



CENTRE REGIONAL
POUR L'EAU
POTABLE ET
L'ASSAINISSEMENT
A FAIBLE COUT



L'ÉCOLE
INTER-ÉTATS
D'INGÉNIEURS DE
L'ÉQUIPEMENT
RURAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Evaluation des réseaux d'égout à faible diamètre dans des quartiers défavorisés à Bamako (Mali)



situation antérieure



situation ultérieure

TRAVAIL PRATIQUE DE DIPLOME EN GENIE RURAL

Michael Steiner, EPFL

Lausanne, février 2002

Encadrement :

**Frédéric Davoli, EPFL
Doulaye Koné, EIER
Ousseynou Guène, CREPA**

Professeur :

Joseph Tarradellas, EPFL-DGR

RESUMÉ

Dans les centres urbains en Afrique, les infrastructures d'assainissement n'arrivent pas à suivre à la croissance démographique. L'évacuation des déchets liquides et solides ainsi que des eaux pluviales pose d'énormes problèmes. Dans le contexte des eaux usées et des excréta, c'est l'assainissement individuel qui prédomine et atteint de plus en plus ses limites dans les quartiers périurbains, voire urbains, qui sont caractérisés par l'inexistence d'un réseau d'égout.

Face aux rejets anarchiques des eaux usées dans les rues et les caniveaux dans plusieurs quartiers défavorisés, les autorités ont construit trois réseaux d'égout à faible diamètre (100 mm), s'appelant également système SBS (Small Bore Sewer). Il s'agit d'un système qui collecte uniquement les eaux ménagères de bassins versants de petite taille, tandis que les excréta sont évacués par la voie traditionnelle (latrine sèche).

La présente étude donne une évaluation détaillée sur le plan technique, institutionnel et socio-économique de ces systèmes d'assainissement à Bamako et fournit des propositions d'amélioration. En effet, l'engouement de la population est tel que les autorités comptent étendre ce type d'assainissement dans la capitale malienne.

L'évaluation montre que l'impact sur le cadre de vie de la population concernée est époustouflant. Mais la durabilité des projets n'est pas garantie, suite à des erreurs de conception, d'exécution et avant tout à cause de l'ignorance de la nécessité d'entretien. En outre, il n'est pas possible d'affirmer que les projets ont un effet positif sur la santé publique, car les inconvénients des latrines demeurent (odeurs, mouches, contamination des puits).

En procédant aux améliorations proposées dans la présente étude, le concept du système SBS constitue une alternative valable à l'assainissement individuel et au réseau d'égout classique à un prix à la portée des bénéficiaires en vue d'améliorer leurs conditions de vie.

ZUSAMMENFASSUNG

Viele afrikanische Städte sind gekennzeichnet von der ungenügenden Siedlungsentwässerung, die mit dem rasanten Bevölkerungswachstum nicht Schritt halten kann. Die Entsorgung der festen und flüssigen Abfälle stellt die Bevölkerung sowie die Regierung vor grosse sanitäre Probleme. In bezug auf Abwasser und Fäkalien dominiert die individuelle Entsorgung, die in urbanen und periurbanen Gebieten, wo kein Kanalisationssystem vorhanden ist, immer mehr an ihre Grenzen stösst.

Auf Grund der anarchischen Abwasserentsorgung auf die Strasse und in die Entwässerungskanäle in den benachteiligten Quartieren hat die Stadt Bamako drei dezentrale Abwassersysteme mit kleinem Durchmesser (100 mm) installiert. Es handelt sich um ein neuartiges Konzept, das nur das Grauwasser evakuiert, wobei die Exkremate traditionell durch Trockenlatrinen entsorgt werden.

Die vorliegende Studie liefert eine detaillierte Analyse in technischer, finanzieller sowie sozio-ökonomischer Hinsicht dieser Abwassersysteme in Bamako. Anhand dieser Auswertung werden verschiedene Verbesserungsvorschläge präsentiert, denn die malische Bevölkerung ist begeistert und daher planen die Behörden dieses Konzept auf die ganze Stadt auszubreiten.

Die Analyse zeigt, dass die Auswirkungen des Projektes auf die unmittelbare Umwelt sehr beeindruckend sind. Die stehenden Abwasserlachen inmitten der Strassen sind verschwunden und sie sind wieder befahrbar. Allerdings ist die Lebensdauer der Investitionen sehr beschränkt, da konzeptuelle und bauliche Fehler gemacht wurden. Und der wichtigste Punkt - der Unterhalt der Installationen - wurde überhaupt nicht in Betracht gezogen. Zudem ist noch nicht klar, ob die Systeme eine positive Wirkung auf die allgemeine Gesundheit der Menschen hat, da die üblichen Nachteile der Latrinen weiterhin bestehen (Fliegen, Brunnenverschmutzung, Gestank). Wenn jedoch die vorgeschlagenen Verbesserungen angebracht werden ist das Konzept eine echte Alternative zur individuellen Siedlungsentwässerung und zur klassischen Schwemmkalisation und verbessert die Lebensbedingungen der benachteiligten Bevölkerung nachhaltig.

REMERCIEMENTS

Plusieurs personnes et organisations ont contribué à la réalisation de ce travail de diplôme et m'ont permis de vivre un séjour inoubliable. J'exprime ma gratitude:

- à Doulaye Koné, qui m'a fait découvrir la vie africaine, la problématique de l'assainissement et qui m'a fourni des conseils précieux
- à Frédéric Davoli d'avoir organisé le travail et de m'avoir assisté à la rédaction et aux corrections
- à Ousseynou Guène pour ses conseils pratiques
- au professeur Joseph Tarradellas d'avoir pris la responsabilité du travail de diplôme
- à Youssouf Cissé, directeur du CREPA-Mali, de son accueil chaleureux et à toute équipe, particulièrement à Ibrahima Guindo et Saliya Koné, qui a beaucoup facilité mon séjour à Bamako
- au directeur du CREPA-siège, Cheick Tidiane Tandia, et à toute l'équipe qui m'a supporté au niveau de la documentation et de la recherche sur le site de la STEP
- au directeur du CREPA-Sénégal, N'Diogou Niang, qui m'a permis de me retrouver à Dakar et de prendre les contacts nécessaires
- à Ibrahima Sidibé, promoteur du GIE "Keneyaso" et à son équipe qui m'ont toujours reçu avec la plus grande disponibilité et gentillesse, malgré les circonstances difficiles
- à toutes les personnes rencontrées lors des visites de terrains et des entretiens formels et informels
- à la Coopération Suisse de son engagement financier
- à mes parents qui m'ont permis d'effectuer des études
- à Colette de m'avoir supporté et motivé de loin
- à Christophe pour la lecture et la correction du rapport final
- à mes amis africains

LISTE DES ABREVIATIONS

| | |
|--------|---|
| ACF | Action contre la faim (ONG internationale) |
| AREM | Association pour la réhabilitation de l'environnement du Mali (ONG malienne) |
| CF | Coliformes fécaux |
| CREPA | Centre régional pour l'approvisionnement en eau potable et l'assainissement à faible coût (siège à Ouagadougou) |
| CTAC | Cellule d'appui technique aux communes, Mali |
| DBO | Demande biochimique en oxygène |
| DCO | Demande chimique en oxygène |
| DIEPA | Décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement (1981-1990) |
| DNHE | Direction National de l'Hydraulique et de l'Energie, Mali |
| DNS | Direction National de la Santé, Mali |
| EIER | Ecole inter-états des ingénieurs de l'équipement rural, Burkina Faso |
| ENDA | Environnement, développement et action (ONG internationale) |
| FCFA | Franc de la communauté financière africaine (680 FCFA = 1 US\$, février 2002) |
| FOCAUP | Fonds communautaire pour l'assainissement de quartiers urbains pauvres, Sénégal |
| GIE | Groupement d'intérêt économique |
| MES | Matière en suspension |
| OMH | Office malien de l'habitat, Mali |
| OMS | Organisation mondiale de la santé |
| ONEA | Office nationale de l'eau et de l'assainissement, Burkina Faso |
| ONG | Organisation non gouvernementale |
| PADE | Programme d'assainissement de Diokoul et quartiers environnants, Sénégal |
| SBS | Small bore sewer |
| STEP | Station d'épuration |
| TRH | Temps de rétention hydraulique |

TABLES DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| Résumé, Zusammenfassung..... | i |
| Liste des abréviations | iii |
| Table des matières | iv |
| Listes des figures, tableaux et photos..... | vi |
| 1 INTRODUCTION | 1 |
| 1.1 Le contexte de l'assainissement en Afrique de l'Ouest | 1 |
| 1.2 Objectifs de l'étude | 2 |
| 1.3 Méthodologie..... | 2 |
| 1.4 Le réseau d'égout à faible diamètre ou SBS (small bore sewer): Une alternative à l'assainissement individuel | 3 |
| 1.4.1 Principe de fonctionnement..... | 3 |
| 1.4.2 Conception du réseau..... | 4 |
| 1.4.3 Avantages et inconvénients du système SBS | 5 |
| 2 EXPERIENCES DU SYSTEME SBS DANS PLUSIEURS PAYS..... | 7 |
| 2.1 Etude de cas du système SBS à Dakar (Sénégal)..... | 7 |
| 2.1.1 Introduction..... | 7 |
| 2.1.2 Contexte institutionnel | 7 |
| 2.1.3 Description des ouvrages | 8 |
| 2.1.4 Etat de fonctionnement..... | 9 |
| 2.1.5 Aspects financiers..... | 10 |
| 2.1.6 Participation des populations | 11 |
| 2.1.7 Evaluation..... | 12 |
| 2.2 Cas d'application documentés dans autres pays | 12 |
| 3 ETAT DES LIEUX DES RESEAUX PILOTES A BAMAKO..... | 14 |
| 3.1 Problématique de l'assainissement à Bamako | 14 |
| 3.2 Identification des zones d'étude | 15 |
| 3.3 Situation socio-économique | 15 |
| 3.3.1 Démographie..... | 15 |
| 3.3.2 Occupation des chefs de ménage..... | 16 |
| 3.3.3 Revenu mensuel..... | 16 |
| 3.3.4 Aspects socioculturels..... | 16 |
| 3.4 Mode d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement..... | 17 |
| 3.5 Aspect institutionnel : Historique et montage des projets..... | 18 |
| 3.5.1 Les acteurs..... | 18 |
| 3.5.2 Historique des projets | 19 |
| 3.5.3 Montage des projets | 20 |
| 3.6 Description technique et état de fonctionnement..... | 22 |
| 3.6.1 Composants | 22 |
| 3.6.2 Le réseau de Bozola | 25 |
| 3.6.3 Le réseau de Banconi Flabougou | 26 |
| 3.6.4 Le réseau de Baco-Djicoroni | 27 |
| 3.7 Caractérisation des eaux usées et du milieu récepteur..... | 27 |
| 3.7.1 Origine et quantité des eaux usées..... | 27 |
| 3.7.2 Analyses physico-chimiques des eaux usées..... | 28 |
| 3.7.3 Caractéristiques du milieu récepteur: le marigot et un puits d'arrosage..... | 30 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4 | EVALUATION INTEGREE DES RESEAUX SBS DE BAMAKO..... | 31 |
| 4.1 | Evaluation technique..... | 31 |
| 4.1.1 | <i>Conception.....</i> | <i>31</i> |
| 4.1.2 | <i>Exécution.....</i> | <i>33</i> |
| 4.1.3 | <i>Entretien.....</i> | <i>35</i> |
| 4.1.4 | <i>Gestion des déchets solides.....</i> | <i>36</i> |
| 4.2 | Evaluation institutionnelle..... | 37 |
| 4.2.1 | <i>Montage du projet.....</i> | <i>37</i> |
| 4.2.2 | <i>Compétences des autorités et la CTAC.....</i> | <i>38</i> |
| 4.3 | Evaluation financière..... | 38 |
| 4.3.1 | <i>Coût des projets.....</i> | <i>38</i> |
| 4.3.2 | <i>Mode de remboursement.....</i> | <i>40</i> |
| 4.3.3 | <i>Capacité et volonté à payer.....</i> | <i>41</i> |
| 4.3.4 | <i>Estimation du coût d'entretien.....</i> | <i>41</i> |
| 4.3.5 | <i>Renouvellement des installations.....</i> | <i>42</i> |
| 4.3.6 | <i>Gestion des déchets solides.....</i> | <i>42</i> |
| 4.4 | Evaluation sociologique..... | 43 |
| 4.4.1 | <i>Impact du projet.....</i> | <i>43</i> |
| 4.4.2 | <i>Perception du projet par les bénéficiaires.....</i> | <i>44</i> |
| 4.4.3 | <i>Participation au projet.....</i> | <i>45</i> |
| 4.4.4 | <i>Mauvaises pratiques d'utilisation.....</i> | <i>45</i> |
| 4.4.5 | <i>Manque de sensibilisation.....</i> | <i>45</i> |
| 4.5 | Etude comparative par rapport à l'expérience de Dakar..... | 46 |
| 4.6 | Généralisation du réseau d'égout à faible diamètre ou quelle stratégie d'assainissement ?..... | 47 |
| 4.7 | Synthèse..... | 48 |
| 5 | PROPOSITIONS D'AMELIORATION | 51 |
| 5.1 | Améliorations techniques..... | 51 |
| 5.1.1 | <i>Au niveau de la conception.....</i> | <i>51</i> |
| 5.1.2 | <i>Gestion des effluents du réseau d'égout.....</i> | <i>55</i> |
| 5.1.3 | <i>Exécution.....</i> | <i>57</i> |
| 5.1.4 | <i>Entretien.....</i> | <i>58</i> |
| 5.1.5 | <i>Gestion des déchets solides.....</i> | <i>58</i> |
| 5.2 | Améliorations institutionnelles..... | 59 |
| 5.2.1 | <i>Création d'un comité de l'assainissement.....</i> | <i>59</i> |
| 5.2.2 | <i>Organe de planification et de contrôle.....</i> | <i>59</i> |
| 5.2.3 | <i>Les autorités publiques.....</i> | <i>60</i> |
| 5.2.4 | <i>Organe d'exécution et d'entretien.....</i> | <i>60</i> |
| 5.3 | Améliorations financières..... | 61 |
| 5.3.1 | <i>Système de remboursement.....</i> | <i>61</i> |
| 5.3.2 | <i>Frais de construction et d'entretien.....</i> | <i>61</i> |
| 5.4 | Améliorations sociologiques..... | 62 |
| 5.4.1 | <i>La participation de la communauté.....</i> | <i>62</i> |
| 5.4.2 | <i>Sensibiliser la communauté.....</i> | <i>63</i> |
| 5.5 | Synthèse..... | 64 |
| 6 | CONCLUSION ET PERSPECTIVES | 67 |
| | Bibliographie..... | 69 |
| | Annexes..... | 71 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Principe de fonctionnement d'un système SBS..... | 4 |
| Figure 2 : Schéma de montage de projets à Banconi | 21 |
| Figure 3 : Schéma d'une concession typique avec raccordement..... | 22 |
| Figure 4 : Profil d'un regard filtrant à Banconi | 24 |
| Figure 5 : La gestion des déchets solides et liquides à Banconi..... | 50 |
| Figure 6 : Comparaison d'un tuyau de diamètre 50 et 100 mm | 53 |
| Figure 7 : Exemple d'un canal aménagé..... | 56 |
| Figure 8 : La participation communautaire..... | 62 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Coût des différents composants des systèmes SBS à Rufisque | 11 |
| Tableau 2 : Caractéristiques démographiques des zones d'études..... | 16 |
| Tableau 3 : Mode d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement..... | 18 |
| Tableau 4 : Synthèse des données techniques des trois réseaux à Bamako. | 25 |
| Tableau 5 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées ménagères | 28 |
| Tableau 6 : Comparaison des concentrations physico-chimiques de l'eau usée, du milieu récepteur et d'un puits d'irrigation à Banconi. | 30 |
| Tableau 7 : Coûts des trois réseaux à Bamako..... | 38 |
| Tableau 8 : Répartition des coûts de construction du réseau à Baco-Djicoroni | 39 |
| Tableau 9 : Répartition des coûts de construction par concession | 40 |
| Tableau 10 : Comparaison entre les réseaux d'égout à Bamako et à Rufisque. | 46 |
| Tableau 11 : Comparaison de l'assainissement individuel avec le système SBS à Bamako. | 47 |
| Tableau 12 : Synthèse des problèmes rencontrés | 49 |
| Tableau 13 : Comparaison des deux scénarios, sans et avec fosse de décantation. | 52 |
| Tableau 14 : Systèmes de traitement décentralisés des eaux usées. | 55 |
| Tableau 15 : Avantages et inconvénients des différentes étapes de traitement | 56 |
| Tableau 16 : Synthèse des propositions d'amélioration du système SBS à Bamako..... | 65 |

LISTE DES PHOTOS

| | |
|---|----|
| Photo 1 : Eaux usées stagnantes dans le quartier de Baco-Djicoroni à Bamako..... | 1 |
| Photo 2 : Vidoir, deux bacs dégraisseur et la fosse de décantation à Rufisque (Sénégal)..... | 8 |
| Photo 3 : Une femme en train de disperser des eaux ménagères sur la rue à Banconi | 14 |
| Photo 4 : Puits d'arrosage à deux mètres du marigot de Banconi | 17 |
| Photo 5 : Lavoir dans une concession à Banconi..... | 23 |
| Photo 6 : Latrine conventionnelle..... | 23 |
| Photo 7 : Ruelle à Bozola avec la dalle de couverture cassée du regard du réseau. | 26 |
| Photo 8 : Construction d'un regard à Baco-Djicoroni. Au centre, un puisard défectueux..... | 26 |
| Photo 9 : Le rejet de l'effluent analysé dans le marigot de Banconi. | 29 |
| Photo 10 : La gestion des eaux usées et des ordures est étroitement liée..... | 31 |
| Photo 11 : Regard filtrant à Banconi..... | 32 |
| Photo 12 : Le marigot à Banconi..... | 32 |
| Photo 13 : Non-branchement sans assainissement autonome | 43 |
| Photo 14 : Caniveau rempli d'ordures et d'eau polluée..... | 43 |
| Photo 15 : La rue 16 à Banconi Flabougou à l'état initial..... | 48 |
| Photo 16 : La même prise de vue après le projet d'assainissement. (jan 2002)..... | 48 |
| Photo 17 : Vidoir pour évacuer les eaux ménagères avec grille en plastique à Rufisque | 53 |
| Photo 18 : Fosse de décantation à Rufisque (Sénégal) | 53 |

1 INTRODUCTION

1.1 Le contexte de l'assainissement en Afrique de l'Ouest

La plupart des centres urbains dans les pays en voie de développement sont confrontés à des risques sanitaires majeurs face à l'insuffisance de l'approvisionnement en eau potable, l'assainissement et l'évacuation des déchets solides. Les conséquences immédiates de l'insalubrité sont la détérioration du cadre de vie, la morbidité et la mortalité élevées. La situation est accentuée dans les quartiers pauvres, souvent créés d'une manière spontanée à cause de la croissance démographique galopante, due à l'exode rural et au taux de natalité élevé. En effet, plus de 60 % de la population urbaine africaine est pauvre et vit dans des quartiers défavorisés, qui sont, dans la plupart des cas, dépourvus d'un système d'assainissement satisfaisant (GUENE et al. 1999).

Malgré l'instauration de la Décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement (DIEPA, 1981-1990) par les Nations Unies, force est de constater que les problèmes d'assainissement persistent. D'une part, les efforts déployés en Afrique dans le cadre de la DIEPA n'ont pas produit toujours de solutions durables (GUENE et al. 1999) et d'autre part les problèmes posés par l'élimination des eaux usées ont été quelque peu négligés (FRANCEYS et al. 1995). En effet, la majorité des fonds investis a été affectée aux programmes d'approvisionnement en eau potable. En outre, l'amélioration de l'adduction en eau augmente la consommation en eau et ainsi la production des eaux usées à évacuer. Outre l'approvisionnement en eau, l'évacuation des excréta et des eaux usées constitue un élément primordial pour améliorer l'hygiène du milieu et favoriser ainsi la santé publique.

Dans le contexte de l'Afrique subsaharienne, les systèmes d'assainissement individuel, principalement des latrines sèches (qui ne reçoivent souvent que les excréta) et des puisards, prédominent. Les défaillances des installations d'assainissement autonomes, l'inexistence d'un réseau d'égout et par la suite le rejet anarchique des eaux usées sur la rue et dans les caniveaux constituent des caractéristiques des villes africaines comme Ouagadougou (Burkina Faso) et Bamako (Mali).



Photo 1 : Eaux usées stagnantes dans le quartier de Baco-Djicoroni à Bamako.

Cependant, pour faire face aux problèmes des eaux usées, le coût d'un réseau d'égout classique et son effort d'entretien sont les obstacles majeurs pour son adoption dans les villes dont l'assainissement individuel atteint ses limites (manque d'espace, sol imperméable). Une alternative à l'assainissement collectif classique et à l'assainissement individuel consiste en l'implantation d'un réseau d'égouts à faible diamètre, également connu sous l'appellation de mini-égout ou système SBS (small bore sewer). L'approche de collecter et de traiter les eaux usées d'une manière décentralisée en utilisant des tuyaux de faible diamètre et des petites unités de traitement, appelé également assainissement semi-collectif, peut améliorer considérablement le cadre de vie de la communauté à faible revenu à un coût abordable.

Dans cette perspective, la mise au point de ces expériences et sa documentation font partie intégrante du programme de recherche du centre régional pour l'eau potable et l'assainissement à faible coût (CREPA) pour la période de 2001 à 2004.

1.2 Objectifs de l'étude

La ville de Bamako dispose actuellement de trois réseaux SBS qui évacuent les eaux ménagères. Suite à l'amélioration visible du cadre de vie et l'enthousiasme auprès des bénéficiaires de ces projets pilote, les autorités maliennes comptent étendre ce type d'assainissement à d'autres quartiers de la ville, voire à tout le pays.

Le présent document vise à contribuer à l'amélioration des conditions de vie en général et de la santé en particulier de la population défavorisée dans les pays en voie de développement.

Selon les termes de référence (annexe 1), l'objectif de l'étude est de fournir les informations suivantes :

- une revue bibliographique sur le concept et les cas d'application du système SBS
- un état des lieux des systèmes SBS à Bamako (Mali) et à Rufisque (Sénégal)
- une évaluation technique, institutionnelle, financière et sociologique des systèmes SBS à Bamako, en particulier du réseau de Banconi, permettra de mettre en évidence les erreurs commises
- des propositions d'amélioration pour une extension future de ce type d'assainissement dans la sous-région
- un guide de conception pour les planificateurs

1.3 Méthodologie

La revue bibliographique s'est effectuée à Ouagadougou à l'aide des centres de documentation du CREPA-siège et de l'EIER. Trois objectifs ont été poursuivis: Prise de conscience et compréhension de la problématique d'assainissement dans un pays du Sahel; se familiariser avec les différents types d'assainissement dans un pays en développement; recherche des cas d'application du système SBS en général et en Afrique en particulier.

La documentation sur la problématique d'assainissement est vaste, surtout en ce qui concerne l'assainissement individuel dans les pays en développement. Cependant, il n'existe que très peu de documents sur le système SBS appliqué dans la sous-région.

Ensuite, les activités suivantes ont été menées :

- L'échange avec l'antenne du CREPA au Mali a permis d'obtenir les informations de base recensées par elle-même et des conseils précieux par l'équipe.
- Les visites de terrain des systèmes SBS de Bamako (Mali) et Rufisque (Sénégal) ont permis d'inspecter leur conception et état actuel, d'étudier leur fonctionnement et de rencontrer les personnes responsables.
- Les entretiens avec les différents acteurs du système SBS ont permis à la fois de récolter des données de base supplémentaires, de comprendre le fonctionnement de la société africaine et de discuter les propositions d'amélioration avec les acteurs concernés.
- Une enquête sociologique auprès des bénéficiaires a été menée pour percevoir l'acceptabilité du système et les problèmes rencontrés. Il s'agit d'une douzaine de bénéficiaires visités d'une manière intentionnelle. L'enquête n'a pas suivi la démarche classique en utilisant un questionnaire, mais la discussion a été menée d'une manière spontanée en soulevant plusieurs questions.
- Beaucoup de discussions se sont développées lors des visites de terrain des réseaux d'égout. En inspectant par exemple le fonctionnement des regards, il arrivait souvent que les habitants des localités passent et indiquent les problèmes ou expriment leur gratitude. Ce type de rencontre était une source d'information non négligeable. A noter que beaucoup d'informations "secrètes" provenaient des enfants en absence des adultes.
- Deux campagnes de prélèvement des eaux ont été organisées avec deux laboratoires différents, soit les laboratoires de la direction nationale de la santé (DNS) et de la direction nationale de l'hydraulique et de l'énergie (DNHE). Les échantillons ont été prélevés d'une manière ponctuelle (dans le temps et dans l'espace) et manuelle par un agent du service à l'aide d'une bouteille en plastique ou un flacon en verre. Les échantillons ont été analysés ensuite au laboratoire sans la présence de l'auteur de l'étude.
- Une équipe de ramassage d'ordures avec le tracteur à remorque et un charretier ont été accompagnés pendant une journée. Ceci a permis de compter les concessions desservies, de voir les problèmes pratiques, de discuter avec les ramasseurs et de voir le dépotoir de transit et la décharge finale.

Les impressions et informations ainsi obtenues ont été analysées. Les chapitres suivants représentent la synthèse de ce travail. La chronologie, le lieu des différentes activités ainsi qu'une liste des personnes rencontrées se trouvent en annexe 2 et 3.

1.4 Le réseau d'égout à faible diamètre ou SBS (small bore sewer): Une alternative à l'assainissement individuel

1.4.1 Principe de fonctionnement

La séparation des solides contenus dans les eaux usées et l'acheminement de la partie liquide dans le réseau d'égouts constitue l'idée de base d'un système SBS. En enlevant les solides et les graisses à l'aide des fosses intermédiaires au niveau du branchement au réseau, il est possible de diminuer le diamètre des canalisations (typiquement entre 50 et 150 mm), car le risque de colmatage par les solides est fortement limité. De plus, on peut se permettre de diminuer la vitesse d'écoulement puisque l'absence de solides élimine la possibilité de sédimentation qui pourrait obstruer le réseau (OTIS et MARA 1985). La fosse intermédiaire sert à la fois à la

décantation des matières solides au fond ou flottant en surface, à la digestion de la matière organique et au stockage des boues et des écumes (BROOME et al. 1988). Le liquide est transporté dans des tuyaux à faible diamètre vers l'exutoire (système de traitement, cours d'eau, caniveau pluvial, égout classique). Afin de faciliter l'entretien et de remédier aux obstructions, le réseau est muni de regards et de "clean-out" (voir figure 2 en annexe 4) permettant le curage des tuyaux obstrués. L'entretien régulier empêche l'apparition des blocages du système. Il consiste à contrôler régulièrement les fosses intermédiaires et à les vider. L'entretien comprend également le contrôle et le nettoyage de la canalisation.

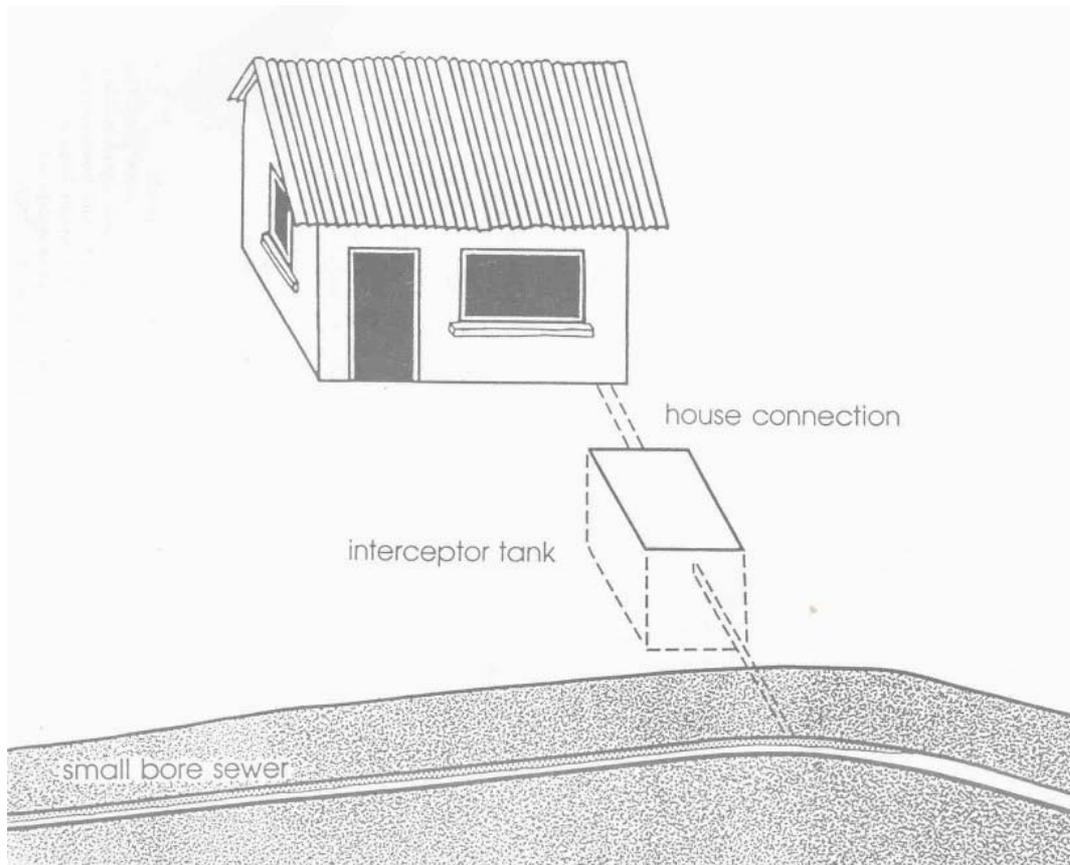


Figure 1 : Principe de fonctionnement d'un système SBS (tiré de OTIS et MARA 1985)

1.4.2 Conception du réseau

Ce paragraphe expose brièvement les composants de base d'un réseau SBS idéal comme il a été décrit ci-dessus et proposé dans la littérature par OTIS et MARA (1985). Cependant cette conception n'est qu'à envisager pour la population aisée qui dispose déjà d'une fosse septique ou de suffisamment de moyens et d'espace pour la construction d'une telle fosse intermédiaire. Il est possible de construire des fosses intermédiaires en commun pour plusieurs habitations ou de disposer d'autres moyens d'intercepter les solides. Des informations plus détaillées et les formules en ce qui concerne les bases de dimensionnement sont fournies en annexe 4 et 5 et dans le guide de conception en annexe 9 respectivement.

Fosse intermédiaire: Le bon fonctionnement du réseau est essentiellement dû à la conception des fosses intermédiaires afin d'éviter le passage de la matière solide et des graisses dans les égouts. Car ce sont elles qui sont susceptibles de provoquer des obstructions dans le réseau. Le volume de la fosse doit permettre le stockage des boues et de l'écume entre deux vidanges en assurant un temps de rétention hydraulique suffisant jusqu'au moment de vidange. Le calcul du volume est basé sur le même principe qu'une fosse septique en fonction de l'accumulation de boue et de la fréquence de vidange. La vidange s'impose dès que la canalisation en T_é se trouve au moins de 75 mm au-dessous de la couche d'écume ou 300 mm au-dessus de la couche de boue. La figure 1 en annexe 4 représente une fosse intermédiaire.

Canalisation: La tuyauterie, en général en PVC, est dimensionnée sur la base de l'équation de Manning-Strickler qui est la plus simple. Les recommandations suivantes peuvent être formulées :

- $K_S = 90$ pour une canalisation en PVC
- les pertes singulières peuvent être intégrées en diminuant le coefficient K_S de 5 à 10 %;
- la vitesse d'écoulement minimale de 0.3 m/s doit être respectée pour que les solides en suspension ne décantent pas et obstruent la canalisation;
- un coefficient de pointe de 1.5 à 2 est recommandé;
- un diamètre minimal de 100 mm est approprié pour les pays en développement (TOURE 1990).

Système de traitement: Selon la qualité souhaitée de l'effluent et le débit à traiter, toute une gamme de système de traitement peut être envisagée. Pour les pays en développement, le lagunage (ou bassin de stabilisation) constitue en général l'option adoptée, car elle est peu onéreuse et simple à installer et à exploiter. Néanmoins, le besoin de vastes superficies limite son application. Dans ce cas, des unités de traitement comme des fosses septiques, des lits bactériens ou l'infiltration sont des alternatives pour des réseaux décentralisés. Cependant elles ne constituent souvent pas une solution satisfaisante au point de vue de l'élimination des germes pathogènes.

1.4.3 Avantages et inconvénients du système SBS

Dans les pays en développement, le réseau d'égout classique n'est souvent pas approprié, car trop cher et techniquement inadapté pour les quartiers périurbains ne disposant pas de lotissement et de rues aménagées. Le réseau classique au centre ville est souvent confronté aux différentes limites (manque de personnel qualifié pour l'entretien; mauvaise utilisation, par exemple pour éliminer les déchets solides, manque d'espace). Dans les zones fortement peuplées, l'assainissement autonome peut atteindre ses limites, soit par manque d'espace soit à cause d'un sol peu perméable. L'installation d'un système SBS tel que présenté ci-dessus présente tous les avantages d'un réseau classique et de plus les suivants :

- coût modéré (tranchée peu profonde, petit diamètre)
- facile à construire (petits tuyaux, léger lorsqu'on utilise le PVC)
- possibilité de remplacer les puits perdus défailants des fosses septiques existantes par le réseau d'égout à faible diamètre

- fonctionne correctement déjà à faible débit, car le problème d'auto-curage ne se pose pas (puisque le liquide est privé de solides) comme dans un réseau d'égout classique
- évite la contamination potentielle de la nappe par l'assainissement individuel

Cependant, il faut se plier à des contraintes :

- vidange régulière et entretien des fosses intermédiaires
- le traitement des eaux usées et des boues de vidanges est nécessaire si on ne veut pas déplacer le problème et polluer le milieu récepteur
- le comportement correct des bénéficiaires est la base du bon fonctionnement au cas où il n'y a pas d'organe entretenant régulièrement tous les composants du réseau
- lorsque le terrain est plat, une station de relevage s'impose ce qui est délicat dans un contexte d'entretien négligeant et de coupures d'électricité fréquents
- les branchements illégaux peuvent poser des problèmes (matières solides, surcharge)

2 EXPERIENCES DU SYSTEME SBS DANS PLUSIEURS PAYS

La documentation sur les cas d'application de la technique du réseau d'égouts à faible diamètre est très limitée. Pour cette raison, la visite de terrain des systèmes SBS au Sénégal a permis de percevoir la conception et de recueillir de plus amples informations. L'expérience du Sénégal est intéressante, car le contexte local est similaire au Mali (pluviométrie, mentalité, pauvreté). Le résultat est présenté au paragraphe suivant.

Les différents cas d'application dans d'autres pays découlant de la revue bibliographique sont résumés dans le paragraphe 2.2. Ils mettent en évidence que les réseaux existants fonctionnent d'une manière satisfaisante pendant des décennies en Australie et aux Etats-Unis (BROOME et al. 1988), tandis que dans les pays en développement, les dysfonctionnements commencent peu de temps après la mise en service. Ce fait est rarement dû à la conception, mais avant tout imputable au manque d'entretien.

2.1 Etude de cas du système SBS à Dakar (Sénégal)

2.1.1 Introduction

Deux réseaux d'égout à faible diamètre existent dans deux quartiers de Rufisque¹, une ville à 20 km à l'est de Dakar au bord de la mer, entre-temps presque adjacente à la capitale sénégalaise à cause de sa croissance urbaine considérable. L'ONG "ENDA Tiers Monde" déploie beaucoup d'énergie dans le développement de Rufisque. C'est elle qui a instauré, dès 1990, le programme d'assainissement de Diokoul et quartiers environnants (PADE) pour faire face à l'insalubrité criante. Dans le cadre du PADE, toute une série d'action dans le domaine de l'assainissement a été mise en place, dont les deux réseaux d'égout à faible diamètre, chacun muni d'une STEP (lagunages).

Les deux quartiers concernés sont d'une part Diokoul, faisant partie du tissu ancien et traditionnel de Rufisque et Castor d'autre part, une zone planifiée et lotie construite pour abriter les travailleurs de l'usine de ciment SOCOCIM.

Les quartiers ont connu d'énormes problèmes d'assainissement à cause de la nappe presque affleurante qui remplissait rapidement les latrines à fosse non étanche et les puisards.

2.1.2 Contexte institutionnel

Fond roulant: Le fonds communautaire pour l'assainissement de quartiers urbains pauvres (FOCAUP) a financé les projets d'assainissement de ENDA. Il était alimenté par la coopération canadienne, puis par l'Union Européenne a pris le relais.

ONG "ENDA": Elle est le maître d'œuvre des réseaux et titulaire du PADE, responsable envers les bailleurs de fond, elle réalise et coordonne toutes les prestations. Enda forme les groupes cibles (comme les GIE) et sensibilise la population.

Municipalité: Elle supporte les projets en mettant à disposition tous les documents nécessaires, participe aux réunions et aux décisions locales et concerte le PADE avec le plan de

¹ Commune avec 115'000 habitants en 1988

développement municipale de Rufisque. Elle est la propriétaire des réseaux d'égout et des STEP (sans l'installation au sein d'une concession).

Comité local de gestion: Il est le signataire des contrats entre Enda et les demandeurs d'assainissement et responsable pour le recouvrement financier. Le service technique municipal, un délégué du quartier et des membres du comité de santé y sont représentés. De plus, il confie l'entretien à un GIE. Le point central du comité est la poste de santé dans le quartier.

Bénéficiaire: Il doit fournir une avance (au FOCAUP) avant l'exécution des travaux et contribuer au renouvellement des investissements par le biais du comité local. Il est le propriétaire des installations dans la concession (vidoir, fosse de décantation, canalisation jusqu'au réseau).

2.1.3 Description des ouvrages

Au cours du PADE, les ouvrages suivants ont été réalisés :

- A l'intérieur de chaque concession branchée au réseau: un vidoir avec une gille plastique (photo 2 et 17), suivi de deux bacs dégraisseurs (30*30 cm section intérieure) et d'une fosse de décantation (70*100 cm section intérieure, 70 cm de profondeur brute) avec un TRH de 4 à 6 heures (photo 2 et 18). La fosse reçoit les eaux ménagères versées dans le vidoir, les eaux de douche et les eaux vannes. Les bénéficiaires disposent d'une toilette munie d'une cuvette avec un siphon.
- Un vidoir public est construit à Castor pour les non raccordés.
- Les deux réseaux d'égout comptent une longueur d'environ 4'000 m. Les réseaux sont munis de nombreux regards (tuyau d'arrivée et de sortie au niveau du fond), régulièrement espacés de 20 m. Le diamètre de la canalisation est partout de 110 mm.



Photo 2 : Vidoir, deux bacs dégraisseur et la fosse de décantation à l'intérieur d'une concession à Rufisque (Sénégal).

- Deux stations d'épuration équipées d'un décanteur - digesteur à ciel ouvert suivi de 4 et 6 bassins de lagunage à Diokoul et Castor (photo 2 en annexe 10) respectivement. Les stations sont dimensionnées selon les recommandations de Charbonnel² pour 150 et 285 concessions (rejet de 350 l/j) raccordées respectivement à Diokoul et Castor. Mais en réalité, il y a 80 et 155 concessions raccordées respectivement.

ENDA a instauré une gestion intégrée des déchets liquides et solides dans les deux zones de projet afin de créer des emplois et de préserver l'environnement. Il s'agit du ramassage des ordures, leur acheminement vers le site de la STEP et la valorisation par compostage. Les eaux usées sont utilisées pour le compostage et l'irrigation des surfaces maraîchères et des arbres fruitiers sur le site de la STEP.

2.1.4 Etat de fonctionnement

La visite de terrain des deux réseaux d'égout a permis de faire le point sur son état de fonctionnement et de révéler les problèmes techniques. Les réseaux sont fonctionnels, il n'y a pas d'eau stagnante dans les zones de projet. Les observations suivantes décrites ci-dessous ont été faites.

Ouvrages à l'intérieur de la concession:

- Il y a des grandes différences d'une concession à une autre en ce qui concerne l'état physique des ouvrages. Au niveau de certains vidoirs manquent la grille plastique et les Tés au niveau des bacs dégraisseurs et de la fosse de décantation ;
- Au niveau de la conception, les deux bacs de dégraisseur sont à mettre en question. Car il y a exactement la même croûte d'écume dans les bacs ainsi que dans la fosse de décantation. SASSE (1998) déconseille même de mettre en place un bac dégraisseur avant une fosse septique, parce qu'il doit être vidé au moins une fois par semaine afin de garantir le fonctionnement. Ceci n'est visiblement pas le cas.

Réseau d'égout:

- Tous les regards ont une forme standard (environ 60*60 cm dimensions intérieures). Le premier modèle a une revanche de 20 cm par rapport au terrain naturel, tandis que le deuxième modèle se trouve au même niveau.
- Les regards ne disposent pas de Tés, car le tuyau d'arrivée et de sortie sont sur le niveau du fond. Il est étonnant de voir que beaucoup de regards fonctionnent sous charge, c'est-à-dire que le niveau d'eau se trouve en dessus de la tuyauterie. Il y a rarement une croûte d'écume, cependant plusieurs regards sont endommagés (dalle défectueuse par exemple). Il est intéressant de noter que l'entreprise privé ayant effectué les travaux a déposé des regards préfabriqués à la STEP afin de pouvoir remplacer les éléments défectueux (photo 3 en annexe 10). Mais malheureusement le GIE s'occupant de l'entretien n'a pas les moyens pour les déplacer, car trop lourds à transporter.
- La profondeur de pose se situe autour de 50 cm. Il y a souvent deux tracés de canalisation, un à chaque côté de la rue.
- Pendant l'hivernage, il y a parfois des problèmes de capacité du réseau. Cependant, ce n'est pas dû au drainage des eaux pluviales, mais les eaux de ruissellement pénètrent dans le

² Charbonnel Yves: Manuel du lagunage à macrophytes en régions tropicales.

réseau à travers les regards défectueux ou mal couverts. En effet, le réseau ne draine pas la pluie, vu que les toilettes sont couvertes et qu'il n'y a pas de lavoirs.

Station d'épuration:

- A Diokoul, seulement deux des quatre bassins de lagunage sont remplis, partiellement avec des plantes aquatiques enracinées. Il semble qu'il y ait des fuites. Cependant, le compostage se fait toujours.
- A Castor, le ramassage de déchets et le compostage ont été abandonnés à cause de la mort du cheval (pour la traction de la charrette). Egalement le maraîchage a été arrêté, bien qu'il y ait de l'eau en abondance. Un peu d'horticulture avec des plantes d'ornement se fait encore.
- La station de Castor a connu des problèmes majeurs avec la survie des macrophytes de type *Pistia stratiotes*. De plus, l'enlèvement régulier des macrophytes ne se faisait pas. Lors de la visite, il n'y avait plus de macrophytes³. L'effluent d'une couleur verte (bourré d'algues) se jette dans une espèce de biotope. Une partie s'infiltre et une partie est réutilisée pour l'irrigation.
- Les poissons introduits dans le dernier bassin de lagunage à Castor n'ont jamais survécu. Pour cette raison, on a abandonné les essais de pisciculture. On suppose que la teneur en sel trop élevée soit responsable de la mort des poissons et des macrophytes.
- Les châteaux d'eau pour le stockage des eaux traitées sont hors service à Diokoul ainsi qu'à Castor.
- Les deux stations sont surdimensionnées à l'heure actuelle, car il n'y a pas autant de branchement que prévu (d'un facteur 2, voir description des ouvrages ci-dessus).

Mode d'entretien:

Il était prévu initialement que les bénéficiaires s'occupent des ouvrages au sein de la concession et du regard se trouvant devant celle-ci. Mais il s'est avéré rapidement que l'entretien ne se faisait pas, à défaut de matériel adéquat et de responsabilité. L'entretien a été aussitôt confié à un GIE. Ainsi, c'est le GIE qui vidange chaque trois et quatre mois les bacs à dégraisseur et la fosse de décantation à Diokoul et Castor respectivement (photo 4 en annexe 10). Une équipe de trois personnes entretient en moyenne 8 concessions par jour. Les matières de vidange sont mises dans un fût et compostées sur le site de la STEP (transport avec la charrette à cheval) avec les déchets organiques (à Diokoul, à Castor le compostage ne se fait pas pour le moment). Le GIE s'occupe également du bon fonctionnement du réseau. Cependant, la gestion technique⁴ des STEP n'a été effective que dans les premiers mois de leur installation en 1994, ensuite elles sont restées plusieurs années sans entretien.

2.1.5 Aspects financiers

Coût des infrastructures et mode d'amortissement: Les ouvrages à l'intérieur de la concession (vidoir, fosse) sont payés par le bénéficiaire. Son coût s'élève à 175'750 FCFA. Le bénéficiaire doit payer une avance de 25'000 FCFA pour que la construction démarre. Il s'acquitte du montant restant (le remboursement s'élève à 108 % du coût de construction) pendant 21 mois par versement de 7'850 FCFA sur un compte bloqué. Il s'agit

³ Le gérant du GIE disait que les macrophytes étaient enlevés pour mener une étude des performances épuratoires de la STEP par ENDA. C'est vrai, mais l'étude a été effectuée en 1999.

d'un fond roulant (revolving fund) destiné à être réutilisé pour l'assainissement de nouveaux quartiers. Il est alimenté tout à la fois par les bénéficiaires et des subventions de partenaires.

Tableau 1 : Coût des différents composants des systèmes SBS à Rufisque

| | concessions raccordées | coût réseau [FCFA] | coût STEP [FCFA] | coût par concession branchée [FCFA] STEP & réseau vidoir, bac, fosse | |
|---------|---------------------------|-----------------------|---------------------|---|---------|
| Diokoul | 80 | 15'000'000 | 11'000'000 | 325'000 | 175'750 |
| Castor | 155 | 17'000'000 | 14'000'000 | 200'000 | 175'750 |

Le coût ramené à une concession branchée de 400'000 à 500'000 FCFA est très élevé par rapport au coût de 120'000 FCFA pour Bamako. Il y a deux raisons : les installations sont beaucoup plus sophistiquées (avant tout le traitement des eaux usées) et le nombre de raccordement est plus petit que prévu.

Les bénéficiaires sont tenus à participer à l'amortissement du réseau et de la STEP sous forme d'une annuité de 10'000 FCFA pendant 10 ans après le remboursement de l'ouvrage individuel, c'est-à-dire 21 mois après le raccordement. Ce montant correspond à 50 % des investissements (à Castor). La commune de Rufisque et l'office national d'assainissement du Sénégal prennent en charge 25 % chacun. Ainsi, le renouvellement des investissements est garanti en supposant une durée de vie d'au moins 10 ans.

Coût d'entretien: Il était prévu que chaque bénéficiaire paye 500 FCFA par mois ce qui est notifié dans le contrat de branchement. Cependant, ce principe n'a jamais fonctionné et dans la pratique, c'est ENDA qui l'a financé. Néanmoins, à Diokoul, deux femmes du GIE commencent à accompagner les hommes d'entretien et encaissent directement la cotisation par intervention. Elles profitent de l'occasion pour sensibiliser les bénéficiaires du bon usage du système et des problèmes d'hygiène.

Il est à noter que les GIE n'ont pas (encore) atteint les seuils de rentabilité escomptés, malgré le maraîchage et la collecte des ordures.

Taux de recouvrement: Le taux de recouvrement n'est pas satisfaisant, en effet il s'élève sur l'ensemble du programme à une moyenne de 60 %. Afin d'éviter le recours au tribunal, un comité de recouvrement (notables, jeunes et adultes du quartier) a été mis en place. Il est chargé de visiter les mauvais payeurs le soir afin de trouver une solution. Il est à noter que les mauvais payeurs ne sont généralement pas les plus pauvres. En effet, les plus pauvres essaient à tout prix de s'acquitter de la dette en vue de ne pas subir la pression sociale et être reconnu comme pauvre.

2.1.6 Participation des populations

L'organisation de la participation est avant tout de manière financière en payant les installations nécessaires au raccordement et en contribuant à l'amortissement du réseau. Néanmoins, la formation du comité de santé et la signature du contrat de prêt par le bénéficiaire avant le démarrage des travaux constituent un engagement.

Cependant, l'entretien des installations, la gestion de la STEP, le compostage, le ramassage des ordures et les actions de sensibilisation par le GIE à Diokoul constituent une véritable participation des jeunes du quartier pour le développement urbain de Rufisque.

⁴ Selon les recommandations de Charbonnel, la moitié des bassins doit être récoltée tous les quinze jours.

2.1.7 Evaluation

Les réseaux à faible diamètre à Rufisque comprennent plusieurs points forts: La conception innovatrice et la bonne exécution des travaux permettent de retenir efficacement les solides et les graisses (dans la fosse de décantation) afin de garantir le fonctionnement du réseau. Le mode d'entretien génère des emplois, en particulier avec la gestion intégrée des déchets, et évite la nécessité de faire appel à un camion de vidange. Le système du financement avec le fond roulant à Rufisque constitue une innovation en faveur de la population défavorisée. Grâce à ce fond, il y a une épargne locale qui sert au financement des initiatives locale en matière d'assainissement et d'environnement urbain (GAYE 1996).

Cependant, des insuffisances au niveau du fonctionnement et d'entretien des lagunes ont été constatées. La participation de la population demeure essentiellement de nature financière et le taux de recouvrement est insatisfaisant.

2.2 Cas d'application documentés dans autres pays

Zambie: Le premier réseau SBS a été réalisé en 1960 en Zambie (TOURE 1990), car des puits perdus se sont montrés peu efficaces à cause des sols peu perméables. O'DWYER (1992) a évalué le fonctionnement de quatre réseaux d'égout de faible diamètre après plus de 20 ans en service. Tous présentent des problèmes d'obstruction de la tuyauterie. La cause de la défaillance de ces systèmes est que les fosses, qui sont posées directement sous le cabinet sanitaire (voir schéma en annexe 4), ne sont pas vidangées régulièrement et correctement. Les boues ainsi emmenées dans les tuyaux les obstruent et entraînent le dysfonctionnement. De plus, aucun programme d'entretien et de maintenance n'existe pour le réseau. Cependant le traitement des eaux usées par des bassins de stabilisation s'avère satisfaisant, tandis que les puisards ne constituaient pas une bonne solution pour l'évacuation de l'effluent car souvent bouchés.

L'expérience en Zambie met en évidence l'importance cruciale d'entretenir convenablement le réseau d'égouts à faible diamètre afin d'éviter les dysfonctionnements.

Ghana: GEAR et al. (1996) décrivent le quartier d'Asafo à Kumasi où a été mis en place un réseau d'égouts simplifiés (en occurrence un système SBS sans fosses intermédiaires) qui assainit ainsi 20'000 habitants. Le quartier est caractérisé par une densité élevée où l'assainissement individuel n'était plus possible. Le système fonctionne comme un réseau d'égouts classiques. La seule différence est constituée par les tuyaux de plus petit diamètre qui sont enterrés à faible profondeur en évitant les endroits avec une forte charge (grande route par exemple). L'effluent du réseau pilote est traité dans des étangs de stabilisation. Il est à noter qu'il n'y a pas de séparation de solides à l'aide des fosses intermédiaires avant le rejet dans les égouts.

Le traitement des eaux usées au moyen des bassins de stabilisation devrait constituer une bonne solution, car cette technique est simple et ainsi facile à opérer et gérer. En effet, plusieurs systèmes de traitement trop sophistiqués ont été implantés à Kumasi dont la plupart ne fonctionnent plus par manque d'entretien et de personnels qualifiés (AMOATENG 1998).

Le principal problème lors de la mise en place du réseau posait l'infrastructure enterrée qui n'était que très mal documentée. Le coût de la cuvette de WC avec réservoir représentait environ 60 % du coût total du raccordement. Mais les ménages disposaient des moyens et se montraient prêts à payer en vue des bénéfices à attendre.

Aucun document n'a été trouvé en ce qui concerne le fonctionnement actuel et le mode d'entretien du système pilote.

Nigeria: Aux années 60, les premiers systèmes SBS ont été installés au Nigeria. Cependant, on observe les mêmes problèmes majeurs comme en Zambie provenant de l'absence d'une vidange

régulière des fosses (la boue accumulée entre dans la canalisation et l'obstrue). De plus, la situation s'est aggravée à cause d'une mauvaise conception des sorties des fosses qui a permis l'entrée des solides dans le réseau (OTIS et MARA 1985).

Les systèmes SBS reçoivent comme en Zambie l'effluent d'un cabinet sanitaire à fosse étanche (figure 3 en annexe 4).

Brésil: Le seul exemple en Amérique latine est mentionné dans REED (1995). Il s'agit d'un système SBS avec des fosses intermédiaire à Brotas en Brésil (voir figures 4 en annexe 4). Les eaux sont acheminées à l'aide des tuyaux de 40 à 100 mm vers un filtre anaérobie. Une particularité constitue un lit de séchage de boue adjacent à la fosse intermédiaire. C'est le seul système où la gestion des boues de vidange a été intégrée. Cependant, la nappe phréatique peu profonde empêche le séchage des boues.

Pakistan: Le système SBS a été installé dans une zone de faible consommation en eau pour prévenir aux blocages du réseau d'égout classique à l'aval (REED, 1995). La vidange des fosses intermédiaires pose des problèmes.

Australie: L'Australie possède le plus grand nombre des systèmes SBS, en effet en 1985 il y en avait une septantaine. Cependant ces réseaux ont été réalisés dans des petites villes ou villages afin de minimiser les coûts d'assainissement. Alors que dans les pays en développement, le réseau d'égouts de faible diamètre se prête plutôt pour des zones urbaines ou périurbaines denses où l'assainissement autonome n'est plus possible (manque d'espace, sol imperméable). Seulement quelques blocages ont été identifiés au cours du temps, mais aucun d'eux n'a été provoqué par un défaut de conception. Le problème majeur est que des racines pénètrent dans les joints des canalisations en argile cuite (BROOME et al. 1988). L'utilisation du PVC pourrait limiter, voire éliminer l'infiltration racinaire.

Etats-Unis: Selon BROOME et al. (1988), aucun blocage ne s'est produit depuis la construction du réseau en 1975 au Mt Andrew, malgré la petite taille des égouts (50 et 75 mm).

Éthiopie: Une étude de faisabilité finlandaise a examiné l'implantation d'un réseau d'égouts SBS à Adis Abbas. Selon l'étude, le système peut facilement être mis en œuvre lorsqu'il existe déjà un pourcentage élevé des installations d'assainissements par voie d'eau comme des fosses septiques (généralement la population plus aisée et moins dense) où la faible perméabilité du sol limite l'évacuation de l'effluent. Cependant, l'étude doute de la faisabilité dans les quartiers plus denses où des systèmes d'assainissement sans utilisation d'eau sont encore très répandus, car la consommation spécifique en eau devrait se situer au moins autour de 50 litres par personne et jour pour un bon fonctionnement du système SBS et le manque d'espace limite la construction des fosses intermédiaires (HAILU 1988). Il resterait à élucider si le projet s'est effectué réellement dans les zones proposées.

Burkina Faso: La faisabilité de plusieurs concepts d'assainissement à faible coût pour un quartier à Ouagadougou a été comparés par NAKOULMA (1990). Mais le système SBS n'a pas été retenu à cause de son coût trop élevé par rapport à l'assainissement autonome et du manque d'un plan directeur d'assainissement. Cependant le concept et la faisabilité technique n'ont pas été mis en question.

A l'heure actuelle, le plan stratégique d'assainissement de Ouagadougou est en train d'exécution et consiste à collecter les eaux usées des grands consommateurs (hôtels, marché, institutions) en centre ville et la zone industrielle par un égout classique avec plusieurs stations de relevage. Le lagunage en dehors de la ville et retenu pour le traitement des eaux usées collectées. L'assainissement autonome est adopté pour les autres quartiers.

3 ETAT DES LIEUX DES RESEAUX PILOTES A BAMAKO

3.1 Problématique de l'assainissement à Bamako

La capitale malienne, comme beaucoup d'autres villes africaines, connaît une croissance démographique élevée depuis plus de trois décennies. En 1960, la population se montait à 129'000 personnes tandis que lors du dernier recensement en 1998, la ville comptait 1'016'000 habitants. Le taux de croissance moyen s'élève à 4 %, dû à l'exode rural et à un taux de natalité élevé (Recensement du Mali, 1998).

La croissance démographique et l'incapacité de la municipalité à mettre en place une infrastructure d'assainissement appropriée créent de problèmes majeurs en matière d'évacuation des déchets liquides et solides ainsi que des eaux pluviales. La ville de Bamako ne dispose pas de réseau d'égout classique⁵. La gestion des eaux usées constitue alors un acte individuel. Cependant la population à faible revenu n'a souvent pas les moyens financiers de s'équiper d'un système d'assainissement autonome. En outre, l'ignorance du lien entre l'insalubrité et la santé et l'inexistence d'un système de financement des ouvrages d'assainissement ne l'encourage pas à investir dans un tel système. Ainsi, le déversement anarchique des eaux usées dans les rues (photo 3), dans les marigots et les caniveaux est la conséquence logique de l'insuffisance d'une infrastructure appropriée. Il est à noter que le déversement des eaux usées dans les caniveaux et les marigots est formellement interdit dans le périmètre du district de Bamako par la loi⁶.

La vidange des latrines se fait par camion (spiros) pour la population aisée et de la manière traditionnelle (vidange manuelle et enfouissement sur place) pour la population défavorisée. La mauvaise gestion des déchets solides est tributaire de l'insuffisance des moyens de transport, de l'enlèvement irrégulier des dépôts de transit et de l'absence d'une décharge finale. Par conséquent, les dépôts sauvages prolifèrent et les ordures envahissent les caniveaux et les marigots en particulier. Les caniveaux existent le long des rues goudronnées et ne sont guère entretenus; les ordures et les eaux usées s'y accumulent.



Photo 3 : Une femme en train de disperser des eaux ménagères sur la rue à Banconi.

⁵ Il y a quelques égouts au centre ville récoltant les eaux usées de quelques gros producteurs comme les hôtels, le camp militaire et l'administration, mais pas de réseau en tant que tel.

⁶ Arrêté n° 22/CD-GD

Ainsi, le cadre de vie se dégrade, l'insalubrité augmente et les maladies liées à l'eau sont très fréquentes. Le problème est très accentué dans les quartiers spontanés et très peuplés, dépourvus de tout équipement et de service public.

Au niveau administratif, le district de Bamako est subdivisé en six communes. Les communes elles-mêmes sont divisées en 73 quartiers qui renferment les différents secteurs. Dans le contexte de décentralisation, ce sont les mairies communales qui sont censées fournir les services d'assainissement (surtout la gestion des ordures). A l'heure actuelle, il n'y a pas de stratégie ni de concertation entre les mairies communales et le district de Bamako en ce qui concerne les problèmes d'assainissement. Pour y remédier, la direction nationale de l'assainissement est en train d'effectuer un état des lieux des plus grandes villes maliennes afin de mettre en place un plan stratégique d'assainissement (voir § 4.6).

3.2 Identification des zones d'étude

Lors de l'étude, Bamako disposait de trois zones équipées d'un réseau d'égout à faible diamètre. Il s'agit de Bozola, Banconi Flabougou et Baco-Djicoroni. Un projet de réalisation de mini-égout est en cours de planification dans le secteur Banconi-Salembougou.

Bozola: Il s'agit d'un des plus vieux quartiers très peuplés au cœur de la ville sur la rive gauche du fleuve Niger, appartenant à la commune II. La densité du quartier est élevée (voir § 3.3.1) et les nombreuses ruelles rendent difficiles l'orientation pour un non résident. Le quartier renferme également le marché Dabanani. Les habitants sont caractérisés par une cohésion familiale très importante et une fierté d'être à l'origine de la ville de Bamako (communication personnelle du promoteur du GIE de Bozola).

Banconi Flabougou : Situé dans la commune I, Flabougou constitue un secteur du quartier spontané de Banconi, c'est-à-dire que les gens sont venus s'installer, principalement originaire du milieu rural, depuis la fin du 19^e siècle. Le quartier a été réhabilité pour la première fois en 1987 ce qui a permis l'aménagement des voies de communication et l'installation d'une infrastructure de base (adduction en eau, caniveaux, éclairage public). Le lotissement venait de s'achever juste avant la construction du système SBS lors de la deuxième réhabilitation en 2000.

Baco-Djicoroni: Situé à l'ouest de la ville sur la rive droite du Niger (Bozola et Banconi se trouvent à la rive gauche) dans la commune V du district, Baco-Djicoroni est limité à l'Est par un collecteur naturel et au Nord par le Niger. Les ancêtres des habitants actuels s'y sont installés à partir du début du 19^e siècle.

Seulement 20 % de la superficie totale du quartier correspond à un type d'habitat spontané.

3.3 Situation socio-économique

3.3.1 Démographie

Le tableau 2 montre les données démographiques des quartiers d'étude. La densité élevée et le taux de croissance faible de Bozola sont caractéristiques pour une zone du centre ville. Il est à noter que le nombre de personnes par concession est en réalité souvent plus élevé, car les bonnes⁷ ne sont pas comprises dans le recensement. Ceci peut sensiblement modifier les estimations du rejet des eaux usées.

⁷ aide ménagère, même les plus pauvres en disposent en la nourrissant et logeant

Tableau 2 : Caractéristiques démographiques des zones d'études (Recensement, 1998)

| Quartier | Population | Nombre de personne par ménage | Nombre de ménages par concession | Nombre de personne par concession | Taux de croissance |
|----------------|------------|-------------------------------------|--|---|-----------------------|
| Bozola | 11'009 | 6.4 | 2.6 | 16.5 | 1.4 |
| Banconi | 55'729 | 6.8 | 2 | 13.7 | 4.3 |
| Baco-Djicoroni | 34'953 | 7 | 1.5 | 10.3 | 5.1 |

3.3.2 Occupation des chefs de ménage

La structure socioprofessionnelle est dominée par les artisans (48 % et 40 % pour Banconi et Baco-Djicoroni respectivement). Les commerçants dominent à Bozola ce qui est imputable à la situation géographique du quartier à proximité du marché et des gares du transport interurbain. Cependant, une autre caractéristique d'une ville non-développée est la présence du secteur primaire. Le maraîchage (les grandes cultures sont interdites dans le district depuis 1993) est présent partout où il y a de l'eau et de l'espace, c'est-à-dire le long des berges du Niger et des marigots. En effet, 12 % des chefs de ménage à Baco-Djicoroni indiquent comme occupation l'agriculture (ADDA 2001).

Il est à noter que le taux d'analphabétisation des chefs de ménage dans les quartiers de Banconi et Baco-Djicoroni vaut 38 % et 34 % respectivement.

3.3.3 Revenu mensuel

A Banconi et Baco-Djicoroni, le revenu mensuel des chefs de ménage est situé entre 25'000 et 100'000 FCFA⁸ pour 71 % et 78 % respectivement. La partie qui gagne moins de 25'000 FCFA représente 36 % et 15 % respectivement. Cependant, il est à noter que le revenu réel est supérieur, dû aux autres sources de revenus découlant d'activités diverses, en effet les ménages dépensent plus qu'ils gagnent (ADDA, 2001).

Le quartier de Bozola est plus riche (ou plutôt moins pauvre), vu la proximité des activités économiques. Ce fait est confirmé d'une manière subjective par la visite de certains ménages.

3.3.4 Aspects socioculturels

Mode de cuisine: Les femmes de ménage africaines dans les quartiers pauvres font la cuisine à grande échelle par rapport à une cuisine européenne. Elles préparent les repas dans des grandes marmites sur le feu, soit à l'aide du bois, soit avec du charbon de bois.

Avant de mettre la marmite sur le feu, une couche visqueuse de terre est mise sur la partie inférieure afin de la protéger du feu et faciliter le nettoyage. Après utilisation, elle est lavée avec une quantité considérable de sable pour pouvoir enlever la suie. Le sable et la terre se trouvent ensuite dans les eaux usées.

L'agriculture urbaine: Le maraîchage et l'horticulture représentent un secteur économique important dans la ville. L'agriculture urbaine est présente partout où il y a de l'eau en abondance et de l'espace, c'est-à-dire le long du Niger et de marigots. Cependant, l'eau des marigots n'est pas directement réutilisée par les maraîchers, mais ils puisent l'eau des puits traditionnels (trou dans le sol, parfois renforcé avec des vieux pneus de voiture), alimentés par le marigot (photo 4).

⁸ 1000 FCFA = 1.5 € (février 2002)

Ils arrosent les cultures à l'aide de seaux ou d'arrosoirs. L'utilisation de ces eaux polluées dans le maraîchage accroît les risques sanitaires pour les populations (CISSE 1997).



Photo 4 : Puits d'arrosage à deux mètres du marigot de Banconi. La bassin est utilisée pour irriguer les cultures.

La coopération internationale: Depuis plusieurs décennies, le monde occidental tente d'améliorer la situation et d'enrayer la pauvreté dans les pays du sud. Cependant, l'aide consistait trop souvent à implanter des techniques bien éprouvées à l'Ouest, mais complètement inadaptées au contexte subsaharien. La population africaine à l'habitude de ces "cadeaux" et ne se sent pas responsable d'assumer les frais et l'entretien des systèmes d'assainissement. D'ailleurs, dans l'opinion publique, le mot projet équivaut souvent à de l'argent offert par les bailleurs de fond à la population.

En outre, l'opposition au projet était grande à Banconi par rapport aux promoteurs (GIE et coopérative). Les réticents face à une technique occidentale argumentaient de ne pas pouvoir appliquer l'assainissement collectif qui ne se pratiquait nulle part au Mali.

3.4 Mode d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement

Approvisionnement en eau: La quasi-totalité des concessions dispose d'un puits dans la cour. L'eau du puits est surtout utilisée pour la douche, la vaisselle et la lessive. Cependant, selon le standing des ménages, il y a une partie de la population dont le puits fournit également l'eau de consommation. La majeure partie de la population utilise l'eau potable de la borne-fontaine pour des besoins de boisson et la cuisson des aliments. Les branchements privés et les autres sources d'approvisionnement (voisin par exemple) sont rares. Il est à noter que selon des analyses bactériologiques dans le cadre de l'étude de ADDA (2001), la qualité de l'eau des puits dans les quartiers concernés est en général mauvaise⁹. Ceci peut expliquer la haute fréquence des maladies diarrhéiques chez la population qui consomme l'eau de puits (ADDA, 2001).

Eaux usées: Les concessions disposent de latrines traditionnelles (sèche) ou à fosse étanche, souvent à deux compartiments. La latrine sert également comme lieu de douche. Avant la construction du réseau d'égout, l'eau de douche et de nettoyage anal était évacuée par un trou sur la rue ou dans un puisard. Les puisards se trouvaient dans la plupart des cas sur la rue et étaient généralement dans un mauvais état et à ciel ouvert. Selon ADDA (2001), 87 % des puisards étaient défectueux à Banconi et Baco-Djicoroni. Les fosses sont vidées soit à l'aide des camions de vidange (spiros) soit manuellement. Il faut noter que beaucoup de latrines se

⁹ E-Coli: $2.5 \cdot 10^3$ CFU/100 ml, germes totaux $8,3 \cdot 10^4$ CFU/100 ml

trouvent en mauvais état et que la vidange s'effectue très irrégulièrement. Le long des rues bitumées, la plupart de la population profite de ce privilège en raccordant toutes les eaux usées au caniveau. Cependant les rues bitumées sont rares (il y en a une à deux par zone d'étude). Les eaux usées ménagères étaient versées dans la rue ou les caniveaux, infiltrées dans la cour ou évacuées à l'aide d'une fosse septique ou un puisard. Le tableau 3 résume la situation avant l'installation des mini-égouts dans deux quartiers d'étude. La visite du quartier de Bozola a montré que la situation est similaire. Il est important à noter que plus de 70 % des eaux usées sont déversées dans la rue ou les caniveaux.

Tableau 3 : Mode d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement (ADDA, 2001)

| Quartier | source de l'eau potable | | | mode d'évacuation des eaux usées | | | | |
|----------------|-------------------------|-------|--------|----------------------------------|---------|----------|------|----------------|
| | borne-fontaine | puits | autres | rue | puisard | caniveau | cour | fosse septique |
| Baco-Djicoroni | 59 % | 33 % | 8 % | 55 % | 24 % | 13 % | 5 % | 2 % |
| Banconi | 96 % | 2 % | 2 % | 58 % | 13 % | 14 % | 7 % | 7 % |

Déchets solides: L'évacuation des ordures se fait principalement par deux voies. La première possibilité consiste à déposer les ordures dans la rue, les nombreux tas de décharge sauvages à proximité du marigot ou dans le caniveau d'eau pluvial pour ceux qui habitent une rue bitumée. La deuxième option est le recours à la précollecte des ordures organisée par un GIE. Il collecte les déchets auprès des concessions abonnées et les achemine vers un dépotoir de transit officiel, déterminé par le haut-commissariat de Bamako. Le service de la voirie est ensuite censé acheminer ces ordures vers une décharge finale (ancienne carrière) non contrôlée à la périphérie de la ville. Cependant, la voirie n'arrive pas à évacuer régulièrement les ordures du dépotoir de transit. Ainsi, plusieurs personnes vivent du dépotoir en récupérant tout ce qui est vendable (bouteilles, sachet, fer, etc.) et en tamisant le terreau provenant de la décomposition de la matière organique. Ce dernier est vendu comme engrais. De plus, des vaches et ânes se fourragent au dépotoir de transit (voir photos en annexe 10).

Eaux pluviales: Pendant l'hivernage (juin-septembre; il ne pleut pas pendant la saison sèche), il tombe en moyenne 935 mm de pluie. Une fraction est drainée à l'aide des collecteurs naturels (marigot) ou aménagés et des caniveaux le long des rues bitumées. Cependant la capacité d'évacuation de ces derniers est fortement limitée à cause de l'accumulation des déchets solides et liquides. Les inondations des habitations côtoyant le marigot ne sont pas rares et les rues non bitumées deviennent souvent impraticables lors de l'hivernage.

3.5 Aspect institutionnel : Historique et montage des projets

3.5.1 Les acteurs

Les principaux acteurs impliqués dans la mise en place des réseaux d'égout à faible diamètre à Banconi et Baco-Djicoroni sont les suivants:

L'office malien de l'habitat (OMH): Il s'agit d'une structure étatique, déléguée par un conseil d'administration, qui est placé sous la tutelle du ministre chargé de l'habitat. Dans le contexte de l'assainissement, l'OMH intervient dans le financement des équipements de base notamment pour les communautés à revenus faibles et intermédiaires. Il représente le maître d'ouvrage des réseaux d'égout à faible diamètre.

La direction nationale de l'assainissement et du contrôle des pollutions et des nuisances (DNACPN) : Afin de clarifier les compétences au niveau de l'assainissement¹⁰, la DNACPN a été créée en 1999. Cette structure n'existait pas encore lors de la planification des systèmes SBS à Bozola et Banconi. Mais dès sa création, elle a exigé d'être informée sur tout ce qui est entrepris en matière d'assainissement à l'OMH. Par la suite, la DNACPN a requis une étude d'impacts sur l'environnement et une étude socio-économique de la part de l'OMH avant le démarrage de tous travaux de mini-égouts. Elle est le maître d'ouvrage délégué.

La cellule technique d'appui aux communes (CTAC) : C'est une structure qui relève de la mairie centrale du district de Bamako. Cependant, elle a une autonomie de gestion et représente une espèce de bureau d'études. Dans le cadre des projets de mini-égout, elle constitue le maître d'œuvre qui effectue à la fois l'étude technique et qui est chargé du contrôle et du suivi des travaux.

La caisse d'épargne "Nyessigui So" : Le statut de l'OMH ne lui permet pas d'effectuer directement un prêt à la population. C'est la raison pour laquelle il met à disposition les fonds pour la réalisation des projets par le biais de la caisse d'épargne "Nyessigui So". Elle a été retenue après un appel d'offre grâce à son taux d'intérêt favorable (12 %).

Groupement d'intérêt économique (GIE) : Le Gouvernorat du District de Bamako favorise depuis 1991 l'implication de la population sous forme de structure associative appelée GIE dans la gestion des déchets solides. L'objectif était à la base la résorption du chômage et l'amélioration de la gestion des ordures ménagères à l'aide de la précollecte par les GIE. Vu leur structure associative, les GIE ne payent pas (encore) d'impôts. Aujourd'hui, il existe une centaine de GIE à Bamako et certains ont élargi leur champ d'action en intervenant également dans la construction et l'entretien des systèmes d'assainissement individuel (construction des puisards, vidange des fosses, etc.).

La coopérative d'assainissement : L'OMH exige la création d'une coopérative d'assainissement préalablement à toute intervention financière. Elle constitue le relais entre la population et les autorités. Tous les bénéficiaires du projet sont membres de la coopérative qui est une structure à but non lucratif. Les membres du comité travaillent à titre bénévole.

3.5.2 Historique des projets

Bozola, le vieux quartier au centre de Bamako, englouti par le marché Dabanani, a souffert d'une insalubrité extrême (le passage sans se mouiller n'était que possible en sautant de pierre en pierre) à cause des rejets des eaux usées dans les ruelles depuis une dizaine d'années. Ce fait était dû à l'absence ou à la dégradation avancée des puisards. La nappe phréatique presque affleurante et le sol limon argileux peu perméable contribuaient à la présence permanente des eaux usées stagnantes..

L'ONG locale "AREM" (association pour la réhabilitation de l'environnement du Mali), préoccupée par cet état de fait, était à la quête d'une solution pour contribuer à l'amélioration de la situation de départ, mais sans préjudice sur le pouvoir d'achat des populations concernées. Elle s'est vite rendu compte qu'il n'était pas possible d'envisager de construire des puisards standards. La seule véritable option semblait consister à réaliser des puisards en tranchées filtrantes. Cependant, lors d'une visite du chantier du programme d'assainissement des caniveaux à Bozola, le technicien de Madame le Gouverneur de Bamako soulevait qu'il était impossible de

¹⁰ Avant 1999, plusieurs Directions nationales étaient responsables pour différents domaines de l'assainissement. Cependant, les responsabilités et les domaines d'intervention étaient chevauchés.

faire des puisards, vu l'étroitesse des ruelles et le niveau de la nappe, mais qu'un nouveau système collectif s'appelant "mini-égout" avait vu le jour au Brésil.

Ainsi, après une recherche bibliographique bien fouillée, l'ONG "AREM" a voulu tenter pour la première fois au Mali l'expérience du réseau d'égout à faible diamètre. Le GIE "Faso Baara", créé en 1995 à Bozola pour pouvoir bénéficier des fonds de l'ONG américain "World Education" destinés à la construction et l'entretien des puisards et des latrines améliorées, a commencé les travaux en janvier 1996. Le premier secteur du réseau à titre expérimental comptait huit familles bénéficiaires, et il a été financé par les fonds mis à disposition par "World Education".

La deuxième phase qui concernait 27 familles a été mise en œuvre en 1997 avec l'appui financier de l'Agence Française de Développement (AFD) dans le cadre de "l'opération puisards". En 1999, le dernier secteur du système SBS a été construit à Bozola en profitant du support financier de l'ambassade britannique au Sénégal par le biais du consulat britannique au Mali.

Lors de la journée nationale de l'habitat en 1998, la ministre en charge de l'habitat a invité l'OMH à s'investir dans l'assainissement pour l'amélioration du cadre de vie de la population. C'est ainsi qu'en 1999, le ministère de l'équipement, de l'aménagement du territoire, de l'environnement et de l'urbanisme avait chargé l'OMH de mettre en place des programmes de puisards dans le cadre de l'assainissement des tissus anciens de Bamako. Suite à des nombreuses requêtes exprimées par les populations de Banconi et Baco-Djicoroni, ces deux quartiers ont été choisis comme zone expérimentale pour une autre "opération puisards", après la mise en place de la coopérative. D'ailleurs, les quartiers de Banconi et de Baco-Djicoroni font partie du tissu ancien de Bamako et viennent d'être réhabilités par la libération de l'emprise des voies de communication dans le cadre du programme intitulé "Sauvons notre quartier".

Cependant, le promoteur du GIE à Banconi (qui est également le vice-président de la coopérative) et certains membres de la coopérative n'étaient pas convaincus de la réussite de l'opération puisard. Les nombreux échanges entre les techniciens de l'ONG "AREM" et la coopérative de Banconi et une visite de terrain du réseau de mini-égout à Bozola les a encouragés à demander ce système d'assainissement auprès de l'OMH. Ce dernier a admis par la suite la substitution de l'opération puisards par la réalisation d'un réseau d'égout à faible diamètre pilote. A l'époque, l'étude technique de Bozola pour la conception et la réalisation du système mini-égout a été effectuée par AREM. Cependant, elle avait des difficultés à la réalisation des études à cause des moyens techniques et financiers insuffisants. Ce constat a amené l'OMH à faire intervenir la CTAC pour effectuer l'étude technique et le suivi des travaux à Banconi. Le réseau s'est achevé en juillet 2000.

Suite à un engouement de l'expérience du système SBS de Banconi, l'OMH a amorcé une nouvelle étape en étendant le système au quartier de Baco-Djicoroni avec la même démarche qu'à Banconi. De plus, les travaux dans le secteur Salembougou de Banconi devraient commencer prochainement.

3.5.3 Montage des projets

Le montage du projet de Banconi et Baco-Djicoroni est représentatif pour la démarche d'une future extension du système. Nous n'examinons pas le cas de Bozola¹¹.

Les relations entre les divers acteurs sont illustrées dans la figure 2. La création d'une coopérative constitue le premier pas obligatoire en vue d'une intervention financière de l'OMH. La coopérative de Banconi a été créée lors d'une assemblée générale des chefs de familles du quartier en vue de profiter de "l'opération puisard". Elle est composée d'un comité de 15 membres qui sont élus lors de l'assemblée générale. Il est à noter la forte implication du pouvoir

traditionnel, des chefs religieux et des leaders d'opinion lors d'un tel événement qui a lieu chez le chef du quartier. Tous les bénéficiaires doivent adhérer à la coopérative. Après le réception de la coopérative au niveau de la mairie, la coopérative peut entrer en contact avec l'OMH qui ordonne les études (socio-économique, technique et environnementale).

Le projet est financé en grande partie par les bénéficiaires. En effet, ils profitent d'un prêt de l'OMH mis à disposition et géré par la caisse d'épargne "Nyessigui So" qui demande 12 % d'intérêt global¹² (8 % frais de gestion, 4 % intérêt proprement dit) et un garant de prêt. C'est la mairie qui est garante du prêt en gardant les lettres d'attribution de l'habitation des bénéficiaires. Les bénéficiaires doivent signer une reconnaissance de dette avec la coopérative qui assume ainsi la responsabilité morale du remboursement. En ce qui concerne la répartition des coûts, c'est l'OMH qui supporte les frais de l'étude et de suivi (10 % du montant total) de la CTAC et deux tiers des intérêts demandés par la caisse d'épargne.

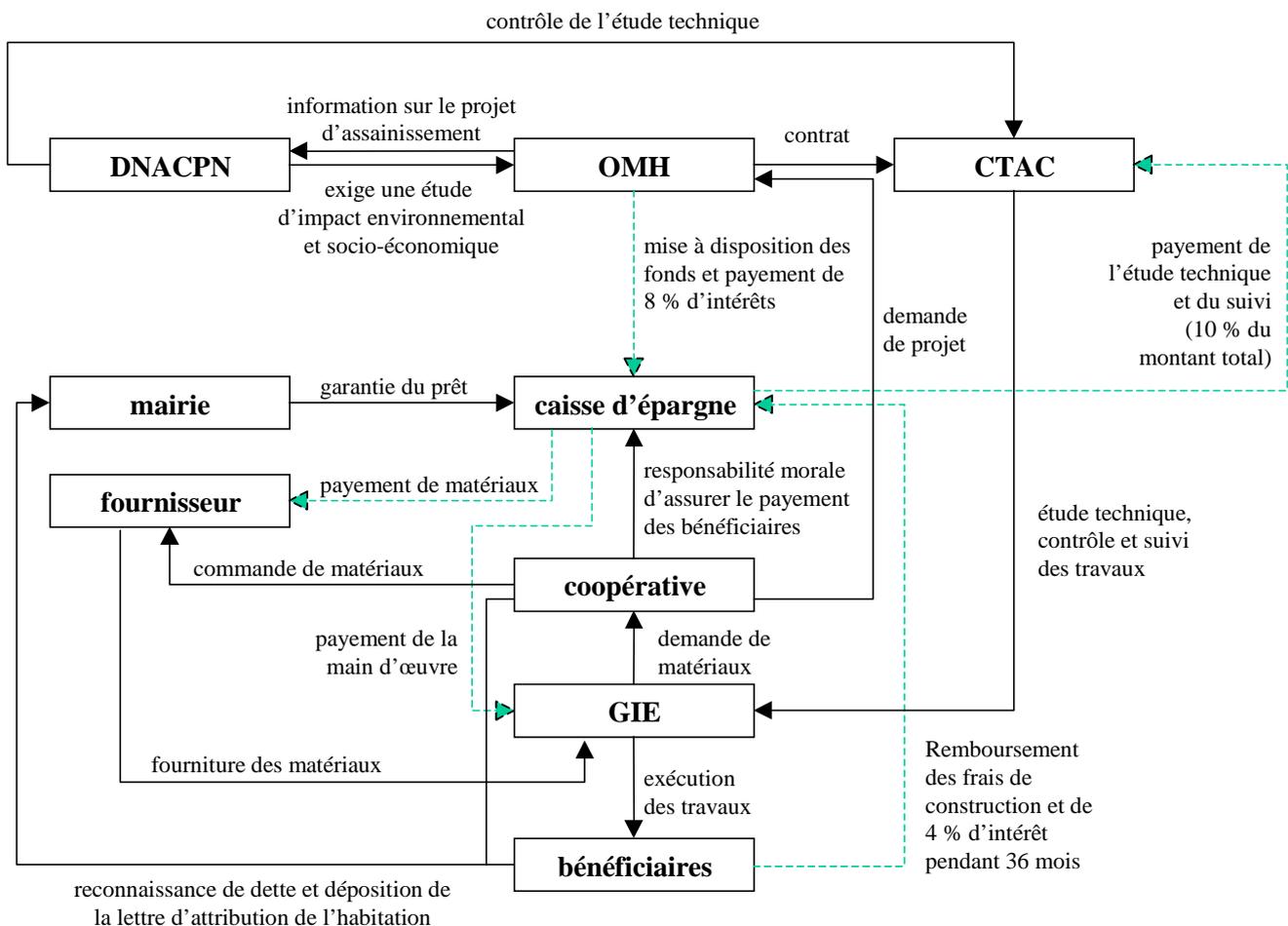


Figure 2 : Schéma de montage de projets à Banconi. Les flèches pointillées illustrent les flux péculniaires.

L'argent déposé ainsi sous forme d'un compte d'attente est utilisé au fur et à mesure de la réalisation du projet pour payer les travaux par le biais de la coopérative d'assainissement. Lors de l'exécution, c'est la coopérative qui gère l'achat des matériaux de construction selon la demande du GIE et le contrôle de la CTAC. Après la livraison, le fournisseur se rend à la caisse pour se faire payer. Il doit y amener la facture des matériaux, le bordereau de livraison et le procès verbal de livraison. Ce dernier document doit être signé par le GIE, la CTAC et la coopérative. Les travaux du GIE sont rémunérés au cours de la réalisation à l'intervalle de un à deux mois après une inspection de l'avancement des travaux par la CTAC. Elle apprécie le

¹¹ A Bozola le projet s'est fait avec l'aide financière étrangère, sans implication de l'OMH, de la DNACPN ni d'une coopérative.

¹² C'est-à-dire 12 % sur le montant total sur une durée déterminée, il ne s'agit pas de 12 % chaque année !

pourcentage des travaux effectués et elle remet au GIE un décompte qui lui permet de retirer l'argent à la caisse d'épargne.

La différence de Baco-Djicoroni par rapport à Banconi est que la coopérative existait déjà sous forme de coopérative de consommation avec plus de 1'000 adhérents dont chacun cotise 500 FCFC par mois et que l'exécution n'est pas confiée à un GIE. En effet, c'est l'ONG "SADEVI" qui a été retenue pour les travaux après le dépouillement des offres. Par coïncidence, elle est localisée dans la zone de projet. En plus, la répartition des frais est légèrement différente à Baco-Djicoroni: 8 % du montant total sont payés à la CTAC, soit 5 % par l'OMH pour l'étude technique et 3 % par les bénéficiaires pour le suivi des travaux.

3.6 Description technique et état de fonctionnement

3.6.1 Composants

Les trois systèmes SBS dans la ville de Bamako ne correspondent pas tout à fait au système SBS théorique évoqué dans l'introduction. En effet, les égouts ne reçoivent que les eaux ménagères et de douche sans séparation préalable des solides ou graisses par le biais d'une fosse intermédiaire. Alors que les excréta ne sont pas connectés au réseau, mais récoltés à l'aide des latrines (traditionnelles ou à fosse étanche). Les réseaux de Banconi et Baco-Djicoroni sont composés des éléments suivants (Bozola ne dispose pas de lavoir ni de regard filtrant), illustrés dans la figure 3 :

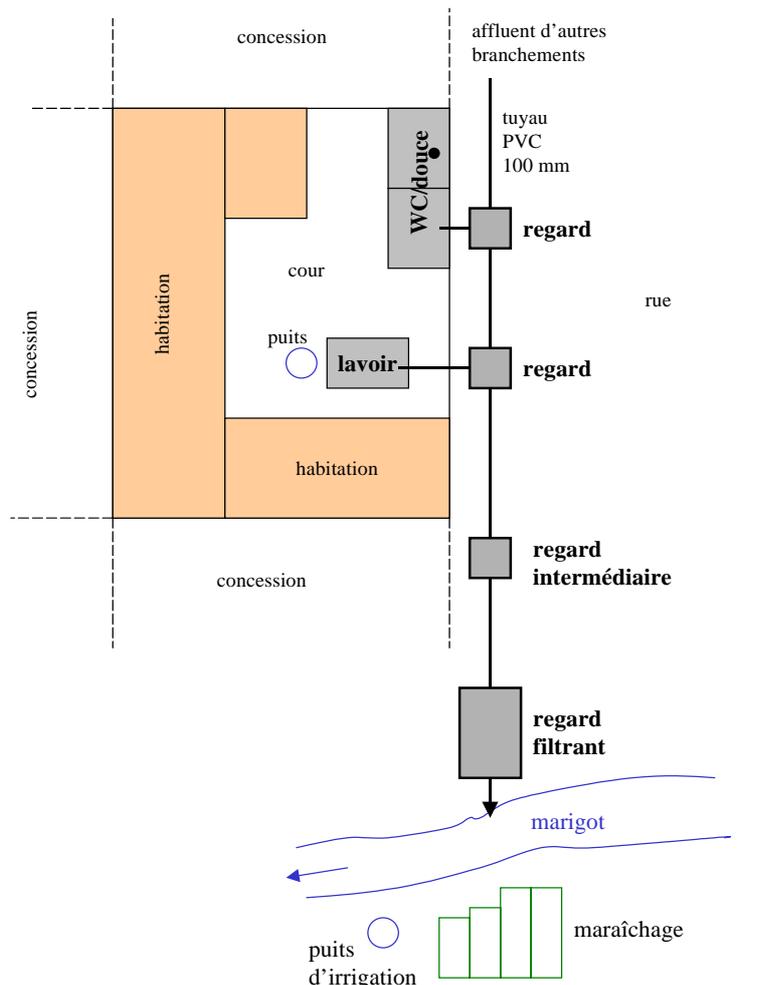


Figure 3 : Schéma d'une concession typique avec raccordement au réseau d'égout à Banconi.

Lavoir: Le lavoir servant comme espace de lavage de vaisselle et de linge est constitué d'un radier en béton, légèrement incliné, d'une bordure en briques pleines, d'un bassin de rétention avant le tuyau de sortie. Ce petit bain de fond est censé retenir le sable et les solides. L'exutoire est muni de quelques barreaux de fer afin de retenir les solides de grosse taille (photo 5, figure 6 en annexe 5).



Photo 5 : Lavoir dans une concession à Banconi.

Latrines/douches: Les toilettes sont dans la plupart des cas des latrines sèches, parfois des latrines à fosse étanche. Souvent il y a deux compartiments, un pour la douche, l'autre pour les besoins. En majorité, elles sont sans toiture. Les eaux de douche sont recueillies au point le plus bas de la latrine (photo 6, figure 5 en annexe) et acheminées dans le réseau par le biais d'un regard. Seulement les toilettes ayant un sol cimenté sont raccordées.

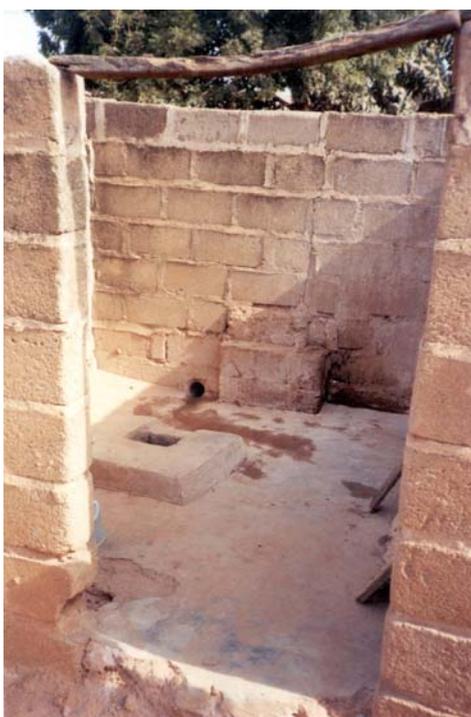


Photo 6 : Latrine conventionnelle. Le tuyau raccordé au réseau est bien visible au fond du trou de défécation.

Boîte de branchement: Lorsqu'il y a un changement de direction du tuyau raccordant la douche ou le lavoir au regard du réseau, les boîtes de branchement ont été utilisées. Il s'agit simplement d'une cuve en briques pleines de forme rectangulaire et de dimension 30*30*20 cm environ. Normalement cette boîte est couverte à l'aide d'une dalle en béton (photo 5 annexe 10).

Regard: Les nombreux regards permettent à la fois l'entretien des tuyaux (curage), la rétention d'une fraction des solides, le changement de direction et le branchement direct des lavoirs et des douches. Il s'agit d'une cuve étanche en briques pleines, de forme plus ou moins carrée, implantée sur un radier de béton. L'étanchéité est garantie par un enduit en ciment. Une dalle de couverture en béton armé repose sur le regard. Les tuyaux d'arrivée et le tuyau de sortie se situent environ à mi-profondeur. La dimension intérieure est d'environ 60*60 cm, tandis que la profondeur est normalement d'environ 80 cm.

Canalisation : La tuyauterie est en PVC importé avec un diamètre entre 100 et 160 mm. Le réseau est ramifié et côtoie la concession le long de la rue. Ainsi, à Banconi et Baco-Djicoroni, il y a normalement un égout de chaque côté de la rue. Il y a également des tronçons en zigzag qui desservent une rue, lorsqu'il n'y a que peu de raccordement. A Bozola, la situation est différente: il y a un tuyau au milieu de la ruelle (absence de trafic motorisé) et les concessions y sont branchées directement à gauche et à droite.

Regard filtrant ou unité de prétraitement : A l'exutoire du sous-réseau est placé un regard filtrant. Il est compartimenté en deux parties (photo 11). Le premier compartiment contient du charbon de bois et du gravier (diamètre de 3 à 5 cm) alterné en couches horizontales tandis que le deuxième est vide.. Initialement, il était prévu que le matériau filtrant reposait sur une dalle perforée en béton. Cependant cette dalle perforée n'existe pas dans les regards inspectés à Banconi. L'eau usée traverse la matière filtrante et sort ensuite par les trous de la paroi séparant les deux compartiments. La figure 4 explique la conception d'un regard filtrant. A Banconi, les dimensions sont variables, mais tournent autour de 90*90 cm avec une profondeur de 80 cm. La notion "filtrant" engendre la confusion dans le contexte de l'épuration de l'eau usée. Car le dispositif retenu ne filtre pas les eaux usées, mais les "épure" par l'action des microorganismes du film mince se trouvant sur le charbon. Il est plus judicieux de parler d'un système de lit bactérien. Le chapitre 4 traitera en détail des "performances" des unités de traitement.

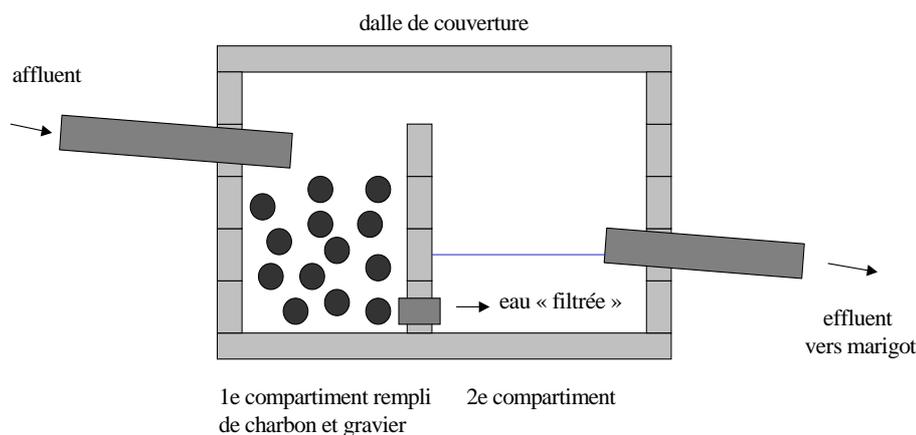


Figure 4 : Profil d'un regard filtrant à Banconi.

Le tableau 4 résume les caractéristiques techniques des trois réseaux, tandis que les paragraphes suivants indiquent l'état physique des ouvrages, les particularités et le fonctionnement en général.

Tableau 4 : Synthèse des données techniques des trois réseaux à Bamako.

| | Bozola | Banconi | Baco-Djicoroni |
|--|--------------------------------------|-----------------|---|
| Exécution des travaux | GIE "Faso Baara" | GIE "Keneyaso" | ONG "SA.DE.VI" |
| Mise en service | Successivement entre 1996 et 1999 | Juillet 2000 | Nov. 2001 (premier sous-réseau) |
| Nombre total de concessions branchées | 36 | 414 | 450 |
| Personnes branchées | 600 | 5'700 | 4'600 |
| Nombre de regard | 40 | 690 | 810 |
| Nombre d'exutoire | 5 | 10 | 3 |
| Profondeur de pose | 10 à 60 cm | 20 à 60 cm | 20 à 70 cm |
| Taux de lavoir | 0 % | 70 % | env. 95 % |
| Tuyauterie | PVC 110 mm | PVC 100 mm | PVC 100 mm, 160 mm (regard filtrant-exutoire) |
| Unité de traitement | - | Regard filtrant | Regard filtrant |
| Exutoire | Caniveaux | Marigot | Fleuve Niger |
| Utilisation des accessoires | bifurcation Y (clean-out) | Non | Non |

3.6.2 Le réseau de Bozola

Caractéristiques: Les réseaux sont construits à l'aide des tuyaux en PVC de diamètre 110 mm. Certains tuyaux ont été posés dans les anciens caniveaux. Il n'existe pas de lavoirs dans les cours raccordées, mais uniquement une rigole ou les eaux usées et les eaux pluviales sont récoltées. L'entrée dans le tuyau ne dispose pas de système de rétention de solides. Le raccordement au réseau est très divers: soit par le biais d'une boîte de branchement à l'intérieur ou à l'extérieur de la concession, soit par lien direct à l'aide d'une bifurcation en Té (surtout pour les douches) ou le branchement au regard du réseau. Les boîtes de branchement et les regards ont des dimensions très variables. La profondeur de pose de la canalisation se situe entre 10 et 60 cm.

Une particularité par rapport aux réseaux de Banconi et Baco-Djicoroni consiste en l'utilisation de quelques clean-out (ou Y) permettant le curage de la tuyauterie au lieu de construire un regard intermédiaire.

Fonctionnement: Le réseau est en général dans un mauvais état: dalles cassées (photo 7) voire manquantes, croûte d'écume et dépôts solides considérables dans les regards, l'exutoire (caniveau) bouché avec des ordures et la stagnation d'eaux usées détériorant le bon fonctionnement (photo 6 en annexe 10). Aucun entretien ne s'effectue d'une manière régulière ou organisée. Et pourtant, le réseau fonctionne plutôt bien pendant la saison sèche. Les eaux usées dans les ruelles ont disparu et le passage est devenu possible sans nuisances. La population se débrouille elle-même en cas de blocage. Alors que pendant l'hivernage le bon fonctionnement du système est fortement atteint par le fait que l'exutoire est, soit colmaté par les déchets, soit le collecteur est en charge avec les eaux de ruissellement.



Photo 7 : Ruelle à Bozola avec la dalle de couverture cassée du regard du réseau.

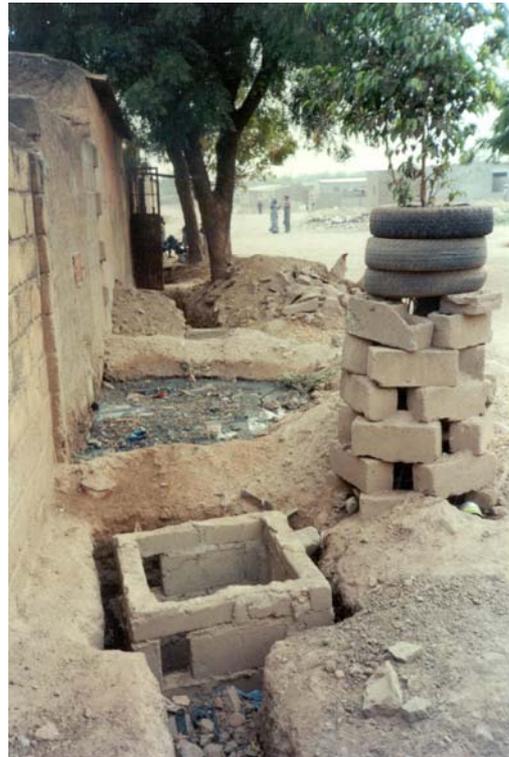


Photo 8 : Construction d'un regard à Baco-Djicoroni. Au centre, un puisard défectueux.

3.6.3 Le réseau de Banconi Flabougou

Caractéristiques: Le réseau compte 414 bénéficiaires et il est composé de dix sous-réseaux drainant chacun entre 10 et 70 concessions. L'effluent de chaque sous-réseau est acheminé dans un regard filtrant avant le rejet dans le marigot de Banconi qui traverse la ville et se jette dans le fleuve Niger.

Il est à noter que les lavoirs n'étaient pas prévus initialement. On comptait raccorder uniquement les eaux de douches au début du projet. Cependant on s'est rapidement rendu compte que cela n'allait pas résoudre le problème des eaux usées dans les rues. Ce qui est évident, car les eaux de douches ne constituent qu'un quart à un tiers du rejet total.

La canalisation est en PVC de diamètre 100 mm sur l'ensemble du réseau. Vu que la dalle de couverture de la latrine se trouve souvent sur un niveau supérieur au sol, le tuyau de raccordement est souvent à ciel ouvert et le coude s'est fait artificiellement en chauffant et en pliant ensuite le PVC. Environ 70 % des bénéficiaires disposent d'un lavoir (dont la plupart au sein de la concession, certains à l'extérieur), les autres continuent à disperser les eaux de lavage et de vaisselle sur la rue ou la cour, malgré les conseils d'utiliser la toilette pour évacuer les eaux usées dans le réseau, mais ceci n'est nulle part observé. Environ 95 % des concessions dans la zone du projet sont branchées au réseau. Les autres disposent d'un système d'assainissement individuel (un puisard dans la plupart des cas, les fosses septiques sont rares) ou ils ont refusé de se connecter. Le réseau compte environ 690 regards le long du réseau. Les tronçons de plus de 10 m sans regard sont carrément inexistantes.

Le réseau sert également comme système de drainage d'environ 5 % des cours en zone basse par rapport à la rue, car ces concessions n'ont pas d'issue pour les eaux de pluie.

Fonctionnement: Le réseau à Banconi est fonctionnel depuis plus d'un an. L'impact du projet est considérable: les ruisseaux d'eaux usées le long des rues ont disparu et ainsi elles sont devenues praticables. Cependant les blocages sont à l'ordre du jour et pendant l'hivernage les

débordements des regards et les reflux dans certaines concessions sont nombreux. Aucun regard filtrant n'est fonctionnel (voir § 4.1.1). Les dégâts au niveau des ouvrages concernent avant tout les regards et les boîtes de branchement: dalles cassées ou manquantes, bordure détériorée, taille de la dalle inappropriée (trop grande ou trop petite).

Chacun des sous-réseaux déverse son effluent dans le marigot. Le marigot fait office d'un lagunage facultatif. En effet, en aval de chaque rejet, on observe une croûte d'écume qui diminue au fur et à mesure. Il est à noter que le marigot est également un lieu de rejet des déchets solides.

3.6.4 Le réseau de Baco-Djicoroni

Caractéristiques: Les travaux sont en cours. L'ensemble du réseau desservira 450 concessions et comprendra trois unités de traitement. Néanmoins, le premier sous-réseau est fonctionnel depuis novembre 2001. Il collecte les eaux usées ménagères de 150 concessions vers un seul regard filtrant. Il était prévu de traiter les eaux usées à l'aide d'une fosse septique et de les rejeter dans le grand collecteur pluvial. Mais pour des raisons de coût, les fosses septiques ont été abandonnées. Le rejet dans le collecteur des eaux polluées a été interdit par la DNACPN, sur la base des textes législatifs en vigueur. Pour cette raison, une canalisation de plusieurs centaines de mètres a été construite pour diriger les eaux usées directement au Niger. Les surcoûts de cette canalisation sont assumés par l'OMH.

Le réseau fonctionnel est tout à fait similaire au réseau de Banconi. Cependant, tous les bénéficiaires disposent d'un lavoir à l'intérieur de la cour d'une dimension standard 150*150 cm. La tuyauterie du réseau est en PVC 100 mm tandis que la canalisation du regard filtrant jusqu'à l'exutoire a un diamètre de 160 mm. De nombreux raccordements de douche sont à ciel ouvert et le tuyau traverse souvent l'ancien puisard qui n'est pas rempli, ainsi la tuyauterie est exposé et sa pérennité limitée.

Fonctionnement: Lors de la visite nous avons pu assister à un blocage d'un tuyau de liaison entre le lavoir et le réseau. Il était dû à l'encombrement par les débris alimentaires (tête de poisson entre autre) et le sable. La très faible pente (voire une contre-pente) et l'absence des barreaux de fer au niveau du lavoir ont favorisé ce blocage. Néanmoins, cela n'excuse pas la mauvaise utilisation du système.

Les regards contiennent souvent des croûtes d'écumes considérables (photo 8 en annexe) et un dépôt de fond comprenant essentiellement du sable et des gros cailloux qui n'ont pas été sortis lors de la mise en service. De plus, le lit de charbon et de caillou du regard filtrant est bouché et ne fait que dévier les eaux usées vers le Niger au lieu de les traiter.

3.7 Caractérisation des eaux usées et du milieu récepteur

3.7.1 Origine et quantité des eaux usées

Les eaux usées collectées à l'aide du système à faible diamètre proviennent de différentes sources au niveau d'une concession :

- eaux de douche
- urine
- eaux de lavage de vaisselle
- eaux de lavage de linge

Les eaux de douche et l'urine sont produites au niveau de la latrine/douche, tandis que les deux dernières sont évacuées à l'aide du lavoir. L'urine passe également dans le réseau, parce que l'acte

d'uriner est souvent combiné avec la douche et les ablutions; les us locaux dissuadent d'utiliser le trou de défécation pour ces actes. En outre, l'eau de douche contient des éléments d'origine fécale due au nettoyage anal par voie d'eau.

La vaisselle est lavée dans le lavoir. Les eaux ainsi rejetées sont chargées de savon et des produits détergents, de graisse et de débris alimentaires. Elle contient aussi beaucoup de sable et de suie du lavage des grosses marmites, car la cuisine est faite sur le feu.

Les femmes font le linge également sur la surface du lavoir. Les eaux contiennent du savon traditionnel ou des produits de lessive.

Certains sous-bassins du réseau reçoivent des eaux usées de teinturerie qui est pratiquée par certaines femmes de ménage à petite échelle à la maison.. Ces eaux sont fortement chargées par une pollution chimique.

La quantité d'eau usée produite a été évaluée dans les zones d'études par différents auteurs. Le rapport de ADDA (2001) estime la consommation journalière de 36 litres et de 42 litres par personnes à Banconi et Baco-Djicoroni respectivement. Les enquêtes du CREPA-Mali (2001) ont abouti à une consommation de 43 litres et 44 litres par jour et par personne pour le quartier de Bozola et Banconi Flabougou respectivement. Ces valeurs sont basées sur des enquêtes au niveau des concessions où les femmes indiquent combien de seaux sont prélevés du puits et combien d'eau est achetée à la borne-fontaine. Elles reflètent bien l'absence d'un robinet privé et la présence d'un puits. En effet, les valeurs journalières extrêmes vont de 15 litres par personne vivant sans équipement sanitaire à 150 litres par personne au standing élevé (TOURE 1990).

Le raccordement privé reste un luxe pour une petite gamme de la population, ce qui est dû aux frais de branchement élevés. Tandis que le prélèvement du puits ne coûte rien.

3.7.2 Analyses physico-chimiques des eaux usées

En vue de connaître la charge organique et bactériologique, nous avons procédé à deux campagnes de prélèvement d'échantillons avec deux laboratoires différents. La connaissance des paramètres qualitatifs sert au choix d'une unité de traitement et à l'appréciation du risque sanitaire et environnemental. Deux analyses ponctuelles de l'effluent d'un sous-bassin (environ 65 concession branchées) du réseau à Banconi juste avant le rejet dans le marigot ont été effectuées par les laboratoires de la direction nationale de la santé (DNS) et de la direction nationale de l'hydraulique et de l'énergie (DNHE). Les résultats sont indiqués dans tableau 4, les fiches d'analyses originales se trouvent en annexe 7.

La composition moyenne des eaux ménagères, rapportée à une valeur de 110 litres est citée dans TOURE (1990). Le tableau 4 indique les concentrations indicatives rapportées à une consommation journalière de 40 litres.

Tableau 5 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées ménagères de l'effluent d'un sous-réseau à Banconi en comparaison avec les valeurs de la littérature.

| Paramètre | regard filtrant DNHE [mg/l] | effluent DNHE [mg/l] | effluent DNS [mg/l] | concentration citée dans TOURE (1990) [mg/l]* |
|-------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------|--|
| DBO ₅ | - | - | 400 | 1000 à 1250 |
| DCO | 1399 | 1029 | 1152 | 1900 à 2400 |
| MES | 728 | 382 | 400 | 750 à 1000 |
| N-NH ₄ | 131 | 146 | - | 150 à 250 |
| P total | - | - | - | 50 à 100 |
| pH | - | - | 7.5 | - |

* rapportée à une consommation journalière de 40 litres par personne

Les deux échantillons ont été prélevés au même endroit à deux jours différents pendant une heure de pointe le matin vers 9 h par un agent du service concerné (photo 1 en annexe 6). Le débit a été estimé à l'œil nu et à l'aide d'un sachet de plastique par l'auteur à un litre par seconde. L'eau usée était d'une couleur gris foncé, voir photo 9.



Photo 9 : Le rejet de l'effluent analysé dans le marigot de Banconi.

Les résultats fournissent un ordre de grandeur du degré de pollution. Les eaux usées collectées sont fortement polluées par une charge organique et chimique, des matières en suspension et des éléments nutritifs. Bien qu'il ne s'agisse pas du même échantillon analysé, les résultats de la DCO et la MES des deux laboratoires corroborent bien pour l'effluent. A part l'azote ammoniacal les valeurs sont plus faibles que l'estimation de TOURE (1990). Ceci s'explique par le fait qu'au cours du parcours de l'eau dans le réseau, il y a une diminution de la pollution grâce à l'interception des solides dans les regards. La concentration élevée de l'azote ammoniacal s'explique par la présence d'urine. Le rapport DCO/DBO₅ de 2.9 indique une part importante non-biodégradable de la pollution, due aux produits détergents et au savon. A partir d'un rapport de trois, on parle d'une eau usée non-biodégradable. En raison de la présence des eaux usées de teintureries, la pollution chimique est censée augmenter encore selon les proportions. Il est à noter que les caractéristiques physico-chimiques peuvent varier temporellement, car la composition des eaux usées change selon les activités socio-économiques. De plus, selon l'ampleur du réseau de collecte, la charge peut diminuer au fur et à mesure, en raison de la décantation et d'une dégradation partielle de la matière organique dans les nombreux regards du réseau. Il serait intéressant de suivre l'évolution de la pollution dans l'espace et dans le temps.

Remarque sur la qualité des résultats :

Nous avons fait appel à deux laboratoires différents en vue de comparer les résultats d'analyses afin d'avoir une idée de la fiabilité des résultats. En effet, le laboratoire de la DNS avait déjà effectué des analyses des eaux usées du réseau de Banconi sous mandat du CREPA-Mali, cependant les résultats fournis n'étaient pas du tout crédibles (DBO₅ de 5'000 mg/l, un rapport DCO/DBO₅ de 1.1 et la MES de zéro mettait beaucoup de doute sur la fiabilité du laboratoire.) Cependant, les nouvelles analyses de la DNS corroborent les analyses de la DNHE et confirment l'aberrance des premières analyses pour le CREPA. Il est à noter qu'il n'était pas facile de procéder à des analyses de ce type à Bamako, car les laboratoires sont en carence permanente d'équipement et de moyens financiers. De plus, les erreurs de manipulations lors de l'analyse sont multiples (lecture, balance, oublier d'agiter l'échantillon, etc.). Pour effectuer un prélèvement plus représentatif, il nous manquait les moyens physiques (récipients et lieu de stockage) et les moyens financiers (nombre d'analyses). La DNHE n'a pas pu effectuer l'analyse de la DBO₅, car l'appareil de mesure est tombé en panne. Il était également

prévu de procéder à une analyse bactériologique des coliformes fécaux pour quantifier la pollution fécale et la comparer avec les limites admissibles dans la réutilisation dans l'agriculture proposées par l'OMS (1989). Malheureusement, nous n'y sommes pas arrivés, car la DNHE ne disposait plus de milieux de culture et la DNS n'a pas procédé à une dilution suffisante pour quantifier les CF, le laboratoire indiquait simplement "trop nombreux pour compter" ce qui n'est pas exploitable.

3.7.3 Caractéristiques du milieu récepteur: le marigot et un puits d'arrosage

En parallèle, une analyse d'un échantillon de l'eau du marigot (en amont de l'effluent analysé et à environ 80 m en aval d'un deuxième rejet du réseau d'égout) et d'un puits d'irrigation à deux mètres du marigot a été effectuée par chaque service (DNHE et DNS). Le marigot constitue le milieu récepteur des eaux usées collectées par le réseau à faible diamètre de Banconi. Les abords du marigot sont occupés par des espaces de maraîchage et des dépôts d'ordures anarchiques (photo 10). Contrairement à d'autres villes africaines¹³, l'eau d'irrigation n'est pas prélevée directement du marigot, mais puisée dans les nombreux puits traditionnels le long du marigot. Cependant, les puits sont susceptibles d'être alimentés par les eaux usées du marigot par l'infiltration latérale. Les résultats sont reportés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Comparaison des concentrations physico-chimiques de l'eau usée, du milieu récepteur et d'un puits d'irrigation à Banconi.

| Laboratoire | effluent juste avant le rejet [mg/l] | | marigot [mg/l] | | puits d'arrosage à 2 m du lieu de prélèvement du marigot | |
|-------------------|---|------|----------------|-----|---|-----|
| | DNS | DNH | DNS | DNH | DNS | DNH |
| DCO | 1152 | 1029 | 370 | 173 | 350 | 128 |
| DBO ₅ | 400 | - | 209 | - | 144 | - |
| MES | 400 | 382 | 400 | 49 | 400 | 19 |
| N-NH ₄ | - | 146 | - | 62 | - | 32 |

Bien que le marigot soit alimenté par les eaux usées provenant des rejets individuels des habitations avoisinantes, des caniveaux et du réseau d'égouts à faible diamètre, sa charge est significativement moins importante que les eaux usées brutes. Nous avons affaire à une auto-épuration physique (décantation) et biologique (dégradation aérobie et anaérobie) le long du marigot. L'écoulement est en général très lent et favorise ainsi ces processus. Mais la capacité d'épuration reste limitée et le marigot demeure pollué à un niveau supérieur aux normes de rejet européenne (le Mali ne dispose pas de normes en matière de rejet des eaux).

La comparaison des résultats de la charge organique montre que les valeurs du puits ne sont que légèrement inférieures à celles du marigot. La MES est située à une valeur tout à fait tolérable, ceci est dû à un effet de filtration du sol et à la décantation d'une partie de la MES dans le puits (car l'eau y stagne). Il faut ignorer les résultats aberrants de la DNS pour ce paramètre, car la MES dans le puits devrait être inférieure à celle de l'effluent, selon l'inspection visuelle.

L'évolution de la pollution bactériologique en procédant à l'analyse des coliformes fécaux (CF) constitue le point le plus intéressant du prélèvement des eaux du marigot et du puits d'arrosage. Malheureusement, les problèmes d'analyses mentionnés plus haut ont empêché d'évaluer la présence d'un risque sanitaire (maladies liées aux excréta et œufs d'helminthe) que constitue le rejet des eaux usées dans le marigot et l'utilisation des puits d'arrosage pour les maraîchers ainsi que les consommateurs. Dans un contexte similaire à Ouagadougou, l'étude de CISSE (1997) met en évidence une pollution bactériologique permanente supérieure à la norme de l'OMS d'un puits d'arrosage côtoyant un canal non aménagé évacuant des eaux usées.

¹³A Ouagadougou par exemple, les eaux usées brutes du collecteur sont réutilisées directement.

4 EVALUATION INTEGREE DES RESEAUX SBS DE BAMAKO

La présente évaluation porte sur les aspects techniques, institutionnels, financiers et sociologiques sur la base des observations et des entretiens des trois réseaux à Bamako. En effet, la durabilité d'un programme dépend à la fois des facteurs techniques, sociaux, économique et institutionnels (GUENE et al. 1999). L'évaluation détaillée se concentre sur le réseau de Banconi. Tandis que les différences des autres réseaux seront mentionnées, le cas échéant. En effet, le réseau de Baco-Djicoroni n'est pas encore entièrement fini (mais, il est très similaire à Banconi). Celui de Bozola n'est pas intéressant du point de vue d'une future extension dans la capitale malienne à cause du montage différent et sa petite taille.

L'inefficacité, voire l'absence, de la collecte des ordures porte des atteintes sur l'hygiène du milieu en général et des préjudices directs sur le bon fonctionnement du réseau d'égout à faible diamètre en particulier. Les ordures non collectées sont susceptibles de pénétrer dans le réseau par différentes voies, à savoir le vent, les enfants et la déposition volontaire dans les regards. Dans cette optique d'une gestion intégrée des déchets liquides et solides, une évaluation détaillée de la collecte de déchets dans le quartier de Banconi a été effectuée. Les résultats en rapport direct avec le système SBS sont intégrés dans ce chapitre, tandis que les détails de l'étude sont reportés en annexe 8.

La détection et l'analyse des défaillances au cours de ce chapitre permettront d'éviter dorénavant les mêmes erreurs en recourant aux améliorations décrites au chapitre 5.



Photo 10 : La gestion des eaux usées et des ordures est étroitement liée. La photo montre un regard filtrant du réseau de Banconi au milieu des dépotoirs sauvages.

4.1 Evaluation technique

4.1.1 Conception

Planification: A Bozola, la planification consistait à dessiner un croquis d'implantation avec les différents branchements de ménage. La différence de niveau a été appréciée à l'aide d'un long tuyau souple rempli d'eau en mesurant la hauteur de l'eau par rapport au sol aux deux fins de tuyau (LLOYD 1999). A Banconi et Baco-Djicoroni, la CTAC a procédé à un levé topographique afin d'estimer le sens d'écoulement.

L'étude technique de la CTAC est constituée de deux pages dont une représente le devis estimatif, annexé au plan de la zone d'étude avec le sens de l'écoulement et l'emplacement des regards filtrants. Mais le plan de la zone ne colle pas avec la réalité au niveau des concessions. Certains regards filtrants indiqués sur le plan n'ont pas été construits à cause des contraintes locales (comme le manque d'espace). En outre, le levé a été effectué avant le lotissement.

Lavoir: L'idée de base du bain de fond au niveau de la sortie du lavoir est bonne, car cela permet de retenir une partie du sable et des débris alimentaires à la source afin de prévenir aux blocages. Cependant, le mauvais entretien et le grand écartement entre les barreaux de fer au niveau de la sortie réduisent souvent l'efficacité de cet ouvrage à zéro. L'aire de lavage est souvent trop petite lorsqu'il y a plusieurs usagers à la fois.

Regard: En ouvrant les regards, il est surprenant de voir fonctionner le système. Car en général la croûte d'écume couvre l'entrée et la sortie des tuyaux. L'écume provenant des graisses et de la dégradation anaérobie comprend beaucoup de petits vers blancs, de plastique et dépasse dans un regard visité sur trois une épaisseur de 10 cm. Au fond du regard s'accumule essentiellement du sable. Il contient également des éléments supérieurs à 100 mm de diamètre, comme des cailloux ou des boîtes de conserve. Aucun dispositif n'a été prévu pour la rétention des solides et d'empêcher le colmatage du tuyau de sortie par la croûte d'écume. Probablement la formation intensive de l'écume a été sous-estimée. Cependant, le technicien de l'ONG chargé des travaux à Baco-Djicoroni a requis des tuyaux en Té, mais pour des raisons financières, cela n'a pas été arrêté.

Regard filtrant: Les dix regards filtrants construits à Banconi ne peuvent pas assurer la fonction épuratrice, car la boue a colmaté après très peu de temps le dispositif. En raison de l'obstruction et le débordement pendant l'hivernage, le GIE a tout by-passé en cassant le mur intermédiaire (photo 11). L'eau usée ne fait que transiter par l'ouvrage. Les eaux collectées à Banconi sont rejetées à dix endroits différents dans le marigot. Bien que ce dernier soit déjà pollué, les rejets constituent une nuisance incontestable pour les riverains, un risque sanitaire (pour les riverains, maraîchers, consommateurs des produits cultivés) et enfin une atteinte à l'environnement (pollution de la nappe phréatique et du Niger).

Il est surprenant de voir qu'exactement le même principe a été construit à Baco-Djicoroni. Après deux semaines de mise en service, le lit de charbon s'est colmaté entièrement et les eaux usées passent par le trop plein sans traverser le filtre. Cependant, le regard filtrant est de plus grande taille (250*120 cm et 200 cm de profondeur). Par erreur d'exécution, il est constitué de trois compartiments (seul le premier est rempli de charbon).



Photo 11 : Regard filtrant à Banconi. Le "filtre" à gauche est bouché et by-passé (voir fente dans la paroi intermédiaire).



Photo 12 : Le marigot à Banconi. A noter la présence d'écume au premier plan provenant du rejet du réseau et les activités agricoles à gauche.

Dimensionnement: Aucun dimensionnement du réseau a été effectué. Néanmoins, le GIE de Banconi a posé à certains endroits deux tuyaux (après le regard filtrant d'un grand sous-réseau par exemple). Lors de la dernière étude technique pour le secteur de Salembougou de Banconi, la CTAC a procédé à un dimensionnement en fonction du débit et de la pente avec la formule de Manning-Strickler. Néanmoins, un diamètre unique de 150 mm est proposé pour chaque tronçon. De plus, une erreur d'unité¹⁴ a été commise lors du calcul.

Les tuyaux au début des réseaux sont alors surdimensionnés, tandis que selon la taille du bassin versant, la tuyauterie à la fin du réseau est surchargée pendant l'hivernage, parce qu'on n'a pas tenu compte du ruissellement des surfaces des lavoirs et des toilettes qui provoque un débit dix fois plus important (voir annexe 9) dans le réseau que le rejet des eaux usées. Les averses sont courtes et intensives à Bamako. La situation est aggravée par le fait que les eaux de ruissellement de certaines concessions (environ 5 % à Banconi) sont raccordées au système SBS. A Banconi, il a été observé une concession qui a fait drainer le toit de l'habitation à l'aide d'une tôle qui achemine les eaux pluviales dans le lavoir. Le réseau à faible diamètre n'est pas conçu pour recevoir les eaux de pluie, car ces dernières ne permettent justement plus d'utiliser des petits diamètres.

Le sous-dimensionnement de certains secteurs du réseau face aux eaux pluviales n'entraînent pas seulement le débordement des regards, mais également des refoulements d'un mélange des eaux pluviales et usées dans les concessions au niveau des lavoirs et toilettes, selon la cote. Ceci a été observé à Banconi et se produira également à Baco-Djicoroni (le réseau n'a pas encore vécu l'hivernage).

Face aux débordements fréquents pendant l'hivernage, le GIE à Banconi envisage de rehausser certains regards susceptibles de déborder. Mais ceci ne remédiera pas grande chose¹⁵. Cette mesure augmente la pression hydrostatique et ainsi le risque de reflux selon les dispositions des branchements. Le rehaussement permettra quand même de limiter l'entrée des eaux de ruissellement et des solides au niveau d'un regard.

La quantité de rejets d'eaux usées du bassin versant doit être exploitée pour dimensionner les unités de traitement. Cependant, il est à souligner que ces regards filtrants ont des tailles arbitraires, indépendantes du débit spécifique. Le temps de rétention hydraulique (TRH) est très faible¹⁶. De plus, le principe du prétraitement par un filtre au charbon de bois n'a pas été compris, car les deux étapes de traitement (décantation et filtration) ont été confondues dans l'espace.

4.1.2 Exécution

Tracé: L'organisme chargé des travaux a procédé à l'implantation des regards au niveau des toilettes et des lavoirs. Les regards étaient également construits pour changer la direction de l'écoulement et après 12 m de tuyau en vue de pouvoir assurer l'entretien. Le tracé du réseau a été choisi au fur et à mesure selon l'emplacement des concessions et la pente. Après la pose des tuyaux et la construction des regards filtrants, les concessions ont été raccordées successivement aux regards, soit directement, soit par le biais d'une boîte de branchement (en cas d'un changement de direction dû à la pente ou à un obstacle infranchissable).

Le nombre de regard est très élevé, il n'est pas rare de voir trois regards le long d'un tronçon de 6 m. Ceci s'explique par manque de planification et par le renoncement aux accessoires (bifurcation, coude) qui auraient permis de remplacer certains regards.

¹⁴ Utilisation de [%] au lieu de [m/m] pour l'unité de la pente. Différence d'un facteur de 100 !

¹⁵ Le volume retenu avec un rehaussement de 20 cm d'un regard de 60*60 cm ne correspond qu'à la quantité ruisselée (T_{pluie} : 1 an; t_c : 5 min) pendant cinq minutes sur une concession.

¹⁶ Autour d'un quart d'heure, si le regard n'était pas by-passé.

Branchements: Au niveau des lavoirs, il y a d'une part une grande disparité des dimensions et d'autre part le manque d'un dispositif efficace retenant les solides. Car les barreaux de fer placés devant le tuyau d'évacuation dans le petit bassin de décantation ont un écartement de 1 à 3 cm, ce qui laisse passer les gros débris alimentaires et autres solides. A Baco Djicoroni, les barreaux de fer n'ont été installés qu'après la mise en service des lavoirs. De plus, ils étaient parfois mal fixés de sorte que certaines familles ont pu enlever facilement ces barreaux.

Le raccordement des douches n'est pas muni d'un dispositif retenant les solides (à part parfois quelques barreaux de fer). Bien que seulement les douches cimentées soient raccordées et que les eaux de douches ne soient pas censées contenir beaucoup de solides, ce n'est pas judicieux. En effet, des feuilles d'arbres ou des fibres du chiffon de lavage peuvent pénétrer facilement.

Les concessions avec un caractère temporaire n'ont pas pu être branchées lors des travaux, puisque la toilette, voire la cour, était censée être remplacée ou modifiée à court terme.

Regards: La construction des regards est souvent défectueuse, en effet, plusieurs regards dont l'affluent se trouve plus bas que l'effluent ont été observés. Ceci entraîne la stagnation et ainsi la sédimentation des solides dans le tuyau de l'affluent. De plus, on observe également certains regards qui ne sont pas suffisamment profonds par rapport à la tuyauterie pour assurer un bain de fond, ce qui provoque le transport des solides à travers le tuyau de sortie.

Beaucoup de regards comportent une dalle défectueuse qui laisse entrer toute sorte de solides (ordures, cailloux, sable). Soit la dalle était mal coulée avec un mélange de béton peu soigné ou une épaisseur trop mince, soit elle a été détruite par le passage d'un véhicule (camion de vidange par exemple).

De plus, fréquemment les dalles n'ont pas la même dimension que le regard, ceci constitue un gaspillage de béton et les expose aux endommagements en cas de dalle trop grande, ou laisse pénétrer les solides dans le contraire.

A Baco-Djicoroni, après la mise en service de la canalisation du regard filtrant vers le fleuve Niger, les riverains ont constaté des mauvaises odeurs provenant des puits. On s'est aperçu que les regards le long du tronçon n'étaient pas étanches et par conséquent l'infiltration des eaux usées a contaminé les puits environnants. L'ONG "SA.DE.VI" a refait les enduits étanches des regards lors de la visite du terrain.

Canalisation: Les tuyaux à Banconi et Baco-Djicoroni d'un diamètre de 100 mm ont une résistance faible, car l'épaisseur n'est que d'un millimètre. Ceci peut être critique surtout lors des traversées de rue. Plusieurs branchements de toilettes, où la fondation est nettement au-dessus du regard, sont à ciel ouvert, exposés aux chocs et au rayonnement solaire, ce qui limite la durée de vie. Certains tuyaux raccordant les toilettes ont été chauffés pour fléchir en vue de former un coude, ce qui peut provoquer des problèmes d'obstruction et de résistance.

Le levé topographique n'a pas été exploité durant les travaux. En effet, pendant l'exécution des travaux, il arrivait au GIE "Keneyaso" et à l'ONG "SA.DE.VI" de détecter des tuyaux posés à cause de l'écoulement en sens inverse du sens prévu. Un niveau d'eau à bulle est utilisé pour vérifier le sens d'écoulement.

Le manque de dimensionnement et le non-respect d'une pente suffisante engendrent des dépôts à l'intérieur des tuyaux de faible débit, surtout pendant la saison sèche (la vitesse minimale ne peut être respectée). Cependant, grâce au drainage des eaux pluviales, les tuyaux ont une forte chance d'être curés lors de l'hivernage.

Variation de dimensions: Il est à noter que les mêmes ouvrages comportent de grandes différences au niveau des dimensions. Principalement au niveau de la profondeur et la section des regards, la profondeur de pose, l'épaisseur et la taille des dalles de couverture, la surface des lavoirs, les dimensions des boîtes de branchement. En effet, il y a presque autant de gamme de dimensions que d'ouvrages (CREPA 2001a).

Contraintes lors des travaux: La méconnaissance des lieux d'implantation des gaines d'électricité et de la tuyauterie de l'eau potable complique la mise en place du réseau. Il va de même pour les puisards défectueux (photo 8) et l'enfouissement des boues de vidange devant la concession. En outre, certains individus ont agressé les travailleurs face à la restriction de la circulation causée par la pose des tuyaux.

4.1.3 Entretien

Jusqu'à la réception des travaux, c'est l'organe les ayant exécuté qui s'occupe de l'entretien (photo 9 en annexe). Mais il n'est pas capable de remplacer les regards ou les dalles défectueuses par défaut de moyen. Ensuite les bénéficiaires sont censés entretenir leur lavoir et boîte de branchement. Cependant, nulle part, l'entretien du réseau lui-même a été organisé ou prévu dès le démarrage du projet, bien que les expériences des réseaux SBS dans les pays en développement aient montré que l'entretien constitue le facteur primordial pour le bon fonctionnement du système. Les conséquences sont frappantes :

- Dalles partiellement, voire totalement détruites à Bozola (mauvaise exécution) et Banconi (mauvaise exécution et véhicules), bien qu'il n'y ait pas de passage de véhicule à Bozola et que le réseau à Banconi ne date que d'un an.
- Accumulation importante de solides au fond et d'écume à la surface des regards et des boîtes de branchement. A part la boue et l'écume classique, il y a des cailloux (nous avons observé des cailloux de plus de 20 cm de diamètre), beaucoup de sable et d'ordure (beaucoup de sachet en plastique). De plus, des chaussures, des piles et des bouteilles ont été également recensées. Les causes sont nombreuses : absence ou endommagement de la dalle de couverture, introduction lors de la construction, introduction volontaire en ouvrant le regard par des tiers. Il est à noter que seulement les regards non ou partiellement couverts offrent aux enfants l'opportunité de s'amuser (en y lançant des objets), puisque les dalles sont en général suffisamment lourdes.
- L'absence d'un dispositif retenant les solides comme un Té fait accroître le risque d'obstruction. D'où la nécessité d'un entretien régulier.
- Accumulation de sable et des débris alimentaires dans certains bords de fond des lavoirs, dû à l'ignorance ou à la méconnaissance des bénéficiaires de l'importance de l'entretien pour le bon fonctionnement. Il en est de même pour les boîtes de branchement.
- Mauvais comportement de certains bénéficiaires, par exemple l'utilisation du lavoir ou des regards pour se débarrasser des déchets et le manque d'entretien du lavoir. Il est probable que ces personnes ne sont pas conscientes de leur mauvais comportement à cause d'un manque de sensibilisation.

En conséquence, il n'est pas étonnant de voir que les blocages sont nombreux. A Bozola, les bénéficiaires se débrouillent eux-mêmes en cas d'obstruction, tandis qu'à Banconi, ils font appel au GIE qui dispose de pelles, de brouettes et d'une espèce de long tuyau souple pour pouvoir curer les conduites. Il est à noter que le GIE a commencé à entretenir régulièrement le réseau en enlevant les boues et les écumes dans les regards environ chaque deux mois. Mais selon le plombier, cela ne suffit pas, il faudrait le faire dans un intervalle de deux semaines. Grâce au promoteur du projet (le président du GIE), soucieux du bon fonctionnement, l'entretien s'effectue sans que le paiement soit réglé (voir § 4.3.6). Cependant, le curage des tuyaux ne se fait jamais pour des raisons de prévention, il se fait uniquement en cas de blocage.

Lors d'une visite de terrain à Baco-Djicoroni, nous avons pu assister¹⁷ à un blocage au niveau d'un long branchement d'un lavoir après quelques jours de la mise en service du réseau. Il a été dû aux débris alimentaires qui s'accumulaient facilement dans le tuyau à cause de la faible pente et à l'absence de dispositif retenant les solides. L'ONG "SA.DE.VI" a procédé au curage à l'aide d'un chiffon placé au bout d'un fer armé d'un diamètre de 10 mm et d'une longueur de 12 m.

L'entretien peut être préventif ou curatif et dépend de la conception et de l'exécution du réseau. Plusieurs personnes de l'OMH et la DNACPN se sont montrées surprises qu'il faille entretenir le réseau de Banconi déjà après la mise en service.

L'entretien du réseau peut être effectué sans moyens importants. Les pelles, pics et gants suffisent pour curer les regards. Il est à noter que le matériel enlevé des regards est déposé à côté de ce dernier. Un tuyau souple comme l'utilise le GIE à Banconi ou un fer de béton permet le curage des tuyaux en cas de blocage.

Deux équipes de deux personnes peuvent entretenir le réseau à Banconi correctement une fois par mois. La fréquence peut paraître élevée, mais s'impose à cause des facteurs cités ci-dessus. Les équipes sont de préférence multi-fonctionnelle, et assurent selon les besoins les travaux suivants :

- curer les regards et les regards filtrants
- évacuer l'écume ou au moins l'enterrer sur place
- intervenir en cas de blocage
- remplacer les ouvrages défectueux
- sensibiliser les bénéficiaires
- contribuer au recouvrement
- collecte des déchets

L'effort nécessaire à l'entretien peut augmenter lors de l'hivernage, car l'érosion des nombreuses toilettes construites en banco peut alimenter le réseau avec des quantités élevées en matière solide provenant de l'érosion du banco lors des averses intenses.

4.1.4 Gestion des déchets solides

La collecte des ordures à Banconi par le GIE à l'aide des charrettes à traction asine et d'un tracteur à remorque n'évacue que 40 à 45 % des déchets solides produits. Les conséquences sont la dispersion des ordures par les non-adhérents dans les rues, le marigot et l'évacuation anarchique d'une grande partie sur les dépôts sauvages, situés principalement le long du marigot (photo 10).

La mauvaise gestion du dépotoir de transit (lieu de vidange des charrettes) constitue un problème notoire. Certes, il y a un manque de moyen, mais probablement aussi un manque de volonté de la part de la mairie communale. La photo 11 (annexe 10) montre le dépotoir de transit qui est rarement vidé. Il est peuplé par les récupérateurs de déchets (plastiques, métaux, etc.) et des animaux (ânes, vaches, moutons) se nourrissant. Certaines personnes profitent du long temps de séjour des ordures sur le site de transit et tamisent les ordures pour exploiter le terreau. Ce compost de mauvaise qualité est vendu aux maraîchers ou aux horticulteurs. L'impuissance ou l'incapacité de gérer ce dépôt au milieu de l'habitat humain pose un risque

¹⁷ Un gamin nous a fait signe du blocage lors de l'inspection d'un regard.

sanitaire (pour les charretiers, les animaux et gens voisins), provoque des nuisances olfactives et rend difficile la vidange des charrettes.

Une ancienne carrière constitue la décharge finale (vidange du tracteur, photo 12). Elle n'est pas aménagée et plusieurs personnes y gagnent leur pain. Elle représente un risque à effet retardé pour l'environnement. Il est à noter la quantité considérable de piles contenue dans les ordures (la radio de poche constitue le moyen d'information le plus répandu).

Les matériaux de vidange des latrines sèches constituent également des déchets solides, cependant il n'y a aucune stratégie en ce qui concerne leur évacuation. Lorsque la latrine est vidée manuellement, leur contenu est simplement enterré à côté (photo 13 en annexe). Les usagers pouvant se payer un camion de vidange¹⁸ sont rares, le cas échéant, le camion déverse le contenu soit dans les champs agricoles soit dans l'environnement naturel.

4.2 Evaluation institutionnelle

4.2.1 Montage du projet

La figure 2 illustre les acteurs et leurs relations mutuelles pour le réseau d'égouts à Banconi. Les relations sont nombreuses et il est difficile de toujours comprendre les fonctions exactes de chaque élément, car les informations obtenues par les personnes responsables sont parfois contradictoires. Néanmoins, plusieurs constats valent la peine d'être formulés :

- Conflits entre OMH et la DNACPN: Les deux organes relèvent du même ministère et ils se trouvent au même niveau d'hierarchie. Ainsi les conflits sont programmés. Par exemple, l'OMH veut rapidement étendre le système de mini-égout car la demande de la population est forte, tandis que la DNACPN a reconnu les problèmes environnementaux et de durabilité qui y sont liés.
- L'étude, le suivi et le contrôle s'effectuent par le même organe. Ceci correspond à un autocontrôle. De plus, la rémunération du bureau d'étude (CTAC) se fait en fonction du montant global, ce qui risque de gonfler le devis.
- La participation de la population consiste seulement au remboursement des coûts.
- La coopérative d'assainissement ne peut assumer son rôle initial de garant de prêt vu qu'elle ne représente pas une autorité. Elle travaille bénévolement ce qui peut mener aux conflits avec le GIE rémunéré. De plus, par son implication, elle complique le processus d'acquisition des matériaux.
- La création de la coopérative n'est pas une préoccupation directe de la population et le rapport de la population avec le GIE est beaucoup plus confiant qu'avec la coopérative.
- L'entretien n'est pas prévu lors du montage du projet. Il n'existe pas de fond pour remplacer ou réparer les ouvrages
- Les bénéficiaires sont très mal sensibilisés et informés¹⁹. Certains croient qu'il s'agit d'un projet financé par des bailleurs de fonds, certains ne savent pas que le remboursement a déjà commencé.

¹⁸ Le coût s'élève à 15'000 à 20'000 FCFA par vidange. Le camion est surtout sollicité par les propriétaires des fosses septiques et des latrines à fosse étanche.

¹⁹ Les bénéficiaires à Banconi n'avaient pas d'idées de coût lors de l'approbation du projet. Mais, ceci a été amélioré à Baco-Djicoroni en fixant la mensualité de remboursement avant le projet.

4.2.2 Compétences des autorités et la CTAC

Les défaillances au niveau de la conception et de la planification mettent en évidence les compétences insuffisantes de la CTAC. En effet, l'étude technique a été élaborée par des techniciens, sans intervention des ingénieurs (à part l'approbation du directeur). En outre, le contrôle des travaux n'a pas été assuré correctement, vu les défauts d'exécution.

Les autorités du district en général et la mairie communale en particulier manquent de moyens (et parfois de volonté) d'intervenir dans le domaine d'assainissement. En effet, l'évacuation des ordures des dépotoirs de transit et l'entretien des caniveaux ne se font pas correctement (photo 14). Il n'y a aucune implication de sa part lorsque la population ne respecte pas l'interdiction de déverser les eaux usées d'une manière anarchique et de déposer les ordures sauvagement. Cependant, dans un contexte de pauvreté, il est difficile de respecter ces dispositions législatives lorsque la municipalité n'arrive pas à fournir le service de base nécessaire. De plus, même certaines personnes aisées pouvant facilement se payer un système d'assainissement individuel versent les eaux usées dans les caniveaux ou sur la rue.

4.3 Evaluation financière

4.3.1 Coût des projets

L'analyse du coût constitue un facteur important pour comparer le système SBS à l'assainissement individuel et pour évaluer les potentialités d'économie. En effet, le coût constitue un élément clé pour l'extension du mini-égout à Bamako. Il est important que le réseau soit abordable pour les bénéficiaires et que les économies se fassent au bon endroit pour garantir le fonctionnement et éviter le gaspillage d'argent²⁰. Une comparaison des coûts globaux des trois réseaux SBS est donnée au tableau 7. Les montants sont basés sur les devis estimatifs de la CTAC (Banconi, Baco-Djicoroni) et le coût effectif du dernier sous-réseau à Bozola (Lloyd, 1999).

Tableau 7 : Coûts des trois réseaux à Bamako (en FCFA)

| | Banconi | Baco-Djicoroni | Bozola |
|--|----------------|----------------|---------------|
| Nombre de concessions branchées | 414 | 450 | 15 |
| Coût des travaux (matériaux et main d'œuvre) | 43'750'000 | 76'100'000 | 1'025'500 |
| Etudes et suivi (10 % et 8 % respectivement) | 4'375'000 | 6'100'000 | - |
| Coût total (travaux et études) | 48'125'000 | 82'200'000 | 1'025'500 |
| A la charge de l'OMH | - | 18'000'000 | - |
| A la charge des bénéficiaires | 48'125'000 | 64'200'000 | - |
| Coût du réseau par concession | 116'244 | 182'667 | 68'367 |
| Charge imputable au bénéficiaire (par conc.) | 116'244 | 142'667 | - |
| Intérêt à la charge du bénéficiaire (4 %) | 4'650 | 5'707 | - |
| Charge effective par concession | 120'894 | 148'373 | - |
| Mensualité théorique par concession | 3'358 | 4'121 | - |
| Mensualité réelle par concession | 3'530 | 3'750 | - |

²⁰ La construction des regards filtrants non fonctionnels est typiquement du gaspillage d'argent sans aucune utilité.

Bozola est très bon marché grâce à l'absence des lavoirs, à la très faible longueur par concession, car l'habitat est très dense et grâce à l'absence d'un système de traitement et des frais d'études.

Le système à Baco-Djicoroni est plus cher qu'à Banconi à cause de la canalisation qui mène les eaux usées directement dans le fleuve Niger. Un autre facteur est la densité plus faible, les concessions et les rues sont généralement plus grandes, donc la longueur du réseau par concession augmente.

Le coût d'investissement du réseau de Banconi (12 % intérêt compris) revient à **10'000 FCFA par habitant**. En admettant une durée de vie de 10 ans, cela revient 83 FCFA par mois et habitant. Ce montant pourrait représenter une taxe d'assainissement à la portée de la population afin de financer les systèmes d'assainissement.

Une comparaison économique confirme le coût compétitif par rapport au puisard. En effet, le coût d'un puisard est estimé de 90'000 à 130'000 FCFA.

Afin de savoir ce qui alourdit le bilan des coûts et de mettre en évidence les économies potentielles, il est intéressant de comparer les prix des matériaux utilisés et la main d'œuvre (tableau 8), ainsi que la répartition des coûts du réseau par rapport aux autres installations comme le lavoir et l'unité de traitement (tableau 9).

Tableau 8 : Répartition des coûts de construction du réseau à Baco-Djicoroni (canalisation y compris) en FCFA.

| | 15 km de réseau | [%] | 450 lavoirs | [%] | total | [%] |
|--------------|-----------------|-----|-------------|-----|------------|-----|
| Sable m3 | 1'225'000 | 3 | 1'400'000 | 6 | 2'625'000 | 4 |
| Gravier m3 | 675'000 | 2 | 750'000 | 3 | 1'425'000 | 2 |
| Ciment kg | 7'200'000 | 19 | 8'100'000 | 36 | 15'300'000 | 25 |
| PVC m | 11'362'500 | 30 | 3'307'500 | 15 | 14'670'000 | 24 |
| Fer à béton | 828'000 | 2 | 765'000 | 3 | 1'593'000 | 3 |
| Main d'œuvre | 17'180'000 | 45 | 8'295'000 | 37 | 25'475'000 | 42 |
| Total | 38'470'500 | 100 | 22'617'500 | 100 | 61'088'000 | 100 |

Les trois éléments clés à prendre en considération en vue de diminuer les coûts sont:

- la tuyauterie en PVC
- le ciment
- la main d'œuvre

Les options techniques à envisager pour minimiser les coûts sont alors:

- utilisation de vidoir (utilisé à Dakar, voir § 2.1.3)
- affinement du diamètre
- utilisation des Y et des coudes au lieu des regards
- utiliser la main d'œuvre gratuite (bénéficiaires)
- augmenter la durabilité des installations (meilleure planification et exécution), en acceptant un coût d'investissement plus élevé

Tableau 9 : Répartition des coûts de construction par concession (matériaux et main d'œuvre) des différents composants du réseau à Banconi.

| | prix unitaire | quantité par concession | prix par concession | [%] |
|--|---------------|-------------------------|---------------------|-----|
| Lavoir (branchement au réseau y compris) | 40'000 | 1 | 40'000 | 38 |
| Regard du réseau | 20'500 | 1.65 | 33'825 | 32 |
| Tuyauterie par mètre linéaire | 1'600 | 18 | 28'800 | 28 |
| Regard filtrant (40 concessions par unité) | 80'000 | 0.025 | 2'000 | 2 |
| Total | - | - | 104'625 | 100 |

Le lavoir constitue l'élément le plus cher, à cause de la quantité considérable de ciment. La même raison explique le coût élevé des regards. La part dépensée par concession pour le traitement des eaux usées est très faible. Néanmoins, les bénéficiaires payent pour quelque chose qui ne fonctionne pas.

4.3.2 Mode de remboursement

Après l'exécution des travaux, les chefs de ménage des familles bénéficiaires ont été convoqués à une réunion où ils ont été informés en matière de coût et de mode de cotisation de l'ouvrage. Les bénéficiaires sont tenus de rembourser le prêt à la caisse d'épargne en payant des mensualités. Ils se sont engagés au début du projet par une reconnaissance de dette et ils ont déposé la lettre d'attribution (pour les propriétaires) ou le permis d'occupation (pour les locataires) à la mairie de la commune. A Banconi, la mensualité s'élève à 3'530 FCFA durant 36 mois qui doit être payé chaque mois à la caisse d'épargne. Cependant, selon les informations des bénéficiaires, ceci n'est pas toujours une affaire facile, car le temps d'attente y est élevé.

La mensualité est payée par le propriétaire de la concession. C'est à lui d'adapter ensuite le loyer. Cependant il existe beaucoup d'habitations en location dans le quartier ce qui complique le remboursement, car le propriétaire n'est souvent pas sur place, voire résident à l'étranger. Normalement il y a une personne chargée de la perception du loyer, c'est alors à elle de payer la mensualité et de s'arranger avec le propriétaire.

Il est à noter que la cotisation est la même pour chaque concession, indépendamment de l'ouvrage construit dans sa concession (longueur du PVC utilisé; existence du lavoir et si oui, la taille).

A Baco-Djicoroni, le mode de remboursement est légèrement différent. En effet, le montant de la mensualité a été fixé avant le démarrage des travaux à 3'750 FCFA durant 36 mois. Les bénéficiaires étaient alors informés de la sollicitation financière à attendre avec le projet d'assainissement. Il est prévu que l'OMH prenne en charge la différence au coût effectif. De plus, il est envisagé que la coopérative recense les mensualités de manière porte-à-porte en combinaison avec la cotisation destinée à la coopérative. Elle transmettra l'argent à la caisse d'épargne. Vu que les travaux ne sont pas achevés, le recouvrement n'a pas encore commencé.

A Bozola, toutes les sections du réseau étaient financées par des bailleurs de fond. Il était prévu que les bénéficiaires assument 30 % des frais au profit du GIE "Faso Barra" afin de garantir la maintenance. Malgré le coût modéré, jamais aucun francs n'a été remboursé. C'est dû à la grande cohésion familiale de tous les bénéficiaires. En effet, ils se prennent pour les fondateurs de la ville de Bamako. En mettant le doigt sur le remboursement, le promoteur du GIE local répondait qu'il ne pouvait pas dénoncer son "propre frère" du non-paiement. Et chaque bénéficiaire est son petit frère. De plus, l'idée que le projet a été offert gratuitement est largement répandue.

4.3.3 Capacité et volonté à payer

Le recouvrement s'avère très difficile. Les bénéficiaires payent très irrégulièrement ou même pas. La coopérative n'est pas au courant de l'état du remboursement et aucune mesure n'est à attendre en cas de non-paiement. Plusieurs facteurs contribuent à cet état de fait :

- mensualité très élevée²¹ par rapport au revenu moyen dans un contexte de pauvreté
- manque d'information de la composition de la mensualité, plusieurs bénéficiaires se méfient du montant et croient qu'il y a des gens qui veulent s'enrichir
- manque de sensibilisation de l'importance de l'assainissement
- nouveauté que les bénéficiaires contribuent pour un service d'assainissement et qu'il ne s'agit pas d'un "cadeau"
- temps d'attente à la caisse d'épargne
- l'information que le remboursement a commencée n'est pas toujours arrivée au chef de famille
- pas de mesure en cas de non-paiement
- propriétaire de la concession absent (par exemple à l'étranger)

Seulement le premier point cité ci-dessus est susceptible de provoquer l'incapacité de payer la cotisation. A Banconi, il y a des ménages où l'on ne mange pas régulièrement trois fois par jour. L'étude socio-économique confirme que 35 % des ménages disposent d'un revenu du chef de famille de moins de 25'000 FCFA (ADDA 2001), en négligeant les autres sources de revenus provenant d'autres membres de famille ou d'autres activités irrégulières. Il est compréhensible qu'il existe alors une certaine tranche de famille qui n'est pas capable de payer.

Néanmoins, l'inexistence de la volonté à payer revêt une préoccupation beaucoup plus importante. Pour cela, un comité a été créé, composé des personnes du GIE, de la coopérative et de la caisse d'épargne. Il a commencé à rendre visite aux chefs de familles le soir en vue de les encourager de rembourser leur dette.

4.3.4 Estimation du coût d'entretien

Selon les informations du GIE et sur la base d'observation des travaux de curage des regards (photo 9 en annexe), une équipe de deux personnes arrive à nettoyer une vingtaine de regard par jour. En occurrence, le réseau compte environ 690 regards et 10 regards filtrants. Ceci nécessite alors environ 18 jours de travail. Le reste du mois peut être utilisé pour les tâches déjà évoquées. Lorsque les deux équipes sont constituées d'un plombier (35'000 FCFA/mois) et d'un manoeuvre (15'000 FCFA/mois), engagés par le GIE, et en supposant que les salaires sont les seules dépenses, un montant de 100'000 FCFA par mois pourrait alors sauver le réseau de Banconi et garantir sa pérennité. Ceci correspond à **250 FCFA par concession raccordée**. Mais, il est à noter que ce montant constitue un minimum et qu'il ne couvre pas l'infrastructure du GIE ni les dépenses pour les rénovations de l'ouvrage. Il faudrait prévoir parallèlement un fond dont le GIE puisse puiser afin de réaliser les travaux de réparation nécessaires.

²¹ À titre de comparaison: une chambre en location coûte environ 5'000 à 10'000 FCFA. Le salaire d'un manoeuvre vaut 1'000 FCFA par jour de travail.

Si la population utilisait et entretenait correctement l'infrastructure elle-même (chaque bénéficiaire s'occupant de son lavoir et du regard devant sa concession, l'effort d'entretien pourrait être réduit significativement. Mais, on est encore loin de cette vision, car cela nécessite un grand travail de sensibilisation et d'éducation. D'ailleurs, cela était prévu à Rufisque, Sénégal (voir § 2.1.4), mais n'a pas fonctionné. En conséquence, c'est également un GIE qui s'en charge à l'heure actuelle d'une manière régulière.

Le promoteur du GIE a soumis une demande aux autorités pour percevoir une taxe mensuelle supplémentaire de 500 FCFA pour l'entretien. Cependant, l'OMH et la DNACPN ont rejeté cette initiative en croyant que l'entretien n'est pas nécessaire pour un réseau neuf et par manque de transparence de la destination prévue de la taxe.

4.3.5 Renouvellement des installations

Il est difficile d'estimer la durée de vie des ouvrages. En effet, elle dépendra beaucoup des usagers, de la qualité d'exécution et de l'entretien. Par exemple, certains tuyaux de branchement à ciel ouvert se sont détériorés très rapidement. Idem pour les regards qui ont subi le passage des camions. Pour un éventuel calcul économique, nous proposons d'admettre une durée de vie du réseau de 10 à 15 ans, ce qui est beaucoup dans le contexte actuel et peu par rapport à un réseau d'égout classique²².

Aucun fond n'est prévu pour les petites réparations du réseau ni pour les investissements majeurs en cas de renouvellement de certaines installations comme la canalisation ou les regards filtrants. Lorsqu'il s'agit de défaillances au niveau de la concession (lavoir, branchement), la réparation incombe aux usagers, mais lorsqu'il s'agit des composants du réseau, la question de paiement n'est pas du tout résolue, bien que ce soit primordial pour maintenir le réseau.

4.3.6 Gestion des déchets solides

La redevance pour la collecte des ordures par le GIE s'élève à 1'000 FCFA/mois. Le taux de recouvrement se situe en général entre 70 et 90 %. Mais, le recouvrement par les agents du GIE s'avère très difficile. Il n'est pas rare qu'ils doivent repasser cinq fois à la même concession pour enfin pouvoir recevoir la redevance. Fréquemment, les chefs de ménage ne sont pas à la maison lors de la journée et ils n'ont pas laissé le montant nécessaire à la femme pour cotiser. Quant aux femmes, elles se débrouillent elles-mêmes pour payer, souvent en prenant une partie de l'argent de conditionnement, cependant cela peut prendre parfois quelques jours. De plus, l'irrégularité de collecte et du passage de l'agent de recouvrement ne favorise pas le bon paiement.

Il est à souligner que la redevance de la collecte des ordures constitue la seule recette actuelle du GIE. Il paye l'entretien du réseau d'égout avec cet argent. Le promoteur s'engage autant pour ne pas perdre son image, car c'est lui qui a initié le projet du système SBS malgré les nombreuses oppositions dans le quartier. Il sait très bien que le réseau sera voué à l'échec dès que l'entretien est abandonné ce qui donnerait raison aux opposants. Un autre élément qui alourdit le bilan financier du GIE est que le coût de fonctionnement²³ est plus élevé pour le tracteur (offert récemment par l'ONG "ACF") que pour la charrette, bien que le GIE paye uniquement le gasoil et l'entretien. Ainsi, les difficultés financières considérables dues aux dépenses supplémentaires de l'entretien non rémunéré, les problèmes de recouvrement et le coût du tracteur pourront

²² Pour un réseau d'égout classique, on admet une durée de vie d'environ 50 ans.

²³ Pour le GIE, la charrette coûte autour de 750 FCFA par mois et concession, tandis que le coût du tracteur s'élève à environ 870 FCFA (sans amortissement). Cependant, la charrette achemine les ordures sur le dépotoir de transit alors que le tracteur doit les évacuer sur la décharge finale.

avoir des conséquences néfastes sur le fonctionnement du système SBS, lorsque l'entretien doit être abandonné par manque d'argent. Pour plus de détails, voir annexe 8.



Photo 13 : Non-branchement sans assainissement autonome dans la zone de projet à Banconi.



Photo 14 : Caniveau rempli d'ordures et d'eau polluée. A gauche, écoulement d'eau usée des habitations dans le caniveau.

4.4 Evaluation sociologique

4.4.1 Impact du projet

La réalisation du réseau d'égout à faible diamètre a amélioré considérablement les conditions de vie dans les quartiers concernés. L'impact est perceptible d'une manière visuelle en comparant l'état antérieur et l'état actuel de la même zone (voir photos de la page de titre). L'impact est de l'ordre visuel (meilleure salubrité et esthétique) et pratique (les véhicules peuvent passer sans difficultés majeures). Ce dernier aspect peut également favoriser la salubrité en ouvrant l'accès aux charrettes ou tracteur de ramassage d'ordures et au camion de vidange. De plus, la puanteur des eaux sales a diminué ainsi que les querelles entre les familles voisines, chacune accusant l'autre de déverser l'eau usée devant sa porte.

La conséquence de la diminution des eaux usées dans la zone du projet pourrait avoir un effet positif sur le plan de la santé publique. Cependant, dans le cadre de la présente étude, il n'est pas possible de confirmer la diminution des mouches, moustiques, rongeurs ni des maladies diarrhéiques, voire des cas de paludisme, bien que certains bénéficiaires le prétendent. Car la stagnation des eaux usées n'est pas complètement éliminée, puisque les puisards défectueux et non comblés et certains rejets sur les rues et les caniveaux persistent (mauvaise utilisation et par les non raccordés, voir photo 13). De toute façon, l'amélioration de la santé publique à attendre n'est pas immédiate et ne sera perceptible qu'à long terme. De plus, il faut garder à l'esprit qu'il s'agit actuellement d'un déplacement et d'une concentration des eaux usées vers le marigot et le fleuve Niger. Donc, les nuisances pourraient être plus élevées au voisinage du marigot par rapport à l'état antérieur.

Certes, l'amélioration du cadre de vie devrait également avoir un effet positif sur la vie économique quotidienne. Puisque les espaces libérés des eaux polluées offrent désormais des

espaces de commerce et ils sont devenus plus attractifs pour la clientèle, car accessibles et salubres. Mais ceci demeure une hypothèse difficile à démontrer.

L'impact est tel que toute la population voisine montre un engouement considérable par rapport au projet des réseaux d'égouts à faible diamètre.

4.4.2 Perception du projet par les bénéficiaires

Les discussions informelles avec de nombreuses femmes de ménage et certains chefs de famille ont permis de sentir la perception du projet des usagers. En général, les bénéficiaires sont très contents et commencent toujours par raconter la situation antérieure. Cependant, lorsqu'il s'agit d'en savoir plus en matière de remboursement, les femmes n'ont aucune idée de la cotisation ni de l'état de paiement. La gestion de l'argent est strictement une affaire du chef de famille. Les principaux points positifs évoqués par les bénéficiaires sont:

- amélioration énorme du cadre de vie
- soulagement
- diminution des moustiques et mouches (ce point est confirmé en soulevant la question, mais rarement évoqué de propre initiative)
- plus de bagarres entre les voisins à cause des rejets anarchiques
- technologie des lavoirs et taille adaptées pour la plupart des bénéficiaires (certaines familles disposaient déjà d'un lavoir, cependant avec rejet dans le caniveau ou puisard)

Les points négatifs concernent:

- charge financière élevée
- débordements du réseau pendant l'hivernage et reflux des eaux dans la douche et/ou lavoir
- blocages fréquents
- taille du lavoir trop petite pour certains concession lorsqu'il y a plusieurs familles dans la même cour
- quelle utilité du petit bassin (bain de fond) au niveau du lavoir ?

L'entretien effectué par la population varie beaucoup de concession à concession. Certains bénéficiaires nettoient quotidiennement le bain de fond du lavoir et, le cas échéant, s'occupent même de la boîte de branchement. Tandis que le petit bassin d'autres lavoirs se trouve dans un état préjudiciable au fonctionnement du système (rempli de sable et des débris alimentaires, voire des ordures). En ce qui concerne l'entretien du réseau en général, la plupart des personnes rencontrées veulent que le GIE s'en occupe.

Plusieurs bénéficiaires ont contesté l'utilisation d'un diamètre de 100 mm pour l'évacuation des eaux ménagères. A leur avis, ce tuyau avait l'air trop petit, jamais capable d'assumer sa fonction. Lors des blocages, il y a aujourd'hui des bénéficiaires qui se sentent confirmés par leur souci initial. Cependant, c'est la mauvaise pratique qui bouche le tuyau, en effet la capacité hydraulique est largement suffisante²⁴.

²⁴ Voir feuille de calcul de Manning-Strickler en annexe 9.

4.4.3 Participation au projet

Force est de constater qu'il n'y a aucune approche participative au sens d'amener les bénéficiaires à contribuer à la prise de décision. La participation concerne uniquement le remboursement de l'ouvrage. Il y a alors confusion entre la vraie participation et la participation financière. A aucun stade du projet (montage, planification, exécution, entretien), la population concernée a activement contribué à la décision. Car c'est la coopérative (avec le promoteur du GIE) qui a lancé les travaux à travers la demande à l'OMH, ensuite la CTAC a mené la planification et le GIE a exécuté. Après les travaux, le prix et le mode d'entretien nécessaire au niveau de la concession ont été transmis aux bénéficiaires par le biais de la coopérative. Il y a alors confusion entre participation et transmission d'information.

4.4.4 Mauvaises pratiques d'utilisation

Plusieurs pratiques préjudiciables au bon fonctionnement du réseau sont susceptibles d'augmenter encore l'effort nécessaire à l'entretien. Nous avons constaté les pratiques suivantes :

- utilisation des lavoirs et des regards pour éliminer des déchets
- enlèvement des barreaux de fer au niveau du lavoir afin de faciliter le passage des solides (surtout des restes alimentaires)
- lavage hors lavoir et vidange des seaux sur la rue ou dans les caniveaux (lavage de plusieurs familles de la même concession en même temps, situation conflictuelle entre certains membres de la concession empêchant à un membre/famille d'utiliser le lavoir, incompréhension de l'utilité de l'existence du réseau)
- incinération des ordures à côté d'un tuyau de raccordement à ciel ouvert qui entraînait la fonte de ce dernier
- absence d'entretien du lavoir

4.4.5 Manque de sensibilisation

Certaines mauvaises pratiques ci-dessus découlent d'un manque de sensibilisation de la population par rapport à l'importance de l'assainissement en général et au réseau de mini-égouts en particulier. En effet, la méconnaissance du mode d'entretien requis et la non-perception du mode de fonctionnement de l'ensemble identifiées auprès de la populations sont à la source des actes néfastes aboutissant à la dégradation du réseau et aux blocages fréquents.

Le manque de conscience de l'importance de l'assainissement en faisant le rapport entre certains problèmes de santé comme la diarrhée, le paludisme et les eaux usées stagnantes entrave l'impact du projet. Puisqu'il y a des personnes (les non-raccordés, sans système d'assainissement individuel ainsi que certains bénéficiaires) qui continuent à verser les eaux usées dans l'environnement immédiat (photo 13). En outre, l'insuffisance de sensibilisation ne favorise pas non plus le processus de remboursement, car il est difficile de payer pour quelque chose qui n'apporte aucune prestation²⁵ à première vue. Par conséquent, l'assainissement ne constitue pas une priorité pour une partie importante de la population. En effet, les gens sont accoutumés à vivre parmi les ordures et les eaux usées, car ils sont nés dans un tel habitat. *Ils ont l'impression de devoir y mourir* (SIDIBE, communication personnelle). Rien n'est plus difficile à changer qu'une habitude.

²⁵ La population comprend très bien de devoir payer pour l'électricité par exemple, car il s'agit d'une prestation perceptible immédiatement dont on voit l'utilité.

4.5 Etude comparative par rapport à l'expérience de Dakar

Le tableau 10 compare les principales caractéristiques des réseaux étudiés à Bamako et à Rufisque. Il est à noter que la différence de base est constituée par la fosse de décantation qui permet de recevoir les eaux vannes à Rufisque. Cependant, cela nécessite l'usage d'eau pour la chasse des excréments et une toilette "pour-flush", c'est-à-dire utiliser de l'eau pour la chasse..

Tableau 10 : Comparaison entre les réseaux d'égout à Bamako et à Rufisque.

| | Bamako | Rufisque (Dakar) |
|--|---|--|
| Type d'eau usée | Eaux ménagères | Eaux vannes et ménagères |
| Type d'installation dans la concession | Lavoir Raccordement de la douche | Vidoir, deux bacs dégraisseurs et bac de décantation |
| Unité de traitement | Absent ou regards filtrants défilants | Lagunage et réutilisation pour le maraîchage et le compostage |
| Participation financière des bénéficiaires | Oui | Oui |
| Prix total par concession branchée | 120'000 à 150'000 FCFA ²⁶ | 400'000 à 500'000 FCFA |
| Innovation | Construit sans aide étrangère par un GIE (ou ONG) local | Projet de gestion intégrée des déchets solides et liquides, fond roulant |

Les réseaux d'égouts à faible diamètre de Bamako et de Dakar sont légèrement différents sur le plan conceptuel. Néanmoins, les performances suivantes en commun peuvent être citées :

- amélioration du cadre de vie de la population concernée par l'évacuation des eaux domestiques
- coût faible (Bamako) à modéré (Rufisque), compétitif avec l'assainissement individuel
- système d'assainissement efficace lorsque l'assainissement autonome ne peut être appliqué (nappe phréatique élevée, manque d'espace, sol imperméable)
- coexistence du réseau d'égout avec un service de ramassage de déchets, sauf dans le cas de Bozola (Bamako)
- participation financière des bénéficiaires

D'un autre côté, les faiblesses suivantes ont été constatées au Sénégal ainsi qu'au Mali :

- manque de maintenance et d'entretien
- problème de débordement du réseau lors de l'hivernage
- manque ou insuffisances du traitement des eaux usées
- remboursement très timide par les bénéficiaires

La différence des coûts des réseaux est considérable. En effet, le réseau à Rufisque coûte trois à quatre fois plus cher que ceux de Bamako. Mais il comporte toute une série d'avantages par rapport à la conception de Bamako: L'évacuation des eaux vannes avec le réseau d'égout

²⁶ Sans le réseau à Bozola.

(confort élevé pour les usages, plus d'odeur et moins de mouches), le traitement des eaux usées par lagunage et le fait que le réseau ne draine pas les eaux de pluie. L'évacuation des eaux vannes à l'avantage de ne pas polluer la nappe (par une latrine traditionnelle) ni d'engendrer des coûts pour sa vidange. Cependant, pour que les eaux vannes puissent être éliminées dans le système SBS, l'utilisation de l'eau pour chasser les excréta et une fosse intermédiaire s'impose; elle doit être vidangée régulièrement avec des précautions sanitaires (gants, gestion des matériaux de vidange).

4.6 Généralisation du réseau d'égout à faible diamètre ou quelle stratégie d'assainissement ?

La DNACPN est en train d'effectuer l'état des lieux des principales villes du Mali en matière d'assainissement afin de dessiner les scénarios potentiels d'assainissement, selon les conditions locales et de les intégrer dans un plan stratégique d'assainissement de chaque ville (un exemple à l'aide du marigot de Banconi est donné en § 5.1.2). Ce plan de la ville de Bamako comprend les premières grandes lignes suivantes:

- principe du pollueur-payeur (au niveau national)
- traitement local des eaux usées avec des fosses septiques
- aménagement des marigots
- station de lagunage expérimentale dans la zone industrielle (terrain de 20 ha à disposition)

La question de généraliser les réseaux d'égouts à faible diamètre a été évoquée par l'OMH afin d'améliorer l'habitat des quartiers de l'ancien tissu de Bamako. Le tableau 11 compare l'assainissement individuel et le système SBS semi-collectif :

Tableau 11 : Comparaison de l'assainissement individuel avec le système SBS à Bamako.

| | Individuel (latrine et puisard) | Système SBS (à la Bamako) |
|-------------------------|--|--|
| Condition d'application | <ul style="list-style-type: none"> • Espace suffisant • Sol perméable • Nappe suffisamment profonde | <ul style="list-style-type: none"> • Pente suffisante • Suffisamment d'espace pour une unité de traitement des eaux usées |
| Contraintes | <ul style="list-style-type: none"> • Pollution de la nappe • Vidange de la latrine et du puisard • Souvent insuffisant pour absorber les eaux ménagères | <ul style="list-style-type: none"> • Traitement des eaux usées et restitution appropriée, sinon pollution du milieu récepteur • Pollution de la nappe (due aux latrines) • Vidange de la latrine • Entretien du réseau |

Le problème de l'assainissement individuel est que seulement une partie de la population en dispose. Souvent, les ouvrages existants sont défectueux. Ces deux facteurs aboutissent à un état d'extrême insalubrité. L'amélioration du milieu prend beaucoup de temps par la promotion des puisards (souvent à un coût au-dessus de la portée des habitants lorsqu'il n'y a pas de système de crédit). Tandis que la construction d'un réseau d'égout à faible diamètre avec le raccordement de tous ceux n'ayant pas d'installation individuelle fonctionnelle rapporte une amélioration

immédiate de l'hygiène et du cadre de vie dans la zone de projet entière. Mais il est à noter que le système SBS mis en place ne sera pas adapté à l'évacuation future des excréta.

Néanmoins, à l'heure actuelle, la stratégie d'assainissement ne devrait pas prévoir une généralisation du système SBS à Bamako afin de préserver le fleuve Niger, la sève nourricière des Maliens. La stratégie doit prévoir un mélange d'assainissement semi-collectif et individuel en fonction des conditions locales. L'assainissement semi-collectif, en occurrence le système SBS, sera appliqué lorsque l'assainissement individuel a ses limites (manque d'espace, sol imperméable, nappe phréatique peu profonde, etc.) et lorsque les trois conditions suivantes seraient remplies:

- planification et exécution correcte, incluant la **gestion de l'entretien** dès le début du projet
- sensibiliser et faire **participer la population**
- **traiter les eaux usées** et les restituer au milieu naturel d'une manière appropriée (sinon il s'agit simplement d'un déplacement du problème)

En tenant compte des propositions faites au chapitre 5, le réseau d'égout à faible diamètre respectera les trois conditions ci-dessus et constituera une approche durable à la solution des problèmes d'assainissement dans la ville de Bamako, voire d'autres villes de la sous-région.

4.7 Synthèse

Malgré la critique sévère qui précède, il faut garder à l'esprit que l'impact général des projets est très satisfaisant pour les bénéficiaires et leur cadre de vie. A court terme, on peut parler de réussite, car la différence entre l'état antérieur et l'état actuel est époustouflante (photo 15 et 16). Les ruisseaux constitués des eaux usées au milieu des rues ont disparu et les nuisances olfactives ont diminué. Les rues sont devenues praticables et l'accès aux habitations est possible sans devoir s'écarter des flaques durant toute l'année.

Le tableau 12 résume les principaux problèmes rencontrés à Bamako dans le cadre de l'assainissement par le biais d'un réseau d'égout à faible diamètre.



Photo 15 : La rue 16 à Banconi Flabougou à l'état initial avant l'installation du réseau d'égout. (1999)



Photo 16 : La même prise de vue après le projet d'assainissement. (jan 2002)

Tableau 12 : Synthèse des problèmes rencontrés sur le plan technique, institutionnel, sociologique et financier.

| | Problème | Conséquence | Lieu de survenance |
|----------------|---|---|---------------------------|
| Technique | Aucun dimensionnement de la tuyauterie, ignorance du ruissellement | <ul style="list-style-type: none"> Sous-dimensionnement à la fin des grands réseaux Débordement pendant l'hivernage | Banconi Baco-Djicoroni |
| | Mauvaise conception des regards filtrants, voire absence d'une unité de traitement (Bozola) | <ul style="list-style-type: none"> Gaspillage d'argent Aucun traitement, ainsi déplacement du problème des eaux usées stagnantes dans le marigot Pollution du fleuve Niger | Banconi Baco-Djicoroni |
| | Exécution défectueuse (dalles trop petites, tuyaux à ciel ouvert, dimensions très variables) | <ul style="list-style-type: none"> Faible durabilité des composants Entrée des solides (ordures, sable, cailloux, etc.) dans le réseau Fonctionnement peut être entravé | Tous |
| | Absence de lavoir, lavoir trop petit | <ul style="list-style-type: none"> Rejet des eaux usées dans la rue Lavage hors lavoir | Tous |
| | Système de rétention des solides du lavoir inefficace | <ul style="list-style-type: none"> Entrée du sable et d'autres solides susceptibles de boucher les tuyaux | Banconi Baco-Djicoroni |
| | Non-utilisation des accessoires comme les T | <ul style="list-style-type: none"> Colmatages des tuyaux fréquentes Effort d'entretien élevé | Tous |
| | Manque de planification | <ul style="list-style-type: none"> Difficultés lors de l'exécution des travaux Coût plus élevé Dysfonctionnements potentiels | Banconi Baco-Djicoroni |
| | Gestion des déchets insuffisante | <ul style="list-style-type: none"> Insalubrité Solides peuvent causer des obstructions du réseau d'égout | Tous |
| Institutionnel | Compétence insuffisante de la CTAT | <ul style="list-style-type: none"> Planification et suivi des travaux défailants Effort d'entretien considérable | Banconi Baco-Djicoroni |
| | Manque de coordination entre l'OMH et DNACPN | <ul style="list-style-type: none"> Conflits de compétences et de responsabilité | Banconi Baco-Djicoroni |
| | Entretien n'est pas réglé | <ul style="list-style-type: none"> Fonctionnement et durabilité du système en danger Blocages fréquents | Tous |
| | Aucune mesure en cas déversement anarchique des eaux usées (par exemple par les non-branchés) | <ul style="list-style-type: none"> Rejet des eaux usées dans la zone de projet entrave l'image de sa réussite (photo 13) Habitat pour les moustiques et les maladies demeure | Banconi Baco-Djicoroni |
| | Aucune sanction en cas de non-paiement de la cotisation | <ul style="list-style-type: none"> Taux de recouvrement faible | Tous |
| | Manque de moyen et de volonté de la mairie | <ul style="list-style-type: none"> Mauvaise gestion des ordures, risque sanitaire | Tous |
| | Manque de stratégie d'assainissement au niveau du district | <ul style="list-style-type: none"> Déplacement du problème vers le marigot (pour Banconi) Pollution du Niger | Tous |
| Financier | Cotisation mensuelle élevée | <ul style="list-style-type: none"> Incapacité de payer la cotisation de certains bénéficiaires Taux de recouvrement faible | Banconi Baco-Djicoroni |
| | Entretien payé grâce à la collecte des ordures | <ul style="list-style-type: none"> Problèmes financiers du GIE, ainsi la pérennité du réseau est en danger | Banconi |
| | Mode de cotisation pas favorable | <ul style="list-style-type: none"> Taux de recouvrement faible | Banconi |
| Sociologique | Aucune participation au projet, manque de sensibilisation, manque de transparence | <ul style="list-style-type: none"> Aucun sentiment de responsabilité par rapport à l'ouvrage Taux de recouvrement faible Entretien insatisfaisant par les bénéficiaires Hygiène du milieu défailant Pas tout le monde adhère au projet | Banconi Baco-Djicoroni |
| | Mauvaise utilisation de l'ouvrage par les bénéficiaires | <ul style="list-style-type: none"> Blocage fréquent du réseau Déversement des eaux usées sur la rue ou le caniveau | Tous |
| | Aucun lien entre l'insalubrité et les maladies n'est fait | <ul style="list-style-type: none"> L'assainissement n'est pas une priorité Volonté de payer faible Hygiène du milieu défailant | Tous |
| | Conflits au sein d'une concession | <ul style="list-style-type: none"> Conflits de paiement de la cotisation Rejet des eaux usées sur la rue, car certains membres de la concession n'ont pas le droit d'utiliser le lavoir | Banconi Baco-Djicoroni |

La figure 5 illustre que le réseau d'égout à faible diamètre ne résout que le problème des eaux usées ménagères. Cependant, le risque de déplacer ce problème vers le fleuve Niger et les zones voisines du marigot existe lorsque le traitement des eaux usées n'est pas suffisant. Les problèmes de la gestion des ordures et des boues de vidange ainsi que le risque sanitaire par la pollution fécale de la nappe persistent. Pour cette raison, il reste à confirmer avec des études épidémiologiques si les maladies comme la diarrhée ont vraiment diminués (ce qui a été prétendu lors des entretiens). Ce doute d'effet positif en matière de santé publique est renforcé par le fait que les non-branchés continuent à provoquer des zones d'eaux dans le périmètre du projet. Il est également à noter que le réseau d'égout n'a pas d'incidences sur les inconvénients des latrines pour les usagers (odeurs, mouches).

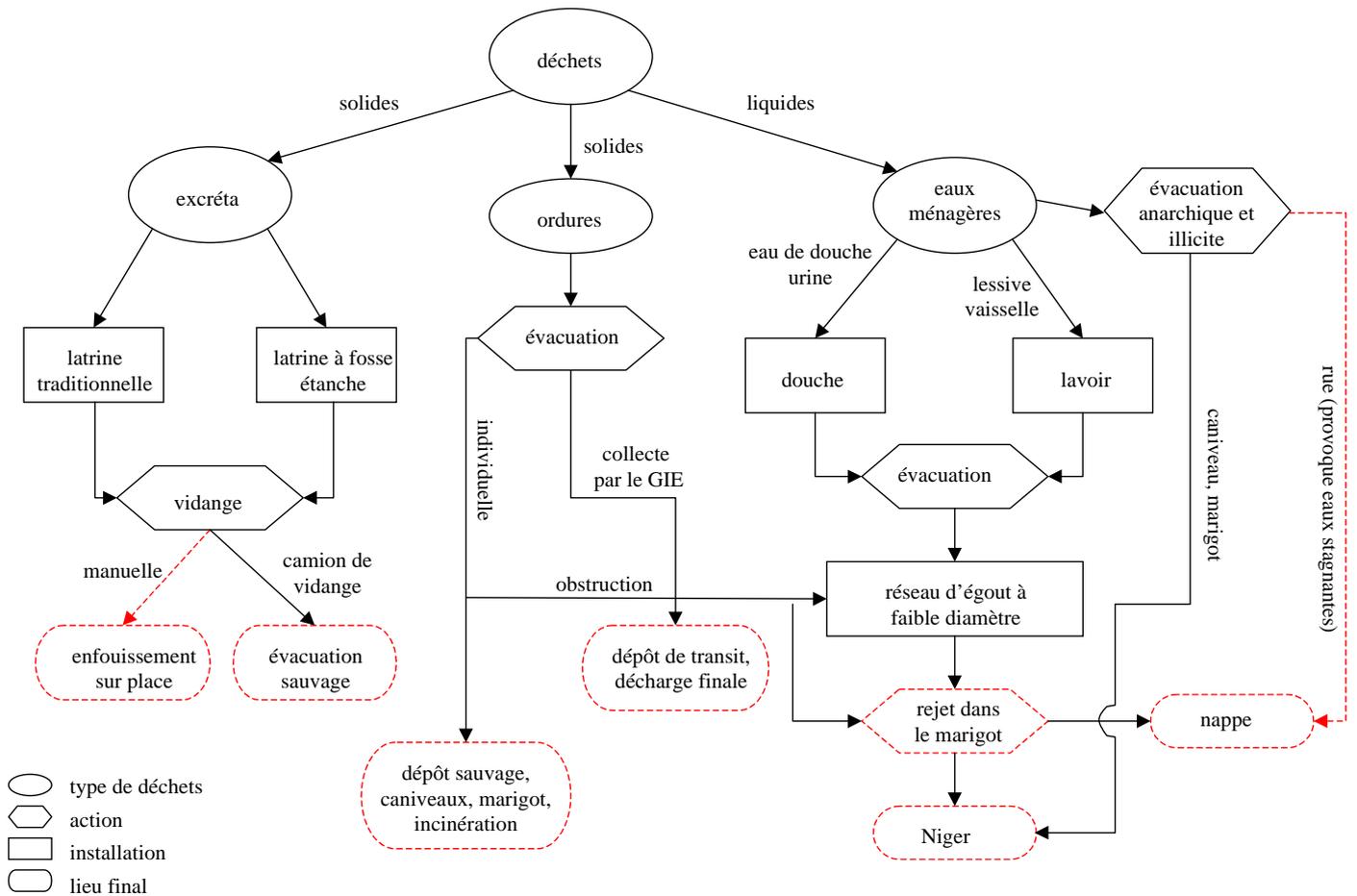


Figure 5 : La gestion des déchets solides et liquides à Banconi. Les lignes pointillées indiquent des processus comportant un risque sanitaire et/ou environnemental.

Les propositions d'amélioration du chapitre suivant serviront à limiter ces risques sanitaires et environnementaux provoqués par les eaux ménagères. Pour que le système SBS ait un impact qui va plus loin que la disparition des eaux polluées dans les rues.

5 PROPOSITIONS D'AMELIORATION

5.1 Améliorations techniques

Ce paragraphe expose les améliorations techniques possibles. Il ne se limite pas à une proposition par problème, mais il donne des idées, car les options techniques sont interconnectées, c'est-à-dire l'ensemble des composants du réseau doit être cohérent, de la conception jusqu'au mode d'entretien.

Le guide de conception (annexe 9), élaboré pour les planificateurs d'un futur réseau SBS au Mali (ou ailleurs dans un contexte similaire) donne les précisions et les formules de dimensions pour tous les éléments du réseau. Les possibilités de traitement sont énumérées au § 5.1.2 et expliquées plus en détail dans le guide de conception.

5.1.1 Au niveau de la conception

Choix conceptuel: La manière de retenir les solides détermine la conception des ouvrages et est décisive pour le bon fonctionnement du réseau. En outre, elle influence directement l'effort et la manière d'entretien nécessaire. Comme les expériences dans le monde entier le démontrent, les possibilités conceptuelles sont multiples. Le point commun cependant est toujours le faible diamètre des canalisations.

La conception telle qu'elle est proposée par OTIS et MARA (1985) avec la construction d'une fosse intermédiaire n'est pas envisageable par manque d'espace et d'argent. De plus, elle nécessite la vidange des fosses par camions (accessibilité, coût) et une gestion des boues de vidange.

Certains réseaux SBS en Zambie et au Nigeria comprennent une conception particulière qui constitue une alternative intéressante à la conception actuelle. Il s'agit des latrines à fosse étanche à niveau constant (cabinet à eau) qui sont branchées au réseau (annexe 4). Ainsi la latrine fait office d'une fosse intermédiaire. Les avantages résident dans le fait que l'eau n'est pas nécessaire pour la chasse des matériaux fécaux, que cette option ne nécessite pas d'espace à part celui de la latrine existante, que les eaux ménagères peuvent facilement s'y raccorder et que les inconvénients de la latrine traditionnelle (pollution bactériologique du sol et des puits, vidange manuelle à grand risque sanitaire, nuisances olfactives, mouches) disparaissent. Pourtant, ce concept n'est pas envisageable dans le contexte actuel, car le manque d'argent et la nécessité de faire appel à un camion de vidange sont des contraintes trop importantes. En effet, O'DWYER (1992) écrit sur les expériences de Zambie "*La raison principale de la défaillance de ces systèmes est que les boues des fosses ne sont pas régulièrement et correctement vidangées...*".

Seulement deux scénarios sont à retenir pour les anciens tissus à Bamako. Soit la rétention à l'aide d'une petite fosse de décantation (photo 16) comme à Rufisque (Sénégal), soit la conception actuelle à Bamako sans fosse. La fosse de décantation est similaire à une fosse intermédiaire, mais avec un TRH beaucoup plus faible (de 4 à 6 heures). Le tableau 13 montre les avantages et les inconvénients des deux variantes.

Dans la mesure du possible, il est conseillé d'adopter le premier scénario. Lorsque l'on renonce à des fosses de décantation pour des raisons économiques, les graisses et solides pénètrent dans le réseau et s'accumulent dans les regards et risquent de causer des obstructions fréquentes, comme c'est le cas à Bamako.

Une solution entre les deux scénarios consiste à améliorer les boîtes de branchement qui retiendraient au moins le sable. La différence d'une boîte de branchement et une fosse de décantation est uniquement le volume et donc le temps de rétention.

Tableau 13 : Comparaison des deux scénarios, sans et avec fosse de décantation.

| | Fosse de décantation au niveau de la concession | Raccordement direct, sans fosse de décantation |
|---------------|--|--|
| Avantages | <ul style="list-style-type: none"> • Rétenion efficace des solides et des graisses • Permet le raccordement futur d'une toilette pour-flash (avec chasse à eau) • Le blocage potentiel se produit au niveau de la concession • Diminue l'effort et le coût d'entretien du réseau | <ul style="list-style-type: none"> • Bon marché • Pas d'espace supplémentaire nécessaire |
| Inconvénients | <ul style="list-style-type: none"> • Coût d'investissement supplémentaire • Espace nécessaire • Entretien des fosses de décantation toutes les deux semaines | <ul style="list-style-type: none"> • Entretien (vidange des regards) du réseau élevé • Blocages fréquents dans le réseau |

Le réseau n'est pas conçu pour drainer les eaux de pluie, il n'est donc pas conseillé de raccorder toute une cour au réseau. Il vaut mieux encourager le propriétaire de la concession de remblayer sa cour, lorsque son exutoire se trouve plus bas que la rue. Néanmoins, des dérogations peuvent être faites lorsque la capacité du réseau est suffisante et la cour cimentée (pour éviter l'entrée du sable).

Lavoir: La petite trémie de décantation au niveau du lavoir peut être enlevée. Par contre, il faut absolument installer une grille efficace (quelques millimètres d'écartement) avant la sortie dès le début de la mise en service. Il est judicieux de mettre en place un dispositif amovible afin de permettre le curage.

Fosse de décantation (fosse intermédiaire): La fosse de décantation est construite avec un temps de rétention théorique de 4 à 6 heures. A titre d'exemple, pour une consommation moyenne de 500 litres/j par concession, il faut un bain de fond d'environ 100 litres (60*40*40 cm) en supposant que la boue et l'écume soient enlevées régulièrement. La sortie doit être munie d'un Té ou d'un autre dispositif retenant l'écume. La fosse doit être couverte correctement. La forme rectangulaire est préférable au carré en vue d'augmenter le chemin hydraulique. Selon la situation locale, il est conseillé de raccorder la douche à la fosse de décantation en vue d'intercepter les solides provenant de la douche.

Boîte de branchement: Sans construction de fosses de décantation, une boîte de branchement, comme utilisée actuellement, peut satisfaire partiellement la fonction de rétention du sable lorsqu'il y a un bain de fond (20 cm), une dalle de couverture et une vidange régulière. Son petit volume ne permettra cependant pas de retenir toutes les graisses et solides.

Vidoir: Au lieu de construire un lavoir, il est possible de construire un vidoir tel qu'il en existe à Rufisque (photo 17). Il présente les avantages suivants:

- meilleur marché que le lavoir
- ne draine pas les eaux de pluies
- économique en espace

Cependant le confort pour l'utilisateur est réduit, car le vidoir n'offre pas d'aire de lavage cimentée qui draine les eaux versées pendant l'utilisation.



Photo 17 : Vidoir pour évacuer les eaux ménagères avec grille en plastique à Rufisque (Sénégal), suivi d'un bac dégraisseur.



Photo 18 : Fosse de décantation à Rufisque (Sénégal) recevant les eaux vannes et ménagères (du vidoir).

Douche: En vue de limiter le drainage des eaux pluviales et de limiter l'apport des solides par l'érosion des parois en banco, il est envisageable de couvrir les latrines. La diminution des mouches sera un effet secondaire bienvenu (les mouches fuient l'obscurité).

Canalisation: La capacité des tuyaux doit être calculée avec la formule de Manning-Strickler (annexe 9). Bien que TOURE (1990) ne recommande pas les tuyaux inférieurs à 100 mm, on propose de l'essayer, puisque le petit diamètre a un effet positif sur la vitesse d'écoulement des faibles débits (figure 6) et diminue ainsi le risque de dépôts dans la canalisation. En outre, le petit diamètre de 50 mm peut éviter l'entrée des objets hostiles comme des bouteilles, chaussures et habits dans la canalisation.

Et pourtant, il est à noter qu'il sera très difficile de respecter toujours la vitesse d'écoulement de 0.3 m/s (pour assurer l'auto-curage), car les débits moyens au début d'un réseau sont très faibles. A titre d'exemple: le débit moyen pour 15 concessions branchées vaut 0.1 l/s. Lorsque la topographie le permet, il faudra alors jouer sur la pente pour amortir l'effet de sédimentation. Malgré le prix élevé du PVC, il n'est pas conseillé de recourir à un matériel indigène comme la terre cuite, car le PVC est facile (très léger) à mettre en place, résistant à l'ammoniac (provenant de la dégradation biologique des eaux usées) et très lisse (faible rugosité).

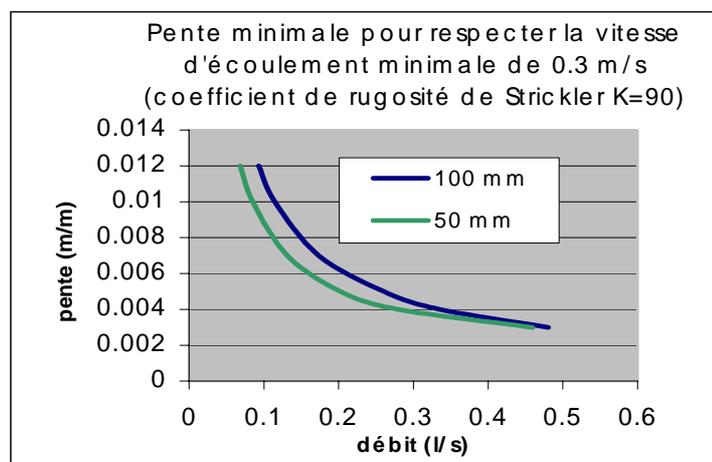


Figure 6 : Pour la même pente, le débit minimal nécessaire est plus petit dans le tuyau de 50 mm. D'où l'intérêt d'utiliser des faibles diamètres, car les débits sont souvent très faibles au début du réseau SBS.

Il est à noter que la différence de diamètre n'a presque plus d'influence sur la vitesse d'écoulement pour les débits de plus en plus élevés.

Vu l'importance de l'eau de pluie drainée par le lavoir et les latrines, il y a deux possibilités²⁷ pour rester dans l'optique de faible diamètre en garantissant la capacité suffisante du réseau:

- diminuer l'apport des eaux pluviales en réduisant la surface drainée par le réseau :
 - couvrir les latrines
 - installer des vidoirs
 - éviter le drainage des cours
- limiter le nombre de raccordement par bassin versant (c'est-à-dire par exutoire)

A titre d'exemple, dès que le bassin versant dépasse le raccordement d'une trentaine de concession, le tuyau de 100 mm ne suffit plus (pente 0,01) tandis que le tuyau de 160 mm a une capacité de 130 concessions, mais il coûte le triple.

Nous conseillons de recourir à la première possibilité, c'est-à-dire de limiter le drainage des eaux pluviales et la construction de petites installations de traitement décentralisées pour éviter les gros diamètres.

De plus, il est recommandé d'utiliser des tuyaux de 50 mm (voire 40 mm) pour la liaison de la douche et de 50 à 75 mm pour le lavoir.

Regard: Pour éviter l'entrée de l'eau de ruissellement et des solides dans le réseau, il faut munir le regard d'une dalle de couverture correcte et dans la mesure du possible garantir une revanche de 10 à 20 cm par rapport au terrain. Ceci permettrait également d'éviter la destruction par les camions, car ainsi ces ouvrages sont visibles pour les conducteurs. La standardisation des regards facilitera la mise en œuvre d'une dalle de couverture de même taille que le regard. On propose une dimension intérieure de 60*60 cm.

Lorsqu'il n'y a pas de fosse de décantation, un bain de fond de plusieurs dizaines de centimètre et l'installation des Tés s'imposent afin d'intercepter les solides et d'éviter l'entrée de l'écume. Cependant, lorsque la conception permet l'interception fiable du sable et des solides, les regards sans bain de fond (le tuyau d'arrivée et de sortie se trouvent sur le niveau du fond) constituent une option intéressante. En effet, elle diminue considérablement la profondeur totale des regards et l'effort d'entretien, car il n'y a pas d'écume ou de solides à enlever.

Utilisation des accessoires (clean-out, Té, coudes): Malgré la crainte générale de blocage en utilisant les accessoires (les coudes en particulier) de la tuyauterie, ils gardent leurs intérêts énormes en vue de diminuer les coûts²⁸ et de faciliter la construction.

Les coudes peuvent être appliqués pour le raccordement des douches et le changement de direction dans le réseau au lieu d'installer un regard. En cas d'installation de fosses de décantation, les coudes et les bifurcations peuvent être utilisés sans risque d'obstruction.

Les clean-out (annexe 4) peuvent remplacer un regard intermédiaire pour garantir le curage des tuyaux. Cependant, il faut matérialiser et enterrer le clean-out pour le mettre à l'abri des actes de mauvais comportement (enlèvement du bouchon, introduction des ordures, etc.).

La mise en place des Tés au niveau des regards dépendra à nouveau de la conception du réseau. Actuellement, sans fosses de décantation, il est recommandé de faire recours à ces dispositifs simple et bon marchés pour éviter l'obstruction par la croûte d'écume. En cas d'interception des graisses en amont, il est possible d'y renoncer.

²⁷ Bien sûr augmenter le diamètre constituerait une troisième option.

²⁸ Le prix de ces dispositifs tourne autour de 1'500 FCFA par unité.

5.1.2 Gestion des effluents du réseau d'égout

Le Mali ne connaît pas de normes de rejet ni des ouvrages de traitement d'effluent d'un système d'assainissement collectif. Pourtant un traitement est vivement conseillé afin de garantir la santé publique et d'éviter les problèmes environnementaux dont les pays industrialisés font face (eutrophisation par exemple). Cependant, il ne faut pas se référer aux normes sévères des pays occidentaux, en effet elles étaient graduellement augmentées au cours du temps en suivant l'augmentation des performances des technologies de traitement. De plus, la concentration initiale de la pollution est en général plus faible dans les pays industrialisés, car la consommation en eau est plus forte et dilue ainsi la pollution. Tandis que la concentration des polluants est grande dans les pays en développement. Il vaut mieux respecter des normes moins sévères qui sont atteignables dans la mesure d'un pays à faibles revenus. HEINSS et al. (1998) proposent par exemple des normes pour l'effluent des stations de traitement des boues de vidange (tableau 8 en annexe 9).

Le critère principal sera l'espace à disposition et la qualité de l'effluent souhaité. La qualité bactériologique constitue un critère important pour la réutilisation dans le maraîchage tandis que la charge organique prédomine pour le rejet dans le milieu naturel.

Unité de traitement: Il faut recourir à un système simple, peu onéreux et à entretien limité. Les techniques classiques des pays industrialisés ne répondent pas du tout à ces exigences. Les options de traitement suivantes répondent aux critères d'une technologie simple à faible coût :

Tableau 14 : Systèmes de traitement décentralisés des eaux usées.

| Traitement primaire | Traitement secondaire | Evacuation/traitement final |
|------------------------------------|--|---|
| Fosse septique Lagune anaérobie | Filtre anaérobie Lagune facultative | Infiltration Réutilisation agricole Exutoire : Niger, Marigot, Caniveau |
| Fosse compartimentée | | Bassin de maturation (suivi de la réutilisation) |

Les différents systèmes de traitement sont illustrés dans le guide de conception (annexe 9). Les avantages et inconvénients des différents systèmes sont reportés dans le tableau 15. A priori, le lagunage constitue en général la meilleure solution. Cependant, par manque d'espace, il n'est pas toujours possible, surtout dans un contexte urbain.

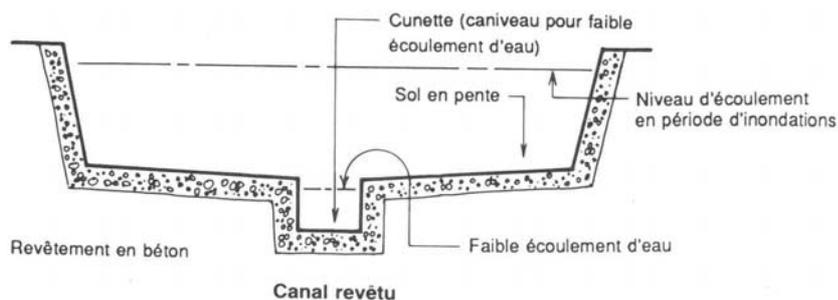
L'unité de traitement retenue dépendra des conditions locales et doit être intégrée dans la stratégie ou un plan directeur d'assainissement. Le but est de mieux concerter les actions menées en matière de d'assainissement pour ne pas être obligé de modifier un projet un an après la mise en place. Le paragraphe suivant donne des idées d'une stratégie d'assainissement à l'aide de l'exemple du marigot de Banconi.

Tableau 15 : Avantages et inconvénients des différentes étapes de traitement (modifié après SASSE 1998)

| | Avantages | Inconvénients |
|---------------------------|---|---|
| Fosse septique | Simple, résistant, peu d'espace nécessaire, peu encombrant (car enterré) | Accessibilité par camion de vidange nécessaire, faible efficacité, effluent odorant |
| Filtre anaérobie | Bonne efficacité après un prétraitement, peu encombrant | Risque de colmatage, coûteux selon le matériau filtrant |
| Lagunes | Simple à construire, très peu d'entretien, fiable si bien dimensionné, lutte anti-pathogène, pisciculture possible lors d'une faible charge | Besoin d'espace suffisant, problème de moustique et d'odeur possible, nécessaire d'enlever les algues avant le rejet dans le milieu naturel pour rester efficace (par rapport à la charge organique), avec un bassin de maturation réutilisation possible sans risque sanitaire |
| Fosse compartimentée | Simple, fiable, efficace, peu encombrant, peu de risque de colmatage, bon marché par rapport au filtre anaérobie | Vidange régulière des boues nécessaire, phase de démarrage plus longue que filtre, moins efficace en cas de faible charge |
| Infiltration | Exploitation de la capacité d'auto-épuration du sol, sans problèmes sanitaires ou environnementaux | Besoin en espace et en sol perméable, entretien régulier nécessaire |
| Réutilisation | Valorisation des eaux usées, bon engrais | Risque sanitaire pour la santé publique |
| Rejet : marigot, caniveau | Facile, ne coûte rien | Problème de déplacer le problème en cas de traitement insuffisant, prolifération des moustiques -> paludisme ! |

Quelle stratégie pour le marigot de Banconi: Le plan stratégique d'assainissement envisage d'aménager les marigots afin qu'ils puissent évacuer les eaux pluviales. Selon la loi malienne, il est interdit d'y déverser des eaux usées. Il y aura plusieurs possibilités pour le réseau de Banconi ainsi que pour un futur réseau collectif rejetant l'effluent dans le marigot pour respecter les textes :

- Installer une unité de traitement en vue d'avoir un effluent qui ne correspond plus à une eau usée. Dans ce cas, il faudrait aménager le collecteur de telle sorte qu'il puisse évacuer l'effluent avec une vitesse minimale pendant la saison sèche pour éviter la stagnation et la décantation des eaux. En pratique, il faudrait mettre en place une rigole dans le lit du collecteur (figure 7).

**Figure 7 :** Exemple d'un canal aménagé avec une rigole pour un faible débit. (tiré de OMS 1992)

- Evacuer les eaux usées par canalisation vers une station de traitement centralisée. Ceci va coûter cher, mais reste envisageable vu qu'il y a un système de lagunage en planification dans la zone industrielle.
- Infiltrer les eaux prétraitées sur place. Ceci ne sera guère possible par manque d'espace et à cause du niveau de la nappe souvent élevé.
- Réutiliser les eaux traitées. La seule réutilisation plausible est l'arrosage des champs le long du marigot, cependant beaucoup de champs vont disparaître en cas d'aménagement du marigot en collecteur. De plus, il faudrait un traitement approprié surtout en ce qui concerne l'élimination des germes pathogènes.
- Installer le système de traitement dans le marigot aménagé sous forme de bassin de lagunage. Il est possible de tolérer leur submersion pendant la saison de pluie.

Lorsque le marigot ne sera pas aménagé, on pourrait tenter le scénario suivant :

- Le marigot ne servira que comme collecteur pluvial, et toutes les concessions de son bassin versant sont équipées soit par le réseau d'égout à faible diamètre, soit par un système d'assainissement individuel avec l'infiltration de l'effluent dans le sol.
- Les dépôts sauvages d'ordures sont éliminés et l'espace libéré est conquis par les maraîchers.
- Les eaux usées des systèmes SBS sont traitées d'une manière décentralisée et réutilisées entièrement dans le maraîchage.
- Le compostage pourrait valoriser les déchets organiques (utilisation in situ) et consommer des eaux traitées.
- Lors de l'hivernage, les aires de maraîchages seront inondées et l'effluent du système SBS peut être rejeté dans le marigot après le prétraitement.

Ce scénario aurait les avantages suivants:

- plus d'eaux usées dans le marigot
- évitement des nouveaux dépôts d'ordures anarchiques
- source de revenu pour les maraîchers et les composteurs
- solution très bon marché par rapport à l'aménagement du marigot

Cependant, il faudrait garantir la qualité bactériologique suffisante de l'eau traitée afin de garantir la santé publique. De plus, il faut disposer des gens qui cultivent les terrains et qui achètent le composte, et enfin la surface de culture doit suffire pour pouvoir absorber la quantité d'eau traitée. Ce n'est pas le but de ce document d'élucider la faisabilité, mais de donner une piste d'orientation d'une solution originale.

5.1.3 Exécution

Il est nécessaire de faire suivre les travaux par des ingénieurs ou des techniciens compétents à tout moment pour assurer :

- la matérialisation avec du sable ou du ciment des canalisations traversant une rue
- qu'en aucun cas, les tuyaux de branchement restent à ciel ouvert
- le remplissage des puisards défectueux
- d'utiliser le levé topographique ou un tuyau plein d'eau pour respecter le sens d'écoulement et la pente prévue
- les dalles de couvertures de taille correspondant au regard
- le choix de l'emplacement des regards afin de raccorder la douche et le lavoir ensemble
- la qualité des matériaux utilisés
- l'utilisation des bons diamètres
- de respecter la pente et les cotes des tuyaux de l'entrée et de la sortie dans les regards
- la construction correcte de l'unité de traitement

5.1.4 Entretien

La remarque de SASSE (1998) est pertinente : *"Ce n'est pas la peine de construire ce qui ne sera pas entretenu"*. La nécessité de l'entretien représente le point crucial pour le bon fonctionnement de tous les réseaux à faible diamètre, en supposant que la conception soit correcte et que l'effluent soit traité.

L'entretien dépend de la conception des ouvrages. Lorsqu'il y a des fosses de décantation, elles doivent être vidangées régulièrement à un intervalle de 3 à 6 semaines selon la formation de la croûte d'écume. Par contre, les fosses diminueront l'effort d'entretien au niveau des regards du réseau, car ils se remplissent moins rapidement avec les solides et les graisses.

En général, l'entretien doit comprendre les travaux suivants :

- détection et remplacement de tous les composants défectueux
- enlever les solides et la croûte d'écume dans les fosses de décantation et les regards respectivement
- entretenir régulièrement l'unité de traitement (y compris le contrôle de son rendement)
- inspection des lavoirs et douches pour détecter les dysfonctionnements
- détecter les branchements clandestins

Le curage préventif des tuyaux serait souhaitable, mais n'est pas possible en pratique. En effet, il n'y a pas d'eau sous pression à disposition. De plus, le GIE a la mentalité de curer les tuyaux uniquement en cas de problème, mais jamais pour prévenir le blocage.

5.1.5 Gestion des déchets solides

Les dépôts anarchiques sont la cause du faible taux de couverture de collecte et vice versa. Tant qu'ils existent, certaines concessions continueront à éliminer les ordures gratuitement et compromettent ainsi le bon comportement des abonnés qui payent régulièrement pour le service de collecte. Il est nécessaire de procéder à leur élimination par la municipalité. Les

surfaces libérées peuvent être occupées par le maraîchage ce qui évite une nouvelle déposition des ordures. Ainsi, le taux d'adhérents est censé augmenter.

Le service de ramassage d'ordures contribue à limiter les problèmes d'obstruction par les déchets à tous les niveaux (regard, station de traitement, marigot) et à améliorer l'hygiène du milieu en général. Dans cette optique, il faut garantir la viabilité du GIE "Keneyaso" en révisant l'utilisation du tracteur qui coûte actuellement trop cher. Nous proposons d'augmenter la capacité de la remorque pour diminuer le nombre de trajet nécessaire à la décharge finale, en sachant que trop de poids peut détériorer les tuyaux de faible résistance du système SBS et enterrés à faible profondeur.

Tôt ou tard, il faut également intégrer la gestion des boues de vidange dans le concept d'assainissement. Elles doivent être évacuées avec le moindre risque sanitaire et environnemental.

5.2 Améliorations institutionnelles

5.2.1 Création d'un comité de l'assainissement

Il est conseillé de disposer d'un organe communautaire comme relais entre la population et les autorités afin de permettre une approche participative. Pour augmenter les chances de succès, le comité ne devrait pas être entièrement nouveau, mais se greffer sur les institutions communautaires existantes dont l'autorité est reconnue de tous. Dans les quartiers défavorisés, il y en a généralement une multitude (syndicats ouvriers, associations religieuses, culturelles, ethniques ou provinciales, écoles, postes et comités de santé, coopérative de consommation, GIE, etc.). Ce comité correspondrait à peu près à une coopérative réorganisée. En effet, il serait similaire à la coopérative actuelle à la différence que l'adhésion des futurs bénéficiaires ne serait pas nécessaire et que le nombre des membres serait de préférence inférieur à 10 (OMS, 1992), chacun avec un rôle spécifique. Une rémunération pour le travail effectué au sein du comité devrait être envisagée, selon les tâches suivantes effectuées par le comité :

- collaboration étroite avec la municipalité
- organisation des séances d'information
- sensibilisation des bénéficiaires
- recouvrir la redevance et l'acheminer à la caisse d'épargne
- contribuer aux études préliminaires (comme étude socio-économique)

Il est important de souligner que ces activités pourraient également être assumées par le GIE local. Selon l'acceptabilité de la population, ceci peut être envisageable. Surtout lorsque le promoteur représente une personne reconnue dans la communauté et a un contact intensif avec la population, par exemple par le biais du ramassage d'ordures. Cependant, il faut veiller à ce que les travaux soient bien définis et rémunérés avec une transparence totale pour éviter que la population ait l'impression que le GIE veut s'enrichir au détriment des bénéficiaires du projet d'assainissement au lieu d'agir dans l'intérêt de la collectivité.

5.2.2 Organe de planification et de contrôle

Vu les erreurs de conception, de dimensionnement et de l'exécution des travaux, il est primordial de renforcer les compétences de la CTAC ou de recourir à un bureau d'étude privé

malien répondant aux exigences. Ce facteur est autant plus important que la conception appropriée et le choix des unités de traitement dépendent des conditions locales. Le point crucial consiste à assurer que la bonne planification sera convertie en pratique en assurant le contrôle permanent des travaux par le planificateur. La planification et sa réalisation correcte constituent une condition de base pour garantir le bon fonctionnement technique et la durabilité du réseau.

5.2.3 Les autorités publiques

Il faut clairement définir les compétences de l'OMH et de la DNACPN en matière du projet de mini-égout. Il est conseillé que l'OMH ne soit uniquement l'organe de financement et que ce soit la DNACPN qui décide à la dernière instance si le projet d'assainissement est alloué. Pour cela, la DNACPN ordonnerait les études préliminaires et collaborerait ensuite avec l'organe de planification. L'étude d'impact environnemental telle qu'elle a été faite doit être abandonnée et remplacée par une planification et exécution correctes des unités de traitement. Il est à souligner que l'OMH ne doit pas se précipiter à une extension des réseaux SBS afin d'éviter entièrement les erreurs commises.

L'administration locale décentralisée, en l'occurrence la mairie communale, doit s'impliquer davantage. Vu la modicité des moyens, cela devrait l'inciter à apporter leur appui total aux initiatives d'assainissement. Toutefois l'appui municipal ne doit en aucun cas étouffer la participation de la base (GUENE et al. 1999). La mairie communale doit gérer la collecte des déchets (évacuation des dépotoirs de transit, organisation du ramassage par le biais des GIE), intensifier ses contacts avec les acteurs (comité d'assainissement, GIE, caisse d'épargne, DNACPN) et intervenir lorsque les bénéficiaires ne s'acquittent pas de leurs dettes. L'intervention doit répondre au principe de proportion entre la sanction et le non-paiement et l'implication d'un huissier de justice demeure possible. C'est également la municipalité qui doit intervenir lorsque certains éléments continuent à compromettre le réseau d'égout d'une manière illicite en dirigeant les eaux usées dans les caniveaux ou sur la rue.

L'autonomie confiée à la mairie communale au cours de la décentralisation ne doit pas compromettre le contact avec la mairie du district. En effet, beaucoup de questions liées à la gestion de l'environnement telles que les sites de transfert d'ordures, le transport à la décharge finale et les exutoires des réseaux d'égout nécessitent le recours à la mairie centrale.

Les structures associatives telles qu'un GIE méritent le soutien et l'encouragement de la part de la municipalité, car elles contribuent à l'amélioration de vie du quartier et soulagent les autorités locales en effectuant des tâches du service public (par exemple la collecte des déchets).

5.2.4 Organe d'exécution et d'entretien

Il est conseillé de confier les travaux à un GIE (ou ONG) existant implanté dans la zone de projet en vue d'augmenter l'acceptabilité du système par la population. En effet, le rapport entre le GIE et la population est généralement très bon (grâce à la collecte de déchets). L'entretien régulier peut être confié au GIE qui connaît bien le fonctionnement du réseau après la construction. Un climat de familiarisation peut s'instaurer grâce au contact régulier (entretien du réseau, collecte de déchets, sensibilisation) avec les bénéficiaires. Le GIE devient ainsi une véritable entreprise d'assainissement avec la fonction de sensibiliser la population aux problèmes d'assainissement, d'entretenir le réseau d'égout et de ramasser les ordures dans l'objectif de générer un revenu pour les employés et d'améliorer l'état sanitaire de la zone d'une manière durable. Le financement est discuté dans le paragraphe suivant.

5.3 Améliorations financières

5.3.1 Système de remboursement

La cotisation mensuelle du projet d'assainissement peut être diminuée en prolongeant la durée de remboursement, car il est plus facile pour les bénéficiaires de cotiser un petit montant sur une longue période (une mensualité de 2'000 FCFA sur une période de 6 ans par exemple). Cependant, ceci augmentera légèrement la charge d'intérêt. La baisse de la mensualité est autant plus importante lorsque les bénéficiaires doivent payer une redevance pour l'entretien du réseau et la collecte des déchets.

Le mode de remboursement doit être changé pour faciliter et encourager le paiement. Lorsqu'il existe un comité d'assainissement, les bénéficiaires lui payent chaque mois la mensualité ou les membres du comité font le recouvrement porte-à-porte. L'argent sera versé à la caisse d'épargne. Le comité doit être indemnisé par la caisse d'épargne en fonction du mode de recouvrement et du taux de recouvrement par exemple. Selon les conditions locales, il sera encore mieux que le GIE, qui s'occupe de la collecte d'ordures, recouvre toutes les cotisations d'assainissement. Il s'agira de 1'000 FCFA pour la collecte des déchets et de 250 FCFA (voir § 4.3.4) pour l'entretien du réseau et de la mensualité du système d'assainissement. Il est nécessaire que le GIE agisse en transparence absolue afin d'éviter des méfiances. On peut imaginer d'utiliser par exemple différents reçus, un de la caisse d'épargne pour la mensualité et un pour le service du ramassage d'ordures et l'entretien du réseau. Le remboursement doit commencer dès la mise en service du réseau.

5.3.2 Frais de construction et d'entretien

En vue de baisser la charge financière des bénéficiaires et de garantir le traitement des eaux usées, il faut maintenir les subventions des unités de traitement et, le cas échéant, l'acheminement vers ces dernières, lorsque le traitement à la source n'est pas possible. Car il s'agit d'un service qui varie en fonction des conditions locales (longueur de la canalisation vers l'exutoire), en faveur du peuple malien.

Le plus grand potentiel pour diminuer les investissements consiste à la substitution des lavoirs par des vidoirs (voir § 4.3.1), à la réduction du nombre de regard et à la limitation de la longueur du collecteur final, qui achemine les eaux vers l'exutoire ou l'unité de traitement. Cependant, il faut faire attention en envisageant de faire des économies ailleurs, car il est possible de diminuer les frais de construction à court terme, mais les frais à long terme vont grimper²⁹. De plus, la possibilité de la participation des bénéficiaires doit être examinée afin de réduire les coûts et de créer un sentiment de propriété de l'ouvrage.

Le coût d'entretien dépendra de la conception du réseau (fosses de décantation par exemple), de la qualité d'exécution et des bonnes pratiques d'utilisation. L'estimation grossière mentionnée ci-dessus pour le cas de figure de Banconi compte un montant mensuel de 250 FCFA par branchement. Afin de payer les travaux de réparation du réseau, il est conseillé de mettre en place un fond qui est géré par la caisse d'épargne. Il peut être alimenté par les bénéficiaires en doublant la taxe d'entretien ou par l'OMH.

²⁹ Par exemple, le fait de laisser la tuyauterie de branchement à ciel ouvert est bon marché à court terme, mais son remplacement tous les 3 mois coûtera plus cher à long terme.

5.4 Améliorations sociologiques

5.4.1 La participation de la communauté

L'implication de la population ne doit pas se limiter à la contribution financière au projet, mais elle doit participer activement à la planification au lieu de recevoir des informations, voire des ordres qui aboutissent à l'échec du projet (figure 8). L'implication communautaire à la planification comprend les éléments suivants :

- adoption du réseau d'égout à faible diamètre après l'exposition des différentes options technologiques et leur fonctionnement et des coûts à attendre
- choix des ouvrages au niveau de la concession par le bénéficiaire: vidoir ou lavoir, taille et emplacement (le coût sera adapté)
- les bénéficiaires s'expriment sur le mode de remboursement souhaité et la contribution à l'entretien



Figure 8 : La participation communautaire est une condition indispensable au succès du projet d'assainissement. (tiré de OMS 1992)

La participation de la population à la construction n'est pas indispensable, mais elle peut avoir l'avantage de diminuer le coût et de familiariser le bénéficiaire aux ouvrages et leur fonctionnement, ce qui favorise le bon usage.

La participation communautaire au niveau de l'entretien est possible, cependant les expériences de Rufisque adoptant cette démarche ont échoué. En confiant l'entretien au GIE, la participation des bénéficiaires au niveau du bon fonctionnement du réseau se limite aux tâches suivantes :

- bon usage des ouvrages (pas mettre des ordures dans le regard par exemple)
- le cas échéant, curer le bain de fond du lavoir chaque jour

- collaborer avec le GIE en permettant l'accès permanent aux ouvrages par l'organe d'entretien
- signaler des dégâts ou des dysfonctionnements du réseau au GIE
- confier la collecte des déchets au GIE
- s'acquitter des redevances

L'implication d'une structure de quartier constitue également une sorte de participation, mais seulement pour une partie de la population. Lorsque le GIE (ou ONG) prend en charge l'exécution et l'entretien du réseau d'égout, il peut améliorer le cadre de vie et réduire sensiblement le chômage qui constitue une préoccupation primaire dans les quartiers défavorisés.

Il est important de noter que l'approche participative décrite ci-dessus nécessite que la communauté ait conscience de la problématique de l'assainissement en général et de la nécessité du système, de sa faisabilité et ses avantages en particulier. Pour cela, la sensibilisation de la population doit accompagner toutes les étapes du projet (voir § 5.4.2).

5.4.2 Sensibiliser la communauté

Toute la population bénéficiaire doit accepter la nouvelle technologie et adopter son bon usage. Il est nécessaire de la sensibiliser avant, pendant et après la mise en place du réseau. Il s'agit de privilégier ce changement de comportement à travers l'éducation à l'hygiène. Lorsque la population est consciente des liens entre les maladies d'une part, et l'insalubrité d'autre part, elle est disposée à changer de comportement et à adhérer à toutes les actions nécessaires au projet. Cependant, il faut veiller à tenir compte du contexte des pauvres à majorité analphabète. Dans cette perspective, des outils participatifs³⁰ tels que ceux offerts par la méthode SARAR, qui utilise des images montrant le bon et le mauvais comportement et la situation actuelle et future, doivent être utilisés.

Selon le sujet, la sensibilisation peut se faire de différentes manières. Par exemple, l'utilisation des affiches, des spots à la télé ou des campagnes aux événements publics. La réunion des chefs de ménage par le maire communal, le chef de quartier ou le comité de l'assainissement permet d'informer les futures bénéficiaires et de les faire participer aux décisions. La méthode porte-à-porte par un comité de sensibilisation ou par le GIE (lors de la collecte des ordures ou du recouvrement) offre la possibilité d'informer et de sensibiliser les femmes du bon usage et de l'entretien nécessaire.

Quelques expériences menées en Afrique de l'Est montrent que l'implication des enfants peut constituer un vecteur de changement de comportement chez les adultes. En effet, ce sont les eux qui sont le plus touché (GUENE et al., 1999). Ce sont eux qui constituent le groupe le plus exposé aux risques sanitaires par le fait que les tas d'ordures et les eaux stagnantes sont leurs lieux de jeux préférés. De plus, les enfants seront les futures bénéficiaires.

La sensibilisation et la participation permettent de diminuer les réticences qui sont parfois considérables par rapport à une innovation. En effet, lorsqu'il existe des éléments qui compromettent le fonctionnement et l'impact positif du mini-égout, quatre grands types de motivations peuvent les pousser à adhérer au projet ou de se comporter correctement :

³⁰ A part SARAR, il existe également d'autres méthodes comme MARP, PHAST, RAF, etc. Pour en savoir plus, consulter Guène et al. (1999) disponible au CREPA.

- confort et sécurité (accès plus facile, diminution de moustiques)
- gain financier (moins de dépenses pour les médicaments)
- statut social (quartier plus attractif et prospère)
- pression du groupe

Le processus de sensibilisation et de participation prend du temps et peut conduire dans des directions inattendues, cependant, il est incontournable. Il est préférable de ne pas précipiter les décisions et de laisser à la population le temps de débattre les problèmes et de parvenir à un consensus (OMS, 1992) afin d'éviter le scénario illustre par la figure 8.

5.5 Synthèse

Le tableau 16 résume les principales propositions d'amélioration pour une extension future du réseau d'égouts à faible diamètre dans un quartier de bas standing à Bamako. Il est important de souligner que le choix final dépendra des conditions locales (topographie, densité, standing, etc.) de la zone d'étude. Le guide de conception en annexe 9 fournit des conseils techniques en ce qui concerne le dimensionnement du réseau et l'analyse de ce dernier à Banconi.

Les propositions au niveau de la participation de la population aux projets et les actions de sensibilisation soulèvent la question : "Qui payera ces efforts ?" Il est également à noter que ce sont des propositions à longue haleine, mais avec une forte chance de réussir d'une manière durable.

Par manque d'information du système fiscal du Mali, nous n'avons pas discuté la possibilité d'instaurer une taxe d'assainissement qui financerait les infrastructures de base. Le coût total du réseau par habitant de 1'000 FCFA par an (voir § 4.3.1) peut servir à titre indicatif pour le montant à envisager d'une telle taxe. Il en est de même pour la différence de résultat au niveau des travaux d'entretien d'un employé du GIE avec un salaire mensuel et un manœuvre journalier payé après l'exécution de la tâche. Mais il est probable que ce dernier travaille d'une manière plus fiable.

Tableau 16 : Synthèse des propositions d'amélioration du système SBS à Bamako.

| | Action d'amélioration | Objectifs de l'action |
|--|---|---|
| Techniques | <ul style="list-style-type: none"> Dimensionner la tuyauterie avec Manning-Strickler en tenant compte de la pluie | <ul style="list-style-type: none"> Auto-curage Capacité suffisante pendant l'hivernage Plus économique |
| | <ul style="list-style-type: none"> Concevoir des unités de traitement fonctionnelles (fosse compartimentée, fosse septique suivi de lagunage, filtre anaérobie, infiltration, réutilisation) | <ul style="list-style-type: none"> Diminuer la pollution de l'environnement et les nuisances dus à l'eau usée dans la zone de rejet Diminuer le risque pour la santé public Effet esthétique favorable |
| | <ul style="list-style-type: none"> Rehausser les regards d'une revanche de 15 à 20 cm et les munir d'une dalle de couverture de dimension suffisante | <ul style="list-style-type: none"> Empêcher la pénétration des solides (sable, ordures) Eviter la pénétration du ruissellement dans le regard Eviter les véhicules de monter et de les détériorer |
| | <ul style="list-style-type: none"> Uniformiser la dimension intérieure des regards à 60*60 cm | <ul style="list-style-type: none"> Faciliter l'adaptation des dalles de couvertures de dimension correcte Peut minimiser la formation d'une croûte d'écume grâce à un temps de rétention moindre |
| | <ul style="list-style-type: none"> Diminuer le nombre de regard et utiliser les accessoires comme les coudes, Té et Y | <ul style="list-style-type: none"> Diminuer les coûts et l'effort d'entretien, faciliter la construction |
| | <ul style="list-style-type: none"> Utiliser diamètre 40 à 50 mm pour les douches et 50 à 75 mm pour les lavoirs | <ul style="list-style-type: none"> Plus économique |
| | <ul style="list-style-type: none"> Envisager une fosse de décantation après le lavoir et munir le lavoir d'un tamis ou d'une grille retenant les solides | <ul style="list-style-type: none"> Rétention efficace des solides à l'amont → moins de blocages Décantation du sable avant l'entrée dans le réseau → moins de blocages |
| | <ul style="list-style-type: none"> Adapter la taille et l'emplacement du lavoir au souhait de la concession | <ul style="list-style-type: none"> Favoriser l'utilisation correcte de l'ouvrage |
| | <ul style="list-style-type: none"> Envisager de couvrir les latrines | <ul style="list-style-type: none"> Diminuer l'effet de drainage lors de l'hivernage Diminuer les mouches |
| | <ul style="list-style-type: none"> Construire des vidoirs lorsqu'il n'y a pas d'espace pour le lavoir ou pour diminuer les coûts ou selon le souhait du bénéficiaire | <ul style="list-style-type: none"> Éliminer les rejets anarchiques des eaux usées malgré le réseau Diminuer les coûts |
| | <ul style="list-style-type: none"> Entretien le réseau régulièrement (unité de traitement y compris) et assurer la maintenance | <ul style="list-style-type: none"> Condition sin qua non pour la durabilité et le bon fonctionnement de l'ouvrage |
| <ul style="list-style-type: none"> Améliorer la gestion des déchets | <ul style="list-style-type: none"> Limiter les obstructions du réseau et les dépositions sauvages | |

| | Action d'amélioration | Objectifs de l'action |
|-------------------|--|---|
| Institutionnelles | <ul style="list-style-type: none"> Renforcer la capacité de la CTAC ou confier l'étude technique à un autre bureau d'étude | <ul style="list-style-type: none"> Garantir la planification correcte et la conception durable |
| | <ul style="list-style-type: none"> Assurer le contrôle des travaux | <ul style="list-style-type: none"> Garantir une exécution durable |
| | <ul style="list-style-type: none"> Régler les compétences de l'OMH et la DNACPN | <ul style="list-style-type: none"> Supprimer les conflits de responsabilité |
| | <ul style="list-style-type: none"> Revoir la fonction et l'organisation de la coopérative | <ul style="list-style-type: none"> Faciliter la démarche |
| | <ul style="list-style-type: none"> Mettre en place un organe de sensibilisation | <ul style="list-style-type: none"> Promouvoir les bonnes pratiques d'utilisation et l'hygiène du milieu Favoriser le remboursement |
| | <ul style="list-style-type: none"> « punir » les mauvais payeurs et les pollueurs (intervention de la mairie et de la DNACPN respectivement) | <ul style="list-style-type: none"> Diminuer les rejets d'eaux usées des mauvais utilisateurs ou des non-raccordés du réseau d'égout Augmenter le taux de recouvrement Éliminer les dépotoirs anarchiques d'ordures |
| | <ul style="list-style-type: none"> Intégrer le projet à la stratégie d'assainissement du District de Bamako | <ul style="list-style-type: none"> Anticiper l'avancement du plan d'assainissement Éviter les modifications des unités de traitement et des rejets finaux dans un avenir proche |
| Financières | <ul style="list-style-type: none"> Prolonger le temps de remboursement | <ul style="list-style-type: none"> Diminuer la charge mensuelle et permettre ainsi un meilleur taux de recouvrement |
| | <ul style="list-style-type: none"> Prévoir un fond pour l'entretien et les réparations comme une dalle défectueuse | <ul style="list-style-type: none"> Garantir l'état fonctionnel et la durabilité de l'ouvrage |
| | <ul style="list-style-type: none"> Informers les bénéficiaires du coût au début du projet | <ul style="list-style-type: none"> Permettre un éventuel rejet du projet |
| | <ul style="list-style-type: none"> Subventionner au moins le traitement | <ul style="list-style-type: none"> Assurer le traitement des eaux usées Diminuer le coût pour les bénéficiaires |
| Sociologiques | <ul style="list-style-type: none"> Faire participer les bénéficiaires lors de la planification, de l'exécution et l'entretien (ne pas confondre la participation avec la transmission de l'information et le simple paiement) | <ul style="list-style-type: none"> Maximiser le taux de raccordement Augmenter l'acceptabilité générale et ainsi les bonnes pratiques et la volonté de payer |
| | <ul style="list-style-type: none"> Sensibilisation permanente de la population de l'importance de l'hygiène du milieu en faisant le lien entre l'insalubrité et les maladies | <ul style="list-style-type: none"> Promouvoir l'hygiène du milieu Augmenter la volonté à payer pour un service d'assainissement |
| | <ul style="list-style-type: none"> Explication du fonctionnement de l'ouvrage d'assainissement aux abonnés | <ul style="list-style-type: none"> Minimiser l'effort d'entretien Diminuer les blocages |

6 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les expériences des réseaux d'égout à faible diamètre visités à Bamako sont révolutionnaires, car d'un part c'est la population qui prend en charge les frais des travaux (la réalisation s'est faite sans implication d'aide étrangère) et d'autre part dans le sens de combiner l'assainissement semi-collectif et l'assainissement individuel. En effet, les réseaux n'évacuent que les eaux ménagères, tandis que l'assainissement des excréta continue à se faire par les ouvrages existants, essentiellement des latrines traditionnelles. Le grand avantage réside dans la simplicité du système qui évacue les eaux ménagères (dont auparavant plus de 70 % étaient versées d'une manière anarchique dans la rue et les caniveaux) sans modification majeure des installations existantes et sans nécessité d'un camion de vidange pour les entretenir. C'est justement la dépendance des camions de vidange qui a provoqué les défaillances du système SBS au Nigeria, en Zambie et au Pakistan, car les fosses intermédiaires n'ont pas été vidangées à temps. Cependant, il n'est pas possible d'affirmer que les réseaux SBS ont un impact perceptible sur la santé publique. Puisque toutes les incommodités et nuisances dues aux latrines sèches persistent (odeurs, mouches, contamination de la nappe). Ce sont les mouches et la mauvaise qualité bactériologiques des puits qui constituent un risque sanitaire.

Bien que la qualité du cadre de vie se soit nettement améliorée dans les zones de projet grâce à la disparition des eaux usées stagnantes dans les rues, les réseaux évalués comportent les imperfections suivantes qui empêchent de recommander la généralisation de ce type d'assainissement à Bamako:

- La mauvaise conception des unités de traitement fait déplacer les problèmes des eaux usées avec l'impact sanitaire et écologique vers le milieu récepteur.
- La durabilité des innovations risque d'être très limitée, car la gestion de l'entretien n'est pas réglée.
- Le remboursement des investissements par les bénéficiaires ne se fait que très timidement par manque de participation. Ceci aura un effet dissuasif sur les autorités quant à la mise à disposition des fonds pour des projets d'assainissement similaires.

Néanmoins, lorsque l'assainissement autonome n'est plus possible, les systèmes de Bamako constituent une vraie alternative à faible coût. Pour que le système soit viable et améliore d'une manière durable les conditions de vie de la population dans les quartiers à faible revenu, il sera nécessaire de procéder aux améliorations suivantes:

- La conception, la planification et le suivi des travaux doivent être confiés à un organe compétent et tenir compte des propositions du chapitre précédent (surtout en ce qui concerne la rétention des solides). Les unités de traitement adaptées au contexte local, comme des fosses septiques ou compartimentées, sont nécessaires afin de protéger l'homme et l'environnement. Le réseau doit s'intégrer dans une stratégie d'assainissement au niveau spatial et temporel.
- Sur le plan technique, il est recommandé de recourir à l'interception des solides à l'aide des petites fosses de décantation et d'un système de dégrillage efficace.
- La population doit être absolument impliquée dans les processus de choix et de décision. La participation financière ne suffit pas pour garantir l'acceptabilité et la durabilité des ouvrages.

- De plus, il est indispensable d'accompagner un tel projet par des programmes de sensibilisation afin d'éviter que le comportement négligeant d'une minorité entrave le bon fonctionnement du système.
- L'entretien du réseau constitue le point crucial pour son fonctionnement. Il faut le prévoir dès le début et l'intégrer dans le montage du projet. Il est conseillé de le confier au GIE local s'occupant de la collecte des déchets.
- La mairie communale doit assumer davantage de responsabilité au niveau du respect des prescriptions sanitaires et de l'évacuation des ordures des dépotoirs de transit en vue d'une meilleure gestion intégrée des déchets solides et liquides.

Le réseau d'égout à faible diamètre mérite de se faire connaître en Afrique subsaharienne comme technologie à faible coût, approprié dans un contexte périurbain, voir urbain. En effet, il est tout à fait compétitif avec le puisard en matière de coût. Dans cette perspective, il est tout à fait justifié que le système SBS constitue un pilier du programme de recherche du CREPA. Cette recherche doit permettre d'approfondir les connaissances en matière de conception et d'exploitation de ce type d'assainissement afin d'améliorer l'efficacité des investissements dans le secteur de l'assainissement en vue de lutter contre la pauvreté.

BIBLIOGRAPHIE

- ADDA (2001):** *Projet de construction de mini-égout à Banconi et Baco-Djicoroni. Rapport d'étude socio-économique et environnementale.* Bamako.
- AMOATENG-MENSAH P. (1998):** *Decentralized management of purification, the Kumasi experience.* Actes des journées eaux usées et excréta. ONEA, Ouagadougou.
- BCEOM, Société française d'ingénierie (1992):** *Etude comparative des systèmes d'épuration collectifs dans le contexte africain.* Comité interafricain d'études hydrauliques, Ouagadougou.
- BROOME J., McGARRY M. (1988):** *Assainissement par voie d'eau.* Documentation et formation sur l'approvisionnement en eau et l'assainissement à faible coût, module 5.2. Banque mondiale, Washington.
- BROOME J. (1988):** *Bassin de stabilisation des eaux usées.* Documentation et formation sur l'approvisionnement en eau et l'assainissement à faible coût, module 5.4. Banque mondiale, Washington.
- BOURRIER R. (1997):** *Les réseaux d'assainissement.* Lavoisier, Paris.
- CISSE G. (1997):** *Impact sanitaire de l'utilisation d'eaux polluées en agriculture urbaine. Cas du maraîchage à Ouagadougou, Burkina Faso.* Thèse EPFL, Lausanne.
- CREPA (2001a):** *Etude pour la généralisation du réseau de mini-égout dans l'assainissement des tissus anciens des centres urbains au Mali.* CREPA-Mali, Bamako.
- CREPA (2001b):** *Rapport de l'étude sur la gestion des déchets solides et liquides du secteur de Zékénékorobougou à Bamako.* CREPA-MALI, Bamako.
- CTAC (dès 1999):** *Etude technique des réseaux de mini-égout à Banconi Flabougou, Baco-Djicoroni et Banconi Salembougou.* Cellule technique d'appui aux communes, Bamako.
- EDELIN F. (1997):** *L'épuration biologique des eaux.* Cébédoc, Liège.
- FRANCEYS R., PICKFORD J., REED R. (1995):** *Guide de l'assainissement individuel.* OMS, Genève.
- GAYE M. (1996):** *Villes entrepreneurs.* Enda-TM, Dakar.
- GEAR S., BROWN A., MATHYS A. (1996):** *Plan stratégique d'assainissement, l'expérience de Kumasi.* PNUD et Banque mondiale, Abidjan.
- GUENE O., TOURE C., MAYSTRE L. Y. (1999):** *Promotion de l'hygiène du milieu, une stratégie participative.* PPUR, Lausanne.
- GUENE O. (2001):** *Gestion des déchets solides en Afrique occidentale.* CREPA, Ouagadougou.
- HAILU S. (1988):** *Applicability of small bore gravity sewers in Addis Ababa, Ethiopia.* Tampere University of Technology, Finlande.

- HEINSS U., LARMIE S. A., STRAUSS M. (1998):** *Solids separation and pond systems for the treatment of septage and public toilet sludges in tropical climate – Lessons learnt and recommendations for preliminary design.* EAWAG/SANDEC Report N° 05/98. Duebendorf, Suisse.
- LLOYD B. (1999):** *Low cost sewerage in Bamako.* Bamako.
- NAKOULMA B. (1990):** *Assainissement à faible coût de la cité des 1'200 logements.* Mémoire de fin d'études à l'EIER. Ouagadougou.
- N'DRI K. P. (2001):** *Etude de faisabilité d'un réseau d'égout de faible diamètre dans le quartier des 20 villas de l'EIER.* Mémoire de fin d'étude à l'EIER. Ouagadougou.
- O'DWYER N. (1992):** *Etude des réseaux d'égout de petit diamètre, l'expérience de la Zambie.* Comité interafricain d'études hydrauliques, Ouagadougou.
- OMS (1989):** *L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture: recommandations à visées sanitaires.* Rapport d'un groupe scientifique de l'OMS, Genève.
- OMS (1992):** *Evacuation des eaux de surface dans les communautés à faible revenu.* OMS, Genève.
- OTIS R. J, MARA D. D (1985):** *The design of small bore sewer systems.* TAG Technical note, banque mondiale. Washington.
- PICKFORD J. (1980):** *The design of septic tanks and aqua-privies.* Garston
- REED R. A. (1995):** *Sustainable sewerage. Guidelines for community schemas.* Intermediate Technologie Publications, London.
- SASSE L. (1998):** *Systèmes décentralisés de traitement des eaux usées dans les pays en voie de développement.* BORDA, Brême.
- THOMAS O. (1995):** *Métrologie des eaux résiduaires.* Cébédoc, Liège.
- TOURE C. (1990):** *Technologies appropriées d'assainissement dans les pays en voie de développement.* CREPA-EPFL, Ouagadougou.
- VAN TUU N. (1981):** *Hydraulique routière.* Ministre de la coopération et du développement. Paris.

TABLE DES MATIERES DES ANNEXES

| | |
|--|------------|
| ANNEXE 1 : TERMES DE REFERENCES | 73 |
| ANNEXE 2 : CHRONOLOGIE DES ACTIVITES | 77 |
| ANNEXE 3 : PERSONNES RENCONTREES..... | 78 |
| ANNEXE 4 : LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME SBS | 79 |
| ANNEXE 5 : LE BRANCHEMENT DE LA DOUCHE ET DU LAVOIR A BAMAKO..... | 81 |
| ANNEXE 6 : RESULTATS D'ANALYSES DES EAUX USEES | 82 |
| ANNEXE 7 : PRIX DES TUYAUX EN PVC..... | 83 |
| ANNEXE 8: LA GESTION DES DECHETS A BANCONI..... | 84 |
| 1. L'ORGANE DE COLLECTE: LE GIE "KENEYASO" | 84 |
| 2. BILAN FINANCIER DU GIE | 84 |
| 3. CARACTERISATION DES DECHETS | 85 |
| 4. LA COLLECTE | 86 |
| 5. LA CHARRETTE OU LE TRACTEUR ?..... | 87 |
| ANNEXE 9 : GUIDE DE CONCEPTION | 89 |
| 1. DONNEES DE BASE..... | 89 |
| 2. DEBIT DU AU REJET DES EAUX USEES..... | 89 |
| 3. DEBIT DU AUX EAUX PLUVIALES..... | 89 |
| 4. CALCUL DU RESEAU | 90 |
| 5. FOSSE INTERMEDIAIRE..... | 91 |
| 6. UNITE DE TRAITEMENT | 92 |
| 7. EXEMPLE DE CALCUL A BANCONI..... | 95 |
| ANNEXE 10 : PHOTOS..... | 100 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Fosse intermédiaire type..... | 79 |
| Figure 2 : Un clean-out pour accéder au réseau..... | 79 |
| Figure 3 : Le cabinet à eau installé à New Bussa (Nigeria)..... | 80 |
| Figure 4 : Le plan d'implantation du système SBS à Brotas (Brésil)..... | 80 |
| Figure 5 : Branchement de la latrine au réseau d'égout..... | 81 |
| Figure 6 : Section et vue en plan d'un lavoir type à Banconi et Baco-Djicoroni branché au réseau. | 81 |
| Figure 7 : Détails d'une fosse septique pour un rejet de 13 m ³ par jour..... | 93 |
| Figure 8 : Le principe de fonctionnement d'une fosse septique compartimentée. (tiré de SASSE 1998) ... | 94 |
| Figure 9 : Principe de fonctionnement d'un filtre anaérobie à flux ascendant. (tiré de SASSE 1998)..... | 94 |
| Figure 10 : Plan de Banconi avec le "grand" et le "petit" sous-réseau..... | 96 |
| Figure 11 : Feuille de calcul pour le grand sous-réseau à Banconi..... | 97 |
| Figure 12 : Feuille de calcul pour le petit sous-réseau à Banconi..... | 98 |
| Figure 13 : Feuille de calcul pour le calcul de la vitesse d'écoulement et du débit..... | 99 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Bilans mensuels du GIE "Keneyaso" (état : janvier 2002)..... | 84 |
| Tableau 2 : Composition massique des ordures ménagères à Zékénékorobougou..... | 85 |
| Tableau 3 : L'organisation de la collecte des ordures ménagères à Banconi Flabougou par le GIE..... | 86 |
| Tableau 4 : Comparaison entre la charrette et le tracteur..... | 87 |
| Tableau 5 : Coût d'investissement et de fonctionnement pour une charrette et le tracteur..... | 88 |
| Tableau 6 : Comparaison économique de la collecte des ordures à la charrette et au tracteur. | 88 |
| Tableau 7 : Taux d'accumulation de boue "b" en litre par an et usager..... | 92 |
| Tableau 8 : Normes suggérées pour les produits (liquides et solides) des station de traitement..... | 92 |

LISTE DES PHOTOS

| | |
|---|-----|
| Photo 1 : Prélèvement d'eau usée par une agente de la DNHE à Banconi le 20 décembre 2001. | 82 |
| Photo 2 : Traitement des eaux usées par lagunage à Castor (Rufisque, Sénégal). | 100 |
| Photo 3 : Regards préfabriqués à Castor (Rufisque, Sénégal)..... | 100 |
| Photo 4 : Travaux d'entretien à Diokoul (Rufisque, Sénégal)..... | 100 |
| Photo 5 : Boîte de branchement à Banconi. Le dépôt de sable est bien visible..... | 100 |
| Photo 6 : Le caniveau bouché constitue l'exutoire d'un réseau à Bozola..... | 101 |
| Photo 7 : Drainage d'une cour entière à Bozola..... | 101 |
| Photo 8 : Regard à Baco-Djicoroni avec une croûte d'écume considérable. | 101 |
| Photo 9 : Travaux d'entretien à Banconi. Il est à noter que le matériau enlevé est déposé in situ..... | 101 |
| Photo 10 : Blocage du réseau à Banconi. Au centre se trouve le tuyau souple pour y remédier..... | 101 |
| Photo 11 : Dépotoir de transit à Banconi. | 102 |
| Photo 12 : Vidange du tracteur à la décharge finale..... | 102 |
| Photo 13 : Vidange manuelle d'une latrine..... | 102 |
| Photo 14 : Collecte des ordures avec la charrette. | 102 |
| Photo 15 : Tranchée du réseau à Banconi. | 102 |
| Photo 16 : Cour branchée au réseau. Bozola..... | 102 |
| Photo 17 : Cour typique à Banconi. | 102 |

Annexe 1 : Termes de références

Assainissement par réseau d'égout à faible diamètre (système SBS) : évaluation d'un réseau existant à Bamako Mali et conception d'un réseau dans un quartier de Ouagadougou Burkina Faso.

TRAVAIL PRATIQUE DE DIPLOME DE MICHAEL STEINER

Problématique

Face aux risques sanitaires liés aux rejets anarchiques d'eaux usées dans les villes des pays en développement et aux limites de l'assainissement autonome, l'assainissement collectif s'impose de plus en plus comme solution à envisager. Compte tenu de l'hétérogénéité de la densité de l'habitat dans les villes, les réseaux d'égout classiques se limitent pour l'instant aux seuls quartiers des centres villes, laissant en marge une partie importante de la population. La taille de ce type de réseau impose souvent une épuration centralisée des eaux collectées. Ce type de réseau constitué de collecteur gros diamètre exclu d'office les centres urbains secondaires et les quartiers périphériques des grands centres urbains où le standing et le niveau d'équipement individuel en ouvrage d'assainissement est très variable.

Une alternative à cette approche consiste en l'épuration par unité de traitement décentralisée. Cette décentralisation de l'assainissement collectif connu sous l'appellation assainissement semi-collectif envisage de traiter les rejets de quartiers ne pouvant se trouver dans le "rayon idéal" de gros collecteurs des centres villes.

La conception du réseau d'égout dans les systèmes décentralisés peut comprendre des tuyaux en PVC de faibles diamètres. Ces systèmes peuvent réduire de façon considérable les impacts des eaux usées sur l'environnement et les coûts de construction des systèmes collectifs d'assainissement.

Certaines structures associatives de Bamako se sont lancées dans la gestion des effluents domestiques à travers un réseau d'égout de faible diamètre avec en aval des unités de filtration avant rejet dans le marigot aboutissant au fleuve Niger qui traverse la ville.

Ces structures associatives, appelées Groupement d'Intérêt Economique (GIE) ont bénéficié d'un prêt de l'office national chargé de la promotion du logement (Office de l'Habitat du Mali) pour la mise en œuvre de leur projet depuis plus d'un an. Les populations raccordées au réseau paient une redevance pour amortir le prêt et supporter les charges liées à l'exploitation de ce système.

Si ces initiatives réussissent, il serait intéressant de les documenter en vue de les vulgariser dans la sous-région. C'est ainsi que le CREPA envisage de faire le point de ces expériences en procédant à leur évaluation technique, institutionnelle, socio-économique et financière.

Objectifs

L'étude poursuit deux objectifs principaux complémentaires :

Une évaluation du réseau d'égout à faible diamètre du quartier de Bankoni à Bamako. Cette évaluation portera sur les aspects techniques (vérification du fonctionnement du

réseau, efficacité du système d'épuration), institutionnels (montage du projet, durabilité), socio-économiques (acceptabilité sociale du système, participation des bénéficiaires, difficultés exprimées par les usagers) et financiers (analyse du montage en place). Cette évaluation débouchera sur des propositions pour l'amélioration du système en vue de sa durabilité.

En fonction du temps disponible, dans une perspective de gestion intégrée des problèmes d'assainissement du quartier, la problématique des déchets pourra être abordée, avec comme objectif d'évaluer le système de collecte en place et de proposer des améliorations.

La conception d'un réseau d'égout à faible diamètre pour le quartier des 20 villas de l'EIER pour un traitement des eaux dans la station d'épuration du CREPA. Le travail comprendra une étude bibliographique des cas d'applications des systèmes SBS en Afrique, une enquête sociologique sur la perception du projet par les usagers, une estimation des consommations et des rejets d'eau, une caractérisation des eaux usées, le calcul du réseau de collecte ainsi qu'une estimation financière du projet.

Méthodologie/planning¹

Plan de vol de Michael Steiner:

Départ pour Ouagadougou le vendredi 26 octobre 2001

Retour pour Genève le samedi 2 février 2002

Le planning proposé est le suivant :

| Dates | Durée | lieu | Encadreurs | Objectifs |
|----------------------------------|----------------|-------------|------------------------------------|---|
| 29 octobre-2 novembre 2001 | 1 semaine | Ouagadougou | O. Guene (CREPA) et D. Kone (EIER) | Prise de contact avec les encadreurs locaux (Guene et Kone), recherche bibliographique |
| 5 novembre 2001- 18 janvier 2002 | 10-11 semaines | Bamako | CREPA Mali | Evaluation institutionnelle, financière, sociologique et technique du projet de Bankoni. Synthèse de l'évaluation de Bamako avec le CREPA Mali, MM.Guene et Kone, |
| 21 janvier au 1 février 2002 | 2-3 semaines | Ouagadougou | O. Guene (CREPA) et D. Kone (EIER) | A partir des éléments recueillis à Bamako, conception du réseau des villas de l'EIER |
| 4 au 22 février 2002 | 3 semaines | EPFL | F. Davoli (EPFL) | Rédaction du rapport final à Lausanne |
| 22 février 2002 | | EPFL | | Rendu du travail |

La première semaine permettra à l'étudiant de s'acclimater et de prendre contact avec les encadreurs du CREPA et de l'EIER. Au cours de cette semaine, les tdr du travail seront précisés et une recherche bibliographique effectuée.

Le travail d'évaluation se déroulera à Bamako sous l'encadrement du CREPA Mali. En fonction du temps disponible, il est envisageable d'effectuer une visite d'un réseau SBS à Dakar afin de récolter des données sur les plans institutionnels, sociologiques, techniques et financiers. L'évaluation du réseau de Bankoni devra déboucher sur des propositions d'amélioration en vue de la mise en application des réseaux SBS dans la sous région.

¹ La méthodologie, le planning et les tdr proposés ne sont pas rigides et sont adaptables en fonction de l'état d'avancement des travaux et des nouvelles idées.

Suite à cette évaluation, les données récoltées à Bankoni et éventuellement à Dakar, de même que les propositions d'amélioration du système seront synthétisées et serviront à la conception d'un réseau SBS pour les villas de l'EIER qui, en cas de réalisation, doterait le CREPA et l'EIER d'un dispositif expérimental modèle destiné à l'enseignement et à la recherche.

Termes de références

Bibliographie exhaustive sur les cas d'application des SBS en Afrique.

Evaluation du réseau SBS de Bankoni à Bamako :

Evaluation technique :

Vérification du fonctionnement du réseau.

Vérification du fonctionnement par temps sec et temps de pluie (mise en évidence d'un effet de curage)

Vérification de l'efficacité des ouvrages et des options techniques (grilles de retenue au-dessus d'un seuil dans les lavoirs, absences de fosses)

Vérification du dimensionnement du réseau (estimation des consommations d'eau et des rejets au niveau d'une concession, des débits aux exutoires, calcul du réseau, vérification des sections)

Calcul du réseau avec un système de fosse de retenue au niveau de la concession

Vérification de la capacité actuelle du réseau en fonction d'un branchement généralisé des fosses septiques.

Vérification de l'efficacité du système d'épuration (caractérisation des rejets avant et après traitement, analyses physico-chimiques et bactériologiques)

Evaluation du système d'entretien du réseau

Evaluation de la durée de vie des ouvrages.

Planification du renouvellement des installations.

Evaluation institutionnelle et financière:

Analyse du montage en place et de sa durabilité (système de cotisation, capacité et volonté de payer des usagers).

Estimation du coût du réseau (par mètre linéaire, par usager ou par concession)

Estimation du coût de l'entretien du réseau.

Estimation des investissements en vue du renouvellement des installations.

Estimation des économies éventuelles réalisées avec un affinement du dimensionnement.

Comparaison économique du réseau avec un réseau muni de fosses au niveau des concessions (diminution des diamètres)

Evaluation socio-économique :

Enquête sociologique sur les us et coutumes en matière de mode d'utilisation de l'eau, d'assainissement et de déchets dans le quartier.

Enquête sociologique la perception du projet par les usagers. (avantages et inconvénients, acceptabilité du système, difficultés exprimées par les usagers, participation des bénéficiaires, impact du projet sur l'amélioration des conditions de vie, création d'emplois etc.)

Evaluation du système de collecte des déchets du quartier de Bankoni (en fonction du temps disponible, l'évaluation portera sur les aspects institutionnels, financiers, socio-économiques et techniques)

Evaluation et récolte de données sur un réseau SBS à Dakar (en fonction du temps disponible, récolte d'un maximum d'informations sur les aspects institutionnels, financiers, socio-économiques et techniques)

Propositions d'amélioration sur les aspects institutionnels, financiers, socio-économiques et techniques des réseaux SBS et propositions d'amélioration intégrées des conditions d'assainissement d'un quartier en tenant compte de la problématique des eaux usées et des déchets solides.

Conception d'un réseau SBS modèle destiné à la recherche et l'enseignement.
Caractérisation des rejets d'eaux usées : analyse physico-chimique et bactériologique
Conception du réseau, dimensionnement des différentes composantes y compris la liaison avec la STEP du CREPA.
Calcul économique du projet

Encadrement

CREPA Régional : Ousseynou Guene Directeur de la recherche.
Tél. (226) 36 62 10 /11

CREPA Mali : M. Youssouf Cissé, Directeur, M. Hamadoun Maiga, sociologue, M.Ibrahima Guendo, ingénieur
Tél. (223) 24 20 24
E-mail : crepamali@datatech.toolnet.org

EIER : Doulaye Koné, Doctorant.
Tél. (226) 30 20 53
E-mail : konedoul@yahoo.fr

EPFL : Frédéric Davoli
Tél. (41 21) 693 56 24
E-mail : frederic.davoli@epfl.ch

Personnes ressources

Direction nationale de l'assainissement et du Contrôle des Pollutions et des Nuisances:
M. Ousmane Touré, directeur national, M. Drissa TRAORE, ingénieur sanitaire
Tel. (223) 21 37 04/ 21 37 05
E-mail : dnacpn@datatech.toolnet.org

GIE de Bankoni: M. Ibrahima Sidibé
Kanaïssou Bankoni Flabougou
Coopérative Pandjou B.F. ouest
Tél. (223) 24 13 74

Lausanne, le 25 octobre 2001

Prof. Joseph Tarradellas

Annexe 2 : Chronologie des activités

Le travail de diplôme a démarré le 21 octobre 2002 et a terminé le 22 février 2002.

| semaine | lieu | activités |
|----------------|-------------|---|
| 1 | Lausanne | Préparation voyage |
| 2 | Ouagadougou | Prise de contact avec Crepa et EIER, revue bibliographique |
| 3 | Ouagadougou | revue bibliographique, voyage à Bamako |
| 4 | Bamako | prise de contact avec tous les responsables des systèmes SBS, visite de terrain |
| 5 | Bamako | Visite de terrain Banconi, Baco-Djicoroni |
| 6 | Bamako | visite de terrain Bozola, CTAC |
| 7 | Bamako | enquête sociologique, visite de terrain Baco-Djicoroni, coopérative |
| 8 | Dakar | prise de contact, visite de terrain à Rufisque, entretien ENDA |
| 9 | Bamako | Organisation des analyses, entretien ACF, DNAPCN, campagne de prélèvement avec DNHE, tour avec le tracteur de ramassage d'ordures |
| 10 | Bamako | campagne de prélèvement avec la DNS, vacances |
| 11 | Bamako | résultats des analyses, tour avec charretiers |
| 12 | Bamako | entretien et discussion avec GIE, évaluation avec CREPA, voyage |
| 13 | Ouagadougou | rédaction du rapport, organisation du travail de Ouagadougou |
| 14 | Ouagadougou | évaluation de la STEP du CREPA |
| 15 | Lausanne | retour en Suisse et acclimatation |
| 16 | Lausanne | rédaction du rapport final |
| 17 | Lausanne | rédaction du rapport final |
| 18 | Lausanne | rédaction du rapport final, rendu |

Annexe 3 : Personnes rencontrées

Bamako, Mali

GIE Keneyaso, Banconi Flabougou:

| | |
|-----------------|-------------------------|
| Ibrahima Sidibé | promoteur/président |
| Noumini Keita | promoteuse et comptable |
| Papa Cissé | plombier |
| Oumar Sanago | plombier |
| Balla Camara | agent de recouvrement |
| Hamé Traoré | agent de recouvrement |
| Billaly Sissoko | chauffeur de tracteur |
| Kalifa Kamaté | ramasseur |
| Mamadou Traoré | ramasseur |
| Bourama Traoré | charretier |

Coopérative Bandjou, Banconi Flabougou:

| | |
|---------------|-----------|
| Seydou Diallo | président |
|---------------|-----------|

ONG SA.DE.VI, Baco-Djicoroni:

| | |
|----------------|--------------|
| Abdou Camara | coordinateur |
| Mohamed Diarra | technicien |

GIE Faso Baara, Bozola:

| | |
|---------------|-----------|
| Mamadou Touré | président |
|---------------|-----------|

DNACPN:

| | |
|---------------|--------------------|
| Ousmane Touré | directeur national |
|---------------|--------------------|

CTAC:

| | |
|---------------|------------|
| Mamadou Keita | technicien |
|---------------|------------|

Et nombreux bénéficiaires (chef de famille et femmes) lors des interviews formelles et des discussions spontanées.

Dakar, Sénégal

| | |
|--------------|--------------------------------|
| Badara Dieng | ingénieur ONG ENDA-TM, Dakar |
| Pape Traoré | promoteur GIE DEFISI, Rufisque |

Annexe 4 : Les composants d'un système SBS

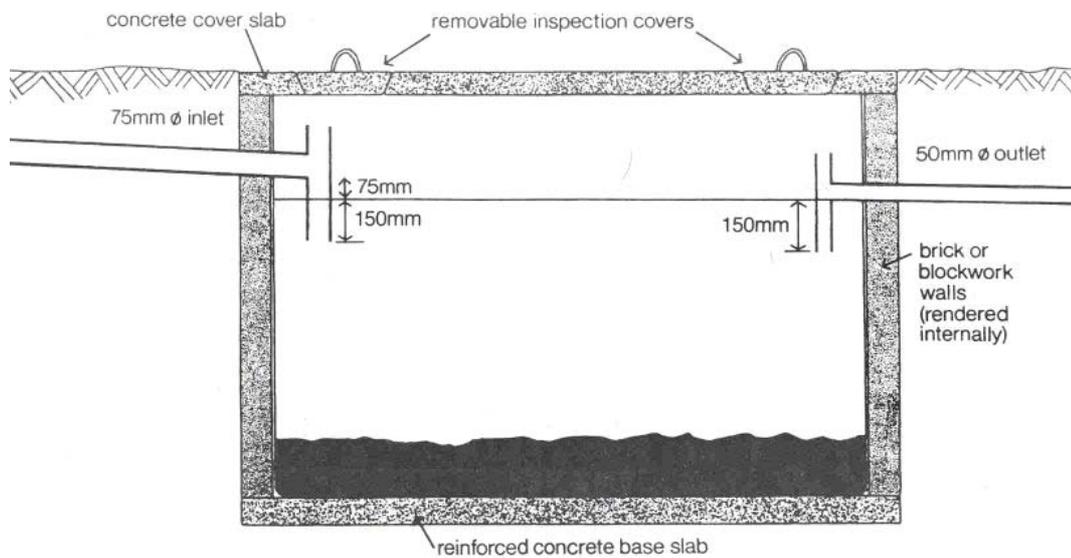


Figure 1 : Fosse intermédiaire type. Il s'agit en pratique d'une fosse septique à un compartiment. (tiré de OTIS ET MARA 1985)

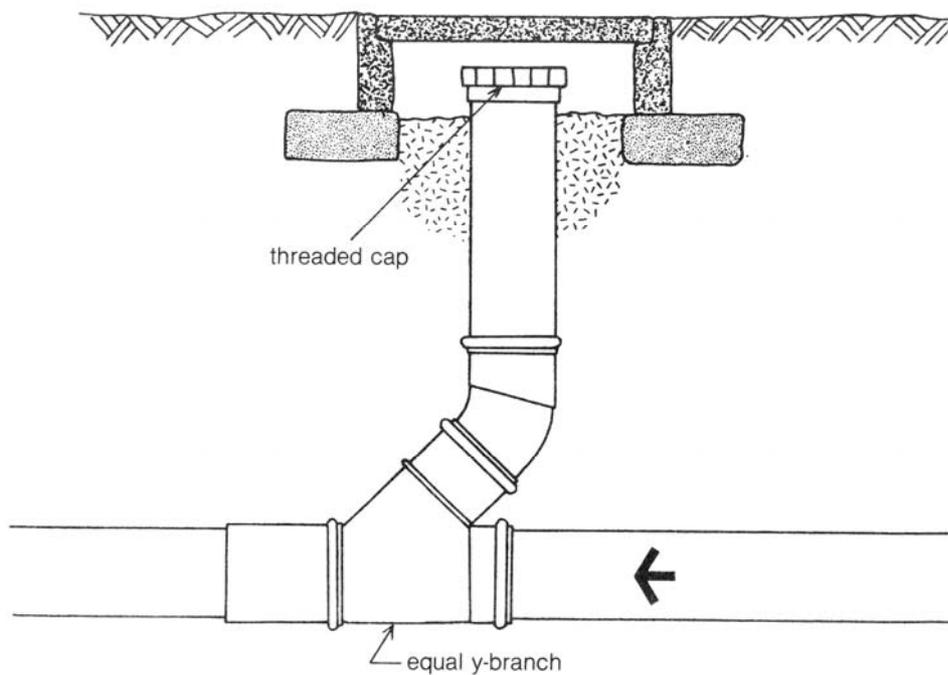


Figure 2 : Un clean-out pour accéder au réseau au lieu de mettre un regard de visite. Il est important de le mettre à l'abri des intrusions potentielles. Le mieux est de l'enterrer ou couvrir avec une dalle suffisamment lourde. (tiré de OTIS ET MARA 1985)

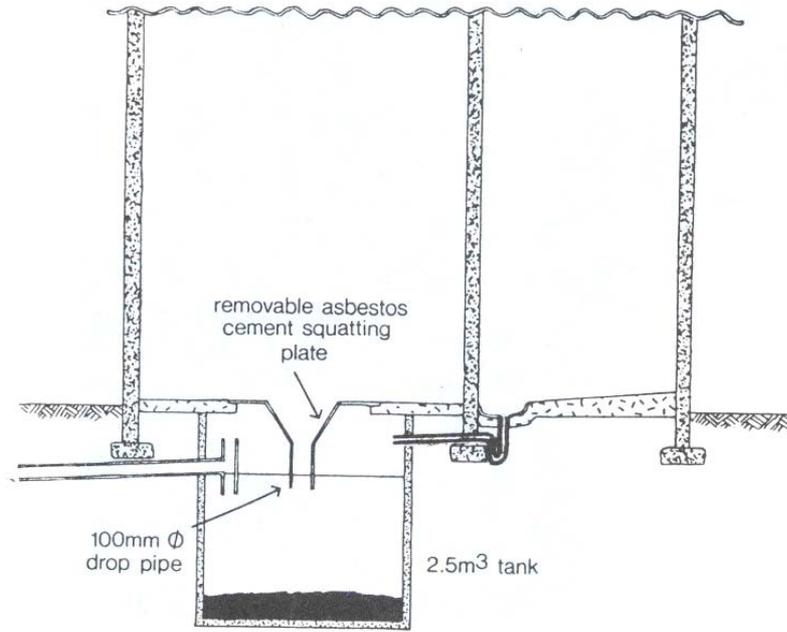


Figure 3 : Le cabinet à eau installé à New Bussa (Nigeria). La fonction de la fosse est celle d'une fosse intermédiaire. Le tuyau de défécation est plongé dans le liquide afin d'éviter les odeurs et l'entrée des mouches. Le compartiment à droite constitue la douche. (tiré de OTIS ET MARA 1985)

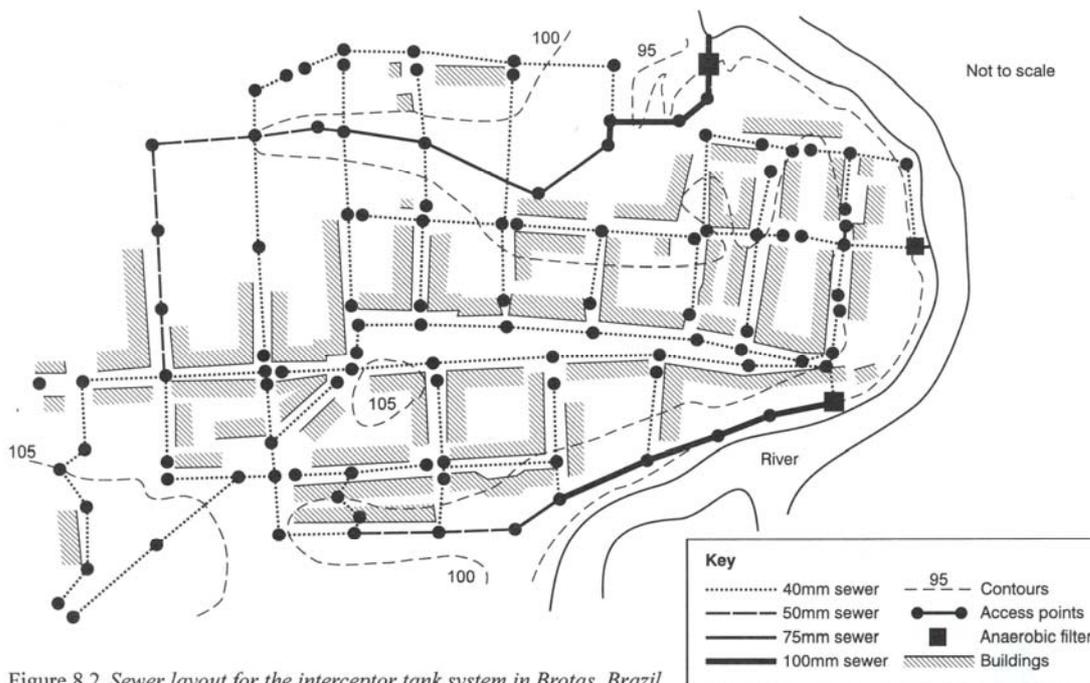


Figure 8.2 Sewer layout for the interceptor tank system in Brotas, Brazil

Figure 4 : Le plan d'implantation du système SBS à Brotas (Brésil). Il est noter que des tuyaux de 40 mm ont été utilisés. (tiré de REED 1995)

Annexe 5 : Le branchement de la douche et du lavoir à Bamako.

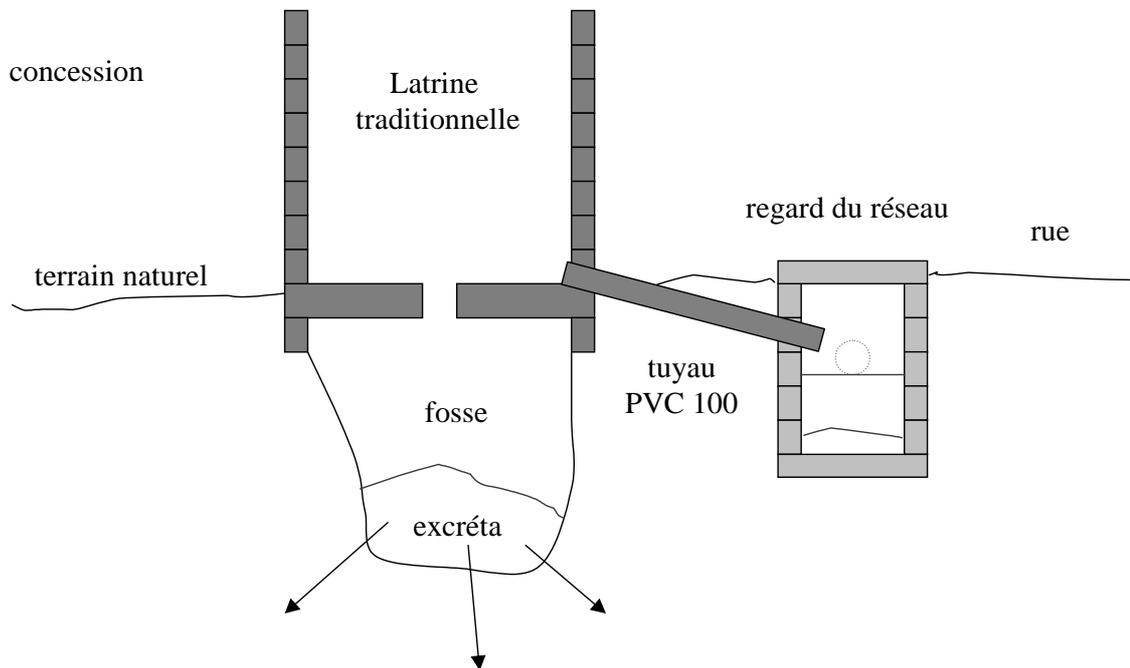


Figure 5 : Branchement de la latrine au réseau d'égout. La latrine sert comme lieu de douche. Il est à noter que entre la latrine et le regard, il peut y avoir une boîte de branchement en cas de changement de direction.

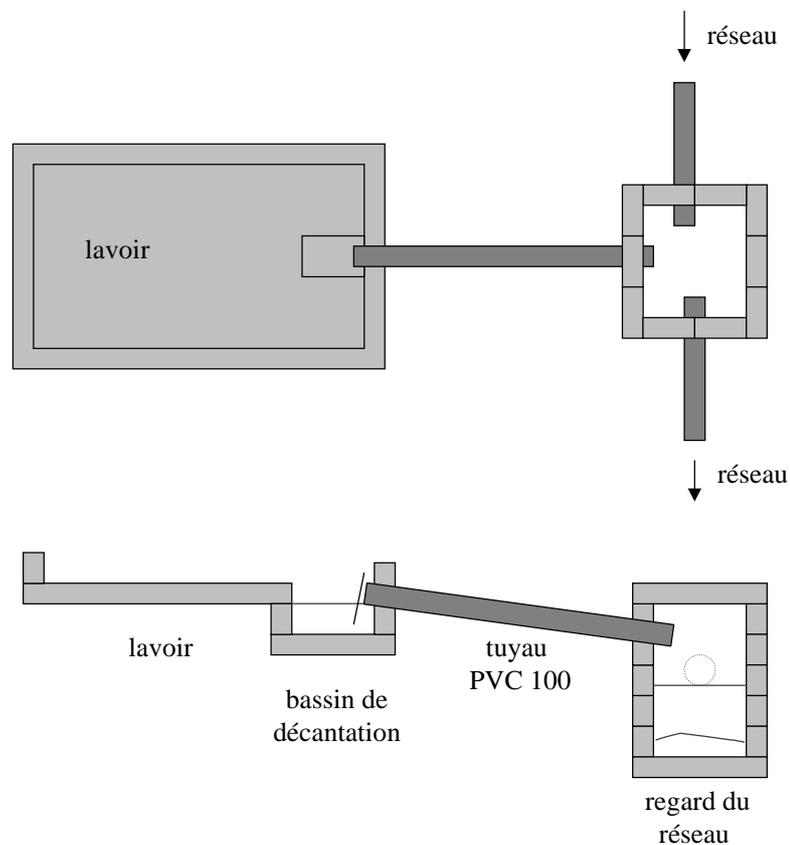


Figure 6 : Section et vue en plan d'un lavoir type à Banconi et Baco-Djicoroni branché au réseau.

Annexe 6 : Résultats d'analyses des eaux usées

Les résultats du Laboratoire National de la Santé du 24 décembre 2001

| | filtre aval | marigot | puits |
|-------------|-------------|---------|-------|
| DCO [mg/l] | 1152 | 370 | 350 |
| DBO5 [mg/l] | 400 | 209 | 144 |
| MES [mg/l] | 400 | 400 | 400 |
| pH | 7.5 | 7.7 | 7.5 |
| CF | TNPC | TNPC | TNPC |

Les résultats du Laboratoire de la qualité des eaux (Direction Nationale de l'Hydraulique) du 20 décembre 2001

| | filtre amont | filtre aval | marigot | puits |
|--------------|--------------|-------------|---------|-------|
| DCO [mg/l] | 1399 | 1029 | 173 | 128 |
| MES [mg/l] | 728 | 382 | 49 | 19 |
| N-NH4 [mg/l] | 131 | 146 | 62 | 32 |
| turbidité | 80 | 250 | 42 | 34 |

Il est à noter que la diminution de la DCO et de la MES de l'analyse an aval du filtre par rapport à l'amont n'est pas due à un effet épurateur de l'unité de traitement, mais plutôt au mode d'échantillonnage. En effet, lors du prélèvement de l'échantillon "filtre amont", le tuyau d'arrivée se trouvait sous la boue, et une partie de la boue a été brassée et entrainé dans le flacon.



Photo 1 : Prélèvement d'eau usée par une agente de la DNHE à Banconi le 20 décembre 2001.

Annexe 7 : Prix des tuyaux en PVC

Le prix a été demandé sur le marché et correspond à une pièce de 6 m. Les prix indiqués par l'ONG "SA.DE.VI." diffèrent légèrement. Il faut noter que ces prix varient beaucoup au cours du temps, selon la disponibilité.

| diamètre (mm) | prix [FCFA] | selon "SA.DE.VI" |
|---------------|-------------|------------------|
| 50 | 2'5'00 | - |
| 53 | 3'000 | - |
| 75 | 4'000 | - |
| 80 | 4'500 | - |
| 100 | 5'000 | 4'500 |
| 110 | 5'500 | 6'250 |
| 125 | 10'000 | - |
| 140 | - | - |
| 160 | 15'000 | 21'300 |

Annexe 8: La gestion des déchets à Banconi

1. L'organe de collecte: Le GIE "Keneyaso"

Bamako, intitulé ville propre, a effectué un effort considérable en matière de collecte des ordures en engageant des centaines de balayeurs et balayeurs de rue et en évacuant les ordures à l'aide des camions bennes acquis par le biais de l'aide à la coopération. Cependant ce service se concentre uniquement au centre ville. La périphérie est privée de ce service public. La raison pour laquelle la population s'organise elle-même, par exemple sous forme d'un GIE.

Le GIE Keneyaso s'occupe de la collecte des ordures ménagères dans le secteur de Flabougou et partiellement dans le secteur Salembougou. C'est le même GIE qui a exécuté les travaux du réseau d'égout et qui l'entretient actuellement. Il est géré par le président (et promoteur du réseau d'égout) et une comptable. Le GIE Keneyaso engage les personnes suivantes :

- 2 charretiers
- 2 chauffeurs de tracteur
- 4 ramasseurs d'ordures
- 2 agents de recouvrement
- 2 plombiers
- 1 gardien

Les deux plombiers entretiennent le réseau d'égouts à faible diamètre et interviennent en cas de blocage. De plus, la comptable recouvre également la redevance pour la collecte des déchets. Le GIE dispose de l'équipement suivant:

- 1 tracteur avec 1 remorque
- 2 charrettes
- 2 ânes
- petit matériel pour la collecte des ordures: blouses, gants, bottes, cache-nez, pelles, râtaux
- petit matériel pour l'entretien du réseau: brouettes, pelles, pics, tuyau souple (pour le curage des tuyaux en cas d'obstruction)

2. Bilan financier du GIE

Le bilan financier du GIE est très simple et reflète en partie la problématique de combiner le ramassage des déchets et l'entretien du réseau SBS. Les recettes sont constituées uniquement par le recouvrement de la redevance du ramassage des déchets. Elle s'élève à 1'000 FCFA/mois avec un taux de recouvrement en général entre 70 et 90 %. Les employés touchent un salaire de 15'000 FCFA/mois (charretier) à 40'000 FCFA/mois (plombier).

Tableau 1 : Bilans mensuels du GIE "Keneyaso" (état : janvier 2002)

| Recette mensuelle | | Dépenses mensuelles | |
|--|----------------|---------------------|----------------|
| Cotisation (1'000 FCFA par concession, taux de recouvrement de 0,8, 450 abonnés) | 360'000 | Salaires | 280'000 |
| | | Gasol tracteur | 75'000 |
| | | Entretien tracteur | 8'000 |
| | | Entretien 2 ânes | 20'000 |
| TOTAL | 360'000 | TOTAL | 383'000 |

Le tracteur à remorque est la propriété de l'ONG "ACF". Il est prêté au GIE afin d'améliorer l'évacuation des ordures en vue d'enrayer les inondations durant l'hivernage. Car l'obstruction et les dépotoirs sauvages du marigot empêchent le ruissellement suffisant pour drainer les eaux de pluie lors des fortes averses.

Plusieurs facteurs contribuent au bilan négatif : la difficulté du recouvrement, le gasoil consommé par le tracteur et le fait que le promoteur du GIE rémunère les deux plombiers par la redevance du ramassage des déchets sans être indemnisé par les bénéficiaires du réseau d'égouts ou un autre organe comme l'OMH. Le promoteur s'engage autant pour ne pas perdre son image, car c'est lui qui a initié le projet du système SBS malgré les nombreuses oppositions dans le quartier. Il sait très bien que le réseau soit voué à l'échec dès que l'entretien est abandonné ce qui donnerait raison aux opposants.

3. Caractérisation des déchets

La quantité et la composition des déchets solides varient considérablement dans l'espace et le temps. Le lundi, la quantité dépasse les autres jours (la collecte n'est pas tous les jours, voir § 4) et la collecte prend plus de temps. La quantité produite dépend des ménages (standing, habitudes, présence de bétail, etc.). Le résultat d'une étude du CREPA-Mali (2001) dans un secteur voisin de Flabougou indique la composition suivante :

Tableau 2 : Composition massique des ordures ménagères à Zékénékorobougou, quartier de Banconi (CREPA-Mali 2001).

| Matière | Pourcentage |
|----------------------------------|-------------|
| Fines (sable, poussière, cendre) | 53 |
| Feuilles d'arbres | 18 |
| Restes d'aliments | 11 |
| Plastique | 6 |
| Papiers/carton | 3 |
| Objets métalliques | 2 |
| Chiffons/textiles | 2 |
| Charbon | 2 |
| Fumier | 2 |
| Autre | 1 |

Le sable représente une partie importante des ordures, autant plus au niveau du poids. Il provient essentiellement du balayage des cours qui ne sont pas cimentées. Ceci montre bien comment la composition change en fonction du standing de la zone.

La masse volumique n'a pas été évaluée, il s'agit également d'un critère extrêmement variable selon la composition. Cependant en faisant le calcul à l'aide du volume de déchets évacués avec les charrettes et le tracteur (sur la base des informations du GIE) et la quantité journalière produite par personne, il ressort qu'une masse volumique entre 200 et 350 kg par mètre cube, voir tableau 3. Le seuil supérieur semble plus proche à la réalité après l'appréciation subjective par l'auteur. Le résultat est calculé sur la base de l'enquête du CREPA-Mali (2001b) qui fournit la valeur de 0.5 kg de déchets produit par personne et par jour. Il est possible que les charretiers et le tracteur effectuent moins de voyages journaliers qu'indiqué. Ceci expliquerait la faible densité susceptible d'être inférieure à la réalité. En effet, à Ouagadougou, la densité moyenne s'élève à 0.56 kg/m³ selon le travail de Clerc cité dans Guène (2001).

Les ordures légères contiennent typiquement beaucoup de feuilles d'arbre ou d'emballages en plastique, tandis que les déchets lourds sont constitués d'une partie importante de sable, cendre ou fumier. Le faible pourcentage de papiers et des métaux s'explique par l'existence d'un secteur informel de récupération dans toute l'Afrique de l'Ouest (Guène 2001), autant plus prononcé dans les quartiers défavorisés.

4. La collecte

La collecte des ordures s'effectue à l'aide de deux charrettes à traction asine et du tracteur à remorque. Les charretiers (un charretier par charrette) acheminent les ordures au dépotoir de transit autorisé par la mairie, éloigné d'environ 600 à 800 m selon la zone de collecte. Les charrettes desservent les zones mal accessibles au tracteur, surtout le long du marigot et celles qui sont proches du site de transit. La voirie est censée évacuer les ordures du dépotoir de transit vers la décharge finale à l'aide des bennes.

Le tracteur à remorque engage un chauffeur et deux ramasseurs qui acheminent les ordures directement à la décharge finale. Ceci était la condition imposée par ACF en vue de garantir l'évacuation finale des ordures. La décharge finale est éloignée de 5.5 km de Flabougou.

Les deux charretiers travaillent chaque jour sauf le dimanche tandis qu'une équipe de tracteur (un chauffeur et deux ramasseur) travaille d'une manière alternée chaque deuxième jour (dimanche y compris). Les ordures d'une concession sont collectées chaque deuxième jour. Les abonnés paient une redevance mensuelle de 1'000 FCFA pour ce service. C'est à eux de se procurer des poubelles.

Il est à noter que les non-abonnés au service (allant jusqu'à 90 %, selon la zone) se débarrassent des déchets de différente manière. Dans la plupart des cas, il s'agit de les déverser sur les dépotoirs sauvages le long du marigot. Ceci est souvent effectué par les domestiques et dans l'obscurité. Les autres possibilités sont la rue ou les caniveaux, parfois combiné avec l'incinération in situ.

Le tableau 3 indique les caractéristiques principales de la collecte journalière des ordures par le GIE Keneyaso dans son périmètre d'action. La même concession est desservie chaque deuxième jour.

Tableau 3 : L'organisation de la collecte des ordures ménagères à Banconi Flabougou par le GIE

| | Charrette | Tracteur à remorque |
|---|--------------------------|-----------------------------|
| Quantité | 2 | 1 |
| Nombre de manœuvre | 1 par charrette | 6 (deux équipe alternés) |
| Heures de travail | Matin | Matin et après-midi |
| Volume utile (m ³) | 0.7 | 1.7 |
| Lieu de vidange | Dépotoir de transit | Décharge finale |
| Distance au lieu de vidange (m) | 600 à 800 | 5500 |
| Capacité par remplissage/voyage (nombre de concession) | 8 à 12 | 30 à 40 |
| Voyages par jour | 3 à 4 (matin uniquement) | 4 à 5 (matin et après-midi) |
| Temps d'un voyage (h) | 1 à 1.5 | 2 à 2.5 |
| Concessions desservies par jour par engin | 30 à 40 | ca. 160 |
| Volume évacué par jour (m ³) | 2.8 à 3.5 par charrette | 6.8 à 8.5 |
| Masse évacuée par jour (kg) | 750 par charrette | 2500 |
| Volume total évacué par jour (m ³) | | 9 à 11 |
| Masse totale évacuée par jour, calculé sur la base de 0.5 kg/pers.jour et 17 pers/concession (kg) (CREPA-Mali 2001) | | 3'400 à 3'800 |
| Densité (kg/m ³) | | 310 à 420 |
| Nombre d'abonnés | | 400 à 450 |
| Nombre de concessions dans le rayon d'action | | 1'000 à 1'100 |
| Taux d'abonnement | | ca. 0.4 |
| Production de déchets journalière (kg) | | 8'500 à 9'350 |
| Quantité évacuée par jour par le GIE (kg) | | ca. 4'000 |

La collecte n'est pas chose facile, car les poubelles sont souvent complètement débordées, trop lourdes ou dans un mauvais état (par exemple dans fond) ce qui fait perdre beaucoup de temps lors du ramassage. Le manque de poubelle appropriée provient du fait que normalement les poubelles constituent elles-mêmes des déchets, sinon elles seraient volées.

Le coût élevé du ramassage de déchets par le tracteur (voir paragraphe suivant) par rapport à la charrette et le paiement des plombiers par la redevance du ramassage mettent en péril la viabilité du GIE sans augmenter le tarif de la collecte. Soit, on trouve rapidement une solution pour régler le paiement de l'entretien, soit les deux plombiers doivent être virés et le réseau d'égouts sera bientôt dans un état de dysfonctionnement total.

Les salaires sont payés directement à l'aide de l'argent du recouvrement. Il n'y a aucun fond de réserve et le renouvellement des investissements n'est pas du tout garanti. Bien que le tracteur soit offert par l'ACF, il faudrait prévoir l'amortissement en vue de garantir la durabilité de la collecte, sinon le GIE restera toujours dépendant des tiers subventionnant le matériel et/ou l'entretien.

5. La charrette ou le tracteur ?

Tableau 4 : Comparaison entre la charrette et le tracteur

| | Charrette | Tracteur |
|---------------|---|--|
| Avantages | <ul style="list-style-type: none"> • Pas de nuisances (bruit, pollution) • Accès aux voies étroites et difficiles • Confectionné localement • Frais d'investissement relativement faible (environ 200'000 FCFA) | <ul style="list-style-type: none"> • Rayon d'action élevé (par rapport à la charrette) • Meilleure image sociale pour les travailleurs (développement en Afrique) • Capacité élevée |
| Inconvénients | <ul style="list-style-type: none"> • Rayon d'action réduit • Effort humain considérable • Entretien asine coûteux et temps d'exploitation limité • A ciel ouvert (vent) | <ul style="list-style-type: none"> • Coût d'exploitation élevé (surtout gasoil) • Coût d'investissement élevé • Pollution d'environnement • A ciel ouvert (vent) |

A Banconi, la principale différence au niveau de la gestion des déchets entre la charrette et le tracteur est constituée par le fait que la charrette déplace les déchets au site de transit mal géré tandis que le tracteur achemine les ordures sur la décharge finale.

Un autre point non négligeable est situé sur le plan socioculturel. En effet, le tracteur signifie pour beaucoup de personnes un acte de développement, pour les abonnés ainsi que pour les travailleurs. Tandis que la charrette peut sembler être un véhicule de collecte du moyen âge: lent et peu efficace.

Pour le GIE, c'est la consommation de gasoil qui fait monter le coût du tracteur. Il est clair que si le tracteur éliminait les déchets sur le dépotoir de transit, le coût diminuerait. Il est à noter qu'actuellement, c'est ACF qui paye les frais d'amortissement du tracteur, ainsi le coût du tracteur pour le GIE revient à environ 870 FCFA, ce qui est toujours plus cher que la charrette. Cependant, si le tracteur acheminait les déchets au dépotoir de transit, qui est beaucoup plus proche, le coût diminuerait à environ 700 FCFA, toujours en supposant que le tracteur soit payé par un tiers (coût tracteur avec amortissement et acheminement au dépotoir de transit: 850 FCFA). Bref, le tracteur n'est que moins cher que la charrette, lorsqu'il achemine les déchets au dépotoir de transit et lorsqu'il est financé par un tiers.

Au niveau des charrettes, c'est l'entretien des ânes qui est prédominant, tandis que l'achat de la charrette et des ânes entre moins en jeu.

Tableau 5 : Coût d'investissement et de fonctionnement pour une charrette et le tracteur à remorque (en FCFA). Le nombre de concessions desservies par jour est basé sur les informations du GIE et des expériences faites lors de l'accompagnement de la collecte par l'auteur.

Coût d'investissement et d'entretien du matériel

| Charrette à traction animale (âne) | frais d'investissement | durée de vie | amortissement annuel | entretien par an | total annuel |
|---|------------------------|--------------|----------------------|------------------|----------------|
| âne | 75,000 | 5 | 15,000 | 120,000 | 135,000 |
| charrette | 120,000 | 5 | 24,000 | 36,000 | 60,000 |
| petit matériel | 5,000 | 0.5 | 10,000 | - | 10,000 |
| total | 200,000 | | 49,000 | 156,000 | 205,000 |

| Tracteur à remorque | frais d'investissement | durée de vie | amortissement/an | entretien/an | total/an |
|----------------------------|------------------------|--------------|------------------|----------------|----------------|
| tracteur | 2,500,000 | 5 | 500,000 | 96,000 | 596,000 |
| remorque | 750,000 | 5 | 150,000 | 72,000 | 222,000 |
| petit matériel | 30,000 | 0.5 | 60,000 | - | 60,000 |
| Total | 3,280,000 | | 710,000 | 168,000 | 878,000 |

Coût de fonctionnement

| | capacité (mén/j) | nombre de manœuvre | salaire mensuelle par manœuvre | salaires par mois | gasoil/j |
|------------------|------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------|----------|
| charrette | 35 | 1 | 20,000 | 20,000 | - |
| tracteur | 160 | 6 | 20,000 | 120,000 | 3,000 |

Tableau 6 : Comparaison économique de la collecte des ordures à la charrette et au tracteur à remorque. Les coûts sont rapportés à une desserte de 320 concessions avec une collecte chaque deuxième jour. Les valeurs se basent sur les informations du GIE "Keneyaso" se trouvant dans le tableau précédent. .

| | Charrette à traction asine | Tracteur à remorque |
|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Nombre d'unités nécessaires | 4.6 | 1 |
| Salaires manœuvres | 92'000 | 120'000 |
| Gasoil | - | 75'000 |
| Amortissement | 19'000 | 59'000 |
| Entretien | 60'000 | 14'000 |
| Frais de collecte | 171'000 | 268'000 |
| Coût de collecte par concession | 534 | 838 |
| Salaires recouvreurs et gardien | 70'000 | 70'000 |
| Coût total par concession | 753 | 1056 |

Annexe 9 : Guide de Conception

1. Données de base

Les données indispensables pour dimensionner le réseau d'égout à faible diamètre et choisir un système de traitement adapté à une situation donnée sont:

- Levé topographique de la zone de projet
- Rejet des eaux usées spécifique (par personne ou par concession)
- Nombre de raccordements au même réseau
- Coefficient de pointe
- Intensité de la pluie
- Qualité des eaux usées
- Qualité de l'effluent souhaitée

Le levé topographique permet de délimiter le bassin versant. Il est possible de disposer de plusieurs exutoires en sous-divisant le bassin en sous-bassin. La topographie détermine le tracé du réseau. En premier temps, on trace les collecteurs principaux et secondaires dans un bassin versant en suivant la pente naturelle.

2. Débit dû au rejet des eaux usées

Le débit à évacuer sert au dimensionnement de chaque canalisation. A l'aide de la consommation d'eau spécifique par personnes ou par concession et le nombre de raccordement de personnes ou concessions respectivement. La consommation moyenne par personne dépend des conditions locales. Des valeurs typiques vont de 25 à 50 litres par personne pour une habitation de bas standing sans raccordement privé jusqu'à 150 litres pour une maison avec des robinets multiples. Il faut tenir compte d'une éventuelle évolution de ce paramètre en avenir ainsi que d'une densification de l'habitat. On prend les prévisions pour la fin de la durée de vie de l'ouvrage.

Il faut accorder attention au débit de pointe. Car le rejet des eaux usées ne se fait pas d'une manière bien répartie sur 24 h. Il est conseillé d'adopter au moins un coefficient de pointe de 2. L'équation 1 calcule ainsi le débit prévu pour chaque section.

$$Q = q \cdot N \cdot f \quad \text{Equation 1}$$

où: Q = débit prévu
 q = débit spécifique journalier par personne ou par concession (l/j)
 N = nombre de personnes ou concession raccordées
 f = coefficient de pointe

3. Débit dû aux eaux pluviales

Lorsque le réseau d'égout est susceptible de drainer des eaux pluviales (lavoir, latrines à ciel ouvert), il faut procéder à une estimation du débit dû aux eaux pluviales. Pour ceci il faut calculer l'intensité de la pluie pour la zone d'étude et un temps de retour donné. L'intensité est liée à la durée et au temps de retour. En effet, plus courte et plus rare la pluie, plus intensive. L'analyse statistique des pluies enregistrées par des pluviomètres sur plusieurs années permet d'établir la relation entre intensité moyenne et la durée de précipitation pour différentes

fréquences d'occurrence ou, à l'inverse, période de retour. L'équation 2, la formule de Montana (CIEH 1985), donne l'expression analytique d'une telle courbe IDF (intensité, durée, fréquence).

$$i = a \cdot t^b \quad \text{ou} \quad h = a \cdot t^{(1-b)} \quad \text{Equation 2}$$

où: i = intensité de pluie (mm/min)
 h = hauteur de pluie (mm)
 t = durée de la pluie (min)
 a, b = coefficient de Montana

Les coefficients d'ajustement a et b sont des caractéristiques pour chaque zone. Ils sont reportés à la fin de cette annexe 9 pour plusieurs villes de l'Afrique de l'Ouest et pour un temps de retour T de 1 et 10 ans. Le temps de retour à choisir dépend de la fréquence de débordement acceptable. Pour un réseau d'égout à faible diamètre comme à Bamako, qui n'est a priori pas conçu pour évacuer des eaux pluviales, il convient de choisir 1 à 5 ans.

Le débit à l'exutoire du réseau provoqué par une pluie est maximal, lorsque la durée de la pluie correspond au temps de concentration. Ainsi, tous les lavoirs et latrines contribuent à la fois au débit à l'exutoire. Pour calculer le temps de concentration t , nous proposons la formule empirique de Kirpich (VAN TUU 1981), l'équation 3, souvent utilisée en Afrique (cependant pas pour un réseau d'égout, mais pour un bassin versant ordinaire). Elle fournira une approximation suffisante du temps de concentration du bassin versant du réseau.

$$t = \frac{L^{1.15}}{52 \cdot H^{0.38}} \quad \text{Equation 3}$$

où: t = temps de concentration du bassin versant (min)
 L = distance entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin (m)
 H = dénivelée entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin (m)

Les eaux pluviales drainées par les lavoirs et les latrines provoquent le débit qui peut être approximé à l'aide de la formule rationnelle, équation 4.

$$Q = i \cdot c_r \cdot A \cdot N \quad \text{Equation 4}$$

où: Q = débit (l/min)
 i = intensité de la pluie (mm/min)
 c_r = coefficient de ruissellement, typiquement 0.8 pour un sol cimenté
 A = surface drainée par concession (m²)
 N = nombre de concessions raccordées

Le calcul du débit dû à la pluie reste approximatif, car on néglige la capacité de rétention dans les nombreux regards. Cependant, cette rétention ne se fera pas d'une manière bien répartie dans le réseau, mais elle va se concentrer dans les points clefs (faible pente, jonction de plusieurs collecteurs secondaires) et mettre le réseau sous charge. Elle créera des reflux d'eaux pluviales, mélangé avec des eaux usées et de l'écume, dans les concessions selon la cote hydraulique.

4. Calcul du réseau

La formule de Manning-Strickler est utilisée pour le calcul de la vitesse d'écoulement d'eau dans la canalisation. En la multipliant par la section, on obtient l'équation 5, qui calcule la capacité d'un tuyau en fonction de la pente et sa rugosité.

$$Q = V \cdot S = K_S \cdot J^{1/2} \cdot R_H^{2/3} \cdot S \quad \text{Equation 5}$$

où: Q = débit [m³/s]
 V = vitesse d'écoulement [m/s]
 S = section d'écoulement [m²]
 K_S = coefficient de rugosité [m^{1/3}/s]
 J = pente [m/m]
 R_H = rayon hydraulique [m] (R_H = section de l'écoulement/perimètre mouillé)

Le coefficient de rugosité dépend du matériel de la canalisation. Pour le PVC, on adopte en général une valeur de 90 (BROMME et al. 1988).

La capacité de la canalisation doit alors être supérieure au débit à évacuer. Ce dit débit de dimensionnement correspondra soit au débit dû aux eaux usées soit à celui des eaux pluviales. L'addition des deux débits n'est pas nécessaire, car il est justifié d'admettre que pendant les fortes averses, les usagers n'utilisent pas les lavoirs ni les latrines à ciel ouvert.

Pour assurer l'auto-curage, il faut au moins une vitesse d'écoulement de 0.3 m/s. Lorsque la section et la pente d'un tronçon ne permettent plus de respecter cette limite, il faut procéder au curage à intervalles réguliers (BOURRIER 1997). Cependant, selon le nombre de raccordement, la pente et le diamètre, il est possible que le débit dû à la pluie puisse emporter les matériaux décantés. La vitesse d'écoulement doit être supérieure de 0.8 à 1.0 m/s pour arracher les dépôts dans la canalisation en supposant qu'il n'y ait que de particules inférieures au sable moyen². On peut utiliser une feuille de calcul ou un abaque pour vérifier la vitesse d'écoulement en remplissage partiel. Les deux se trouvent sur les pages suivantes.

5. Fosse intermédiaire

Le calcul du volume de la fosse intermédiaire, telle qu'elle est prévue par un système SBS classique (OTIS et MARA 1985) est basé sur le même principe qu'une fosse septique. La formule simplifiée proposée par PICKFORD (1980) est la suivante:

$$V = V_e + V_b = n \cdot q \cdot t_r + n \cdot b \cdot f_v \quad \text{Equation 6}$$

où: V: volume de la fosse [l]
 V_e: volume nécessaire pour le temps de rétention souhaité [l]
 V_b: volume pour l'accumulation de la boue [l]
 n: nombre d'usager
 q: débit spécifique [l/jour.usager]
 t_r: temps de rétention [j], normalement un jour
 b: taux d'accumulation de la boue et de l'écume [litre/usager.an], voir tableau X
 f_v: fréquence de vidange [ans], normalement de 2 à 5 ans

La formule est valable pour les régions chaudes avec une fréquence de vidange supérieure à un an. Pour d'autres cas de figure, il est conseillé d'utiliser un coefficient³ reliant la température et la fréquence de vidange au taux d'accumulation de boue. En effet, les boues se compactent sous leur propre poids lorsque la fréquence de vidange est élevée. La digestion en basse température est ralentie et la quantité de boue augmente.

² La vitesse admissible pour empêcher l'érosion dans un canal non revêtu pour le sable moyen est justement de 0.8 m/s, cité dans OMS (1992).

³ Pour Bamako, avec une température supérieure à 20°C, il faut multiplier le volume nécessaire au stockage de boue d'un facteur 1.3 lorsque la fréquence de vidange est inférieure à un an.

Tableau 7: Taux d'accumulation de boue "b" en litre par an et usager (dans FRANCEYS1995)

| Mode de nettoyage anal | Eaux vannes seulement | Eaux vannes et ménagères |
|---------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Eau, papier mince | 25 | 40 |
| Feuilles, papier grossier | 40 | 55 |
| Sable, terre | 55 | 70 |

Il faut veiller à ce que les tuyaux d'entrée et de sortie ne se bouchent pas par l'écume. On peut utiliser une canalisation en T ou placer une chicane à la sortie pour empêcher que l'écume et les solides entrent dans le tuyau. Afin de faciliter l'entretien et le vidange, il faut prévoir de mettre en place des regards et un tuyau d'évacuation des gaz produits par la décomposition anaérobie. Lorsqu'il s'agit d'une **fosse de décantation** au niveau de la concession, il est possible de réduire le temps de rétention jusqu'à quelques heures (4-6 h) seulement. Dans un tel cas de figure, la fosse assume uniquement la fonction de décantation des solides, mais pas la dégradation de la pollution organique.

6. Unité de traitement

Les normes des pays industrialisés en matière de rejet des eaux polluées sont à l'heure actuelle trop sévères pour pouvoir être respectées dans un contexte malien. HEINNS (1998) propose les valeurs indicatives du tableau 8. Il est à noter que la DBO est décisive pour un rejet, tandis que les normes bactériologiques et parasitaires sont importantes en cas de réutilisation. La qualité requise de l'effluent intervient dans le choix d'une unité de traitement.

Les différentes options de traitement évoqué dans le document principal sont décrites ci-dessous.

Tableau 8 : Normes suggérées pour les produits (liquides et solides) des station de traitement des boues de vidange. (HEINNS et al. 1998)

| | DBO [mg/l] | | NH ₄ -N [mg/l] | Oeufs d'helminthes [no./litre] | CF [mg/l] |
|---|------------|---------|---------------------------|--------------------------------|-------------------|
| | totale | filtrée | | | |
| A: Effluent liquide | | | | | |
| 1. Déversement dans les cours d'eau : | | | | | |
| Ruisseau saisonnier ou estuaire | 100-200 | 30-60 | 10-30 | ≤ 2-5 p. litre | ≤ 10 ⁴ |
| Rivière permanente ou mer | 200-300 | 60-90 | 20-50 | ≤ 10 p. litre | ≤ 10 ⁵ |
| 2. Réutilisation: | | | | | |
| Irrigation restreinte | n.c. | | 1) | ≤ 1 p. litre | ≤ 10 ⁵ |
| Irrigation des cultures de plantes comestibles | n.c. | | 1) | ≤ 1 p. litre | ≤ 10 ³ |
| B: Boues traitées | | | | | |
| Utilisation en agriculture | n.c. | | n.c. | ≤ 3-8/ g MS 2) | 3) |
| 1) ≤ Besoin des cultures en azote (100 - 200 kg N/ha·année) | | | | | |
| 2) Basé sur la charge d'oeufs de nématodes par unité de surface (OMS, 1989) et un apport d'engrais de 2-3 tonnes de matières sèches /ha·année (Xanthoulis et Strauss, 1991) | | | | | |
| 3) Niveau sûr si la norme des oeufs est respectée | | | | | |
| n.c. - non critique | | | | | |

Fosse septique

La fosse septique est un système de traitement très répandu dans le monde. Il s'agit du même principe que la fosse intermédiaire décrite ci-dessus, mais avec au moins deux compartiments (figure X). Le traitement est mécanique par décantation et flottation des solides et biologique grâce à la dégradation anaérobie de la boue. Le premier compartiment sert à l'accumulation des boues et des flottants (écume à la surface). Les compartiments suivants sont prévus pour éliminer les turbulences (provoquées par l'affluent et les bulles de gaz remontant) afin d'avoir un

effluent privé des solides. La sortie possède un raccord en T ou un autre dispositif pour éviter l'entrée des solides ou d'écume.

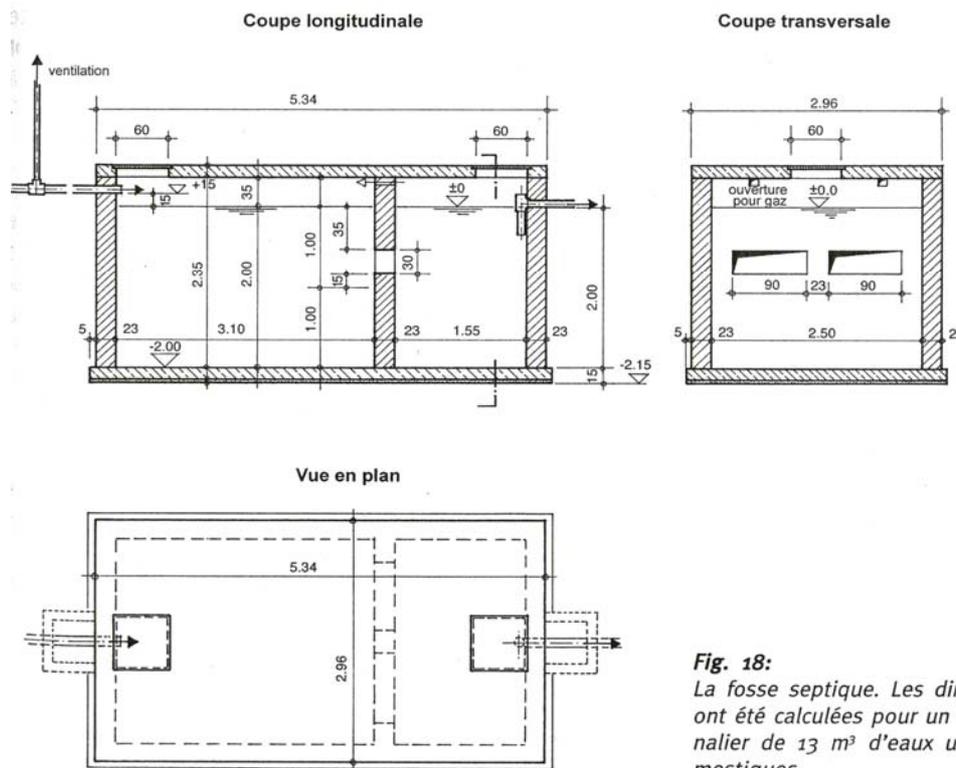


Fig. 18:
La fosse septique. Les dimensions ont été calculées pour un flux journalier de 13 m³ d'eaux usées domestiques.

Figure 7 : Détails d'une fosse septique pour un rejet de 13 m³ par jour. Le rejet du grand sous-réseau à Banconi s'élève à environ 32 m³ par jour. (tiré de SASSE 1998)

Pour le calcul du volume nécessaire, on utilise l'équation 6 avec un temps de rétention hydraulique (TRH) de 24 heures avant la vidange. Le volume de boue est calculé avec un taux d'accumulation de 15 litres par an par usager en cas de raccordement des eaux ménagères (sans excréta), sinon utiliser les valeurs du tableau 7.

La qualité de l'épuration d'une fosse septique tourne autour de 25 à 50 % de réduction de la DCO, ce qui représente un traitement primaire. Le traitement secondaire s'impose alors. On peut prévoir l'infiltration dans le sol, les lagunes ou un filtre anaérobie.

Fosse septique compartimentée

La fosse septique compartimentée (figure 8) améliore considérablement le rendement d'épuration par rapport à une fosse septique classique. En effet, le parcours de l'eau provoque le contact du liquide avec la boue et favorise ainsi la dégradation anaérobie. Les performances de réduction de la DCO tournent autour de 65 à 90 %. Cependant il faut compter avec une période de maturation de 3 mois. L'efficacité augmente avec le nombre de compartiment. Pour assurer l'efficacité de traitement, il faut laisser une partie des boues dans le système lors de la vidange afin de disposer d'une masse bactérienne active.

Le dimensionnement pour le premier compartiment est similaire à la fosse septique conventionnelle, cependant le temps de rétention peut être diminuer jusqu'à 8 heures. La vitesse ascendante est le facteur déterminant pour les dimensions des autres compartiments. Elle ne doit pas dépasser 2.0 m/h afin d'éviter l'entraînement des boues. La charge organique doit se situer en dessous de 3.0 kg DCO/m³.j.

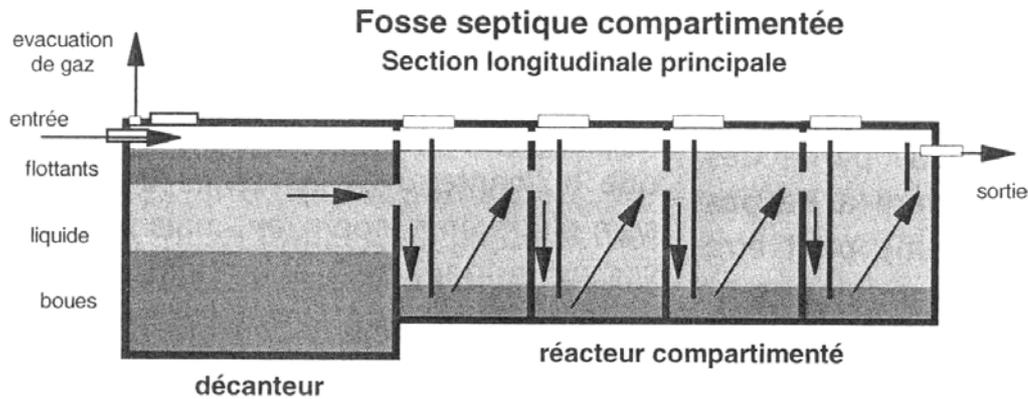


Figure 8 : Le principe de fonctionnement d'une fosse septique compartimentée. (tiré de SASSE 1998)

Filtre anaérobie

Le principe du filtre anaérobie (figure 9) est le même que la fosse compartimentée. En effet, les eaux subissent un prétraitement par la fosse septique dont l'effluent est traité ensuite en le mettant en contact avec la masse bactérienne active située sur le matériau filtrant (gravier, cailloux, pièces en plastique, p. ex.). Ainsi, il est possible de traiter les solides dissous et non décantables.

La qualité d'épuration d'un filtre anaérobie bien entretenu tourne autour de 70 à 90 % de réduction de la DBO. Il est essentiel pour le bon fonctionnement d'éliminer le film bactérien lorsqu'il devient trop important afin d'éviter le colmatage du filtre. Lorsque le système n'est pas inoculé avec une boue active (par exemple de provenance d'une fosse septique), la capacité optimale de traitement n'est pas atteinte avant 6 à 9 mois.

Pour le dimensionnement, la charge organique se situe autour de 4 à 5 kg DCO/m³.j et le temps de rétention hydraulique ramené à l'unité de volumes des cuves devrait se situer entre 1.5 à 2 jours.

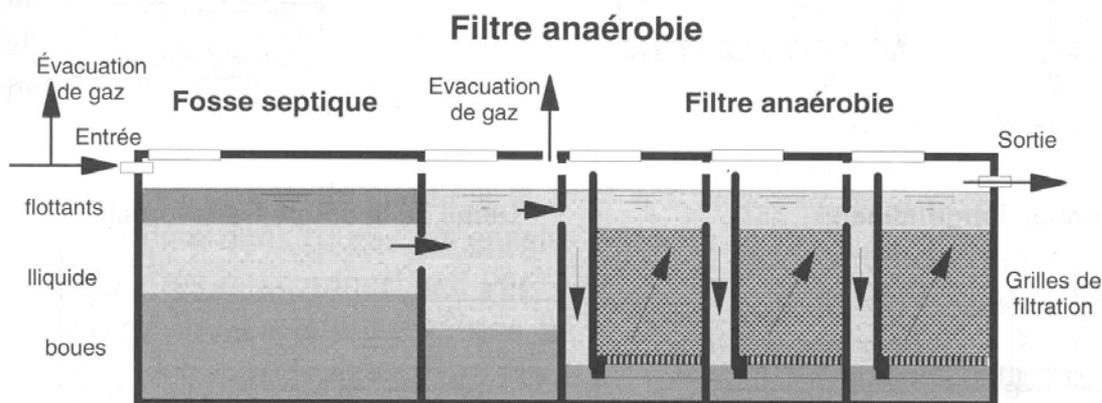


Figure 9 : Principe de fonctionnement d'un filtre anaérobie à flux ascendant. (tiré de SASSE 1998)

Lagunage

Lorsqu'on dispose de suffisamment de place, les lagunes (aussi appelé étang/bassin de stabilisation) constituent le traitement le plus simple et le plus adapté aux pays en développement, avant tout quand il s'agit d'un pays chaud. On peut classer différents types de lagunes :

- Lagunes anaérobies
- Lagunes facultatives (surface aérobie et fond anaérobie)
- Lagunes de maturation

Souvent, les trois lagunes sont combinées en série. Les lagunes anaérobies prétraitent les eaux usées en fonctionnant comme une fosse septique à ciel ouvert. Le bassin facultatif dégrade les matières en suspension et dissous alors que les lagunes de maturation servent à éliminer les germes pathogènes. Afin de garantir le bon abattement de la DBO₅, il faut prévoir un dispositif (chicane, filtre, bassin de décantation, p. ex.) retenant les algues avant la sortie de chacune des lagunes. Il est également possible d'utiliser des plantes aquatiques qui peuvent remplacer les algues et favorisent ainsi un effluent plus propre ou d'instaurer la pisciculture dans le bassin de maturation.

Les lagunes facultatives sont idéales pour le traitement secondaire de l'effluent des fosses septiques. Leurs paramètres principaux de dimensionnement sont le temps de rétention et la charge surfacique. Le TRH peut varier de 5 à 20 jours, tandis que la charge organique maximale dépend de la température. On utilise la formule suivante (BROOME 1988):

$$\lambda_s = 20 \cdot T - 120 \quad \text{Equation 7}$$

où: λ_s = charge organique en DBO₅ surfacique (kg DBO₅/ha.j)
T = température ambiante moyenne du mois le plus froid (°C).

Le bassin de maturation est important lorsqu'on envisage de réutiliser les eaux dans l'agriculture et quant on a affaire à une pollution fécale. Quand le réseau d'égout ne reçoit pas d'excréta, comme c'est le cas à Bamako, le bassin de maturation n'est pas nécessaire. En effet, 95 % de la charge bactériologique est contenue dans les eaux vannes (THOMAS 1995).

7. Exemple de calcul à Banconi

Nous examinons ici brièvement deux sous-réseaux du système SBS à Banconi afin d'appliquer la démarche de conception et de démontrer les insuffisances de capacité au niveau de la tuyauterie et de l'unité de traitement. On les appellera le "grand" et le "petit" réseau.

Données de base

Les paramètres choisis se trouvent sur la feuille de calcul à la page suivante. Le nombre de personne par concession est basé sur le recensement du Mali en 1998. La moyenne vaut 12 personnes. Cependant, il est à noter que la moyenne d'une cinquantaine de concessions recensées lors de l'enquête sociologique du CREPA (2001) a donné une moyenne de 17 personnes (c'est probablement dû aux bonnes et aux visiteurs).

Le coefficient de pointe de trois a été retenu pour des raisons de sécurité. Un coefficient de deux peut cependant suffire. Le rejet spécifique de 50 litres par jour par personne a été adopté pour tenir compte d'une éventuelle augmentation de la consommation d'eau en avenir. Actuellement il se situe autour de 40 litres.

Pour le calcul de l'intensité de la pluie, nous avons utilisé les coefficients de Montana pour un temps de retour d'un an. C'est-à-dire cette pluie est atteinte en moyenne une fois chaque an. Les coefficients de Montana pour plusieurs villes africaines et un temps de retour de 1 et 10 ans respectivement se trouvent à la fin de cette annexe. La taille du bassin versant du réseau a été estimée à l'aide du plan à disposition (figure 10). La différence de niveau a été estimée à l'aide du levé topographique de la CTAC.

La surface drainée par concession a été estimée à 6 m². Il s'agit de 3 m² pour le lavoir et la latrine à ciel ouvert respectivement. Il est à noter que ce sont des valeurs minimales. De plus, le drainage des cours entières est négligé.

Canalisation

Les tronçons étudiés et le tracé des réseaux se trouvent sur le plan à la fin de cette annexe. Le nombre de raccordement a été vérifié lors d'une visite de terrain. Les résultats se trouvent sur la feuille Excel. Nous proposons également les nouvelles dimensions de la tuyauterie. Comme mentionné dans le rapport, il est possible d'utiliser des diamètres en dessous de 100 mm. Les prix des différents diamètres se trouvent en annexe 7. Les différentes couleurs de la feuille de calcul signifient :

- Vert : case à remplir avec des données de base connues
- Orange : formule de calcul
- Bleu : c'est le diamètre du tuyau à choisir par l'utilisateur

Il suit un plan des deux sous-réseau et des feuilles de calcul pour dimensionner la tuyauterie.

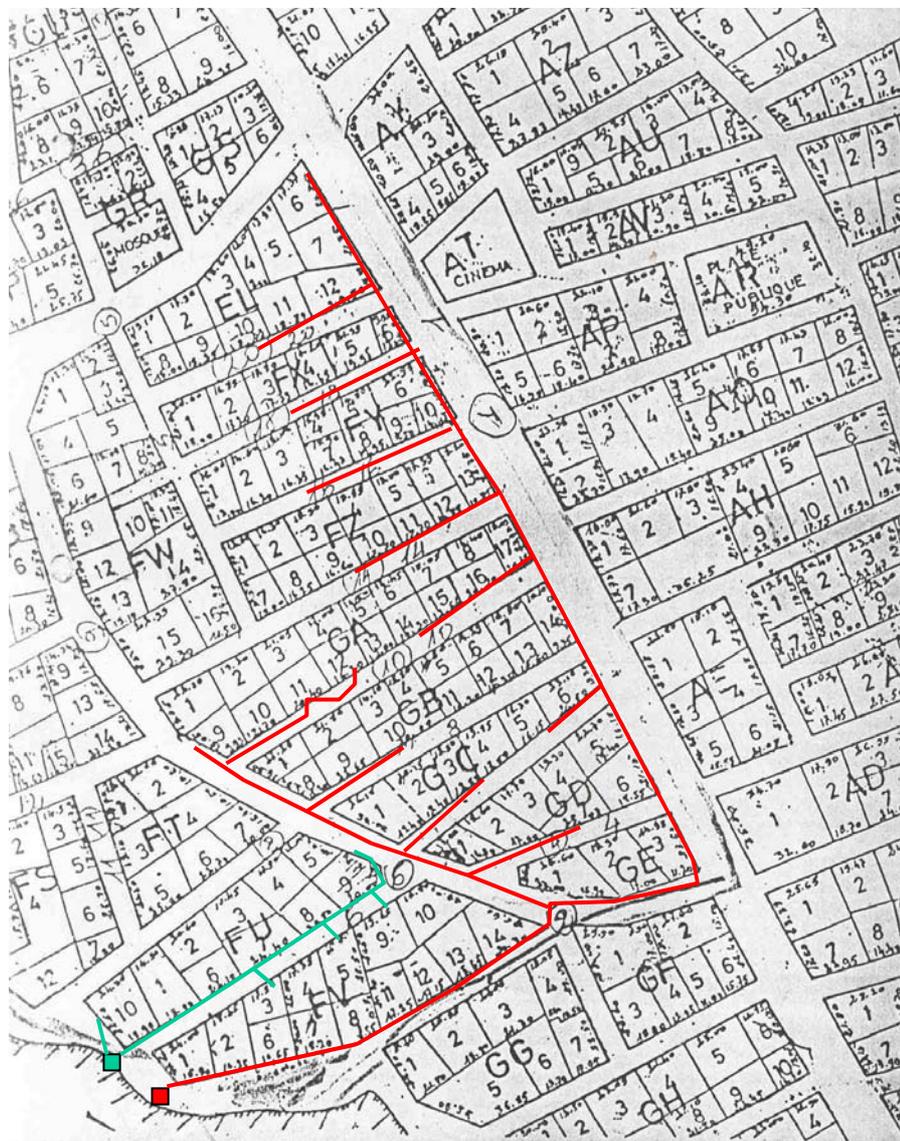


Figure 10 : Plan de Banconi avec le "grand" et le "petit" sous-réseau en rouge et en vert respectivement. Les carrés représentent les regards filtrants.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|----|---|---------------------|------------------------|--|--|---------------|-------------------------------|------------------------------|------------|--|
| 1 | Feuille de calcul pour le dimensionnement des tuyaux du réseau | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | rejet journalier (l/j.personne) | | | 50 | surface drainée par concession (m2) | | | 6 | | |
| 4 | nombre de personne par ménage | | | 6.3 | dénivellement entre l'exutoire et le point le plus éloigné (m) | | | 9 | | |
| 5 | nombre de ménage par concession | | | 1.9 | distance au point le plus éloigné de l'exutoire (m) | | | 700 | | |
| 6 | débit par concession (l/j) | | | 598.5 | temps de concentration (min) | | | 15.60 | | |
| 7 | | | | | coefficient a de Montana | | | 5.4 | | |
| 8 | coefficient de pointe | | | 3 | coefficient b de Montana | | | 0.4 | | |
| 9 | coefficient de rugosité K (m ^{1/3} /s) | | | 90 | intensité de la pluie (mm/min) | | | 1.8 | | |
| 10 | | | | | coefficient de ruissellement (-) | | | 0.9 | | |
| 11 | | | | | débit dû à la pluie (l/s.concession) | | | 0.16 | | |
| 12 | | | | | | | | | | |
| 13 | Dimensions des tuyaux selon le calcul théorique | | | | | | | | | |
| 14 | tronçon | pente moyenne (m/m) | nombre de raccordement | débit de pointe prévu tempssec (l/s) | débit prévu temps de pluie (l/s) | diamètre (mm) | capacité à plein régime (l/s) | vitesse à plein régime (m/s) | évaluation | vitesse à débit de pointe tempssec (m/s) |
| 15 | 11,12 | 0.01 | 6 | 0.12 | 0.97 | 75 | 2.81 | 0.64 | o.k | 0.31 |
| 16 | 10,11 | 0.01 | 12 | 0.25 | 1.94 | 75 | 2.81 | 0.64 | o.k | 0.39 |
| 17 | 2,10 | 0.01 | 22 | 0.46 | 3.56 | 100 | 6.04 | 0.77 | o.k | 0.45 |
| 18 | 8,9 | 0.02 | 7 | 0.15 | 1.13 | 75 | 3.97 | 0.90 | o.k | 0.43 |
| 19 | 7,8 | 0.02 | 10 | 0.21 | 1.62 | 75 | 3.97 | 0.90 | o.k | 0.48 |
| 20 | 6,7 | 0.01 | 14 | 0.29 | 2.27 | 100 | 6.04 | 0.77 | o.k | 0.4 |
| 21 | 5,6 | 0.01 | 18 | 0.37 | 2.91 | 100 | 6.04 | 0.77 | o.k | 0.43 |
| 22 | 4,5 | 0.01 | 23 | 0.48 | 3.72 | 100 | 6.04 | 0.77 | o.k | 0.46 |
| 23 | 3,4 | 0.01 | 28 | 0.58 | 4.53 | 100 | 6.04 | 0.77 | o.k | 0.49 |
| 24 | 2,3 | 0.005 | 32 | 0.67 | 5.18 | 120 | 6.95 | 0.61 | o.k | 0.39 |
| 25 | 1,2 | 0.01 | 62 | 1.29 | 10.04 | 140 | 14.82 | 0.96 | o.k | 0.59 |
| 26 | filtre-exutoire | 0.01 | 65 | 1.35 | 10.53 | 140 | 14.82 | 0.96 | o.k | 0.6 |
| 27 | | | | | | | | | | |
| 28 | Etat actuel de la tuyauterie | | | | | | | | | |
| 29 | tronçon | pente moyenne (m/m) | nombre de raccordement | débit de pointe prévu tempssec (l/s) | débit prévu temps de pluie (l/s) | diamètre (mm) | débit à plein régime (l/s) | vitesse à plein régime (m/s) | évaluation | vitesse à débit de pointe tempssec (m/s) |
| 30 | 11,12 | 0.01 | 6 | 0.12 | 0.97 | 100 | 6.04 | 0.77 | o.k | 0.3 |
| 31 | 10,11 | 0.01 | 12 | 0.25 | 1.94 | 100 | 6.04 | 0.77 | o.k | 0.37 |
| 32 | 2,10 | 0.01 | 22 | 0.46 | 3.56 | 100 | 6.04 | 0.77 | o.k | 0.45 |
| 33 | 8,9 | 0.02 | 7 | 0.15 | 1.13 | 100 | 8.55 | 1.09 | o.k | 0.42 |
| 34 | 7,8 | 0.02 | 10 | 0.21 | 1.62 | 100 | 8.55 | 1.09 | o.k | 0.46 |
| 35 | 6,7 | 0.01 | 14 | 0.29 | 2.27 | 100 | 6.04 | 0.77 | o.k | 0.4 |
| 36 | 5,6 | 0.01 | 18 | 0.37 | 2.91 | 100 | 6.04 | 0.77 | o.k | 0.43 |
| 37 | 4,5 | 0.01 | 23 | 0.48 | 3.72 | 100 | 6.04 | 0.77 | o.k | 0.46 |
| 38 | 3,4 | 0.01 | 28 | 0.58 | 4.53 | 100 | 6.04 | 0.77 | o.k | 0.49 |
| 39 | 2,3 | 0.005 | 32 | 0.67 | 5.18 | 100 | 4.27 | 0.54 | trop petit | 0.39 |
| 40 | 1,2 | 0.01 | 62 | 1.29 | 10.04 | 100 | 6.04 | 0.77 | trop petit | 0.61 |
| 41 | filtre-exutoire | 0.01 | 65 | 1.35 | 10.53 | 100 | 6.04 | 0.77 | trop petit | 0.62 |
| 42 | | | | | | | | | | |
| 43 | Formules de calcul: | | | | | | | | | |
| 44 | débit par concession (l/j) | | | D5*D4*D3 | | | | | | |
| 45 | temps de concentration (min) | | | (J5^1.15/J4^0.38)/52 | | | | | | |
| 46 | intensité de la pluie (mm/min) | | | J7*J6^(-J8) | | | | | | |
| 47 | débit dû à la pluie (l/s.concession) | | | J3*J10*J9/60 | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | |
| 49 | débit de pointe prévu tempssec (l/s) | | | D\$8*D\$6*C16/(3600*24) | | | | | | |
| 50 | débit prévu temps de pluie (l/s) | | | D\$11*C16 | | | | | | |
| 51 | débit à plein régime (l/s) | | | (F16*0.001)^2*PI()*0.25*H16*1000 | | | | | | |
| 52 | vitesse à plein régime (m/s) | | | D\$9*(F16*0.001/4)^(2/3)*B16^0.5 | | | | | | |
| 53 | évaluation | | | SI(G16<E16;"augmenter le diamètre";SI(J16<0.3;"débit o.k, mais vitesse d'écoulement très faible";"o.k")) | | | | | | |
| 54 | vitesse à débit de pointe tempssec (m/s) | | | utiliser feuille de calcul ou abaque pour le regime partiellement plein | | | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | |
| 56 | Explication des couleurs: | | | | | | | | | |
| 57 | données de base | formule de calcul | | | paramètre à ajuster | | | | | |
| 58 | | | | | | | | | | |

Figure 11: Feuille de calcul pour le grand sous-réseau à Banconi.

Feuille de calcul pour le dimensionnement des tuyaux du réseau

| | | | |
|--|-------|--|------|
| rejet journalier (l/j.personne) | 50 | surface drainée par concession (m2) | 6 |
| nombre de personne par ménage | 6.3 | dénivellement entre l'exutoire et le point le plus éloigné (m) | 2.4 |
| nombre de ménage par concession | 1.9 | distance au point le plus éloigné de l'exutoire (m) | 200 |
| débit par concession (l/j) | 598.5 | temps de concentration (min) | 6.11 |
| coefficient de pointe | 3 | coefficient a de Montana | 5.4 |
| coefficient de Strickler K (m ^{1/3} /s) | 90 | coefficient b de Montana | 0.4 |
| | | intensité de la pluie (mm/min) | 2.6 |
| | | coefficient de ruissellement (-) | 0.9 |
| | | débit dû à la pluie (l/s.concession) | 0.24 |

Dimensions des tuyaux selon le calcul théorique

| Tronçon | pente moyenne (m/m) | nombre de raccordement | débit de pointe prévu tempssec (l/s) | débit prévu tempsde pluie (l/s) | diamètre (mm) | capacité regime plein (l/s) | vitesse à plein régime (m/s) | vitesse à débit de pointe tempssec (m/s) | évaluation |
|-----------------|---------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------|-----------------------------|------------------------------|--|------------|
| 4,5 | 0.01 | 1 | 0.02 | 0.24 | 50 | 0.95 | 0.48 | 0.19 | o.k |
| 3,4 | 0.01 | 4 | 0.08 | 0.94 | 50 | 0.95 | 0.48 | 0.3 | o.k |
| 2,3 | 0.01 | 6 | 0.12 | 1.41 | 75 | 2.81 | 0.64 | 0.31 | o.k |
| 1,2 | 0.01 | 7 | 0.15 | 1.65 | 75 | 2.81 | 0.64 | 0.33 | o.k |
| filtre-exutoire | 0.01 | 9 | 0.19 | 2.12 | 75 | 2.81 | 0.64 | 0.36 | o.k |

Etat actuel des tuyaux

| Tronçon | pente moyenne (m/m) | nombre de raccordement | débit de pointe prévu tempssec (l/s) | débit prévu tempsde pluie (l/s) | diamètre (mm) | capacité regime plein (l/s) | vitesse à plein régime (m/s) | vitesse à débit de pointe tempssec (m/s) | évaluation |
|-----------------|---------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------|-----------------------------|------------------------------|--|------------|
| 4,5 | 0.01 | 1 | 0.02 | 0.24 | 100 | 6.04 | 0.77 | 0.17 | o.k |
| 3,4 | 0.01 | 4 | 0.08 | 0.94 | 100 | 6.04 | 0.77 | 0.27 | o.k |
| 2,3 | 0.01 | 6 | 0.12 | 1.41 | 100 | 6.04 | 0.77 | 0.3 | o.k |
| 1,2 | 0.01 | 7 | 0.15 | 1.65 | 100 | 6.04 | 0.77 | 0.33 | o.k |
| filtre-exutoire | 0.01 | 9 | 0.19 | 2.12 | 100 | 6.04 | 0.77 | 0.35 | o.k |

Figure 12 : Feuille de calcul pour le petit sous-réseau à Banconi.

Les feuilles de calcul mettent en évidence l'importance de l'effet de drainage des eaux pluviales et ainsi l'insuffisance de capacité des tuyaux du grand sous-réseau à partir du raccordement de plus de 30 concessions. En outre, il est possible de diminuer les diamètres comme proposé.

La vitesse d'écoulement pour le débit à régime partiellement plein a été calculé à partir d'une autre feuille de calcul (Figure 13). Il est à noter que la vitesse d'écoulement est faible pour les faibles débits, tant pour le diamètre 100 mm que pour les plus petits diamètres. Ainsi, il est difficile d'éviter la formation des dépôts dans les canalisations. La vitesse d'écoulement à plein régime demeure dans la plupart des cas inférieure à 1 m/s. Il est alors improbable que le débit de pointe pendant la saison de pluie arrache et emporte les dépôts. D'où l'importance d'éliminer l'entrée des solides à la source, c'est-à-dire à l'amont.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|----|---|-------------------------|--------|--------|-------------|--|--------|--------------------|-------|-------|---------|---------|
| 1 | Feuille de calcul du débit en fonction du degré de remplissage | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | K (m ^{1/3} /s) | J (m/m) | D (mm) | h (mm) | alpha (RAD) | Striangle | Sarc | S(m ²) | P(m) | R(m) | v (m/s) | Q (l/s) |
| 4 | 90 | 0.01 | 100 | 5 | 0.45 | 0.0010 | 0.0011 | 0.0001 | 0.045 | 0.003 | 0.20 | 0.03 |
| 5 | 90 | 0.01 | 100 | 10 | 0.64 | 0.0012 | 0.0016 | 0.0004 | 0.064 | 0.006 | 0.31 | 0.13 |
| 6 | 90 | 0.01 | 100 | 15 | 0.80 | 0.0012 | 0.0020 | 0.0007 | 0.080 | 0.009 | 0.40 | 0.29 |
| 7 | 90 | 0.01 | 100 | 20 | 0.93 | 0.0012 | 0.0023 | 0.0011 | 0.093 | 0.012 | 0.47 | 0.53 |
| 8 | 90 | 0.01 | 100 | 25 | 1.05 | 0.0011 | 0.0026 | 0.0015 | 0.105 | 0.015 | 0.54 | 0.83 |
| 9 | 90 | 0.01 | 100 | 30 | 1.16 | 0.0009 | 0.0029 | 0.0020 | 0.116 | 0.017 | 0.60 | 1.18 |
| 10 | 90 | 0.01 | 100 | 35 | 1.27 | 0.0007 | 0.0032 | 0.0024 | 0.127 | 0.019 | 0.65 | 1.59 |
| 11 | 90 | 0.01 | 100 | 40 | 1.37 | 0.0005 | 0.0034 | 0.0029 | 0.137 | 0.021 | 0.69 | 2.04 |
| 12 | 90 | 0.01 | 100 | 45 | 1.47 | 0.0002 | 0.0037 | 0.0034 | 0.147 | 0.023 | 0.73 | 2.52 |
| 13 | 90 | 0.01 | 100 | 50 | 1.57 | 0.0000 | 0.0039 | 0.0039 | 0.157 | 0.025 | 0.77 | 3.02 |
| 14 | 90 | 0.01 | 100 | 55 | 1.47 | 0.0002 | 0.0037 | 0.0044 | 0.167 | 0.026 | 0.80 | 3.54 |
| 15 | 90 | 0.01 | 100 | 60 | 1.37 | 0.0005 | 0.0034 | 0.0049 | 0.177 | 0.028 | 0.83 | 4.06 |
| 16 | 90 | 0.01 | 100 | 65 | 1.27 | 0.0007 | 0.0032 | 0.0054 | 0.188 | 0.029 | 0.85 | 4.57 |
| 17 | 90 | 0.01 | 100 | 70 | 1.16 | 0.0009 | 0.0029 | 0.0059 | 0.198 | 0.030 | 0.86 | 5.06 |
| 18 | 90 | 0.01 | 100 | 75 | 1.05 | 0.0011 | 0.0026 | 0.0063 | 0.209 | 0.030 | 0.87 | 5.51 |
| 19 | 90 | 0.01 | 100 | 80 | 0.93 | 0.0012 | 0.0023 | 0.0067 | 0.221 | 0.030 | 0.88 | 5.91 |
| 20 | 90 | 0.01 | 100 | 85 | 0.80 | 0.0012 | 0.0020 | 0.0071 | 0.235 | 0.030 | 0.88 | 6.23 |
| 21 | 90 | 0.01 | 100 | 90 | 0.64 | 0.0012 | 0.0016 | 0.0074 | 0.250 | 0.030 | 0.87 | 6.44 |
| 22 | 90 | 0.01 | 100 | 95 | 0.45 | 0.0010 | 0.0011 | 0.0077 | 0.269 | 0.029 | 0.84 | 6.49 |
| 23 | 90 | 0.01 | 100 | 100 | 0.00 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0079 | 0.314 | 0.025 | 0.77 | 6.04 |
| 24 | | | | | | | | | | | | |
| 25 | Paramètres et formules de calcul: | | | | | | | | | | | |
| 26 | K | coefficient de rugosité | | | alpha | angle en fonction de $\arccos(\frac{D-h}{D})$ | | | | | | |
| 27 | J | pente | | | Striangle | pour le calcul de S $\frac{D-h}{D} \cdot \sin(\alpha)$ | | | | | | |
| 28 | D | diamètre | | | Sarc | pour le calcul de S $(C \cdot 0.001)^2 \cdot E^4 / 4$ | | | | | | |
| 29 | h | hauteur de remplissage | | | S | section mouillée $S = (D-h) \cdot \left(\pi \cdot \frac{D-h}{2} + \sqrt{D^2 - (D-h)^2} \right)$ | | | | | | |
| 30 | | | | | P | périmètre mouillé $P = (D-h) + \sqrt{D^2 - (D-h)^2}$ | | | | | | |
| 31 | | | | | R | rayon hydraulique $R = \frac{S}{P}$ | | | | | | |
| 32 | | | | | v | vitesse d'écoulement $v = \frac{1.49}{K} \cdot R^{2/3}$ | | | | | | |
| 33 | | | | | Q | débit $Q = S \cdot v$ | | | | | | |

Figure 13: Feuille de calcul pour le calcul de la vitesse d'écoulement et du débit en fonction de la hauteur de remplissage.

Annexe 10 : Photos



Photo 2 : Traitement des eaux usées par lagunage à Castor (Rufisque, Sénégal).



Photo 3 : Regards préfabriqués à Castor (Rufisque, Sénégal)



Photo 4 : Travaux d'entretien à Diokoul (Rufisque, Sénégal)



Photo 5 : Boîte de branchement à Banconi. Le dépôt de sable est bien visible.



Photo 6 : Le caniveau bouché constitue l'exutoire d'un réseau à Bozola.



Photo 7 : Drainage d'une cour entière à Bozola



Photo 8 : Regard à Baco-Djicoroni avec une croûte d'écume considérable.



Photo 9 : Travaux d'entretien à Banconi. Il est à noter que le matériau enlevé est déposé in situ.



Photo 10 : Blocage du réseau à Banconi. Au centre se trouve le tuyau souple pour y remédier.



Photo 11 : Dépotoir de transit à Banconi.



Photo 12 : Vidange du tracteur à la décharge finale.



Photo 13 : Vidange manuelle d'une latrine.



Photo 14 : Collecte des ordures avec la charrette.



Photo 15 : Tranchée du réseau à Banconi.



Photo 16 : Cour branchée au réseau. Bozola.



Photo 17 : Cour typique à Banconi.

