	5.042	8.241	9.157	8.699	1.380	0.994	0.849
R39-R40	156	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	5.042	5.546	9.157	10.073	9.615	1.380	0.994	0.849
R40-R41	161	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	5.546	6.050	10.073	10.988	10.531	1.380	0.994	0.849
R41-R42	166	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	6.050	6.555	10.988	11.904	11.446	1.380	0.994	0.849
R42-R43	171	250	0.0030	93.000	62.537	0.469	6.555	7.024	11.904	12.756	12.330	1.380	0.994	0.849
R43-R44	176	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	7.024	7.528	12.756	13.671	13.214	1.380	0.994	0.849
R44-R45	180	250	0.0030	85.000	62.537	0.429	7.528	7.956	13.671	14.450	14.061	1.380	0.994	0.849
R45-R46	184	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	7.956	8.461	14.450	15.365	14.908	1.380	0.994	0.849
R46-R47	188	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	8.461	8.965	15.365	16.281	15.823	1.380	0.994	0.849
R47-R48	192	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	8.965	9.469	16.281	17.197	16.739	1.380	0.994	0.849
R48-R49	197	250	0.0030	138.185	62.537	0.697	9.469	10.166	17.197	18.462	17.830	1.380	0.994	0.849
R49-R50	254	315	0.0030	61.814	62.537	0.312	19.329	19.641	35.104	35.670	35.387	1.610	1.159	0.990
R50-R51	256	315	0.0030	100.000	62.537	0.504	19.641	20.145	35.670	36.586	36.128	1.610	1.159	0.990
R51-R52	259	315	0.0030	100.000	62.537	0.504	20.145	20.649	36.586	37.501	37.043	1.610	1.159	0.990
R52-R53	261	315	0.0030	100.000	62.537	0.504	20.649	21.153	37.501	38.417	37.959	1.610	1.159	0.990
R53-R54	263	315	0.0030	100.000	62.537	0.504	21.153	21.657	38.417	39.333	38.875	1.610	1.159	0.990
R54-R55	266	315	0.0030	127.000	62.537	0.640	21.657	22.298	39.333	40.496	39.914	1.610	1.159	0.990
R55-R56	311	315	0.0030	100.000	62.537	0.504	33.201	33.705	60.298	61.214	60.756	1.610	1.159	0.990
R56-R57	313	315	0.0030	70.000	62.537	0.353	33.705	34.058	61.214	61.855	61.534	1.610	1.159	0.990
R57-R58	353	400	0.0030	100.000	62.537	0.504	46.401	46.905	84.270	85.186	84.728	1.888	1.360	1.161
R58-R59	354	400	0.0030	100.000	62.537	0.504	46.905	47.409	85.186	86.102	85.644	1.888	1.360	1.161
R59-R60	355	400	0.0030	100.000	62.537	0.504	47.409	47.913	86.102	87.017	86.559	1.888	1.360	1.161
R60-R61	357	400	0.0030	100.000	62.537	0.504	47.913	48.418	87.017	87.933	87.475	1.888	1.360	1.161
R61-R62	358	400	0.0030	100.000	62.537	0.504	48.418	48.922	87.933	88.849	88.391	1.888	1.360	1.161
R27-R28	192	250	0.0058	91.137	62.537	0.460	12.632	13.092	22.942	23.777	23.359	1.926	1.387	1.185
R62-R28	360	400	0.0030	103.796	62.537	0.523	48.922	49.445	88.849	89.799	89.324	1.888	1.360	1.161
R63-R57	212	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	11.838	12.342	21.500	22.416	21.958	1.380	0.994	0.849
R64-R63	209	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	11.334	11.838	20.584	21.500	21.042	1.380	0.994	0.849
R65-R64	206	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	10.830	11.334	19.668	20.584	20.126	1.380	0.994	0.849
R66-R65	202	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	10.326	10.830	18.753	19.668	19.211	1.380	0.994	0.849
R67-R66	199	250	0.0030	95.948	62.537	0.484	9.842	10.326	17.874	18.753	18.313	1.380	0.994	0.849
R68-R67	195	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	9.338	9.842	16.958	17.874	17.416	1.380	0.994	0.849
R69-R68	192	250	0.0030	66.671	62.537	0.336	9.001	9.338	16.348	16.958	16.653	1.380	0.994	0.849
R70-R69	189	250	0.0030	71.976	62.537	0.363	8.639	9.001	15.689	16.348	16.018	1.380	0.994	0.849
R71-R70	185	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	8.134	8.639	14.773	15.689	15.231	1.380	0.994	0.849
R72-R71	181	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	7.630	8.134	13.857	14.773	14.315	1.380	0.994	0.849
R73-R72	177	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	7.126	7.630	12.942	13.857	13.400	1.380	0.994	0.849

Tronçon	Ø théorique	Ø	Pente m / m	Long m	Qm l / s	Qmr l / s	Qme l / s	Qmst l / s	Qpe l / s	Qpst l / s	Qpf l / s	VPS m / s	V 1/2 S m / s	V 2/10 S m / s
R74-R73	172	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	6.622	7.126	12.026	12.942	12.484	1.380	0.994	0.849
R75-R74	167	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	6.118	6.622	11.110	12.026	11.568	1.380	0.994	0.849
R76-R75	162	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	5.613	6.118	10.195	11.110	10.652	1.380	0.994	0.849
R77-R76	157	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	5.109	5.613	9.279	10.195	9.737	1.380	0.994	0.849
R78-R77	151	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	4.605	5.109	8.363	9.279	8.821	1.380	0.994	0.849
R79-R78	145	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	4.101	4.605	7.448	8.363	7.905	1.380	0.994	0.849
R80-R79	138	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	3.597	4.101	6.532	7.448	6.990	1.380	0.994	0.849
R81-R80	131	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	3.092	3.597	5.616	6.532	6.074	1.380	0.994	0.849
R82-R81	123	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	2.588	3.092	4.700	5.616	5.158	1.380	0.994	0.849
R83-R82	115	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	2.084	2.588	3.785	4.700	4.243	1.380	0.994	0.849
R84-R83	105	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	1.580	2.084	2.869	3.785	3.327	1.380	0.994	0.849
R85-R84	93	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	1.076	1.580	1.953	2.869	2.411	1.380	0.994	0.849
R86-R85	78	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	0.571	1.076	1.038	1.953	1.495	1.380	0.994	0.849
R87-R86	52	250	0.0030	113.314	62.537	0.571	0.000	0.571	0.000	1.038	0.519	1.380	0.994	0.849
R88-R55	203	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	10.399	10.904	18.887	19.802	19.345	1.380	0.994	0.849
R89-R88	199	250	0.0030	82.425	62.537	0.416	9.984	10.399	18.132	18.887	18.509	1.380	0.994	0.849
R90-R89	196	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	9.480	9.984	17.216	18.132	17.674	1.380	0.994	0.849
R91-R90	192	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	8.975	9.480	16.300	17.216	16.758	1.380	0.994	0.849
R92-R91	188	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	8.471	8.975	15.385	16.300	15.843	1.380	0.994	0.849
R93-R92	184	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	7.967	8.471	14.469	15.385	14.927	1.380	0.994	0.849
R94-R93	180	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	7.463	7.967	13.553	14.469	14.011	1.380	0.994	0.849
R95-R94	175	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	6.959	7.463	12.638	13.553	13.096	1.380	0.994	0.849
R96-R95	170	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	6.454	6.959	11.722	12.638	12.180	1.380	0.994	0.849
R97-R96	165	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	5.950	6.454	10.806	11.722	11.264	1.380	0.994	0.849
R98-R97	160	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	5.446	5.950	9.891	10.806	10.348	1.380	0.994	0.849
R99-R98	155	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	4.942	5.446	8.975	9.891	9.433	1.380	0.994	0.849
R100-R99	149	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	4.438	4.942	8.059	8.975	8.517	1.380	0.994	0.849
R101-R100	143	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	3.933	4.438	7.143	8.059	7.601	1.380	0.994	0.849
R102-R101	136	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	3.429	3.933	6.228	7.143	6.686	1.380	0.994	0.849
R103-R102	129	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	2.925	3.429	5.312	6.228	5.770	1.380	0.994	0.849
R104-R103	121	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	2.421	2.925	4.396	5.312	4.854	1.380	0.994	0.849
R105-R104	112	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	1.917	2.421	3.481	4.396	3.939	1.380	0.994	0.849
R106-R105	101	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	1.412	1.917	2.565	3.481	3.023	1.380	0.994	0.849
R107-R106	88	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	0.908	1.412	1.649	2.565	2.107	1.380	0.994	0.849
R108-R107	71	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	0.404	0.908	0.734	1.649	1.191	1.380	0.994	0.849
R109-R108	46	250	0.0030	80.113	62.537	0.404	0.000	0.404	0.000	0.734	0.367	1.380	0.994	0.849
R110-R49	189	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	8.659	9.163	15.726	16.642	16.184	1.380	0.994	0.849
R111-R110	185	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	8.155	8.659	14.810	15.726	15.268	1.380	0.994	0.849
R112-R111	181	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	7.651	8.155	13.895	14.810	14.352	1.380	0.994	0.849
R113-R112	177	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	7.146	7.651	12.979	13.895	13.437	1.380	0.994	0.849

Tronçon	Ø théorique	Ø	Pente m/m	Long m	Qm l/s	Qmr l/s	Qme l/s	Qmst l/s	Qpe l/s	Qpst l/s	Qpf l/s	VPS m/s	V 1/2 S m/s	V 2/10 S m/s
R114-R113	172	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	6.642	7.146	12.063	12.979	12.521	1.380	0.994	0.849
R115-R114	167	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	6.138	6.642	11.147	12.063	11.605	1.380	0.994	0.849
R116-R115	162	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	5.634	6.138	10.232	11.147	10.690	1.380	0.994	0.849
R117-R116	158	250	0.0030	62.000	62.537	0.313	5.321	5.634	9.664	10.232	9.948	1.380	0.994	0.849
R118-R117	153	250	0.0030	115.074	62.537	0.580	4.741	5.321	8.610	9.664	9.137	1.380	0.994	0.849
R119-R118	147	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	4.237	4.741	7.695	8.610	8.152	1.380	0.994	0.849
R120-R119	140	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	3.733	4.237	6.779	7.695	7.237	1.380	0.994	0.849
R121-R120	132	250	0.0030	119.764	62.537	0.604	3.129	3.733	5.682	6.779	6.231	1.380	0.994	0.849
R122-R121	124	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	2.625	3.129	4.767	5.682	5.224	1.380	0.994	0.849
R123-R122	115	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	2.120	2.625	3.851	4.767	4.309	1.380	0.994	0.849
R124-R123	105	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	1.616	2.120	2.935	3.851	3.393	1.380	0.994	0.849
R125-R124	94	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	1.112	1.616	2.019	2.935	2.477	1.380	0.994	0.849
R126-R125	79	250	0.0030	100.000	62.537	0.504	0.608	1.112	1.104	2.019	1.562	1.380	0.994	0.849
R127-R126	53	250	0.0030	120.534	62.537	0.608	0.000	0.608	0.000	1.104	0.552	1.380	0.994	0.849
R143-R144	68	250	0.0030	224.877	83.131	1.189	0.000	1.189	0.000	2.110	1.055	1.380	0.994	0.849
R144-R145	110	250	0.0030	363.829	83.131	1.924	1.189	3.113	2.110	5.523	3.817	1.380	0.994	0.849
R145-R146	189	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	8.808	9.336	15.626	16.565	16.095	1.380	0.994	0.849
R146-R147	193	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	9.336	9.865	16.565	17.503	17.034	1.380	0.994	0.849
R147-R148	197	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	9.865	10.394	17.503	18.441	17.972	1.380	0.994	0.849
R148-R149	201	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	10.394	10.923	18.441	19.379	18.910	1.380	0.994	0.849
R149-R150	206	250	0.0030	160.510	83.131	0.849	10.923	11.772	19.379	20.885	20.132	1.380	0.994	0.849
R151-R152	50	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	0.000	0.529	0.000	0.938	0.469	1.380	0.994	0.849
R152-R153	76	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	0.529	1.058	0.938	1.876	1.407	1.380	0.994	0.849
R153-R154	92	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	1.058	1.586	1.876	2.815	2.346	1.380	0.994	0.849
R154-R155	104	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	1.586	2.115	2.815	3.753	3.284	1.380	0.994	0.849
R155-R156	114	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	2.115	2.644	3.753	4.691	4.222	1.380	0.994	0.849
R156-R157	123	250	0.0030	82.568	83.131	0.437	2.644	3.081	4.691	5.466	5.079	1.380	0.994	0.849
R157-R158	168	250	0.0030	267.209	83.131	1.413	5.916	7.329	10.496	13.003	11.749	1.380	0.994	0.849
R158-R159	211	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	11.899	12.428	21.112	22.050	21.581	1.380	0.994	0.849
R159-R160	215	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	12.428	12.957	22.050	22.988	22.519	1.380	0.994	0.849
R160-R161	218	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	12.957	13.486	22.988	23.927	23.458	1.380	0.994	0.849
R161-R162	221	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	13.486	14.015	23.927	24.865	24.396	1.380	0.994	0.849
R162-R163	224	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	14.015	14.544	24.865	25.803	25.334	1.380	0.994	0.849
R163-R164	227	250	0.0030	72.256	83.131	0.382	14.544	14.926	25.803	26.481	26.142	1.380	0.994	0.849
R164-R165	260	315	0.0030	100.000	83.131	0.529	20.847	21.376	36.987	37.926	37.456	1.610	1.159	0.990
R165-R166	262	315	0.0030	100.000	83.131	0.529	21.376	21.905	37.926	38.864	38.395	1.610	1.159	0.990
R166-R167	264	315	0.0030	82.003	83.131	0.434	21.905	22.339	38.864	39.633	39.249	1.610	1.159	0.990
R168-R167	368	400	0.0030	82.454	83.131	0.436	53.375	53.811	94.697	95.471	95.084	1.888	1.360	1.161
R169-R157	119	250	0.0030	65.383	83.131	0.346	2.489	2.835	4.417	5.030	4.723	1.380	0.994	0.849
R170-R169	112	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	1.960	2.489	3.478	4.417	3.947	1.380	0.994	0.849

Tronçon	Ø théorique	Ø	Pente m / m	Long m	Qm l / s	Qmr l / s	Qme l / s	Qmst l / s	Qpe l / s	Qpst l / s	Qpf l / s	VPS m / s	V 1/2 S m / s	V 2/10 S m / s
R171-R170	101	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	1.432	1.960	2.540	3.478	3.009	1.380	0.994	0.849
R172-R171	88	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	0.903	1.432	1.602	2.540	2.071	1.380	0.994	0.849
R173-R172	70	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	0.374	0.903	0.664	1.602	1.133	1.380	0.994	0.849
R174-R173	44	250	0.0030	70.724	83.131	0.374	0.000	0.374	0.000	0.664	0.332	1.380	0.994	0.849
R175-R158	141	250	0.0030	151.880	83.131	0.803	3.767	4.571	6.684	8.109	7.397	1.380	0.994	0.849
R176-R175	132	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	3.239	3.767	5.746	6.684	6.215	1.380	0.994	0.849
R177-R176	124	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	2.710	3.239	4.808	5.746	5.277	1.380	0.994	0.849
R178-R177	116	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	2.181	2.710	3.869	4.808	4.339	1.380	0.994	0.849
R179-R178	106	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	1.652	2.181	2.931	3.869	3.400	1.380	0.994	0.849
R180-R179	94	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	1.123	1.652	1.993	2.931	2.462	1.380	0.994	0.849
R181-R180	78	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	0.594	1.123	1.055	1.993	1.524	1.380	0.994	0.849
R182-R181	53	250	0.0030	112.410	83.131	0.594	0.000	0.594	0.000	1.055	0.527	1.380	0.994	0.849
R183-R164	158	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	5.393	5.922	9.568	10.506	10.037	1.380	0.994	0.849
R184-R183	153	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	4.864	5.393	8.630	9.568	9.099	1.380	0.994	0.849
R185-R184	147	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	4.335	4.864	7.692	8.630	8.161	1.380	0.994	0.849
R186-R185	140	250	0.0030	93.269	83.131	0.493	3.842	4.335	6.816	7.692	7.254	1.380	0.994	0.849
R187-R186	136	250	0.0030	17.044	83.131	0.090	3.752	3.842	6.657	6.816	6.737	1.380	0.994	0.849
R188-R187	132	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	3.223	3.752	5.718	6.657	6.187	1.380	0.994	0.849
R189-R188	124	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	2.694	3.223	4.780	5.718	5.249	1.380	0.994	0.849
R190-R189	115	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	2.165	2.694	3.842	4.780	4.311	1.380	0.994	0.849
R191-R190	105	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	1.637	2.165	2.904	3.842	3.373	1.380	0.994	0.849
R192-R191	93	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	1.108	1.637	1.965	2.904	2.435	1.380	0.994	0.849
R193-R192	78	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	0.579	1.108	1.027	1.965	1.496	1.380	0.994	0.849
R194-R193	52	250	0.0030	109.478	83.131	0.579	0.000	0.579	0.000	1.027	0.514	1.380	0.994	0.849
R195-R167	167	250	0.0030	192.420	83.131	1.018	5.963	6.981	10.580	12.386	11.483	1.380	0.994	0.849
R196-R195	159	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	5.435	5.963	9.642	10.580	10.111	1.380	0.994	0.849
R197-R196	153	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	4.906	5.435	8.704	9.642	9.173	1.380	0.994	0.849
R198-R197	147	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	4.377	4.906	7.765	8.704	8.235	1.380	0.994	0.849
R199-R198	141	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	3.848	4.377	6.827	7.765	7.296	1.380	0.994	0.849
R200-R199	134	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	3.319	3.848	5.889	6.827	6.358	1.380	0.994	0.849
R201-R200	126	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	2.790	3.319	4.951	5.889	5.420	1.380	0.994	0.849
R202-R201	117	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	2.262	2.790	4.013	4.951	4.482	1.380	0.994	0.849
R203-R202	107	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	1.733	2.262	3.074	4.013	3.543	1.380	0.994	0.849
R204-R203	96	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	1.204	1.733	2.136	3.074	2.605	1.380	0.994	0.849
R205-R204	81	250	0.0030	100.000	83.131	0.529	0.675	1.204	1.198	2.136	1.667	1.380	0.994	0.849
R206-R205	55	250	0.0030	127.665	83.131	0.675	0.000	0.675	0.000	1.198	0.599	1.380	0.994	0.849
R207-R168	366	400	0.0030	237.618	83.131	1.257	52.118	53.375	92.468	94.697	93.583	1.888	1.360	1.161
R208-R207	179	250	0.0030	128.047	83.131	0.677	7.542	8.219	13.380	14.582	13.981	1.380	0.994	0.849
R209-R208	174	250	0.0030	119.537	83.131	0.632	6.909	7.542	12.259	13.380	12.819	1.380	0.994	0.849
R210-R209	168	250	0.0030	111.366	83.131	0.589	6.321	6.909	11.214	12.259	11.736	1.380	0.994	0.849

Tronçon	Ø théorique	Ø	Pente m / m	Long m	Qm l / s	Qmr l / s	Qme l / s	Qmst l / s	Qpe l / s	Qpst l / s	Qpf l / s	VPS m / s	V 1/2 S m / s	V 2/10 S m / s
R211-R210	162	250	0.0030	102.583	83.131	0.542	5.778	6.321	10.251	11.214	10.733	1.380	0.994	0.849
R212-R211	157	250	0.0030	101.712	83.131	0.538	5.240	5.778	9.297	10.251	9.774	1.380	0.994	0.849
R213-R212	151	250	0.0030	105.643	83.131	0.559	4.681	5.240	8.306	9.297	8.801	1.380	0.994	0.849
R214-R213	145	250	0.0030	93.192	83.131	0.493	4.189	4.681	7.432	8.306	7.869	1.380	0.994	0.849
R215-R214	138	250	0.0030	103.484	83.131	0.547	3.641	4.189	6.461	7.432	6.946	1.380	0.994	0.849
R216-R215	128	250	0.0030	153.762	83.131	0.813	2.828	3.641	5.018	6.461	5.739	1.380	0.994	0.849
R217-R216	118	250	0.0030	99.525	83.131	0.526	2.302	2.828	4.084	5.018	4.551	1.380	0.994	0.849
R218-R217	109	250	0.0030	80.271	83.131	0.424	1.877	2.302	3.331	4.084	3.708	1.380	0.994	0.849
R219-R218	101	250	0.0030	62.119	83.131	0.328	1.549	1.877	2.748	3.331	3.040	1.380	0.994	0.849
R220-R219	90	250	0.0030	114.624	83.131	0.606	0.943	1.549	1.673	2.748	2.210	1.380	0.994	0.849
R221-R220	62	250	0.0030	178.289	83.131	0.943	0.000	0.943	0.000	1.673	0.836	1.380	0.994	0.849
R223-R207	341	400	0.0030	87.635	83.131	0.463	43.436	43.900	77.064	77.886	77.475	1.888	1.360	1.161
R224-R223	339	400	0.0030	168.844	83.131	0.893	42.543	43.436	75.480	77.064	76.272	1.888	1.360	1.161
R225-R224	336	400	0.0030	138.064	83.131	0.730	41.813	42.543	74.185	75.480	74.832	1.888	1.360	1.161
R226-R225	182	250	0.0030	251.696	83.131	1.331	7.499	8.830	13.304	15.666	14.485	1.380	0.994	0.849
R227-R226	174	250	0.0030	68.252	83.131	0.361	7.138	7.499	12.664	13.304	12.984	1.380	0.994	0.849
R228-R227	168	250	0.0030	190.845	83.131	1.009	6.129	7.138	10.873	12.664	11.769	1.380	0.994	0.849
R229-R228	158	250	0.0030	204.481	83.131	1.081	5.047	6.129	8.955	10.873	9.914	1.380	0.994	0.849
R230-R229	148	250	0.0030	109.324	83.131	0.578	4.469	5.047	7.929	8.955	8.442	1.380	0.994	0.849
R231-R230	141	250	0.0030	107.465	83.131	0.568	3.901	4.469	6.921	7.929	7.425	1.380	0.994	0.849
R232-R231	135	250	0.0030	79.132	83.131	0.418	3.482	3.901	6.178	6.921	6.550	1.380	0.994	0.849
R233-R232	129	250	0.0030	92.810	83.131	0.491	2.992	3.482	5.308	6.178	5.743	1.380	0.994	0.849
R234-R233	119	250	0.0030	133.630	83.131	0.707	2.285	2.992	4.054	5.308	4.681	1.380	0.994	0.849
R235-R234	110	250	0.0030	46.654	83.131	0.247	2.038	2.285	3.616	4.054	3.835	1.380	0.994	0.849
R236-R235	95	250	0.0030	217.826	83.131	1.152	0.886	2.038	1.572	3.616	2.594	1.380	0.994	0.849
R237-R236	61	250	0.0030	167.580	83.131	0.886	0.000	0.886	0.000	1.572	0.786	1.380	0.994	0.849
R238-R225	306	315	0.0030	146.720	83.131	0.776	32.208	32.983	57.142	58.519	57.831	1.610	1.159	0.990
R239-R238	303	315	0.0030	168.213	83.131	0.890	31.318	32.208	55.564	57.142	56.353	1.610	1.159	0.990
R240-R239	300	315	0.0030	101.167	83.131	0.535	30.783	31.318	54.615	55.564	55.090	1.610	1.159	0.990
R241-R240	182	250	0.0030	125.912	83.131	0.666	7.863	8.529	13.951	15.132	14.542	1.380	0.994	0.849
R242-R241	177	250	0.0030	96.498	83.131	0.510	7.353	7.863	13.046	13.951	13.498	1.380	0.994	0.849
R243-R242	172	250	0.0030	97.925	83.131	0.518	6.835	7.353	12.127	13.046	12.586	1.380	0.994	0.849
R244-R243	168	250	0.0030	96.215	83.131	0.509	6.326	6.835	11.224	12.127	11.676	1.380	0.994	0.849
R245-R244	163	250	0.0030	99.893	83.131	0.528	5.798	6.326	10.287	11.224	10.756	1.380	0.994	0.849
R246-R245	157	250	0.0030	102.662	83.131	0.543	5.255	5.798	9.324	10.287	9.805	1.380	0.994	0.849
R247-R246	151	250	0.0030	100.747	83.131	0.533	4.722	5.255	8.379	9.324	8.851	1.380	0.994	0.849
R248-R247	145	250	0.0030	101.704	83.131	0.538	4.185	4.722	7.424	8.379	7.901	1.380	0.994	0.849
R249-R248	139	250	0.0030	78.990	83.131	0.418	3.767	4.185	6.683	7.424	7.054	1.380	0.994	0.849
R250-R249	131	250	0.0030	131.676	83.131	0.696	3.071	3.767	5.448	6.683	6.065	1.380	0.994	0.849
R251-R250	121	250	0.0030	115.357	83.131	0.610	2.461	3.071	4.365	5.448	4.907	1.380	0.994	0.849

Tronçon	Ø théorique	Ø	Pente m / m	Long m	Qm l / s	Qmr l / s	Qme l / s	Qmst l / s	Qpe l / s	Qpst l / s	Qpf l / s	VPS m / s	V 1/2 S m / s	V 2/10 S m / s
R252-R251	110	250	0.0030	118.257	83.131	0.625	1.835	2.461	3.256	4.365	3.811	1.380	0.994	0.849
R253-R252	97	250	0.0030	114.259	83.131	0.604	1.231	1.835	2.184	3.256	2.720	1.380	0.994	0.849
R254-R253	81	250	0.0030	113.588	83.131	0.601	0.630	1.231	1.118	2.184	1.651	1.380	0.994	0.849
R255-R254	54	250	0.0030	119.176	83.131	0.630	0.000	0.630	0.000	1.118	0.559	1.380	0.994	0.849
R256-R240	264	315	0.0030	86.852	83.131	0.459	21.794	22.254	38.668	39.483	39.075	1.610	1.159	0.990
R257-R256	262	315	0.0030	90.027	83.131	0.476	21.318	21.794	37.823	38.668	38.245	1.610	1.159	0.990
R258-R257	259	315	0.0030	98.041	83.131	0.518	20.800	21.318	36.903	37.823	37.363	1.610	1.159	0.990
R259-R258	257	315	0.0030	110.947	83.131	0.587	20.213	20.800	35.862	36.903	36.383	1.610	1.159	0.990
R260-R259	254	315	0.0030	100.234	83.131	0.530	19.683	20.213	34.922	35.862	35.392	1.610	1.159	0.990
R150-R260	251	250	0.0030	148.005	83.131	0.783	18.900	19.683	33.533	34.922	34.227	1.380	0.994	0.849
R261-R150	170	250	0.0030	123.325	83.131	0.652	6.477	7.129	11.491	12.648	12.069	1.380	0.994	0.849
R262-R261	164	250	0.0030	98.738	83.131	0.522	5.954	6.477	10.564	11.491	11.028	1.380	0.994	0.849
R263-R262	159	250	0.0030	101.114	83.131	0.535	5.420	5.954	9.616	10.564	10.090	1.380	0.994	0.849
R264-R263	150	250	0.0030	201.550	83.131	1.066	4.354	5.420	7.725	9.616	8.670	1.380	0.994	0.849
R265-R264	140	250	0.0030	108.602	83.131	0.574	3.780	4.354	6.706	7.725	7.215	1.380	0.994	0.849
R266-R265	132	250	0.0030	121.628	83.131	0.643	3.136	3.780	5.565	6.706	6.135	1.380	0.994	0.849
R267-R266	123	250	0.0030	107.021	83.131	0.566	2.570	3.136	4.560	5.565	5.063	1.380	0.994	0.849
R268-R267	111	250	0.0030	137.604	83.131	0.728	1.843	2.570	3.269	4.560	3.915	1.380	0.994	0.849
R269-R268	93	250	0.0030	175.349	83.131	0.927	0.915	1.843	1.624	3.269	2.447	1.380	0.994	0.849
R270-R269	62	250	0.0030	173.115	83.131	0.915	0.000	0.915	0.000	1.624	0.812	1.380	0.994	0.849
R271-R145	138	250	0.0030	163.541	83.131	0.865	3.484	4.349	6.181	7.715	6.948	1.380	0.994	0.849
R272-R271	128	250	0.0030	96.357	83.131	0.510	2.974	3.484	5.277	6.181	5.729	1.380	0.994	0.849
R273-R272	119	250	0.0030	134.506	83.131	0.711	2.263	2.974	4.015	5.277	4.646	1.380	0.994	0.849
R274-R273	106	250	0.0030	132.080	83.131	0.698	1.564	2.263	2.776	4.015	3.395	1.380	0.994	0.849
R275-R274	87	250	0.0030	163.624	83.131	0.865	0.699	1.564	1.241	2.776	2.008	1.380	0.994	0.849
R276-R275	56	250	0.0030	132.217	83.131	0.699	0.000	0.699	0.000	1.241	0.620	1.380	0.994	0.849
R277-R145	84	250	0.0030	117.994	83.131	0.624	0.722	1.346	1.280	2.388	1.834	1.380	0.994	0.849
R278-R277	56	250	0.0030	136.473	83.131	0.722	0.000	0.722	0.000	1.280	0.640	1.380	0.994	0.849
R285-R284	278	315	0.0030	248.998	113.710	0.880	25.570	26.450	44.350	45.876	45.113	1.610	1.159	0.990
R286-R285	254	315	0.0030	211.790	113.710	0.749	19.987	20.736	34.667	35.965	35.316	1.610	1.159	0.990
R287-R286	251	250	0.0030	163.750	113.710	0.579	19.408	19.987	33.662	34.667	34.164	1.380	0.994	0.849
R288-R287	249	250	0.0030	82.811	113.710	0.293	19.115	19.408	33.155	33.662	33.409	1.380	0.994	0.849
R289-R288	226	250	0.0030	92.477	113.710	0.327	14.772	15.099	25.622	26.189	25.905	1.380	0.994	0.849
R290-R289	224	250	0.0030	86.267	113.710	0.305	14.467	14.772	25.093	25.622	25.357	1.380	0.994	0.849
R291-R290	222	250	0.0030	115.194	113.710	0.407	14.060	14.467	24.386	25.093	24.740	1.380	0.994	0.849
R292-R291	220	250	0.0030	118.809	113.710	0.420	13.640	14.060	23.658	24.386	24.022	1.380	0.994	0.849
R293-R292	180	250	0.0030	157.038	113.710	0.555	7.818	8.373	13.559	14.522	14.041	1.380	0.994	0.849
R294-R293	175	250	0.0030	139.471	113.710	0.493	7.325	7.818	12.704	13.559	13.132	1.380	0.994	0.849
R295-R294	171	250	0.0030	106.178	113.710	0.375	6.949	7.325	12.053	12.704	12.379	1.380	0.994	0.849
R296-R295	95	250	0.0030	155.312	113.710	0.549	1.219	1.768	2.114	3.066	2.590	1.380	0.994	0.849

Tronçon	Ø théorique	Ø	Pente m / m	Long m	Qm l / s	Qmr l / s	Qme l / s	Qmst l / s	Qpe l / s	Qpst l / s	Qpf l / s	VPS m / s	V 1/2 S m / s	V 2/10 S m / s
R297-R296	80	250	0.0030	166.024	113.710	0.587	0.632	1.219	1.096	2.114	1.605	1.380	0.994	0.849
R298-R297	53	250	0.0030	178.680	113.710	0.632	0.000	0.632	0.000	1.096	0.548	1.380	0.994	0.849
R284-R299	301	315	0.0030	233.513	113.710	0.826	31.604	32.430	54.816	56.248	55.532	1.610	1.159	0.990
R299-R300	304	315	0.0030	210.880	113.710	0.746	32.430	33.175	56.248	57.541	56.894	1.610	1.159	0.990
R300-R301	307	315	0.0030	300.374	113.710	1.062	33.175	34.237	57.541	59.383	58.462	1.610	1.159	0.990
R301-R302	352	400	0.0030	177.655	113.710	0.628	48.214	48.842	83.625	84.714	84.170	1.888	1.360	1.161
R303-R302	376	400	0.0030	150.867	113.710	0.533	57.834	58.367	100.310	101.235	100.772	1.888	1.360	1.161
R304-R303	342	400	0.0030	136.991	113.710	0.484	44.838	45.323	77.770	78.609	78.189	1.888	1.360	1.161
R305-R304	309	315	0.0030	120.360	113.710	0.425	34.261	34.686	59.423	60.161	59.792	1.610	1.159	0.990
R306-R305	308	315	0.0030	143.526	113.710	0.507	33.753	34.261	58.543	59.423	58.983	1.610	1.159	0.990
R307-R306	175	250	0.0030	308.542	113.710	1.091	7.020	8.111	12.176	14.068	13.122	1.380	0.994	0.849
R308-R307	156	250	0.0030	192.678	113.710	0.681	5.239	5.920	9.086	10.268	9.677	1.380	0.994	0.849
R309-R308	149	250	0.0030	207.172	113.710	0.732	4.506	5.239	7.816	9.086	8.451	1.380	0.994	0.849
R310-R309	106	250	0.0030	322.943	113.710	1.142	1.411	2.552	2.447	4.427	3.437	1.380	0.994	0.849
R311-R295	149	250	0.0030	155.072	113.710	0.548	4.633	5.182	8.036	8.987	8.512	1.380	0.994	0.849
R312-R311	142	250	0.0030	181.956	113.710	0.643	3.990	4.633	6.921	8.036	7.478	1.380	0.994	0.849
R313-R312	134	250	0.0030	143.747	113.710	0.508	3.482	3.990	6.039	6.921	6.480	1.380	0.994	0.849
R314-R313	125	250	0.0030	232.317	113.710	0.821	2.661	3.482	4.615	6.039	5.327	1.380	0.994	0.849
R315-R314	113	250	0.0030	162.146	113.710	0.573	2.087	2.661	3.621	4.615	4.118	1.380	0.994	0.849
R316-R315	99	250	0.0030	251.597	113.710	0.889	1.198	2.087	2.078	3.621	2.849	1.380	0.994	0.849
R317-R316	68	250	0.0030	338.873	113.710	1.198	0.000	1.198	0.000	2.078	1.039	1.380	0.994	0.849
R318-R292	150	250	0.0030	149.070	113.710	0.527	4.740	5.267	8.222	9.136	8.679	1.380	0.994	0.849
R319-R318	143	250	0.0030	185.764	113.710	0.657	4.084	4.740	7.083	8.222	7.652	1.380	0.994	0.849
R320-R319	136	250	0.0030	141.883	113.710	0.502	3.582	4.084	6.213	7.083	6.648	1.380	0.994	0.849
R321-R320	128	250	0.0030	157.861	113.710	0.558	3.024	3.582	5.245	6.213	5.729	1.380	0.994	0.849
R322-R321	120	250	0.0030	134.849	113.710	0.477	2.547	3.024	4.418	5.245	4.831	1.380	0.994	0.849
R323-R322	114	250	0.0030	85.854	113.710	0.304	2.244	2.547	3.892	4.418	4.155	1.380	0.994	0.849
R324-R323	106	250	0.0030	155.090	113.710	0.548	1.695	2.244	2.941	3.892	3.416	1.380	0.994	0.849
R325-R324	95	250	0.0030	120.798	113.710	0.427	1.268	1.695	2.200	2.941	2.570	1.380	0.994	0.849
R326-R325	83	250	0.0030	125.050	113.710	0.442	0.826	1.268	1.433	2.200	1.817	1.380	0.994	0.849
R327-R326	59	250	0.0030	233.730	113.710	0.826	0.000	0.826	0.000	1.433	0.717	1.380	0.994	0.849
R328-R288	135	250	0.0030	147.093	113.710	0.520	3.496	4.016	6.064	6.966	6.515	1.380	0.994	0.849
R329-R328	128	250	0.0030	121.863	113.710	0.431	3.065	3.496	5.317	6.064	5.691	1.380	0.994	0.849
R330-R329	121	250	0.0030	139.129	113.710	0.492	2.574	3.065	4.464	5.317	4.890	1.380	0.994	0.849
R331-R330	113	250	0.0030	125.484	113.710	0.444	2.130	2.574	3.694	4.464	4.079	1.380	0.994	0.849
R332-R331	105	250	0.0030	105.464	113.710	0.373	1.757	2.130	3.048	3.694	3.371	1.380	0.994	0.849
R333-R332	97	250	0.0030	112.058	113.710	0.396	1.361	1.757	2.361	3.048	2.704	1.380	0.994	0.849
R334-R333	86	250	0.0030	126.342	113.710	0.447	0.914	1.361	1.586	2.361	1.973	1.380	0.994	0.849
R335-R334	70	250	0.0030	144.994	113.710	0.513	0.402	0.914	0.697	1.586	1.141	1.380	0.994	0.849
R336-R335	45	250	0.0030	113.661	113.710	0.402	0.000	0.402	0.000	0.697	0.348	1.380	0.994	0.849

Tronçon	Ø théorique	Ø	Pente m / m	Long m	Qm l / s	Qmr l / s	Qme l / s	Qmst l / s	Qpe l / s	Qpst l / s	Qpf l / s	VPS m / s	V 1/2 S m / s	V 2/10 S m / s
R337-R285	146	250	0.0030	87.953	113.710	0.311	4.523	4.834	7.845	8.385	8.115	1.380	0.994	0.849
R338-R337	143	250	0.0030	60.438	113.710	0.214	4.310	4.523	7.475	7.845	7.660	1.380	0.994	0.849
R339-R338	141	250	0.0030	61.115	113.710	0.216	4.093	4.310	7.100	7.475	7.287	1.380	0.994	0.849
R340-R339	138	250	0.0030	65.383	113.710	0.231	3.862	4.093	6.699	7.100	6.899	1.380	0.994	0.849
R341-R340	135	250	0.0030	67.246	113.710	0.238	3.625	3.862	6.287	6.699	6.493	1.380	0.994	0.849
R342-R341	131	250	0.0030	65.710	113.710	0.232	3.392	3.625	5.884	6.287	6.085	1.380	0.994	0.849
R343-R342	128	250	0.0030	71.517	113.710	0.253	3.140	3.392	5.445	5.884	5.665	1.380	0.994	0.849
R344-R343	124	250	0.0030	59.925	113.710	0.212	2.928	3.140	5.078	5.445	5.262	1.380	0.994	0.849
R345-R344	120	250	0.0030	98.053	113.710	0.347	2.581	2.928	4.477	5.078	4.777	1.380	0.994	0.849
R346-R345	114	250	0.0030	100.964	113.710	0.357	2.224	2.581	3.858	4.477	4.167	1.380	0.994	0.849
R347-R346	106	250	0.0030	144.194	113.710	0.510	1.714	2.224	2.973	3.858	3.415	1.380	0.994	0.849
R348-R347	97	250	0.0030	84.947	113.710	0.300	1.414	1.714	2.453	2.973	2.713	1.380	0.994	0.849
R349-R348	90	250	0.0030	71.517	113.710	0.253	1.161	1.414	2.014	2.453	2.233	1.380	0.994	0.849
R350-R349	84	250	0.0030	62.985	113.710	0.223	0.939	1.161	1.628	2.014	1.821	1.380	0.994	0.849
R351-R350	75	250	0.0030	91.925	113.710	0.325	0.614	0.939	1.064	1.628	1.346	1.380	0.994	0.849
R352-R351	53	250	0.0030	173.562	113.710	0.614	0.000	0.614	0.000	1.064	0.532	1.380	0.994	0.849
R353-R284	150	250	0.0030	83.834	113.710	0.296	4.858	5.154	8.426	8.940	8.683	1.380	0.994	0.849
R354-R353	147	250	0.0030	83.123	113.710	0.294	4.564	4.858	7.916	8.426	8.171	1.380	0.994	0.849
R355-R354	142	250	0.0030	124.559	113.710	0.440	4.124	4.564	7.152	7.916	7.534	1.380	0.994	0.849
R356-R355	137	250	0.0030	123.367	113.710	0.436	3.688	4.124	6.396	7.152	6.774	1.380	0.994	0.849
R357-R356	131	250	0.0030	103.600	113.710	0.366	3.321	3.688	5.761	6.396	6.078	1.380	0.994	0.849
R358-R357	126	250	0.0030	105.173	113.710	0.372	2.949	3.321	5.116	5.761	5.438	1.380	0.994	0.849
R359-R358	120	250	0.0030	98.082	113.710	0.347	2.603	2.949	4.514	5.116	4.815	1.380	0.994	0.849
R360-R359	114	250	0.0030	99.663	113.710	0.352	2.250	2.603	3.903	4.514	4.209	1.380	0.994	0.849
R361-R360	106	250	0.0030	144.325	113.710	0.510	1.740	2.250	3.018	3.903	3.461	1.380	0.994	0.849
R362-R361	95	250	0.0030	154.995	113.710	0.548	1.192	1.740	2.068	3.018	2.543	1.380	0.994	0.849
R363-R362	79	250	0.0030	164.872	113.710	0.583	0.609	1.192	1.057	2.068	1.562	1.380	0.994	0.849
R364-R363	53	250	0.0030	172.385	113.710	0.609	0.000	0.609	0.000	1.057	0.528	1.380	0.994	0.849
R365-R301	220	250	0.0030	75.422	113.710	0.267	13.710	13.977	23.780	24.242	24.011	1.380	0.994	0.849
R366-R365	218	250	0.0030	50.401	113.710	0.178	13.532	13.710	23.471	23.780	23.625	1.380	0.994	0.849
R367-R366	207	250	0.0030	156.120	113.710	0.552	11.471	12.023	19.896	20.854	20.375	1.380	0.994	0.849
R368-R367	203	250	0.0030	149.496	113.710	0.528	10.943	11.471	18.980	19.896	19.438	1.380	0.994	0.849
R369-R368	199	250	0.0030	168.728	113.710	0.596	10.346	10.943	17.945	18.980	18.462	1.380	0.994	0.849
R370-R369	195	250	0.0030	149.805	113.710	0.530	9.817	10.346	17.027	17.945	17.486	1.380	0.994	0.849
R371-R370	185	250	0.0030	204.688	113.710	0.724	8.397	9.121	14.565	15.820	15.192	1.380	0.994	0.849
R372-R371	178	250	0.0030	311.504	113.710	1.101	7.296	8.397	12.655	14.565	13.610	1.380	0.994	0.849
R373-R372	157	250	0.0030	265.236	113.710	0.938	5.201	6.139	9.022	10.648	9.835	1.380	0.994	0.849
R374-R373	147	250	0.0030	237.043	113.710	0.838	4.363	5.201	7.568	9.022	8.295	1.380	0.994	0.849
R375-R374	140	250	0.0030	137.515	113.710	0.486	3.877	4.363	6.725	7.568	7.147	1.380	0.994	0.849
R376-R375	131	250	0.0030	238.131	113.710	0.842	3.035	3.877	5.265	6.725	5.995	1.380	0.994	0.849

Tronçon	Ø théorique	Ø	Pente m / m	Long m	Qm l/s	Qmr l/s	Qme l/s	Qmst l/s	Qpe l/s	Qpst l/s	Qpf l/s	VPS m/s	V 1/2 S m/s	V 2/10 S m/s
R377-R376	118	250	0.0030	213.414	113.710	0.754	2.281	3.035	3.956	5.265	4.611	1.380	0.994	0.849
R378-R377	104	250	0.0030	231.182	113.710	0.817	1.464	2.281	2.539	3.956	3.247	1.380	0.994	0.849
R379-R378	85	250	0.0030	200.626	113.710	0.709	0.754	1.464	1.309	2.539	1.924	1.380	0.994	0.849
R380-R379	57	250	0.0030	213.414	113.710	0.754	0.000	0.754	0.000	1.309	0.654	1.380	0.994	0.849
R381-R386	90	250	0.0030	130.824	113.710	0.462	1.046	1.509	1.815	2.617	2.216	1.380	0.994	0.849
R382-R381	75	250	0.0030	145.532	113.710	0.514	0.532	1.046	0.923	1.815	1.369	1.380	0.994	0.849
R383-R382	50	250	0.0030	150.459	113.710	0.532	0.000	0.532	0.000	0.923	0.461	1.380	0.994	0.849
R384-R307	78	250	0.0030	127.395	113.710	0.450	0.650	1.100	1.128	1.909	1.518	1.380	0.994	0.849
R385-R384	65	250	0.0030	67.444	113.710	0.238	0.412	0.650	0.714	1.128	0.921	1.380	0.994	0.849
R386-R385	45	250	0.0030	116.451	113.710	0.412	0.000	0.412	0.000	0.714	0.357	1.380	0.994	0.849
R388-R303	209	250	0.0030	242.672	113.710	0.858	11.653	12.511	20.212	21.700	20.956	1.380	0.994	0.849
R389-R388	204	250	0.0030	198.719	113.710	0.703	10.951	11.653	18.994	20.212	19.603	1.380	0.994	0.849
R390-R389	199	250	0.0030	209.614	113.710	0.741	10.210	10.951	17.709	18.994	18.351	1.380	0.994	0.849
R391-R390	180	250	0.0030	209.303	113.710	0.740	7.745	8.485	13.434	14.717	14.076	1.380	0.994	0.849
R392-R391	174	250	0.0030	152.989	113.710	0.541	7.205	7.745	12.498	13.434	12.965	1.380	0.994	0.849
R393-R392	168	250	0.0030	264.141	113.710	0.934	6.271	7.205	10.876	12.498	11.686	1.380	0.994	0.849
R394-R393	160	250	0.0030	213.142	113.710	0.753	5.517	6.271	9.569	10.876	10.223	1.380	0.994	0.849
R395-R394	153	250	0.0030	129.387	113.710	0.457	5.060	5.517	8.776	9.569	9.173	1.380	0.994	0.849
R396-R395	146	250	0.0030	212.731	113.710	0.752	4.308	5.060	7.472	8.776	8.124	1.380	0.994	0.849
R397-R396	117	250	0.0030	219.244	113.710	0.775	2.188	2.963	3.795	5.140	4.467	1.380	0.994	0.849
R398-R397	103	250	0.0030	209.303	113.710	0.740	1.448	2.188	2.512	3.795	3.154	1.380	0.994	0.849
R399-R398	83	250	0.0030	238.034	113.710	0.841	0.607	1.448	1.052	2.512	1.782	1.380	0.994	0.849
R400-R399	52	250	0.0030	171.632	113.710	0.607	0.000	0.607	0.000	1.052	0.526	1.380	0.994	0.849
R401-R306	276	315	0.0030	92.832	113.710	0.328	25.314	25.642	43.906	44.475	44.191	1.610	1.159	0.990
R402-R401	204	250	0.0030	160.234	113.710	0.566	11.056	11.622	19.175	20.158	19.666	1.380	0.994	0.849
R403-R402	200	250	0.0030	177.395	113.710	0.627	10.428	11.056	18.088	19.175	18.631	1.380	0.994	0.849
R404-R403	195	250	0.0030	164.726	113.710	0.582	9.846	10.428	17.078	18.088	17.583	1.380	0.994	0.849
R405-R404	191	250	0.0030	145.572	113.710	0.515	9.331	9.846	16.185	17.078	16.631	1.380	0.994	0.849
R406-R405	187	250	0.0030	195.981	113.710	0.693	8.639	9.331	14.983	16.185	15.584	1.380	0.994	0.849
R407-R406	182	250	0.0030	145.711	113.710	0.515	8.124	8.639	14.090	14.983	14.537	1.380	0.994	0.849
R408-R407	136	250	0.0030	175.425	113.710	0.620	3.525	4.146	6.115	7.190	6.652	1.380	0.994	0.849
R409-R370	64	250	0.0030	102.527	113.710	0.362	0.333	0.696	0.578	1.207	0.893	1.380	0.994	0.849
R410-R409	42	250	0.0030	94.324	113.710	0.333	0.000	0.333	0.000	0.578	0.289	1.380	0.994	0.849
R411-R372	78	250	0.0030	155.342	113.710	0.549	0.608	1.157	1.054	2.007	1.530	1.380	0.994	0.849
R412-R411	52	250	0.0030	171.923	113.710	0.608	0.000	0.608	0.000	1.054	0.527	1.380	0.994	0.849
R413-R390	94	250	0.0030	153.411	113.710	0.542	1.182	1.725	2.050	2.991	2.521	1.380	0.994	0.849
R414-R413	82	250	0.0030	103.637	113.710	0.366	0.816	1.182	1.415	2.050	1.733	1.380	0.994	0.849
R415-R414	69	250	0.0030	103.202	113.710	0.365	0.451	0.816	0.782	1.415	1.099	1.380	0.994	0.849
R416-R415	47	250	0.0030	127.570	113.710	0.451	0.000	0.451	0.000	0.782	0.391	1.380	0.994	0.849
R417-R396	82	250	0.0030	201.467	113.710	0.712	0.632	1.345	1.097	2.332	1.715	1.380	0.994	0.849
R418-R417	53	250	0.0030	178.891	113.710	0.632	0.000	0.632	0.000	1.097	0.548	1.380	0.994	0.849
R419-R408	126	250	0.0030	210.324	113.710	0.744	2.782	3.525	4.825	6.115	5.470	1.380	0.994	0.849
R420-R419	111	250	0.0030	304.512	113.710	1.077	1.705	2.782	2.958	4.825	3.891	1.380	0.994	0.849

Tronçon	Ø théorique	Ø	Pente m / m	Long m	Qm l / s	Qmr l / s	Qme l / s	Qmst l / s	Qpe l / s	Qpst l / s	Qpf l / s	VPS m / s	V 1/2 S m / s	V 2/10 S m / s
R421-R420	97	250	0.0009	482.397	113.710	1.705	0.000	1.705	0.000	2.958	1.479	0.743	0.535	0.457
R421-R422	87	250	0.0013	441.982	113.710	1.562	0.000	1.562	0.000	2.710	1.355	0.908	0.653	0.558
R422-R423	130	250	0.0014	416.500	113.710	1.472	1.562	3.035	2.710	5.264	3.987	0.935	0.673	0.575
R423-R424	185	250	0.0005	360.485	113.710	1.274	3.035	4.309	5.264	7.474	6.369	0.575	0.414	0.354
R425-R424	68	250	0.0030	347.159	113.710	1.227	0.000	1.227	0.000	2.129	1.064	1.380	0.994	0.849
R426-R407	133	250	0.0030	213.249	113.710	0.754	3.224	3.978	5.592	6.900	6.246	1.380	0.994	0.849
R427-R426	123	250	0.0030	160.858	113.710	0.569	2.655	3.224	4.606	5.592	5.099	1.380	0.994	0.849
R428-R427	114	250	0.0030	140.029	113.710	0.495	2.160	2.655	3.747	4.606	4.176	1.380	0.994	0.849
R429-R428	98	250	0.0030	305.555	113.710	1.080	1.080	2.160	1.874	3.747	2.810	1.380	0.994	0.849
R430-R429	65	250	0.0030	305.555	113.710	1.080	0.000	1.080	0.000	1.874	0.937	1.380	0.994	0.849
R430-R431	69	250	0.0017	272.729	113.710	0.964	0.000	0.964	0.000	1.672	0.836	1.041	0.749	0.640
R432-R401	217	250	0.0030	132.286	113.710	0.468	13.224	13.692	22.937	23.748	23.343	1.380	0.994	0.849
R433-R432	188	250	0.0030	308.214	113.710	1.090	8.616	9.705	14.944	16.833	15.888	1.380	0.994	0.849
R434-R433	157	250	0.0030	226.183	113.710	0.800	5.219	6.018	9.051	10.438	9.745	1.380	0.994	0.849
R435-R434	148	250	0.0030	202.657	113.710	0.716	4.502	5.219	7.809	9.051	8.430	1.380	0.994	0.849
R436-R435	139	250	0.0030	219.180	113.710	0.775	3.727	4.502	6.465	7.809	7.137	1.380	0.994	0.849
R437-R436	129	250	0.0030	219.011	113.710	0.774	2.953	3.727	5.122	6.465	5.793	1.380	0.994	0.849
R438-R437	115	250	0.0030	272.505	113.710	0.963	1.990	2.953	3.451	5.122	4.287	1.380	0.994	0.849
R439-R438	97	250	0.0030	232.610	113.710	0.822	1.167	1.990	2.025	3.451	2.738	1.380	0.994	0.849
R440-R439	77	250	0.0030	188.399	113.710	0.666	0.501	1.167	0.870	2.025	1.447	1.380	0.994	0.849
R441-R440	49	250	0.0030	141.827	113.710	0.501	0.000	0.501	0.000	0.870	0.435	1.380	0.994	0.849
R442-R433	112	250	0.0030	165.461	113.710	0.585	2.013	2.598	3.491	4.505	3.998	1.380	0.994	0.849
R443-R442	100	250	0.0030	185.231	113.710	0.655	1.358	2.013	2.355	3.491	2.923	1.380	0.994	0.849
R444-R443	86	250	0.0030	125.614	113.710	0.444	0.914	1.358	1.585	2.355	1.970	1.380	0.994	0.849
R445-R444	70	250	0.0030	139.021	113.710	0.491	0.422	0.914	0.732	1.585	1.159	1.380	0.994	0.849
R446-R445	46	250	0.0030	119.440	113.710	0.422	0.000	0.422	0.000	0.732	0.366	1.380	0.994	0.849
R447-R432	128	250	0.0030	133.423	113.710	0.472	3.047	3.519	5.286	6.104	5.695	1.380	0.994	0.849

Tronçon	Ø théorique	Ø	Pente m / m	Long m	Qm l/s	Qmr l/s	Qme l/s	Qmst l/s	Qpe l/s	Qpst l/s	Qpf l / s	VPS m / s	V 1/2 S m / s	V 2/10 S m / s
R448-R447	122	250	0.0030	81.623	113.710	0.289	2.759	3.047	4.785	5.286	5.035	1.380	0.994	0.849
R449-R448	115	250	0.0030	151.328	113.710	0.535	2.224	2.759	3.857	4.785	4.321	1.380	0.994	0.849
R450-R449	106	250	0.0030	135.028	113.710	0.477	1.747	2.224	3.029	3.857	3.443	1.380	0.994	0.849
R451-R450	99	250	0.0030	62.187	113.710	0.220	1.527	1.747	2.648	3.029	2.839	1.380	0.994	0.849
R452-R451	95	250	0.0030	16.450	113.710	0.058	1.469	1.527	2.547	2.648	2.598	1.380	0.994	0.849
R453-R452	89	250	0.0030	117.431	113.710	0.415	1.053	1.469	1.827	2.547	2.187	1.380	0.994	0.849
R454-R453	80	250	0.0030	62.661	113.710	0.222	0.832	1.053	1.443	1.827	1.635	1.380	0.994	0.849
R455-R454	73	250	0.0030	63.066	113.710	0.223	0.609	0.832	1.056	1.443	1.250	1.380	0.994	0.849
R456-R455	63	250	0.0030	65.218	113.710	0.231	0.378	0.609	0.656	1.056	0.856	1.380	0.994	0.849
R457-R456	52	250	0.0030	45.394	113.710	0.160	0.218	0.378	0.378	0.656	0.517	1.380	0.994	0.849
R458-R457	36	250	0.0030	61.645	113.710	0.218	0.000	0.218	0.000	0.378	0.189	1.380	0.994	0.849
R459-R304	194	250	0.0030	156.343	113.710	0.553	9.599	10.152	16.649	17.608	17.129	1.380	0.994	0.849
R460-R459	190	250	0.0030	133.322	113.710	0.471	9.128	9.599	15.832	16.649	16.241	1.380	0.994	0.849
R461-R460	186	250	0.0030	134.419	113.710	0.475	8.653	9.128	15.008	15.832	15.420	1.380	0.994	0.849
R462-R461	170	250	0.0030	137.205	113.710	0.485	6.698	7.183	11.616	12.458	12.037	1.380	0.994	0.849
R463-R462	166	250	0.0030	94.393	113.710	0.334	6.364	6.698	11.038	11.616	11.327	1.380	0.994	0.849
R464-R463	162	250	0.0030	155.086	113.710	0.548	5.816	6.364	10.087	11.038	10.562	1.380	0.994	0.849
R465-R464	141	250	0.0030	159.030	113.710	0.562	3.938	4.500	6.830	7.805	7.318	1.380	0.994	0.849
R466-R465	134	250	0.0030	123.477	113.710	0.437	3.502	3.938	6.073	6.830	6.452	1.380	0.994	0.849
R467-R466	128	250	0.0030	118.287	113.710	0.418	3.083	3.502	5.348	6.073	5.711	1.380	0.994	0.849
R468-R467	123	250	0.0030	95.184	113.710	0.336	2.747	3.083	4.764	5.348	5.056	1.380	0.994	0.849
R469-R468	117	250	0.0030	86.597	113.710	0.306	2.441	2.747	4.233	4.764	4.499	1.380	0.994	0.849
R470-R469	112	250	0.0030	75.399	113.710	0.267	2.174	2.441	3.771	4.233	4.002	1.380	0.994	0.849
R471-R470	106	250	0.0030	112.369	113.710	0.397	1.777	2.174	3.082	3.771	3.427	1.380	0.994	0.849
R472-R471	98	250	0.0030	98.989	113.710	0.350	1.427	1.777	2.475	3.082	2.779	1.380	0.994	0.849
R473-R472	87	250	0.0030	139.405	113.710	0.493	0.934	1.427	1.620	2.475	2.048	1.380	0.994	0.849
R474-R473	75	250	0.0030	80.945	113.710	0.286	0.648	0.934	1.124	1.620	1.372	1.380	0.994	0.849
R475-R474	63	250	0.0030	88.782	113.710	0.314	0.334	0.648	0.580	1.124	0.852	1.380	0.994	0.849
R476-R475	42	250	0.0030	94.530	113.710	0.334	0.000	0.334	0.000	0.580	0.290	1.380	0.994	0.849
R477-R461	92	250	0.0030	66.952	113.710	0.237	1.234	1.470	2.140	2.550	2.345	1.380	0.994	0.849
R478-R477	86	250	0.0030	66.333	113.710	0.234	0.999	1.234	1.733	2.140	1.936	1.380	0.994	0.849
R479-R478	78	250	0.0030	68.113	113.710	0.241	0.758	0.999	1.315	1.733	1.524	1.380	0.994	0.849
R480-R479	69	250	0.0030	71.453	113.710	0.253	0.506	0.758	0.877	1.315	1.096	1.380	0.994	0.849
R481-R480	56	250	0.0030	81.889	113.710	0.289	0.216	0.506	0.375	0.877	0.626	1.380	0.994	0.849
R482-R481	36	250	0.0030	61.150	113.710	0.216	0.000	0.216	0.000	0.375	0.187	1.380	0.994	0.849
R483-R464	88	250	0.0030	68.278	113.710	0.241	1.074	1.315	1.863	2.281	2.072	1.380	0.994	0.849
R484-R483	81	250	0.0030	61.491	113.710	0.217	0.857	1.074	1.486	1.863	1.674	1.380	0.994	0.849
R485-R484	74	250	0.0030	59.095	113.710	0.209	0.648	0.857	1.123	1.486	1.304	1.380	0.994	0.849
R486-R485	65	250	0.0030	62.295	113.710	0.220	0.427	0.648	0.741	1.123	0.932	1.380	0.994	0.849

Tronçon	Ø théorique	Ø	Pente m / m	Long m	Qm l / s	Qmr l / s	Qme l / s	Qmst l / s	Qpe l / s	Qpst l / s	Qpf l / s	VPS m / s	V 1/2 S m / s	V 2/10 S m / s
R487-R486	53	250	0.0030	65.586	113.710	0.232	0.196	0.427	0.339	0.741	0.540	1.380	0.994	0.849
R488-R487	34	250	0.0030	55.311	113.710	0.196	0.000	0.196	0.000	0.339	0.170	1.380	0.994	0.849
R489-R309	102	250	0.0030	82.397	113.710	0.291	1.663	1.954	2.884	3.389	3.136	1.380	0.994	0.849
R490-R489	97	250	0.0030	62.600	113.710	0.221	1.441	1.663	2.500	2.884	2.692	1.380	0.994	0.849
R491-R490	90	250	0.0030	98.184	113.710	0.347	1.094	1.441	1.898	2.500	2.199	1.380	0.994	0.849
R492-R491	81	250	0.0030	64.426	113.710	0.228	0.867	1.094	1.503	1.898	1.700	1.380	0.994	0.849
R493-R492	73	250	0.0030	78.073	113.710	0.276	0.590	0.867	1.024	1.503	1.264	1.380	0.994	0.849
R494-R493	62	250	0.0030	63.817	113.710	0.226	0.365	0.590	0.633	1.024	0.829	1.380	0.994	0.849
R495-R494	51	250	0.0030	45.731	113.710	0.162	0.203	0.365	0.352	0.633	0.493	1.380	0.994	0.849
R496-R495	35	250	0.0030	57.488	113.710	0.203	0.000	0.203	0.000	0.352	0.176	1.380	0.994	0.849
R497-R310	90	250	0.0030	66.641	113.710	0.236	1.175	1.411	2.038	2.447	2.242	1.380	0.994	0.849
R498-R497	84	250	0.0030	64.151	113.710	0.227	0.948	1.175	1.645	2.038	1.842	1.380	0.994	0.849
R499-R498	77	250	0.0030	59.035	113.710	0.209	0.740	0.948	1.283	1.645	1.464	1.380	0.994	0.849
R500-R499	70	250	0.0030	54.270	113.710	0.192	0.548	0.740	0.950	1.283	1.116	1.380	0.994	0.849
R501-R500	60	250	0.0030	61.593	113.710	0.218	0.330	0.548	0.572	0.950	0.761	1.380	0.994	0.849
R502-R501	49	250	0.0030	43.303	113.710	0.153	0.177	0.330	0.307	0.572	0.440	1.380	0.994	0.849
R503-R502	33	250	0.0030	50.056	113.710	0.177	0.000	0.177	0.000	0.307	0.153	1.380	0.994	0.849

**ANNEXE 11: PROFILS EN LONG EAUX USEES**

**ANNEXE 12 : PHOTO BASSIN DE LA GARE**



**ANNEXE 13 : PHOTO CONDUITE DE REJET  
(VISITE DE TERRAIN DU 22/04/2007)**

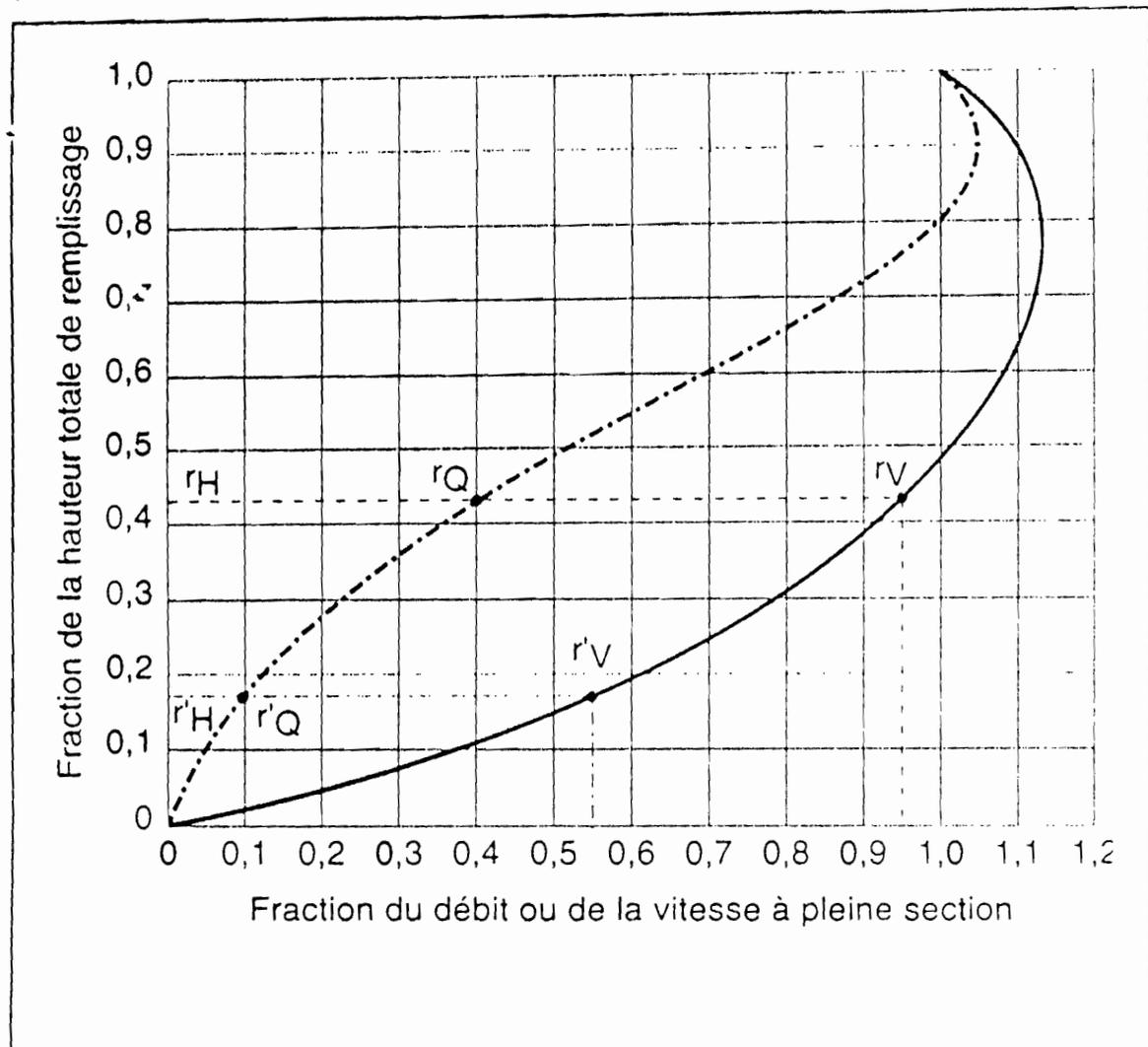


**ANNEXE 14 : PHOTO SITE DE LA STEP (SAM THIALE)**

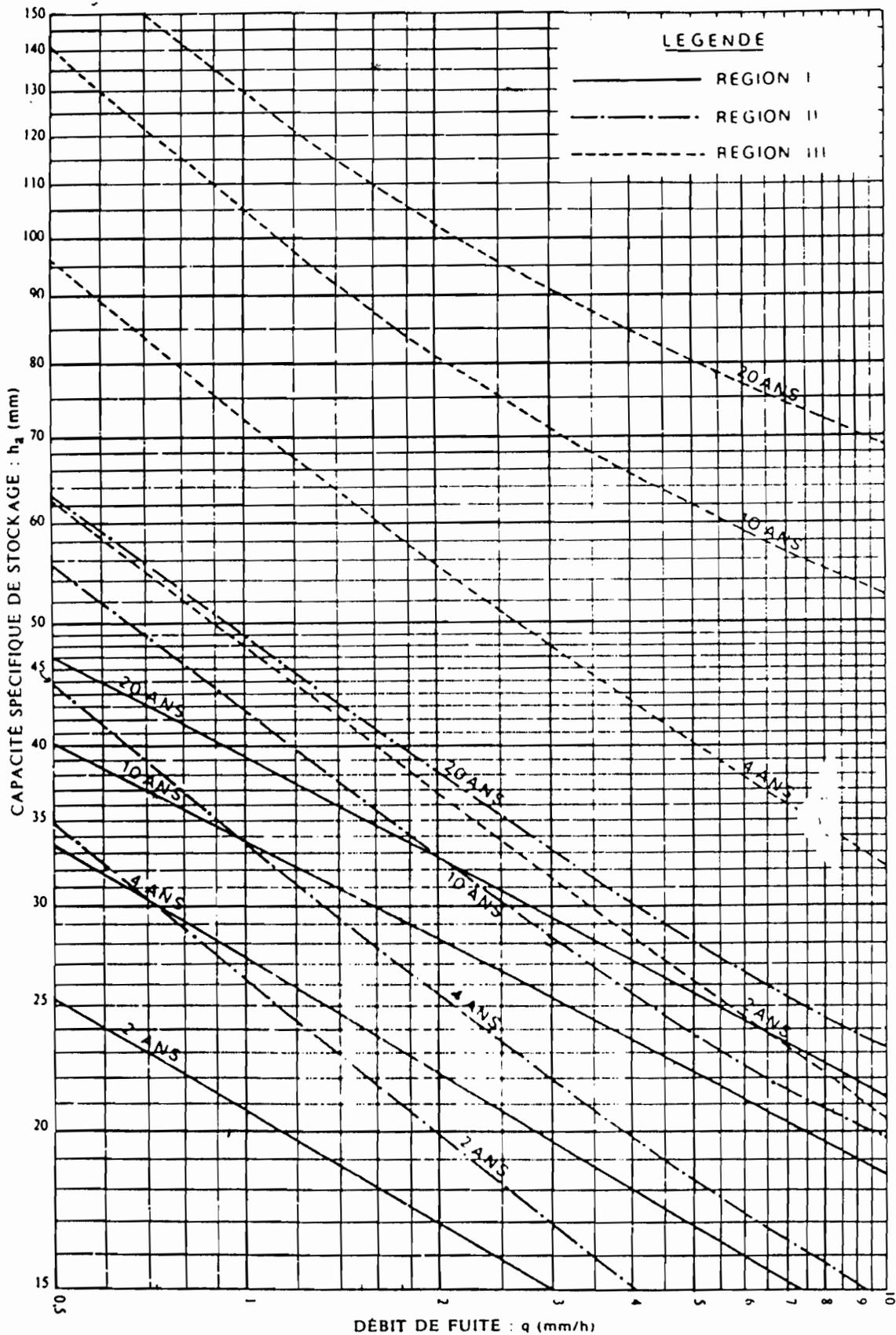


**ANNEXE 15 : ABAQUE DE LECTURE DE  $R_v$  ET  $R_H$**

**ANNEXE 16 : ABAQUE DE LECTURE DE H<sub>A</sub>**



**ÉVALUATION DE LA CAPACITÉ SPÉCIFIQUE DE STOCKAGE  
DES BASSINS DE RETENUE**



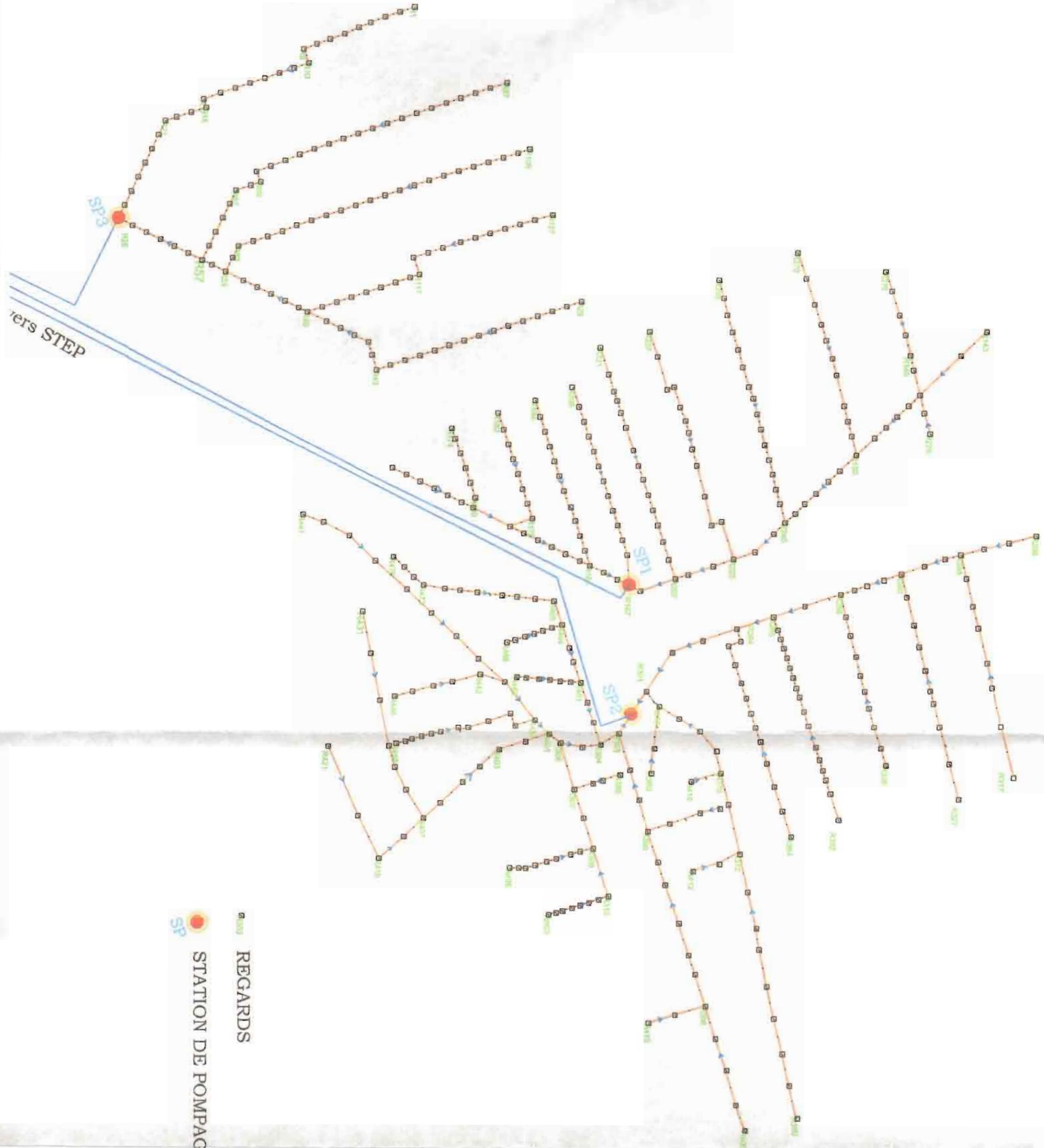
*Fig. A.7 : Abaque de l'instruction technique de 1977 permettant le calcul des hauteurs spécifiques pour diverses périodes de retour*

Escala 1: 1000 Escala 2: 1000 P.C.: 30.00		Escala 1: 1000 Escala 2: 1000 P.C.: 30.00	
Termin	R182	Termin	R182
0	46.04	0	46.04
112	45.58	112	45.58
212	45.17	212	45.17
312	44.78	312	44.78
412	44.38	412	44.38
512	43.94	512	43.94
612	43.52	612	43.52
712	43.11	712	43.11
812	42.70	812	42.70
912	42.30	912	42.30
1012	41.90	1012	41.90
1112	41.50	1112	41.50
1212	41.10	1212	41.10
1312	40.70	1312	40.70
1412	40.30	1412	40.30
1512	39.90	1512	39.90
1612	39.50	1612	39.50
1712	39.10	1712	39.10
1812	38.70	1812	38.70
1912	38.30	1912	38.30
2012	37.90	2012	37.90
2112	37.50	2112	37.50
2212	37.10	2212	37.10
2312	36.70	2312	36.70
2412	36.30	2412	36.30
2512	35.90	2512	35.90
2612	35.50	2612	35.50
2712	35.10	2712	35.10
2812	34.70	2812	34.70
2912	34.30	2912	34.30
3012	33.90	3012	33.90
3112	33.50	3112	33.50
3212	33.10	3212	33.10
3312	32.70	3312	32.70
3412	32.30	3412	32.30
3512	31.90	3512	31.90
3612	31.50	3612	31.50
3712	31.10	3712	31.10
3812	30.70	3812	30.70
3912	30.30	3912	30.30
4012	29.90	4012	29.90
4112	29.50	4112	29.50
4212	29.10	4212	29.10
4312	28.70	4312	28.70
4412	28.30	4412	28.30
4512	27.90	4512	27.90
4612	27.50	4612	27.50
4712	27.10	4712	27.10
4812	26.70	4812	26.70
4912	26.30	4912	26.30
5012	25.90	5012	25.90
5112	25.50	5112	25.50
5212	25.10	5212	25.10
5312	24.70	5312	24.70
5412	24.30	5412	24.30
5512	23.90	5512	23.90
5612	23.50	5612	23.50
5712	23.10	5712	23.10
5812	22.70	5812	22.70
5912	22.30	5912	22.30
6012	21.90	6012	21.90
6112	21.50	6112	21.50
6212	21.10	6212	21.10
6312	20.70	6312	20.70
6412	20.30	6412	20.30
6512	19.90	6512	19.90
6612	19.50	6612	19.50
6712	19.10	6712	19.10
6812	18.70	6812	18.70
6912	18.30	6912	18.30
7012	17.90	7012	17.90
7112	17.50	7112	17.50
7212	17.10	7212	17.10
7312	16.70	7312	16.70
7412	16.30	7412	16.30
7512	15.90	7512	15.90
7612	15.50	7612	15.50
7712	15.10	7712	15.10
7812	14.70	7812	14.70
7912	14.30	7912	14.30
8012	13.90	8012	13.90
8112	13.50	8112	13.50
8212	13.10	8212	13.10
8312	12.70	8312	12.70
8412	12.30	8412	12.30
8512	11.90	8512	11.90
8612	11.50	8612	11.50
8712	11.10	8712	11.10
8812	10.70	8812	10.70
8912	10.30	8912	10.30
9012	9.90	9012	9.90
9112	9.50	9112	9.50
9212	9.10	9212	9.10
9312	8.70	9312	8.70
9412	8.30	9412	8.30
9512	7.90	9512	7.90
9612	7.50	9612	7.50
9712	7.10	9712	7.10
9812	6.70	9812	6.70
9912	6.30	9912	6.30
10012	5.90	10012	5.90
10112	5.50	10112	5.50
10212	5.10	10212	5.10
10312	4.70	10312	4.70
10412	4.30	10412	4.30
10512	3.90	10512	3.90
10612	3.50	10612	3.50
10712	3.10	10712	3.10
10812	2.70	10812	2.70
10912	2.30	10912	2.30
11012	1.90	11012	1.90
11112	1.50	11112	1.50
11212	1.10	11212	1.10
11312	0.70	11312	0.70
11412	0.30	11412	0.30
11512	0.00	11512	0.00
11612	-0.40	11612	-0.40
11712	-0.80	11712	-0.80
11812	-1.20	11812	-1.20
11912	-1.60	11912	-1.60
12012	-2.00	12012	-2.00
12112	-2.40	12112	-2.40
12212	-2.80	12212	-2.80
12312	-3.20	12312	-3.20
12412	-3.60	12412	-3.60
12512	-4.00	12512	-4.00
12612	-4.40	12612	-4.40
12712	-4.80	12712	-4.80
12812	-5.20	12812	-5.20
12912	-5.60	12912	-5.60
13012	-6.00	13012	-6.00
13112	-6.40	13112	-6.40
13212	-6.80	13212	-6.80
13312	-7.20	13312	-7.20
13412	-7.60	13412	-7.60
13512	-8.00	13512	-8.00
13612	-8.40	13612	-8.40
13712	-8.80	13712	-8.80
13812	-9.20	13812	-9.20
13912	-9.60	13912	-9.60
14012	-10.00	14012	-10.00
14112	-10.40	14112	-10.40
14212	-10.80	14212	-10.80
14312	-11.20	14312	-11.20
14412	-11.60	14412	-11.60
14512	-12.00	14512	-12.00
14612	-12.40	14612	-12.40
14712	-12.80	14712	-12.80
14812	-13.20	14812	-13.20
14912	-13.60	14912	-13.60
15012	-14.00	15012	-14.00
15112	-14.40	15112	-14.40
15212	-14.80	15212	-14.80
15312	-15.20	15312	-15.20
15412	-15.60	15412	-15.60
15512	-16.00	15512	-16.00
15612	-16.40	15612	-16.40
15712	-16.80	15712	-16.80
15812	-17.20	15812	-17.20
15912	-17.60	15912	-17.60
16012	-18.00	16012	-18.00
16112	-18.40	16112	-18.40
16212	-18.80	16212	-18.80
16312	-19.20	16312	-19.20
16412	-19.60	16412	-19.60
16512	-20.00	16512	-20.00
16612	-20.40	16612	-20.40
16712	-20.80	16712	-20.80
16812	-21.20	16812	-21.20
16912	-21.60	16912	-21.60
17012	-22.00	17012	-22.00
17112	-22.40	17112	-22.40
17212	-22.80	17212	-22.80
17312	-23.20	17312	-23.20
17412	-23.60	17412	-23.60
17512	-24.00	17512	-24.00
17612	-24.40	17612	-24.40
17712	-24.80	17712	-24.80
17812	-25.20	17812	-25.20
17912	-25.60	17912	-25.60
18012	-26.00	18012	-26.00
18112	-26.40	18112	-26.40
18212	-26.80	18212	-26.80
18312	-27.20	18312	-27.20
18412	-27.60	18412	-27.60
18512	-28.00	18512	-28.00
18612	-28.40	18612	-28.40
18712	-28.80	18712	-28.80
18812	-29.20	18812	-29.20
18912	-29.60	18912	-29.60
19012	-30.00	19012	-30.00
19112	-30.40	19112	-30.40
19212	-30.80	19212	-30.80
19312	-31.20	19312	-31.20
19412	-31.60	19412	-31.60
19512	-32.00	19512	-32.00
19612	-32.40	19612	-32.40
19712	-32.80	19712	-32.80
19812	-33.20	19812	-33.20
19912	-33.60	19912	-33.60
20012	-34.00	20012	-34.00
20112	-34.40	20112	-34.40
20212	-34.80	20212	-34.80
20312	-35.20	20312	-35.20
20412	-35.60	20412	-35.60
20512	-36.00	20512	-36.00
20612	-36.40	20612	-36.40
20712	-36.80	20712	-36.80
20812	-37.20	20812	-37.20
20912	-37.60	20912	-37.60
21012	-38.00	21012	-38.00
21112	-38.40	21112	-38.40
21212	-38.80	21212	-38.80
21312	-39.20	21312	-39.20
21412	-39.60	21412	-39.60
21512	-40.00	21512	-40.00
21612	-40.40	21612	-40.40
21712	-40.80	21712	-40.80
21812	-41.20	21812	-41.20
21912	-41.60	21912	-41.60
22012	-42.00	22012	-42.00
22112	-42.40	22112	-42.40
22212	-42.80	22212	-42.80
22312	-43.20	22312	-43.20
22412	-43.60	22412	-43.60
22512	-44.00	22512	-44.00
22612	-44.40	22612	-44.40
22712	-44.80	22712	-44.80
22812	-45.20	22812	-45.20
22912	-45.60	22912	-45.60
23012	-46.00	23012	-46.00
23112	-46.40	23112	-46.40
23212	-46.80	23212	-46.80
23312	-47.20	23312	-47.20
23412	-47.60	23412	-47.60
23512	-48.00	23512	-48.00
23612	-48.40	23612	-48.40
23712	-48.80	23712	-48.80
23812	-49.20	23812	-49.20
23912	-49.60	23912	-49.60
24012	-50.00	24012	-50.00
24112	-50.40	24112	-50.40
24212	-50.80	24212	-50.80
24312	-51.20	24312	-51.20
24412	-51.60	24412	-51.60
24512	-52.00	24512	

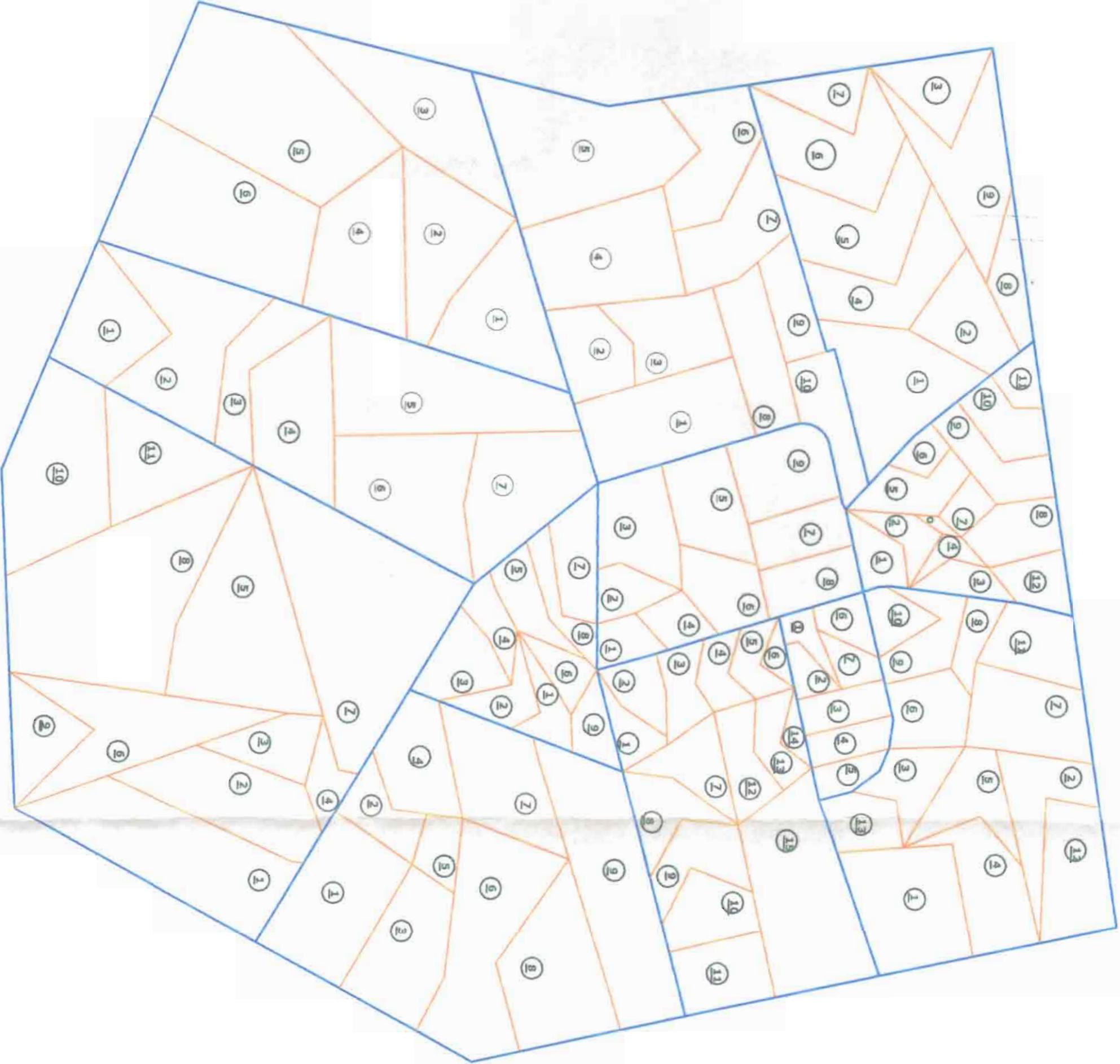


Escala X: 5000 Escala Z: 1000 P.C.: 31.00		Escala X: 5000 Escala Z: 1000 P.C.: 27.00		Escala X: 1000 Escala Z: 200 P.C.: 27.00	
Terrain	0	47.50	121	47.50	R127
	121	47.50	121	47.50	R126
	221	47.50	221	47.50	R125
	321	47.50	321	47.50	R124
	421	47.50	421	47.50	R123
	521	47.50	521	47.50	R122
	621	47.50	621	47.50	R121
	740	47.15	740	47.15	R120
	840	46.71	840	46.71	R119
	940	46.31	940	46.31	R118
	1055	45.64	1055	45.64	R117
	1117	45.52	1117	45.52	R116
	1217	45.34	1217	45.34	R115
	1317	45.95	1317	45.95	R114
	1417	45.46	1417	45.46	R113
	1517	44.96	1517	44.96	R112
	1617	44.36	1617	44.36	R111
	1717	43.88	1717	43.88	R110
	1817	43.78	1817	43.78	R109
	1917	43.78	1917	43.78	R108
	2017	43.78	2017	43.78	R107
	2117	43.78	2117	43.78	R106
	2217	43.78	2217	43.78	R105
	2317	43.78	2317	43.78	R104
	2417	43.78	2417	43.78	R103
	2517	43.78	2517	43.78	R102
	2617	43.78	2617	43.78	R101
	2717	43.78	2717	43.78	R100
	2817	43.78	2817	43.78	R99
	2917	43.78	2917	43.78	R98
	3017	43.78	3017	43.78	R97
	3117	43.78	3117	43.78	R96
	3217	43.78	3217	43.78	R95
	3317	43.78	3317	43.78	R94
	3417	43.78	3417	43.78	R93
	3517	43.78	3517	43.78	R92
	3617	43.78	3617	43.78	R91
	3717	43.78	3717	43.78	R90
	3817	43.78	3817	43.78	R89
	3917	43.78	3917	43.78	R88
	4017	43.78	4017	43.78	R87
	4117	43.78	4117	43.78	R86
	4217	43.78	4217	43.78	R85
	4317	43.78	4317	43.78	R84
	4417	43.78	4417	43.78	R83
	4517	43.78	4517	43.78	R82
	4617	43.78	4617	43.78	R81
	4717	43.78	4717	43.78	R80
	4817	43.78	4817	43.78	R79
	4917	43.78	4917	43.78	R78
	5017	43.78	5017	43.78	R77
	5117	43.78	5117	43.78	R76
	5217	43.78	5217	43.78	R75
	5317	43.78	5317	43.78	R74
	5417	43.78	5417	43.78	R73
	5517	43.78	5517	43.78	R72
	5617	43.78	5617	43.78	R71
	5717	43.78	5717	43.78	R70
	5817	43.78	5817	43.78	R69
	5917	43.78	5917	43.78	R68
	6017	43.78	6017	43.78	R67
	6117	43.78	6117	43.78	R66
	6217	43.78	6217	43.78	R65
	6317	43.78	6317	43.78	R64
	6417	43.78	6417	43.78	R63
	6517	43.78	6517	43.78	R62
	6617	43.78	6617	43.78	R61
	6717	43.78	6717	43.78	R60
	6817	43.78	6817	43.78	R59
	6917	43.78	6917	43.78	R58
	7017	43.78	7017	43.78	R57
	7117	43.78	7117	43.78	R56
	7217	43.78	7217	43.78	R55
	7317	43.78	7317	43.78	R54
	7417	43.78	7417	43.78	R53
	7517	43.78	7517	43.78	R52
	7617	43.78	7617	43.78	R51
	7717	43.78	7717	43.78	R50
	7817	43.78	7817	43.78	R49
	7917	43.78	7917	43.78	R48
	8017	43.78	8017	43.78	R47
	8117	43.78	8117	43.78	R46
	8217	43.78	8217	43.78	R45
	8317	43.78	8317	43.78	R44
	8417	43.78	8417	43.78	R43
	8517	43.78	8517	43.78	R42
	8617	43.78	8617	43.78	R41
	8717	43.78	8717	43.78	R40
	8817	43.78	8817	43.78	R39
	8917	43.78	8917	43.78	R38
	9017	43.78	9017	43.78	R37
	9117	43.78	9117	43.78	R36
	9217	43.78	9217	43.78	R35
	9317	43.78	9317	43.78	R34
	9417	43.78	9417	43.78	R33
	9517	43.78	9517	43.78	R32
	9617	43.78	9617	43.78	R31
	9717	43.78	9717	43.78	R30
	9817	43.78	9817	43.78	R29
	9917	43.78	9917	43.78	R28
	10017	43.78	10017	43.78	R27
	10117	43.78	10117	43.78	R26
	10217	43.78	10217	43.78	R25
	10317	43.78	10317	43.78	R24
	10417	43.78	10417	43.78	R23
	10517	43.78	10517	43.78	R22
	10617	43.78	10617	43.78	R21
	10717	43.78	10717	43.78	R20
	10817	43.78	10817	43.78	R19
	10917	43.78	10917	43.78	R18
	11017	43.78	11017	43.78	R17
	11117	43.78	11117	43.78	R16
	11217	43.78	11217	43.78	R15
	11317	43.78	11317	43.78	R14
	11417	43.78	11417	43.78	R13
	11517	43.78	11517	43.78	R12
	11617	43.78	11617	43.78	R11
	11717	43.78	11717	43.78	R10
	11817	43.78	11817	43.78	R9
	11917	43.78	11917	43.78	R8
	12017	43.78	12017	43.78	R7
	12117	43.78	12117	43.78	R6
	12217	43.78	12217	43.78	R5
	12317	43.78	12317	43.78	R4
	12417	43.78	12417	43.78	R3
	12517	43.78	12517	43.78	R2
	12617	43.78	12617	43.78	R1
	12717	43.78	12717	43.78	R0
	12817	43.78	12817	43.78	R-1
	12917	43.78	12917	43.78	R-2
	13017	43.78	13017	43.78	R-3
	13117	43.78	13117	43.78	R-4
	13217	43.78	13217	43.78	R-5
	13317	43.78	13317	43.78	R-6
	13417	43.78	13417	43.78	R-7
	13517	43.78	13517	43.78	R-8
	13617	43.78	13617	43.78	R-9
	13717	43.78	13717	43.78	R-10
	13817	43.78	13817	43.78	R-11
	13917	43.78	13917	43.78	R-12
	14017	43.78	14017	43.78	R-13
	14117	43.78	14117	43.78	R-14
	14217	43.78	14217	43.78	R-15
	14317	43.78	14317	43.78	R-16
	14417	43.78	14417	43.78	R-17
	14517	43.78	14517	43.78	R-18
	14617	43.78	14617	43.78	R-19
	14717	43.78	14717	43.78	R-20
	14817	43.78	14817	43.78	R-21
	14917	43.78	14917	43.78	R-22
	15017	43.78	15017	43.78	R-23
	15117	43.78	15117	43.78	R-24
	15217	43.78	15217	43.78	R-25
	15317	43.78	15317	43.78	R-26
	15417	43.78	15417	43.78	R-27
	15517	43.78	15517	43.78	R-28
	15617	43.78	15617	43.78	R-29
	15717	43.78	15717	43.78	R-30
	15817	43.78	15817	43.78	R-31
	15917	43.78	15917	43.78	R-32
	16017	43.78	16017	43.78	R-33
	16117	43.78	16117	43.78	R-34
	16217	43.78	16217	43.78	R-35
	16317	43.78	16317	43.78	R-36
	16417	43.78	16417	43.78	R-37
	16517	43.78	16517	43.78	R-38
	16617	43.78	16617	43.78	R-39
	16717	43.78	16717	43.78	R-40
	16817	43.78	16817	43.78	R-41
	16917	43.78	16917	43.78	R-42
	17017	43.78	17017	43.78	R-43
	17117	43.78	17117	43.78	R-44
	17217	43.78	17217	43.78	R-45
	17317	43.78	17317	43.78	R-46
	17417	43.78	17417	43.78	R-47
	17517	43.78	17517	43.78	R-48
	17617	43.78	17617	43.78	R-49
	17717	43.78	17717	43.78	R-50
	17817	43.78	17817	43.78	R-51
	17917	43.78	17917	43.78	R-52
	18017	43.78	18017	43.78	R-53
	18117	43.78	18117	43.78	R-54
	18217	43.78	18217	43.78	R-55
	18317	43.78	18317	43.78	R-56
	18417	43.78	18417	43.78	R-57
	18517	43.78	18517	43.78	R-58
	18617	43.78	18617	43.78	R-59
	18717	43.78	18717	43.78	R-60
	18817	43.78	18817	43.78	R-61
	18917	43.78	18917	43.78	R-62
	19017	43.78	19017	43.78	R-63
	19117	43.78	19117	43.78	R-64
	19217	43.78	19217	43.78	R-65
</					

ers STEP



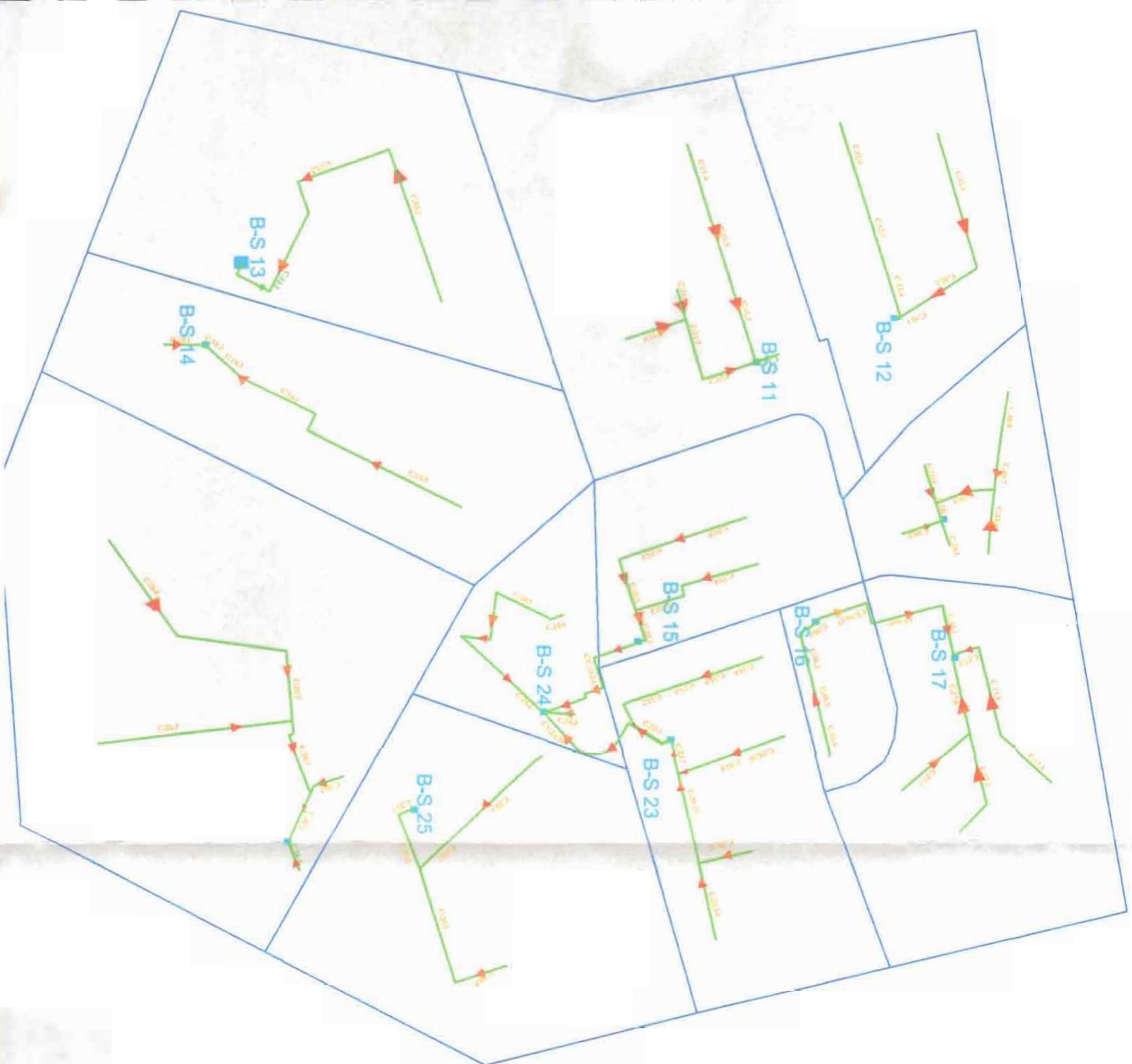
REGARDS  
STATION DE POMPAGE



BASSINS VERSANTS

SOUS BASSINS VERSANTS

② NUMEROS SOUS BASSINS VERSANTS



■ B-S 25 Bassins de stockage  
— Tronçons  
— Bassins versants

