



ASSAINISSEMENT DES EXCRETAS DANS LA VILLE DE TOAMASINA

*Analyse de la gestion des boues de vidange et propositions
d'améliorations*



PRACTICA
FOUNDATION

Décembre 2012

Financé par :



Sommaire

1 OBJET DE L'ETUDE	4
1.1 Introduction	4
1.2 Méthodologie	4
1.2.1 Zone de l'étude	4
1.2.2 Enquêtes réalisées	5
1.2.3 Analyses des boues	6
2 LES LATRINES A TOAMASINA	7
2.1 Introduction	7
2.2 Nombre de latrines à Toamasina	7
2.3 Types de latrines utilisés à Toamasina	7
2.4 Les latrines « non ménagères »	9
2.5 Latrines, Hygiène et Environnement	9
2.6 Points d'attention	9
3 LA GESTION DES LATRINES PLEINES A TOAMASINA	11
3.1 Durée de remplissage des latrines	11
3.2 Pratiques relevées	12
4 CARACTERISATION DES BOUES DE VIDANGE A TOAMASINA	13
4.1 Définitions	13
4.2 Quantités de boues à gérer	13
4.3 Caractéristiques des boues à gérer	13
5 SERVICES DE VIDANGE EXISTANTS	15
5.1 Cadre réglementaire	15
5.2 Pratiques actuelles	15
5.2.1 La vidange manuelle	15
5.2.2 La vidange mécanique	17
5.3 Problèmes relevés	18
6 OPTIONS DE SERVICES DE VIDANGE AMELIOREE	19
6.1 Caractéristiques des services améliorés	19
6.1.1 Critères techniques	20
6.1.2 Critères économiques	20
6.1.3 Critères sociaux	20

6.2	Services de vidange améliorés proposés	21
6.2.1	Service de vidange par camion	21
6.2.2	Services de vidange alternatifs	21
6.3	Couverture des services de vidange améliorés.....	24
6.4	Régulation des opérations de vidange.....	25
6.5	Conclusions	25
7	OPTIONS POUR LE TRAITEMENT DES BOUES	27
7.1	Techniques considérées	27
7.2	Bases de dimensionnement	27
7.3	Procédés de traitement proposés.....	28
7.3.1	Enfouissement.....	28
7.3.2	Filtres plantés	29
7.3.3	Séchage solaire.....	30
7.4	Exploitation du site de traitement	31
7.4.1	Aspects financiers	31
7.4.2	Aspects techniques	31
7.5	Conclusion	32

1 OBJET DE L'ETUDE

1.1 Introduction

Cette étude vise à formuler des solutions afin d'améliorer la gestion des boues de vidange à Toamasina. Dans ce cadre, la gestion des boues est appréhendée en tant que filière complète comprenant : la collecte des excréta, la vidange, le transport et le traitement des boues fécales. Aussi, il convient de préciser qu'à Madagascar, la vidange et le transport sont 2 maillons distincts, rares étant les cas où les boues vidangées sont transportées hors des habitations.

Fig 1. Maillons de la filière de gestion des excréta



Aussi, les améliorations recherchées visent plus d'hygiène, une meilleure accessibilité aux produits et services de vidange et une réduction des risques environnementaux liés à la gestion des boues fécales.

Dans ce sens, la présente étude s'articule autour de deux parties :

- La description de la situation actuelle, sur la base de données statistiques, qualitatives et quantitatives concernant les infrastructures utilisées, les boues, les services existants à chaque étape de la filière
- La formulation d'options techniques appropriées afin d'apporter des améliorations à cette situation, dans le contexte particulier de Toamasina

Si l'étude intègre de nombreux aspects sociaux et économiques pour avancer des solutions réalistes et viables, celle-ci n'a pas approfondi les aspects liés à la gouvernance locale, lesquels pourront être abordés sur la base concrète des options techniques proposées.

1.2 Méthodologie

La collecte des données a été structurée autour de plusieurs types d'investigations :

- enquêtes auprès des ménages
- enquêtes auprès des structures non-ménagères (hôtels, écoles, WC publics, entreprises...)
- enquêtes auprès des opérateurs de vidange manuelle et observation directe de leurs pratiques
- entretien avec l'opérateur de vidange mécanique
- analyses des boues

La préparation des enquêtes, la sélection des enquêteurs et leur formation, ainsi que le test d'enquête ont été coordonnés par un ingénieur stagiaire de Protos sur une période de 6 semaines (ing. Jeroen Baets), avec la participation de 4 enquêteurs et l'appui technique de Practica.

L'étude complète a ainsi été réalisée de Janvier à Avril 2012.

1.2.1 Zone de l'étude

L'étude porte sur la Commune Urbaine de Toamasina, correspondant au district de Toamasina I- Région Atsinanana, qui compte 138 divisions administratives de base, appelés « fokontany », répartis en 5 Arrondissements. La ville s'étend sur 2.800 ha pour une population de 263.000 habitants.

1.2.2 Enquêtes réalisées

Les enquêtes ont visé à :

- Caractériser (i) les pratiques actuelles de vidange (manuelle et mécanique) au niveau des ménages et des non-ménages et (ii) la perception de ces pratiques par la population.
- Evaluer quantitativement la demande en service de vidange au niveau des ménages et de chaque type d'établissement non ménage (écoles, restaurants, entreprises, etc.)
- Décrire les opérateurs de vidange formels (vidange mécanique) et informels (vidange manuelle) de Toamasina sur le plan socio-économique et décrire les maillons de la chaîne de la filière à leur niveau (vidange, élimination/transport, traitement)

Les enquêtes ont reposées sur des questions de type fermées, à choix multiple et numériques, ainsi que les observations libres des enquêteurs. L'analyse des résultats a été effectuée à l'aide des logiciels SPHINX V5 et EXCEL et a permis des calculs statistiques à l'échelle de la ville.

1.2.2.1 Enquête auprès des ménages

Le ménage a été choisi comme unité d'enquête et est considéré comme "l'ensemble de personnes habitant un même logement, unies par des liens familiaux ou non, partageant les repas principaux, et reconnaissant l'autorité d'une seule personne : le chef de ménage » (INSTAT).

Le nombre d'échantillon de l'étude a été déterminé avec la formule de Krejcie et Morgan :

$$n = \frac{X^2 \times N \times P \times (1 - P)}{(ME \times (N - 1)) + (X^2 \times P \times (1 - P))}$$

Avec : $\left\{ \begin{array}{l} n : \text{nombre d'échantillons} \\ X^2 = \text{Chi carré (1 degré de liberté)} \\ N : \text{Taille de la population (=50.000 ménages)} \\ P = \text{Proportion de la population (=0,5, pour assurer l'échantillonnage maximum)} \\ ME = \text{Marge d'erreur minimale (=0,005)} \end{array} \right.$

D'après cette formule, 385 ménages devaient être enquêtés à Toamasina pour une marge d'erreur de 5% et un intervalle de confiance d'environ 5. Au final, 398 ménages ont été enquêtés.

Le nombre de ménages à enquêter par fokontany a été déterminé aléatoirement, en tenant compte de leur nombre d'habitants respectif. La sélection des ménages enquêtés a été réalisée par tirage au sort en utilisant les fiches de recensement au niveau des fokontany.

L'enquête comportait 38 questions, portant sur quatre thèmes : données du ménage, description de la latrine utilisée, gestion actuelle de la latrine et perception de la gestion actuelle et future des latrines.

1.2.2.2 Enquêtes auprès des structures non ménagères

Plusieurs groupes de latrines non ménagères ont été distingués :

- Les latrines publiques de gestion privée
- Les latrines des cafés/restaurants/hôtels. Les latrines des établissements informels n'ont pas été prises en compte. Généralement, ce sont des latrines « particulières » mises à disposition des clients
- Les latrines d'entreprises, avec des grandes fosses et des moyens financiers importants
- Les latrines des écoles privées et publiques,
- Les latrines d'institutions publiques (la Commune, la Région, etc.)

Les entités interviewées ont été sélectionnées aléatoirement parmi la liste des enregistrements de l'Office du Tourisme et de l'INSTAT pour les cafés/restaurants/hôtels et les établissements publics pertinents (écoles, hôpitaux, établissements sportives, latrines publiques de gestion publique), et du Service Eau et

assainissement de la CUT pour les blocs sanitaires. Les listes des entreprises étant confidentielles, celles-ci ont été sélectionnées aléatoirement lors de parcours aléatoires au hasard des rues.

L'enquête est composée de 22 questions sur les 4 mêmes thèmes que pour les enquêtes ménage.

1.2.2.3 Enquêtes auprès des vidangeurs manuels

Grâce à l'aide des chefs de Fokontany, de personnes ressources, d'agents en charge du ramassage des ordures ménagères, et de l'équipe de Frères St Gabriel, 12 vidangeurs manuels ont pu être enquêtés.

L'enquête auprès de ces vidangeurs comportait 57 questions portant sur trois thèmes : les données générales sur le vidangeur, les pratiques de vidange (technique, prix, les coûts et la qualité de service) et leur perception et appréciation du métier.

Plusieurs questions à réponse ouverte ont permis d'avoir une conversation détendue afin de mettre les vidangeurs en confiance.

Trois vidanges manuelles ont été intégralement observées pour valider les informations des enquêtes. Trois profils différents de vidangeurs ont été choisis (une femme, une personne « marginale » et un vidangeur très compétent) et 3 différents types de latrines ont été sélectionnés (une tinette, une fosse simple et une fosse de latrine à siphon).

1.2.2.4 Entretien avec l'opérateur de vidange mécanique

Seule l'entreprise « Anjara Environnement » propose des services de vidange mécanique à Toamasina. L'entretien a visé à caractériser cette entreprise, les engins qu'elle utilise, ses tarifs et le procédé en œuvre au niveau de sa station privée de traitement des boues.

Par ailleurs, une prestation de vidange a été commandée à « Anjara Environnement » afin d'apprécier son service de vidange par tricycle motorisé.

1.2.3 Analyses des boues

L'analyse de la qualité des boues fécales a été effectuée en vue de déterminer quels procédés techniques de vidange et de traitement des boues pourraient être appropriés à Toamasina.

Grâce aux enquêtes, il a été possible de prélever des boues sur des latrines pleines, en analysant les boues issues de 8 fosses pour chacun des types de latrine considérés. Le prélèvement a été fait à l'aide d'une seringue, selon le protocole décrit dans l'étude intitulée « Caractérisation du secteur de la vidange informelle des latrines à Majunga » (*IRCOD, 2011*).

Des observations et informations parallèles ont permis de considérer d'autres paramètres influençant les caractéristiques physico-chimiques des boues : caractère inondable des sites, types de déchets déversés (papier hygiénique, déchets, charbon, eau pour lavage anal, etc.)

Les échantillons ont été prélevés pendant 4 jours successifs, stockés à 5°C, dégazés chaque jour et transportés à Antananarivo pour être analysés par le CNRIT selon les « lignes directrices concernant les travaux analytiques en chimie, DR-12-SCA-01 » du gouvernement du Canada.

Trois mesures ont été réalisées : la matière sèche (MS), la matière volatile (MV) et le poids spécifique. Toutes les mesures ont été triplées et la moyenne de ces valeurs (à part les valeurs aberrantes) a été retenue.

2 LES LATRINES A TOAMASINA

2.1 Introduction

La ville de Toamasina est desservie par un système d'assainissement liquide unitaire extrêmement limité. Deux canaux, le Canal des Pangalanes et le Canal du Nord récupèrent les eaux usées domestiques et pluviales, et les déversent directement dans la mer.

Au niveau réglementaire, le PUDi de Toamasina indique (Article 10 : *Desserte par les réseaux*) que « En l'absence du réseau public, des solutions individuelles d'assainissement sont obligatoires (fosse septique, puisard ...) pour le respect de l'environnement local ». En pratique, aucune réglementation n'a été relevée, qui indique les normes à respecter par ces « solutions individuelles d'assainissement » à Toamasina.

Ainsi, comme dans la plupart des villes de Madagascar et d'Afrique, l'assainissement des excréta à Toamasina repose essentiellement sur l'utilisation de latrines, équipements permettant de stocker, parfois traiter, les excréta humains générés au niveau des habitations et des zones d'activités (écoles, bureaux, restaurants...).

Souvent, le terme « latrine » est employé pour désigner des dispositifs sommaires de collecte des excréta, contrairement à la « toilette », plus hygiénique et sophistiquée. Dans cette étude, « latrine » désigne tout équipement d'assainissement liquide autonome, sans distinction qualitative.

2.2 Nombre de latrines à Toamasina

D'après les enquêtes réalisées, 97% des ménages utilisent des latrines à Toamasina. Celles-ci seraient utilisées par 11,7 usagers en moyenne, soit près de 3 ménages environ (4,2 pers/ménage).

Avec une population totale de 263.600 habitants (CUT, 2009), la ville compterait donc environ **21.900 latrines ménagères** et **1.900 ménages (≈8.000 personnes)** utiliseraient encore des pots de chambre, des sachets ou pratiqueraient la défécation à l'air libre.

2.3 Types de latrines utilisés à Toamasina

A Toamasina, les technologies de latrines utilisées peuvent être regroupées en 4 catégories :

- Les tinettes, qui utilisent des fûts métalliques (barils d'huiles réutilisés) de 200L, semi-enfouis dans le sol en général. Cette technique permet facilement et à moindre coût, de réaliser des fosses étanches dans des sols sablonneux à nappe phréatique élevée et sont, pour cette raison, très répandues en zone côtière ;
- Les latrines à fosse simple, qui consistent en un trou de moins d'1m³, généralement renforcé par des pneus usagés ou des panneaux de fibres végétales tressées, et au-dessus duquel une dalle en bois est directement posée ;
- Les « latrines à siphon », qui comportent une dalle équipée d'un siphon hydraulique (permettant de limiter odeurs et la présence d'insectes) et une fosse simple débouchante d'1m³, busée en béton. Jusqu'à présent, ce modèle serait exclusivement réalisé, à Toamasina, dans le cadre des actions menées par FSG et ses différents partenaires (Protos, Rotary Club...).
- Les latrines à fosse septique, de volumes utiles supérieurs à 2m³, qui permettent la séparation des phases solide et liquide des eaux vannes, et une digestion anaérobie partielle des matières organiques. A

Toamasina, ces fosses présentent trois compartiments dimensionnés selon des bases très variables, et dont le dernier (le filtre) est généralement rempli de coraux ou de mâchefers. Etant donné le niveau élevé de la nappe phréatique à Toamasina, la quasi-totalité des latrines présentent des profondeurs inférieures à 2m.

Fig2. Aperçu visuel des différents types de latrines à Toamasina



Tinette avec dalle en bois et fût métallique



Latrine à fosse simple (cuvelée en pneu)



Latrine à siphon avec dalle céramique



Latrine à fosse septique



Bien entendu d'autres modèles de latrine existent à Toamasina (Ecosan, double fosse simple avec siphon...), mais celles-ci représentent moins de 3% des effectifs et ont donc été négligées par l'étude.

La répartition et les caractéristiques générales des latrines ménagères, par type, sont les suivantes :

Type	% des latrines	Nb de latrines	Volume utile (m ³)
Tinette	20 %	4.449	0,2
Fosse simple	24 %	5.297	0,5
Latrine à siphon	18 %	3.987	1
Latrine à fosse septique	38 %	8.190	2
TOTAL	100 %	21.923	-

A Toamasina, les fosses septiques sont les plus répandues (38%). Une part très importante de tinettes et de fosses simple est cependant relevée (44%).

2.4 Les latrines « non ménagères »

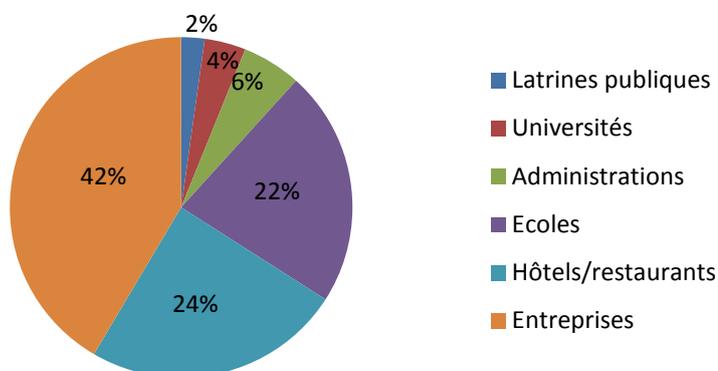
Le terme « non ménagère » est utilisé ici pour désigner l'ensemble des établissements publics et privés (écoles, administrations, entreprises...) accueillant une population importante (de plus de 50 personnes) au cours de la journée. Il s'est avéré que tous disposaient de latrines.

Etant donnée leur forte fréquentation, ces établissements disposent généralement de plusieurs cabines de « toilette » reliées à une même fosse. Ainsi, on caractérise cet ensemble par le décompte des fosses, lesquelles sont toutes des fosses septiques, d'un volume utile moyen de 8m³.

Au total, **Toamasina compterait 770 fosses non ménagères**, dont 66% sont réparties entre les entreprises et les hôtels/restaurants. Viennent ensuite les écoles avec 22% des fosses.

A ce niveau, il convient de signaler que la **fonctionnalité des fosses n'a pas été relevée par l'étude** mais qu'elle a semblée, dans bien des cas, sujette à problèmes.

Fig3. Répartition des fosses non-ménagères par type d'établissement



2.5 Latrines, Hygiène et Environnement

Si l'hygiène n'a pas fait l'objet d'une analyse statistique dans le cadre de l'étude, il est nettement ressorti que la majorité des latrines de la catégorie « tinette » et « fosse simple » présente un degré d'hygiène très bas avec des dalles en bois et aucun dispositif d'aération.

Quantitativement, **plus de 9.640 latrines peuvent être considérées comme « non améliorées » à Toamasina.**

Sur le plan environnemental, toutes les fosses reposent sur le pouvoir épurateur du sol dans lequel est infiltrée la fraction liquide des boues. Si le système d'eau potable de la ville n'est, a priori, pas menacé par cette pollution, le risque sanitaire lié à l'utilisation de pompes « tany » (captages de surface) par 60% des ménages est préoccupant.



2.6 Points d'attention

Comme dans la plupart des villes d'Afrique, l'avenir de l'assainissement liquide à Toamasina devrait essentiellement reposer sur l'assainissement autonome et donc, l'utilisation de latrines. En particulier, le relief plat de Toamasina rend techniquement difficile la mise en place de systèmes d'assainissement collectifs.

D'après l'étude, les besoins en équipement hygiéniques sont encore très importants, considérant la pratique de la **DAL par 1.900 ménages**, l'utilisation de **latrines obsolètes (tinettes et fosses simples) par plus de 26.800 ménages** et **l'utilisation partagée des latrines par 3 ménages** en moyenne.

En pratique, l'augmentation de l'accès à l'assainissement amélioré à Toamasina devrait passer par le **développement de technologies de latrines hygiéniques à des coûts encore moindres.**

Enfin, la réflexion sur la conception des technologies de latrines devrait également porter sur **les dispositifs qui permettraient de limiter les risques de contamination de la nappe phréatique** (modules épurateurs, évaporateurs...), ressource abondamment exploitée par les ménages pour leur appoint en eau domestique.

3 LA GESTION DES LATRINES PLEINES A TOAMASINA

3.1 Durée de remplissage des latrines

En théorie, la durée de remplissage d'une latrine dépend de nombreux facteurs dont : le type de fosse, le ratio « *volume utile/nombre d'usagers* », la hauteur de la nappe phréatique, le climat, la qualité des boues...

A Toamasina, cette durée s'avère étroitement corrélée au type de latrine. La figure ci-dessous indique la durée moyenne de remplissage des fosses, en mois, pour les 4 principaux types de latrine rencontrés :

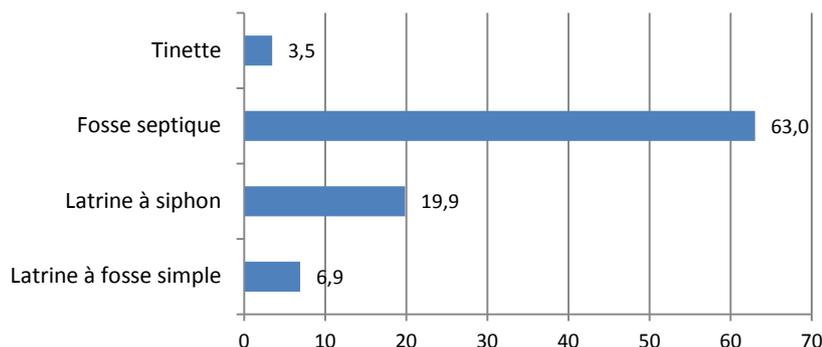


Fig4. Durée moyenne de remplissage des fosses ménagères (en mois)

Alors que les fosses septiques affichent des durées moyennes de remplissage de plus de 5 ans, les tinettes, fosses simples et latrines à siphon sont pleines tous les 3.5 mois, 7 mois et 1.5 an respectivement.

Au niveau des structures non-ménagères, la durée de remplissage moyenne n'a pas pu être clairement établie par le biais des enquêtes. L'étude a donc estimé cette durée sur la base du nombre d'établissements, de leur effectif et de leur volume moyen de fosse, considérant une production moyenne de boues de 49L/usager/an.

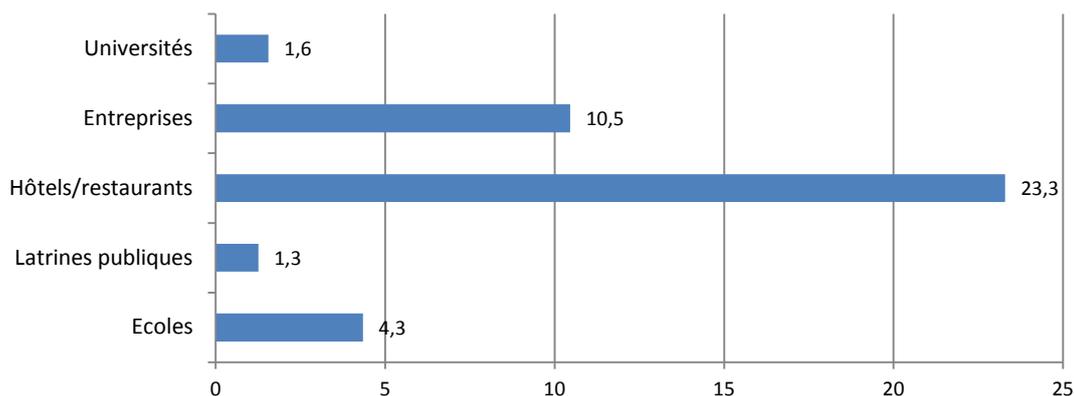


Fig5. Durée moyenne de remplissage des fosses non ménagères (en années)

Les fosses des latrines publiques, des Universités et des écoles présenteraient les temps de remplissage les plus courts, avec des durées de 1.3 an, 1.6 an et 4.3 ans respectivement. Ce constat attire l'attention sur le sous dimensionnement des fosses de ces établissements face aux effectifs qu'ils desservent.

Les fosses des entreprises et hôtels/restaurant ne seraient quant à elles pleines que tous les 10.5 ans et 23.3 ans, respectivement.

Sur la base des chiffres précédents, on évalue que sont remplies, chaque mois, à Toamasina :

- ✓ 10 fosses septiques non ménagères
- ✓ 130 fosses septiques ménagères
- ✓ 200 latrines à siphon
- ✓ 760 latrines à fosses simples
- ✓ 1.280 tinettes

Ceci correspond à un volume total de boues de l'ordre de 14.100m³ de boues par an.

3.2 Pratiques relevées

A Toamasina, les enquêtes ont relevés 4 types de pratiques lorsque les fosses de latrines sont pleines. Le diagramme suivant précise l'importance respective de chacune d'entre elles au niveau des ménages.

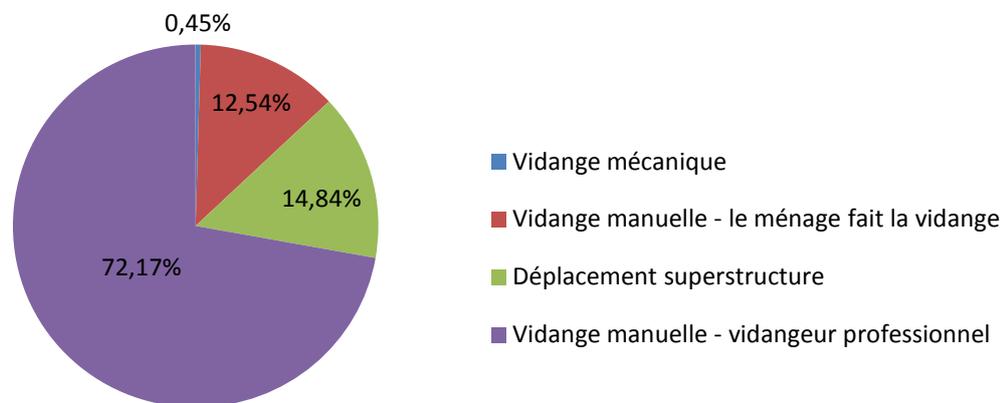


Fig6. Gestion des latrines pleines par les ménages à Toamasina

Au final plus de 85% des fosses ménagères pleines sont vidangées. Aussi, il ressort la très faible part des ménages faisant appel à un service de vidange mécanique (moins de 1%) et la part importante des ménages (plus de 72%) recourant aux services de vidangeurs manuels professionnels.

Ce sont essentiellement les latrines à fosses simples, et 6% des tinettes, qui sont déplacées une fois pleines. En pratique, les latrines à fosse septique et à siphon représentent des investissements trop importants (fosse à siphon vendue par Frères St Gabriel : 260.000Ar, sans superstructure) pour que la condamnation de la fosse soit une solution viable pour les ménages.

Au niveau des non-ménages, seules des vidanges manuelles et mécaniques sont réalisées :

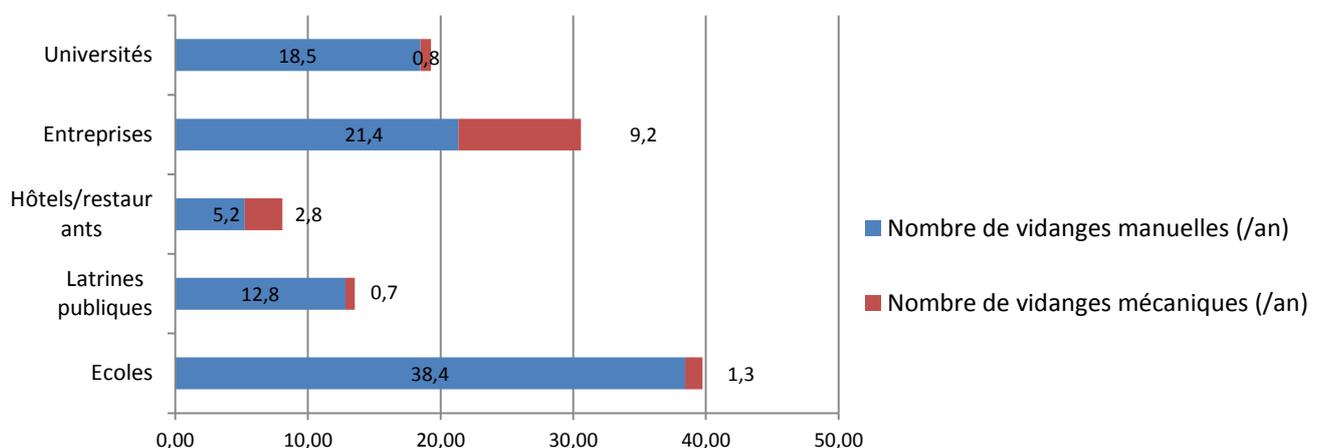


Fig7. Gestion des latrines pleines par les non-ménages à Toamasina

Pour les latrines non-ménagères, il ressort la très nette prédominance des vidanges manuelles sur les vidanges mécaniques, lesquelles ne représentent une part significative qu'aux niveaux des hôtels/restaurants et des entreprises, avec 30% et 35% des vidanges réalisées mécaniquement.

4 CARACTERISATION DES BOUES DE VIDANGE A TOAMASINA

4.1 Définitions

On appelle « boues de vidange » les matières accumulées dans les fosses des latrines. Ces boues résultent d'un mélange d'excrétas, d'eaux usées, de débris de sol et parfois de déchets (charbon, tissus, déchets de cuisine...) déversés dans les latrines.

En général, la gestion des boues de vidange, désigne l'ensemble des dispositions réglementaires et techniques mises en place pour assurer la collecte, l'évacuation et le traitement de ces boues.

4.2 Quantités de boues à gérer

Comme indiqué dans la partie précédente, **le volume total de boues produites à Toamasina est estimé à 14.100m³/an**. Avec une population de 263.000 habitants, le ratio moyen de 54 litres de boues accumulées par habitant et par an, correspond aux ordres de grandeur relevés dans la bibliographie.

Proportionnelle à la population, ce volume évolue au fur des ans. Avec une croissance démographique moyenne estimée de +2,7% sur les 5 dernières années, la production de boues à Toamasina peut donc être estimée à **16.100m³ en 2016**.

4.3 Caractéristiques des boues à gérer

Les moyennes des mesures effectuées pour chaque type de fosse sont reprises dans le tableau suivant :

	Masse volumique	MS	%MS	MV	MV/MS	Viscosité
	(g/mL)	(g/L)	%	(g/L)	%	(Abaque Boesch)
Fosse septique	1,10	127	11%	55	43%	Faible
Latrine à siphon	1,06	104	10%	71	68%	Faible
Tinette	1,15	326	27%	119	36%	Intermédiaire-forte
Fosse simple	1,22	375	29%	96	25%	Intermédiaire

En pratique, une grande variabilité des concentrations a été observée entre les échantillons d'un même type de fosse, particulièrement pour les tinettes et fosses simples aux caractéristiques techniques très variables.

Il convient de préciser qu'à des fins de dimensionnement d'un système de traitement des boues, ces analyses devraient être réalisées sur des échantillons prélevés au niveau des points de rejet des boues vidangées, méthode difficilement applicable à Toamasina où les vidangeurs déversent les boues dans les cours.

Toutefois, il ressort globalement que :

- Les tinettes et les fosses simples à Toamasina présentent des boues trois fois plus riches en MS que celles des latrines hygiéniques (fosses septiques et latrines à siphon).

- Avec des teneurs moyennes en MS de 326g/L et 375g/L pour les boues des tinettes et fosses simples respectivement, les boues présentent des taux de siccité très élevés par rapport aux valeurs moyennes relevées par les études réalisées à Majunga (228g/L) et Antananarivo (129g/L).
- Les boues de fosses septiques présentent également une teneur moyenne en MS très élevée (127g/L contre 25g/L à Antananarivo lors des études menées par EAST). En pratique, le prélèvement dans des fosses déjà pleines donc souvent mal entretenues, pourrait expliquer ce constat.
- Hors mis pour les latrines à siphon, les échantillons présentent des ratios MV/MS moyens inférieurs à 50%, ce qui peut indiquer : (1) un taux de stabilisation assez avancé des boues, ou (2) la présence accrue de sable et de charbon (utilisé pour réduire les odeurs) dans les boues, qui expliquerait également les teneurs très élevées en MS dans les boues de fosses simples et tinettes.
- Les boues de tinettes et fosses simple présentent des viscosités relativement élevées qui peuvent conduire, pour les opérations de vidange par camion, à la nécessité de dilutions importantes des boues, voire à l'inaptitude des systèmes de vidange par aspiration sous vide.

Les analyses révèlent des boues de latrines aux caractéristiques très variables à Toamasina, y compris entre boues issues de latrines de même catégorie.

Les résultats indiquent globalement des boues épaisses et concentrées, particulièrement dans les latrines traditionnelles, ce qui peut être dû à la forte perméabilité du sol ainsi qu'à l'utilisation intensive des latrines.

Dans la perspective d'un traitement basé sur le séchage des boues, la gestion distincte des boues issues de latrines à chasses (latrines à fosses septiques et latrines à siphon) et des boues issues de latrines traditionnelles serait pertinente.

En pratique, des analyses supplémentaires semblent requises afin (1) d'établir des moyennes plus précises et (2) de déterminer le potentiel de séchage des boues dans les conditions climatiques de Toamasina.

5 SERVICES DE VIDANGE EXISTANTS

5.1 Cadre réglementaire

Pendant longtemps, les Communes urbaine malgaches ont assuré des services de vidange en utilisant des camions généralement acquis dans le cadre de jumelages ou de dons humanitaires.

Au niveau de l'**Evacuation et du Traitement des boues**, la Politique et Stratégie Nationale de l'Assainissement spécifie qu'une entreprise, une association ou un ONG peuvent être les gestionnaires de services de vidange, à condition que ces opérateurs aient un agrément de la Commune ou de la Région :

« Les entreprises privées, associations et ONG peuvent intervenir localement pour les vidanges des fosses, le stockage et l'élimination des matières de vidange. Il est indispensable qu'elles aient auparavant obtenu un agrément de la Commune ou de la Région. Cet agrément vise à assurer que ces intervenants respectent des règles d'hygiène strictes et qu'ils ne déversent pas les matières de vidange hors des zones autorisées. »

Le Programme National d'Accès à l'Eau Potable et Assainissement avait pour objectif de mettre en œuvre cette politique sur la période 2008-2012. En pratique, aucune avancée n'a été enregistrée dans ce domaine depuis 2008 à Madagascar.

Fig 8. Aperçu du camion de vidange et du site de dépôt des boues de la Commune d'Antananarivo



A Toamasina, depuis l'arrêt du service de vidange de la Commune en 2006, pour cause de panne du camion, **la gestion des boues est implicitement déléguée aux ménages et opérateurs privés informels** qui, selon un marché uniquement régulé par l'offre et la demande, assurent eux-mêmes toutes les étapes de la gestion des boues : de la construction des latrines, jusqu'à l'évacuation des boues.

5.2 Pratiques actuelles

5.2.1 *La vidange manuelle*

Les vidangeurs manuels réaliseraient 2,8 vidanges par semaine en moyenne, soit 125 vidanges par an. Considérant, l'intervention de 1,25 vidangeur par vidange, et **la réalisation annuelle de 24.500 vidanges manuelles (12.100m³)**, on évalue entre **200 et 300 le nombre de vidangeurs manuels à Toamasina.**

Le tableau suivant récapitule brièvement l'offre de vidange manuelle existante à Toamasina :

	Durée	Coût
Tinette (200L)	30min - 1h	6.000 Ar
L. Siphon (1m³)	2h	15.000Ar
F.Septique	De 2h à 20h	> 40.000Ar

En pratique, il faut noter le **caractère variable des coûts de vidange**, notamment pour les fosses à siphon et septiques qui, vidangées plus rarement, permettent plus de marge de négociation aux vidangeurs.

Techniquement, la **méthode de vidange manuelle à Toamasina diffère peu de celles déjà relevées à Madagascar**. Avec un matériel très limité (bâton, angady, seau...) et sans équipement de protection, les vidangeurs transvasent les boues des fosses dans une fouille creusée dans la cours du client. Une fois transvasée, la boue est recouverte de déchets ménagers et végétaux avant d'être couverte de sable.

Fig9. Aperçu d'une opération de vidange manuelle



Creusage de la fouille d'enfouissement



Ouverture de la fosse



Vidange par seau lesté



Déversement dans la fouille



Remplissage de la fouille par de déchets



Fermeture de la fosse

Les opérations de vidange manuelle à Toamasina se distinguent par le fait qu'elles sont réalisées de jour et rapidement, du fait de la nature sablonneuse du sol qui facilite le creusage de la fouille d'enfouissement.

Sur le plan social, les vidangeurs rencontrés n'ont pas présenté de signes particuliers de marginalité. En particulier, la majorité d'entre eux pratique d'autres activités (plombier, maçon, soudeur, cycloporteur...), la

moitié à étudié jusqu'à la fin du collège, un quart dispose de téléphone portable et un salaire moyen de 150.000Ar/mois a été avancé. Seul 1 vidangeur a dit cacher à son entourage qu'il réalisait des vidanges.

Questionnés sur leur perception des vidangeurs manuels, les ménages ont essentiellement relevé la difficulté à contacter ces prestataires ainsi que le manque de qualité de leurs services, bien souvent.

5.2.2 La vidange mécanique

Jusqu'en 2006, la Commune Urbaine de Toamasina disposait d'un camion de vidange maintenant hors d'usage. Aujourd'hui, seule l'Entreprise « Anjara Environnement » propose des services de vidange mécanisée. Les principales caractéristiques de ces services sont présentées ci-dessous.

Fig10. Services de vidange mécaniques à Toamasina



Service	Moto 1m ³	Camion 5m ³
Durée	30 min – 1h	1h – 2h
Coûts	60.000 Ar	200.000 Ar
Traitement	Station de traitement à 12 Km de la ville	

Sur le plan technique, les deux services d'Anjara Environnement ne permettent que la vidange de boues septiques, liquides. **Des tests réalisés sur une latrine à siphon ont montré l'inaptitude de la moto de vidange à pomper des boues plus visqueuses.**

En pratique, plus de 80% des vidanges réalisées par Anjara Environnement à Toamasina, seraient des vidanges d'eaux pluviales lors des inondations. 115 fosses septiques (≈300m³), seulement, seraient vidangées chaque année par cette entreprise.

Anjara Environnement dispose d'une station de traitement située à 12km de du centre ville (18°10'28" S ; 49°20'21" E). Combinant co-compostage des boues décantées et filtration, aération, dénitrification par les macrophytes (jacinthe d'eau), lombrifiltration et désinfection UV pour la fraction liquide, ce système serait dimensionné pour valoriser mensuellement 50m³ de boues de vidange en compost. **En pratique, l'opérationnalité du dispositif reste à confirmer.**

Seul opérateur de vidange mécanique sur Toamasina, Anjara Environnement positionne son offre sur les services les plus rentables : ceux auprès des entreprises, telles que celles qu'il dessert pour la vidange de toilettes mobiles dans le cadre du projet Ambatovy. **Sans agrément de la CUT, sans publicité ni unité orientés vers les ménages, Anjara Environnement ne vise pas, jusqu'alors, le marché de la vidange des fosses d'assainissement à Toamasina.**

5.3 Problèmes relevés

L'étude a fait ressortir les **problèmes liés à l'utilisation de tinettes** : non hygiéniques et fréquemment pleines, ces équipements entraînent des coûts élevés de vidange aux ménages, de 24.000Ar/an environ (contre 10.000Ar/an environ pour une latrine à siphon ou septique).

Au niveau de la vidange manuelle, les problèmes qui ressortent à Toamasina sont classiques : (i) Accumulation des boues sur les parcelles habitées et (ii) Exposition élevée des vidangeurs aux boues lors des opérations. En outre, à Toamasina, le risque sanitaire lié à l'enfouissement des boues est particulièrement préoccupant que dans d'autres villes malgaches, du fait de l'utilisation de pompes « tany » par 60% des ménages (Instat, 2007).

Au niveau de la vidange mécanique, (i) L'inadéquation des systèmes de pompage à vide utilisés pour les fosses autres que septiques, (ii) L'inaccessibilité de 15% des fosses septiques aux camions, (iii) Le système de service par forfait de 5m³, et (iv) Le coût élevé du service par rapport à la volonté à payer des ménages disposant de fosses septiques (volonté de 21.000Ar/m³ en moyenne contre des coûts pratiqués de 40-60.000/m³) sont autant de freins qui expliquent la très faible part des vidanges de fosses assurées mécaniquement.

Jusqu'alors, il ne semble pas que le prestataire de vidange mécanique basé à Toamasina vise réellement le marché des vidanges de fosses septiques ménagères et non-ménagères de la ville. **En effet, chaque année, 115 fosses, seulement, sont vidangées mécaniquement (≈300m³ de boues) contre 24.500 fosses vidangées manuellement (≈12.000m³ de boues) et 4.200 fosses enfouies (≈1.800m³ de boues).**

Ainsi, sur un volume annuel de 14.100m³ de boues fécales, 98% vidangées non hygiéniquement et/ou accumulées en ville.

Sans aucune régulation, la gestion de boues à Toamasina est entièrement portée par la capacité et/ou volonté à payer des ménages face aux calculs de rentabilité des prestataires privés.

Sans réglementation sur la qualité des équipements et des services d'assainissement, sans transparence dans les procédures d'agrément des prestataires qui les offrent, l'ensemble de la chaîne de gestion des boues échappe à tout contrôle et la piètre qualité qui en découle menace directement la santé publique et l'environnement de la ville.

6 OPTIONS DE SERVICES DE VIDANGE AMELIOREE

Par « services de vidange améliorée », l'étude entend des services de vidange manuels et mécaniques plus accessibles, plus performants et plus hygiéniques que les services actuels et qui incluent impérativement l'évacuation des boues.

Dans le contexte socio-économique de Toamasina, il est admis que ces services doivent être de plus appropriés, techniquement et rentables pour être durables.

6.1 Caractéristiques des services améliorés

A Toamasina, plus de 70% des ménages se disent « insatisfaits » des services actuels de vidange. Le tableau suivant résume les insuffisances relevées :

Insuffisances	
Performance	Vidange manuelle - Mauvaises odeurs lors des opérations - Vidange incomplète - Inadapté aux fosses de volume > 1m ³ - Pas d'évacuation des boues
	Vidange tricycle - Inadapté aux boues pâteuses de tinettes et fosses simples - Inadapté aux fosses de plus de 2m ³
Hygiène	Vidange manuelle - Exposition élevée aux boues - Contamination de la nappe phréatique
Accessibilité	Vidange camion - Tarif forfaitaire (5m ³) - Coût élevé - N'accède pas à la majorité des latrines à tinette, fosse simple - Difficile à contacter/mobiliser
	Vidange manuelle - Difficile à contacter/mobiliser

Ainsi, 5 axes d'intervention ressortent de cet inventaire :

- ① Maintenir des services de vidange alternatifs, complémentaires à la vidange camion pour assurer une desserte au niveau des fosses simples et tinettes (44% des latrines de Toamasina) ainsi que des fosses septiques non accessibles par camion (plus de 20% des fosses septiques)
- ② Améliorer l'hygiène des services de vidanges alternatifs
- ③ Intégrer le maillon « transport » aux services de vidange alternatifs
- ④ Etudier la possibilité d'appliquer des tarifs de vidange camion plus abordables
- ⑤ Faciliter la commande de prestations de vidange

L'option tricycle est écartée par la suite car elle n'apparaît pas appropriée techniquement à Madagascar, compte tenu de l'absence de fournisseur et de la très mauvaise qualité du matériel disponible à Toamasina. Notons toutefois que cette option pourrait présenter un bon potentiel d'ici quelques années.

Si l'amélioration du service de vidange camion porte essentiellement sur l'ajustement coûts, le défi au niveau des services vidange alternatifs est très vaste, d'autant que ces derniers sont jusqu'alors incontournables pour vidanger plus de 77% des boues produites à Toamasina.

Les principaux critères à considérer pour la conception de nouveaux services de vidange alternatifs sont exposés dans les paragraphes suivants.

6.1.1 Critères techniques

A Toamasina, de nombreux foyers ne peuvent être atteints qu'à l'issue d'un parcours à travers plusieurs centaines de mètres de ruelles sinueuses, de moins de 1,50m de large.

Par ailleurs, boues de vidange sont particulièrement épaisses, notamment les boues de fosses simples et de tinettes qui présentent des siccités de l'ordre de 30%.

Fig13. Aperçu de l'accessibilité dans certains quartiers et répartition des boues à vidange selon leur origine



Origine des boues	Volumes de boues produits /an
Tinette	4.040 m ³ /an
Fosse simple	4.580 m ³ /an
Fosses septiques	3.120 m ³ /an
Latrines à siphon	2.400 m ³ /an

Enfin, les mauvaises odeurs lors des vidanges et de manque de place pour l'enfouissement des boues sont les premiers problèmes cités par les ménages concernant les vidanges manuelles.

6.1.2 Critères économiques

D'après les enquêtes, la volonté à payer des ménages pour des services de vidange améliorés serait comprise entre 19.000 et 44.000 Ar/m³ environ :

	Coût des services actuels (Ar/vidange)	Coût volumique des services actuels (Ar/m ³)	Volonté à payer un service amélioré (Ar/m ³)
Tinette	6 300	32 900	44 000
Latrine à fosse simple	8 800	20 200	31 900
Latrine à siphon	14 800	20 000	18 800
Latrine à fosse septique	38 200	33 500	21 400

En pratique, les montants indiqués pour les tinettes sont les plus fiables étant donné que leurs usagers réalisent fréquemment des vidanges. Une fois encore, les tinettes apparaissent comme les plus coûteuses à entretenir, d'autant que leur fréquence de remplissage est très élevée.

Si ces valeurs permettent d'estimer grossièrement le tarif d'un service de vidange améliorée rentable, il convient de préciser que la capacité à payer devrait être supérieure à la volonté de payer.

6.1.3 Critères sociaux

Les principaux éléments relevés à ce niveau sont :

- L'importance des conflits de voisinage, liés aux odeurs des latrines pleines et des vidanges
- La difficulté à contacter un vidangeur, indiqué en 3^{ème} lieu par les ménages enquêtés
- La pratique exclusive des vidanges pendant la journée contrairement à d'autres villes malgaches



Expérience n°1 : Déplacer les boues dans la rue

Afin de cerner l'acceptabilité du transport des boues de vidange dans les rues à Toamasina, 2 vidangeurs, entourés de 3 observateurs distants, ont circulé de jour avec des fûts indiquant le coût d'une vidange avec évacuation des boues.

Pendant 1 heure, personne ne s'est moqué des vidangeurs, plusieurs personnes se sont renseignées sur leurs services et 3 ménages ont passé commande. 10 passants ont été interrogés et tous étaient d'avis qu'il est mieux d'évacuer les boues que de les accumuler sur sa parcelle.

6.2 Services de vidange améliorés proposés

NB : Les propositions suivantes ont considéré le site de traitement des boues située à 10 km de la ville proposé par la Commune Urbaine de Toamasina lors de l'étude (18°12'1.53"S, 49°20'30.31"E).

Si ce terrain est actuellement exploité par la CUT pour le dépôt d'ordures ménagères, celui-ci ne semble pas être une option réellement envisageable étant donné :

- Sa surface limitée à 3.000m² et son relief très accidenté
- Son appartenance au District de Toamasina II, hors du terroir communal de Toamasina

6.2.1 *Service de vidange par camion*

A Toamasina, l'option « camion de vidange » est applicable pour :

- La totalité des latrines non ménagères dont les fosses septiques sont grandes, accessibles et les boues extractibles à l'aide d'une pompe à vide
- 50% des latrines ménagères à fosse septique, les 50% restant n'étant pas accessibles ou présentant un volume inférieur à 2m³



A Toamasina comme à Antananarivo, l'absence de concurrence et de régulation de services de vidange par camion conduisent à des tarifs très élevés, permettant d'importantes marges bénéficiaires aux opérateurs, tout en limitant leurs frais d'entretien de véhicules.

Afin de confirmer ce point, une simulation a été faite pour un service de vidange :

- utilisant un camion d'occasion de 10m³ (20 ans d'âge)
- qui facturerait son service à 27.000 Ar/m³ vidangé (proche de la « volonté à payer » moyenne)
- qui desservirait 30% des latrines à fosses septiques et 80% des établissements non-ménagères

D'après ces calculs, ce service pourrait fonctionner de manière tout à fait rentable, en vidangeant 6,3m³ de boues par jour (313 jours travaillés par an), avec un chiffre d'affaires annuel de 54.300.000 Ar/an et un revenu d'environ 1.100.000Ar/mois, ceci pour un investissement de l'ordre de 94.000.000Ar.

A Toamasina, le développement de services de vidange camion à des tarifs réduits semble envisageable, techniquement et économiquement.

Tout est affaire de négociation entre la Commune Urbaine de Toamasina, maître d'ouvrage de l'assainissement à Toamasina, et l'opérateur auquel elle déléguerait le service de vidange.

En pratique, une grille tarifaire et un quota de vidanges à caractère « social », pour les écoles publiques notamment, devrait être mis en place afin de maintenir l'intérêt d'un entrepreneur tout en garantissant un service de base pour les ménages et établissements publics indigents.

6.2.2 *Services de vidange alternatifs*

Ces services visent les fosses ne pouvant être desservis par camion de vidange, soit près de 60 à 80% des fosses de Toamasina.

En pratique, ces services doivent permettre la vidange :

- des latrines à fosses simples et tinettes
- des latrines à siphon et fosses septiques de volume inférieur à 2m³

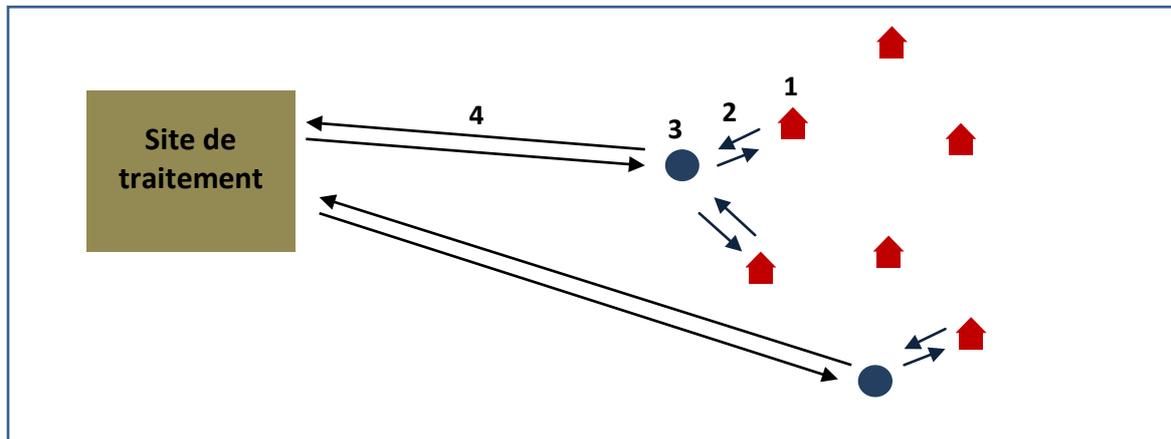
La plupart de ces latrines ne disposant d'un accès qu'à travers des ruelles étroites, ces services doivent recourir à des moyens de transport de petite capacité.

6.2.2.1 Site de transfert des boues

Pour assurer des coûts de service supportables tout en intégrant le maillon « transport des boues », les systèmes alternatifs requièrent des points de transfert en ville, afin d'accumuler les boues vidangées sur une remorque pouvant être évacuée par un tracteur vers le site de traitement. En pratique, 10 points de transferts répartis dans la ville permettraient d'avoir des distances aux latrines de moins de 600m.

Les services alternatifs s'articuleraient en 4 étapes, illustrées ci-dessous : la vidange (1), le transport vers le site de transfert (2), le dépôt au site de transfert (3) et le transport vers le site de traitement (4).

Fig14. Schéma de principe des services de vidange alternatifs



6.2.2.2 Services proposés

Sur la base de différents moyens d'extraction et transport des boues, 3 types de services complémentaires sont déclinés :



Service « cyclopsy » : pour les tinettes

Basé sur l'utilisation de matériel de vidange de base (pelles, seaux...) et d'un cycloporteur pour les transports des boues jusqu'à la remorque de transfert, ce service est adapté aux tinettes.

Avec un opérateur, il permet de réaliser la vidange d'une tinette (200L) en 1h pour un coût de l'ordre de 7.000Ar.



Service « saret » : pour les fosses de 0.5 à 1m³

Ce service est similaire au précédent, à ceci près qu'il utilise une charrette à traction humaine afin d'éviter les vas-et-viens pour des vidanges de plus de 500L. 2 opérateurs peuvent alors réaliser une vidange de volume compris de 0.5 à 1m³ en 1h30 pour un coût de 16.000Ar.

L'expérience a confirmé que 2 personnes peuvent pousser jusqu'à 650kg sur un terrain plat recouvert de sable sec.



Service camionnette : pour les latrines à siphon et septiques ≤ 2m³

Ce service permet de vidanger efficacement les fosses à boues liquides inférieures à 2m³ et accessibles par véhicule léger.

Avec 2 opérateurs et une motopompe de 4KW, la vidange d'une fosse d'un mètre cube peut être réalisée en 1h pour un coût de 32.000Ar.

En pratique, ces services assureraient une meilleure hygiène des opérations à travers :

- L'adoption par les vidangeurs de précautions d'hygiène clairement définies (hygiène, vaccination)
- L'utilisation d'équipements de protection complets (combinaisons, gants, bottes, masques) et de matériel de vidange adapté (pelles, seaux) pour réaliser rapidement et proprement les vidanges
- La mise en place d'un dispositif de contrôle qualité par la Commune Urbaine.



Expérience n°2 : Utilisation d'une pompe manuelle de vidange

Plusieurs technologies alternatives ont été développées pour l'extraction hygiénique des boues de latrines.

La pompe « gulper » permet d'extraire manuellement des boues de fosses par l'orifice de défécation des latrines, à un débit de l'ordre de 30L/min.

A Toamasina, ce matériel a été testé par des vidangeurs. Si dans certaines villes malgaches les vidangeurs montrent un vif intérêt pour cet outil, celui-ci n'a pas convaincu les vidangeurs de Toamasina considérant (1) la très petite taille des superstructures des latrines, où l'usage de la pompe compliqué, et (2) le temps que demande le montage/nettoyage de la pompe. Dans un premier temps, l'utilisation d'un matériel de vidange basique semble donc préférable.

6.2.2.3 Aspects économiques

Le fonctionnement et la rentabilité d'un service de vidange dépendent de sa capacité de desserte.

Pour créer des services de vidange alternatifs permettant de vidanger 25% des boues produites par les ménages à Toamasina (270 m³/mois), les moyens matériels à mobiliser seraient les suivants :

	Nb	Coût unitaire (Ar)	Coût total (Ar)
Tracteur neuf 65cv	1	76.000.000	76.000.000
Remorque (10m3)	2	8.000.000	16.000.000
Cyclopusse adapté	11	600.000	6.600.000
Fût (80L)	129	40.000	5.160.000
Centre administratif	1	5.000.000	5.000.000
Garage	1	5.000.000	5.000.000
Peugeot 504 occasion	1	5.000.000	5.000.000
Citerne MAKIPLAST (5.000L)	1	4.000.000	4.000.000
Charette adaptée	2	500.000	1.000.000
Citerne MAKIPLAST (1000L)	1	600.000	600.000
TOTAL			124.360.000

Le personnel requis pour la gestion du service, réalisant une trentaine de vidanges par jour comprendrait :

- 02 agents administratifs,
- 01 chauffeur (mini-camionnette et tracteur)
- 15 vidangeurs permanents

L'investissement pour la mise en place de ce dispositif est évalué à 124.360.000 Ar (44.000 EUR).

Considérant la portée « sociale » d'un tel service, une marge bénéficiaire de 10% et une exonération de TVA permettraient à celui-ci de dégager une marge annuelle de l'ordre de 9 millions ariary (3.200€).

6.2.2.4 Aspects organisationnels

A première vue, la gestion du service conviendrait bien à une structure locale de type « coopérative », ou « groupement d'intérêts économiques ».

Pour faciliter son développement, cette structure pourrait collaborer avec des vidangeurs franchisés qu'elle sélectionnerait, formerait, équiperait et dont elle assurerait la promotion par des campagnes publicitaires à travers les médias de masse.

De cette façon, un service de vidange de proximité pourrait être développé rapidement en capitalisant les compétences techniques et commerciales des vidangeurs existants, et en évitant la mise en place d'un système complexe de gestion des commandes et du personnel.

6.3 Couverture des services de vidange améliorés

Les services camion et alternatifs configurés selon les détails précédemment mentionnés sont, techniquement, en mesure de réaliser des vidanges au niveau de toutes les latrines de Toamasina.

En termes de capacité de desserte :

- **Le service de camion de vidange** a la capacité technique de réaliser de 10 à 30m³ de vidange par jour, soit de 3.130 à 9.390m³/an ce qui dépasse la production actuelle de boues au niveau des fosses septiques adaptées à la vidange par camion, qui est de 2.520m³/an (fosses ménagères : 1.560m³/an ; fosses non-ménagères 960m³/an) ;
- **Le service de vidange alternatif**, tel que détaillé au paragraphe 2.2.2, a une capacité technique de vidange de 3.246m³/an, ce qui représente environ 25% de la production annuelle de boues au niveau des latrines ménagères de type tinette, fosse simple, fosse à siphon et fosse septique non-accessible par camion.

La figure suivante récapitule l'ensemble des services de vidange améliorés proposés en indiquant les types de fosses qu'ils visent, leurs tarifs, leurs capacités de desserte par catégorie de latrine ciblée (D) et leur taux d'accessibilité au regard de la volonté à payer des ménages (A) :

	Tinettes	F. simples	F.Siphon	F.septiques	F.septiques GM
<i>Volumes moyens</i>	200L	500L	1 m ³	2 m ³	2 à 20 m ³
	6.400 Ar D : 30 % A : 100%				
		15.900 Ar D : 30% A : 100%			
			31.700Ar D : 20% A : 10%	63.400Ar D : 30%* A : 10%	
					27.000Ar/m ³ D : 100% A : 23%

* % des fosses septiques de moins de 2m³

Le système ainsi défini aurait donc la capacité de desservir 41% des latrines ménagères et 100% des latrines non-ménagères de Toamasina, soit 6.390m³ de boues par an, c'est-à-dire 45% du volume total de boues actuellement produites à Toamasina.

Globalement, les tarifs de vidange seraient compris entre 27 et 32.000Ar/m³, en s'appuyant sur un service à caractère « social » pour les vidanges alternatives. Notons que les coûts liés au traitement des boues ne sont pas encore inclus.

A ce stade, il apparaît que si le degré « d'accessibilité financière » des services pour les Tinettes et Fosses simples semble acceptable pour les ménages, celui des services visant les « Latrines à siphon » et « Fosses septiques » le serait moins. En pratique, les volontés à payer annoncées par les usagers de ces équipements semble particulièrement faibles par rapport à leur réelle capacité à payer.

Notons enfin que les systèmes de latrines à chasse permettent de réduire les coûts d'entretien de fosses. Cet argument devrait être mis en avant pour inciter les ménages à s'équiper en latrines améliorées

6.4 Régulation des opérations de vidange.

Maître d'ouvrage de l'assainissement à Toamasina, la Commune Urbaine doit être le garant de la qualité des services de vidange proposés à ses administrés.

C'est dans ce souci qu'elle :

- ✓ Sélectionnera les délégataires de « service camion » et « services alternatifs » montrant le plus d'aptitudes à assurer ces services
- ✓ Négocier les grilles tarifaires des différents services, les quotas d'établissements publics à vidanger et les normes techniques à respecter lors des travaux de vidange
- ✓ Arrêtera une réglementation incitant les ménages et non-ménages à recourir aux services de vidange améliorés et sanctionnant les ménages réalisant des vidanges non-hygiéniques
- ✓ Assurera un contrôle continu des opérations de vidange réalisées

L'engagement de la Commune Urbaine sur ces différents points sera déterminant pour le succès des interventions entreprises. C'est à la Commune Urbaine que revient de garantir les intérêts des populations et des prestataires de vidange pour que des services de vidange durables puissent être mis en place.

6.5 Conclusions

Des solutions viables apparaissent pour palier à plusieurs des insuffisances techniques, économiques et sociales que pose la vidange des boues de latrine à Toamasina

Après analyse, il apparaît que des services de vidange par camion puissent être proposés à des coûts plus abordables que ceux pratiqués jusqu'alors (27.000Ar/m³ contre 40.000Ar/m³ actuellement). Toutefois, ce type de service ne peut, techniquement, desservir que les établissements non-ménagers et 20% des latrines familiales (fosses septiques de plus de 2m³).

La nécessité de développer des services de vidange alternatifs hygiéniques à Toamasina est donc essentielle, compte tenu du fait que 77% des boues produites chaque année ne peuvent-être évacuées autrement.

Dans ce sens, des services reposant sur des technologies rustiques permettent de proposer des tarifs de vidange de l'ordre de 7.000Ar pour les tinettes, 16.000Ar pour les fosses simples et 32.000Ar/m³ pour les latrines à siphon et fosses septiques et de gérer, de manière rentable 25% des boues produites à ce niveau.

Sur le plan technique, ces services permettent d'accéder à toutes les latrines de la ville, d'évacuer les boues hors des concessions et de garantir un minimum d'hygiène grâce à l'utilisation d'outils et d'équipements de base pour réduire les gênes et risques de contamination lors des opérations de vidange.

En termes de coûts, les services de vidange alternatifs améliorés sont évidemment plus chers que les services de vidange manuelle actuels mais semblent accessibles pour une part importante des ménages.

Il faudra toutefois convaincre ces derniers à recourir aux services de vidange améliorés qu'ils jugent coûteux a priori. En pratique, la nécessité de vidanger, la promotion et la réglementation seront autant d'éléments qui permettront d'amener les ménages à dépenser plus pour ces services.

Notons enfin que les services proposés, aussi ambitieux soient-ils, n'en demeurent pas moins des pilotes qui permettraient, au mieux, de gérer 45% des boues actuellement produites à Toamasina.

7 OPTIONS POUR LE TRAITEMENT DES BOUES

Considérant la mise en place des services de vidange décrits précédemment, cette partie propose des systèmes appropriés pour le traitement des boues évacuées hors de la ville.

7.1 Techniques considérées

Le traitement des boues de vidange dans les pays en voie de développement est un domaine expérimental où peu d'options ont fait l'objet d'une évaluation documentée sur plusieurs années d'exploitation.

A ce jour, Sandec, le Département Eau et Assainissement dans les Pays en Développement à l'Institut fédéral suisse de Recherche de l'Eau, dispose de l'une des bibliographies techniques les plus détaillées sur ce sujet, laquelle peut être consultée sur http://www.eawag.ch/forschung/sandec/index_FR.

Considérant cette source, et le reste de la bibliographie consultée, les options de traitement des boues de vidange à moindre coût jugées envisageables pour Toamasina sont les suivantes :

Traitement primaire	Traitement fraction solide	Traitement fraction liquide
Réacteur à Biogaz	Co-compostage	Bassins de stabilisation ou filtre planté (horizontal/vertical)
Bassin de sédimentation		
Filtre planté		
Séchoir solaire	Pas nécessaire	
Co-compostage		Pas nécessaire
Enfouissement	Pas nécessaire	Pas nécessaire

A Toamasina, l'écart de siccité moyenne constaté entre les boues issues de fosses à chasse (fosses septiques et à siphon ; 127g/l et 105g/l) et celles issues de fosse simples et tinettes (326g/l ; 375g/l), suggère de traiter séparément ces différents types de boues.

Par ailleurs, le manque d'expérience dans le domaine des procédés d'épuration à Madagascar et l'absence de toute filière de valorisation des sous-produits générés, amène à considérer, dans un premier temps, des procédés limités à un traitement primaire, afin de réduire au maximum les charges d'exploitation.

Au final, ce sont les procédés de **d'Enfouissement**, de **Filtres plantés**, et de **Séchage solaire** que l'étude retient comme étant les plus appropriés dans le contexte de Toamasina.

7.2 Bases de dimensionnement

En première approche, les procédés de traitement retenus peuvent être dimensionnés sur la base des volumes de boues à traiter et de leur siccité.

Origine des boues	Débit total (m ³ /mois)	Débit maximal vidangé (m ³ /mois)	% des boues traitées	Siccité moyenne (g/l)
- Fosses simples - Tinettes	638	192	30%	350
- Latrines à siphon - Fosses septiques	540	341	63%	115

NB 1 : Les volumes considérés sont basés sur la capacité de vidange maximale de services de vidange camion et alternatifs décrits dans la partie précédente et qui peuvent desservir, au maximum, 45% des boues produites à Toamasina.

NB 2 : Les enquêtes auprès des vidangeurs n'ont pas relevé de saisonnalité des opérations de vidange.

7.3 Procédés de traitement proposés

7.3.1 *Enfouissement*

Ce procédé est envisagé pour l'intégralité des boues évacuées par les services de vidange (533 m³/mois).

L'enfouissement consiste à déverser directement les boues fraîches dans des fosses perdues aménagées dans le sol. Les tranchées sont préparées la veille, et sont directement recouvertes lorsqu'elles sont pleines. Après quelques jours, des arbres sont plantés afin de valoriser les nutriments contenus dans les boues. En théorie, il est possible de réemployer le terrain pour de nouveaux enfouissements après 10 ans.

Fig15. Illustration de l'enfouissement des boues vidangées par camion ou manuellement et leur valorisation



Extrêmement simple et demandant peu d'investissement, l'enfouissement permet simultanément d'assurer l'élimination et la valorisation des boues quelque soit leur volume ou leur qualité.

En pratique, il est recommandé de planter des espèces non comestibles et demandant peu d'entretien sur les fosses pleines, afin de limiter les risques sanitaires et les coûts d'exploitation. Des espèces à croissance rapide pour la production de bois, ou de fibres seraient intéressantes à Toamasina.

S'il présente de nombreux avantages, l'inconvénient de l'enfouissement est qu'il requiert beaucoup d'espace. Par ailleurs, celui-ci permet difficilement de maîtriser les impacts environnementaux liés à la contamination des sols. En pratique, celui-ci est conseillé à titre provisoire, pour quantifier avec précision les flux de pollution à traiter lors de la mise en place de nouveaux services de vidange.

7.3.1.1 Dimensionnement

Les sites de dépôt sont défrichés et organisés selon un quadrillage permettant d'aligner des fosses de 13,5 m³ de volume pour une surface de 8 m² (4m x 2m x 1,7m).

L'exploitation débute par le fond du site afin de faciliter l'amenée des boues. En fonction de la durée d'exploitation du site, la surface nécessaire est calculée selon la formule suivante :

$$Stotale = Sfosse \times \frac{Volume\ de\ boues\ à\ traiter}{Volume\ d'une\ fosse}$$

Un facteur 1,5 est appliqué pour déterminer la surface totale, intégrant accès, locaux techniques, etc.

Ainsi, pour le traitement de l'intégralité des boues vidangées (533 m³/mois), la surface nécessaire pour l'enfouissement est de 5.700 m²/an.

7.3.1.2 Coûts estimatifs

Les coûts d'investissement pour un site d'enfouissement sont limités à l'aménagement de la voie d'accès, d'une clôture, d'un local de gardiennage et d'une aire de lavage du matériel.

L'investissement requis pour cet aménagement serait de l'ordre de 16.500.000 Ar environ (6.000 €), si le site est déjà accessible par un chemin praticable par les véhicules de vidange.

Le coût de traitement est évalué à 2.700Ar/m³ des boues (voir hypothèses au 4.1).

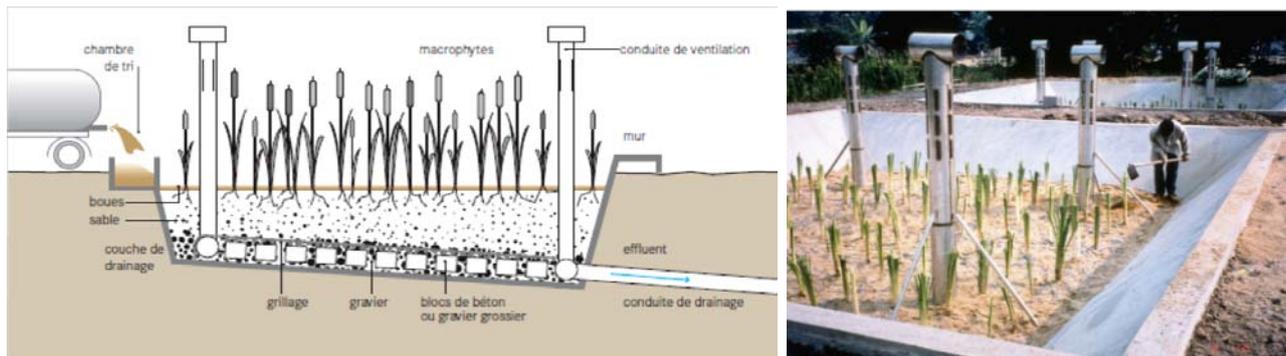
7.3.2 Filtres plantés

Ce traitement est proposé pour les boues liquides, issues des fosses septiques et des latrines à siphon.

Les filtres plantés sont constitués de matériaux filtrants drainés dans lesquels croissent des plantes marécageuses. Les boues sont chargées sur les lits puis déshydratées par percolation à travers le filtre et évapotranspiration au niveau des végétaux. Le système racinaire de ces derniers maintient la perméabilité dans la couche de boues, laquelle peut être renflouée en continu.

Les boues séchées ne sont évacuées qu'au bout de quelques années. La longue durée de rétention des solides favorise leur minéralisation et l'élimination naturelle des pathogènes, ce qui permet l'utilisation directe des boues traitées en agriculture. Les percolats sont épurés mais un polissage peut être nécessaire.

Fig 16. Schéma de principe d'un filtre planté et aperçu d'un filtre en cours de construction



Cette technique présente l'avantage de permettre une déshydratation, une stabilisation et une hygiénisation des boues en une seule étape de traitement, ce qu'aucune autre technique ne réalise.

7.3.2.1 Dimensionnement

Les lits de séchage peuvent être réalisés à l'aide de géomembranes ou d'autres matériaux imperméables (béton ou argile). Au-dessus de la couche imperméable, un réseau de drains est installé pour évacuer les lixiviats. Perpendiculairement à ces drains, des tuyaux de ventilation sont montés afin de permettre l'aération des couches filtrantes.

Le lit contient plusieurs couches (de haut en bas):

- 1m pour l'accumulation des boues
- 100-150mm de sable
- 250mm de gravier fin (diamètre de 5mm)
- 250mm de gros gravier (diamètre de 20mm)

Après construction du lit, les plants doivent être soigneusement entretenus pour permettre la colonisation de la surface de traitement. Au début, 10-15 plantes par m² sont plantés. Papyrus, Typha et Echinochloa sont des espèces confirmées, mais d'autres peuvent être utilisées.

Les boues de vidanges doivent être appliquées par couches de 75 à 100mm tous les 3 à 7 jours, à ajuster en pratique selon le drainage. Pour la charge totale, les plus récentes études suggèrent une charge inférieure à 150kg de MS/m²/an. Tenant compte de la concentration des boues de fosses septiques, la surface des lits de séchage est calculée comme suit :

$$S_{\text{lit de séchage planté}} = \frac{\text{Volume de boues à traiter} \times \text{Siccité}}{\text{Charge maximale}} = 3.137 \text{ m}^2$$

Avec :

Volume de boues à traiter = 341m³/mois = 4.092 m³/an

Siccité moyenne = 115 kg/m³

Charge maximale = 150 Kg de MS/m²/an

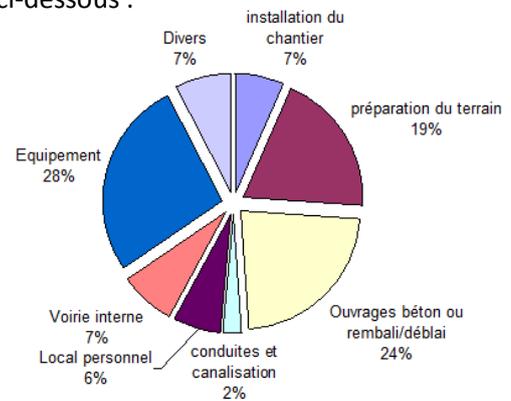
Les filtres plantés peuvent être aménagés en unités allongées, avec une largeur d'environ 6m. Au final, une surface de 6.000 m² serait donc recommandée pour permettre l'aménagement des voies d'accès, locaux techniques et de stockage des boues traitées.

7.3.2.2 Coûts estimatifs

Sur la base des coûts de stations de traitement réalisées par en Afrique sub-saharienne et des coûts de matériaux et main d'œuvre à Madagascar, le coût global de la station de traitement des boues pilote d'une capacité de 341m³/mois à Toamasina est évalué à 238.700€.

La répartition estimative des coûts de construction est indiquée ci-dessous :

Désignation	Montant (€)
Equipements	66.836
Ouvrages béton ou remblais, déblais	57.288
Préparation du terrain	45.353
Installation de chantier	16.709
Voirie interne	16.709
Divers	16.709
Local pour le personnel	14.322
Conduites et canalisations	4.774
TOTAL	238.700



Le coût de traitement est évalué à 4.100 Ar/m³ des boues (voir hypothèses au 4.1).

7.3.3 Séchage solaire

Peu développée dans la biographie consultée, cette option est toutefois proposée à titre expérimental, pour le traitement d'une partie des boues de latrines à fosses simples et tinettes étant donné :

- La forte siccité de ces boues (350g/l de MS en moyenne)
- La rusticité et simplicité de mise en œuvre du procédé
- La production d'un sous produit déshydraté a priori acceptable, culturellement, pour l'épandage
- Le fort potentiel solaire dans la plupart des régions de l'île
- L'existence d'une société malgache maîtrisant ce procédé (Sunthesis SARL)

Combinant déshydratation par percolation et chauffage, le séchoir solaire consiste à disposer les boues à traiter sur un lit de sable placé sous serre. Encore en phase de recherche, ce procédé ne permet pas d'avancer le degré d'hygiénisation des boues à l'issue du traitement.

Fig17. Aperçu du système de séchage des boues utilisé à Ampanifeno, Madagascar (Oxaurus)



Si la région de Toamasina est très pluvieuse, avec des moyennes de 100 à 500mm de pluie/mois sur l'année, il n'en demeure pas moins qu'elle dispose d'un potentiel solaire considérable, avec une puissance d'énergie solaire annuelle moyenne, de l'ordre de 5500Wh/m².

En pratique, l'expérience permettra de vérifier si la permanence de l'ensoleillement et le degré de siccité des boues traitées font de ce procédé une solution performante à Toamasina.

7.3.3.1 Dimensionnement

Le dimensionnement suivant a été réalisé selon les données de la société *Sunthesis* qui réalise des séchoirs en tunnels, réalisés en bâche PVC d'une largeur de 1,7m. Tous les 2 jours, les boues appliquées en couche de 10 cm sont raclées hors du séchoir et stockées sur un andain. Leur siccité atteindrait alors 600g/L.

Après quelques mois de stockage, les boues déshydratées sont aptes à être épandues.

A Toamasina, le traitement de 100 m³ de boues par mois, nécessiterait une surface de séchage de l'ordre de 125m², soient 3 séchoirs de 25m sur 1,7m. La surface totale serait alors de 375 m² (facteur 3), afin de permettre l'aménagement des voies de passage et le stockage des boues traitées avant enlèvement.

7.3.3.2 Coûts estimatifs

Le coût de construction d'un séchoir solaire pour le traitement 100m³ de boues pâteuses par mois est estimé à 87.800.000Ar, ou 31.357 EUR (TVA incluse).

Coûts d'investissement	
3 Séchoirs solaires	79.300.000
Sécurisation	5.000.000
Local gardien	2.000.000
Point d'eau	1.500.000
Total	87.800.000

Le coût de traitement est évalué à 7.000Ar/m³ des boues (voir hypothèses au 4.1).

7.4 Exploitation du site de traitement

7.4.1 Aspects financiers

Etant donné l'absence de redevance pour l'assainissement à Toamasina, les coûts de traitement des boues doivent être directement supportés par les clients des services de vidange.

Par ailleurs, le traitement des boues est une activité nouvelle à Madagascar et ses perspectives, en termes de valorisation des sous-produits, restent très incertaines au vu des fortes réticences culturelles vis-à-vis des excréments. Aussi, le risque d'avoir à enfouir les boues traitées par les systèmes de filtres plantés ou de séchoir solaire n'est pas exclu.

Pour ces raisons, il est conseillé dans un premier temps de ne pas facturer les coûts d'amortissement des infrastructures de traitement aux ménages.

De même, il serait plus indiqué de confier l'exploitation du site de traitement à un prestataire associatif qu'à une entreprise, ceci afin de garantir les coûts de traitement les plus bas possibles. Exonéré de TVA, ce dernier ne facturera alors que les dépenses réelles au niveau du site de traitement.

C'est sur la base de ces hypothèses que les coûts de traitement volumiques indiqués dans les parties précédentes ont été calculés.

7.4.2 Aspects techniques

Les options proposées ont été spécialement retenues pour leur faible coût et leur simplicité. En effet, celles-ci peuvent être mises en œuvre par un personnel peu qualifié, sous la direction d'un exploitant présentant, essentiellement, de bonnes capacités de gestion.

Quelque soit l'option retenue, l'ensemble du personnel sera formé avant le lancement de l'exploitation.

Etant donné le caractère expérimental des solutions de traitement mises en œuvre, il sera primordial de garantir un suivi suffisant afin de pouvoir capitaliser l'expérience conduite après quelques années.

7.5 Conclusion

Le tableau suivant résume les caractéristiques techniques et économiques des différentes options proposées pour le traitement des boues :

Co-compostage	Enfouissement	Filtre planté	Séchoir solaire
Origine boues	Toutes fosses	fosses septiques + fosses à siphon	fosse simple + tinettes
Capacité (m³/mois)	533	341	100
% du volume total de boues	45%	29%	8,5%
Surface traitement	3.137m ² /an	3.800 m ²	125 m ²
Surface total (m²)	5.700 m ²	7.600 m ²	375 m ²
Coût d'investissement (Ar)	16.800.000	668.400.000	87.800.000
Coût d'investissement (€)	6.000€	238.700€	31.357€
Coût de traitement	2.700 Ar/m ³	4.100 Ar/m ³	7.000Ar/m ³

Maillon jusqu'alors délaissé dans la gestion des boues de vidange à Toamasina, le traitement apporte une valeur ajoutée sanitaire et environnementale qui doit être expliquée aux populations malgaches.

En pratique, les coûts supplémentaires liés au traitement devront être couverts par les usagers des services de vidange, ce qui porte à envisager une gestion de type associatif, n'intégrant ni TVA, ni profit, ni renouvellement des infrastructures dans un premier temps, afin de maintenir les tarifs les plus bas possible.

A priori, le coût global pour un service de vidange avec traitement des boues devrait être de l'ordre de 35-36.000Ar/m³ de boues, quelque soit le type de service retenu.

Aussi, il ressort que la réflexion sur le financement de l'assainissement à Toamasina mériterait d'être engagée, afin de réduire la contribution attendue au niveau des établissements publics indigents et des ménages les plus pauvres grâce à la mise en place de redevances assainissement, par exemple.

Aujourd'hui, la question du site de traitement est la plus cruciale pour pouvoir concrétiser les dispositifs proposés. Une surface d'un hectare, à moins de 10km du centre ville, apparaîtrait comme un bon compromis à ce stade.

CONTACTS A MADAGASCAR:

Commune Urbaine de Toamasina :Toalina Zafindrabary, Président Délégation Spéciale, pdscut501@yahoo.fr

ONG PROTOS à Madagascar: Francesca Rossi, Représentante, francesca.rossi@protosh2o.org,
www.protosh2o.org

ONG Saint Gabriel: Idrozelina Elie Rosse, Coordonnateur de Programme, coordonnateur@ongsaintgabriel.org,

PRACTICA Foundation à Madagascar : Xavier Gras, Représentant, xavier.gras@practica.org, www.practica.org