



*Programme*

*Alimentation en eau potable dans les  
quartiers périurbains et les petits centres*



**RAPPORT FINAL**

Action de recherche n°4

**Techniques utilisées au niveau  
des quartiers périurbains pour  
l'évacuation des eaux usées et  
excréta humains**

**Propositions de systèmes  
appropriés**

**Yaoundé, CAMEROUN**

Travail réalisé par :

**Ecole Nationale Supérieure  
Polytechnique de Yaoundé**

Nestor Bemmo  
Thomas Njine  
Moïse Nola  
Dieudonné Ngamga

Juin 1998

Cette recherche a été réalisée dans le cadre d'un programme intitulé " Eau potable et assainissement dans les quartiers périurbains et petits centres en Afrique ", financé par la Coopération française et animé par le Programme Solidarité Eau.

Les dix opérations de recherche et de six actions pilotes conduites dans le cadre de ce programme ont permis de mobiliser des chercheurs, des gestionnaires, des administrations, des ONG, des collectivités locales, des bureaux d'études, d'Afrique comme de France.

Les divers travaux ont approfondi les connaissances sur les aspects fondamentaux de la gestion de l'eau dans les périphéries urbaines et les petits centres sur les thèmes suivants :

Thème 1 : Analyse des paramètres économiques de la distribution d'eau

Thème 2 : Modes de gestion partagée pour le service en eau potable et participation des habitants

Thème 3 : Impact des conditions d'alimentation en eau potable et d'assainissement sur la santé publique

Thème 4 : Aspects institutionnels et relationnels

Rapport de synthèse rédigé sous la direction de Nestor Bemmo (ENSP)

Avec la participation de :

Thomas Njine (Université de Yaoundé I), Moïse Nola (Université de Dschang)

Dieudonné Ngamga (Université de Yaoundé I)

### **ENSP**

Ecole Nationale Supérieure  
Polytechnique de Yaoundé  
BP 8390  
Yaoundé  
Cameroun  
Tél. : 237 23 12 26 / 23 18 41  
Fax : 237 23 18 41

### **Université de Yaoundé I**

Laboratoire de Biologie Générale  
Faculté des Sciences  
BP 812 Yaoundé Cameroun  
Fax : 237 20 18 54

### **Université de Dschang**

Département de Chimie  
Faculté des Sciences  
BP 67 Dschang, Cameroun  
Tél. : 237 45 17 34,  
Fax : 237 45 14 55

*Cette étude a été financée par le Fonds d'Aide et de Coopération d'Intérêt Général  
FAC-IG n°94017700  
et pilotée par le CERGNE (contrat de subvention n°9602253)*

*dans le cadre du programme « Eau potable et assainissement dans les quartiers périurbains et les petits centres », coordonné par le Programme Solidarité Ea*

### **Programme Solidarité Eau**

c/o GRET, 211-213 rue La Fayette, 75010 Paris, France  
Tél. : 33 (0) 1 40 05 61 23 - Fax : 33 (0) 1 40 05 61 10  
E.mail : pseau@gret.org

# Sommaire

<b>Introduction générale .....</b>	<b>5</b>
<b>Chapitre 1 : Etudes générales sur les quartiers à habitat spontané et les quartiers périurbains de Yaoundé.....</b>	<b>7</b>
<b>I. Milieu physique de Yaoundé, localisation et description des quartiers à habitat spontané et des quartiers périurbains .....</b>	<b>7</b>
1. Climat .....	7
2. Nature du sol .....	7
3. Morphologie générale.....	8
<b>II. Principaux quartiers à habitat spontané de Yaoundé et leurs principales caractéristiques .....</b>	<b>9</b>
1. Principaux quartiers à habitat spontané de Yaoundé .....	9
2. Caractéristiques générales des quartiers à habitat spontané de Yaoundé.....	10
<b>III. Principaux quartiers périurbains de Yaoundé et leurs caractéristiques.....</b>	<b>18</b>
1. Principaux quartiers périurbains de Yaoundé.....	18
2. Caractéristiques générales des différents quartiers périurbains de Yaoundé ....	18
<b>IV. Impact des différents dispositifs d'évacuation des eaux et excréta sur les ressources en eau disponibles à Yaoundé .....</b>	<b>25</b>
1. Matériels et méthodes utilisés .....	25
2. Résultats obtenus .....	26
<b>Chapitre 2 : Quartiers périurbains d'Ekounou I, d'Ekounou II, de Kondengui et du quartier à habitat spontané de Mvog Ada..</b>	<b>29</b>
<b>I. Enquêtes et analyse des résultats.....</b>	<b>29</b>
1. Formation et évolution historique des quartiers d'Ekounou I, d'Ekounou II, de Kondengui et de Mvog Ada .....	29
2. Caractéristiques socioculturelles et socio-économiques des quartiers.....	31
3. Mode d'alimentation en eau et antécédent médical .....	35
<b>II. Suivi chimique et bactériologique des points d'eau .....</b>	<b>40</b>
1. Présentation des points d'eau étudiés .....	40
2. Méthodologie retenue pour la détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux.....	45
3. Résultats et commentaires.....	45
4. Classement des différents points d'eau suivant les différentes classes de qualité ...	53
<b>III. Conclusion.....</b>	<b>54</b>
<b>Chapitre 3 : Essai de mise en évidence du pouvoir auto-épurateur du sous-sol de Yaoundé.....</b>	<b>55</b>
<b>I. Introduction .....</b>	<b>55</b>
1. Description des carottes .....	55
2. Présentation des sites des carottes .....	55
3. Méthodologie .....	57
4. Résultats.....	57
<b>II. Conclusion et perspectives.....</b>	<b>67</b>

## **Chapitre 4 : Sélection des technologies adaptées pour les quartiers a habitat spontané et les quartiers périurbains de Yaoundé 69**

<b>I. Inventaire et analyse des différentes techniques .....</b>	<b>69</b>
1. Différents dispositifs traditionnels fonctionnant à sec.....	69
2. Dispositifs traditionnels améliorés fonctionnant à sec : utilisation des cabinets à fosse ventilée (cabinet VIP) et des cabinets ATIR.....	72
3. Dispositifs individuels d'évacuation des eaux usées et excréta fonctionnant à eau. ....	78
4. Avantages et inconvénients des différents dispositifs d'assainissement autonome des eaux usées et excréta. ....	85
<b>II. Sélection des technologies d'évacuation des eaux usées et excréta adaptées .....</b>	<b>89</b>
1. Niveau des services d'approvisionnement en eau.....	89
2. Nature du sol .....	92
3. Densité des populations, taille des ménages, revenus actuels et futurs des ménages, habitat .....	93
4. Cadre institutionnel existant.....	94
5. Systèmes d'évacuation des eaux usées et excréta adaptés aux quartiers périurbains et les quartiers à habitat spontané de Yaoundé.....	96

## **Chapitre 5 : Analyse des pratiques actuelles de gestion des ordures ménagères et matières de vidange..... 97**

<b>I. Analyse des pratiques actuelles de gestion des ordures ménagères et matières de vidange .....</b>	<b>98</b>
1. Les ordures dans les quartiers à habitat spontané et les quartiers périurbains de Yaoundé.....	98
2. Impact des différents déchets solides sur la santé et l'environnement .....	100
<b>II. Proposition des types de système de gestion des ordures ménagères et des matières de vidange les plus adaptés aux quartiers périurbains et aux quartiers à habitat spontané de Yaoundé.....</b>	<b>101</b>
1. Choix d'une méthode de traitement des ordures ménagères pour les zones périurbaines et les quartiers à habitat spontané de Yaoundé.....	101
2. Compostage décentralisé .....	102
3. Compostage centralisé .....	103
4. Analyse des pratiques actuelles de gestion des matières de vidange dans les quartiers périurbains de Yaoundé et proposition s pour une meilleure gestion des déchets .....	108

## **CONCLUSION GENERALE ..... 113**

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... 114**

## **Annexes ..... 116**

## Introduction générale

L'accroissement général de la population et l'extension permanente de l'industrialisation sont des facteurs importants favorisant les nuisances et les pollutions pouvant entraîner la dégradation de la santé et de l'environnement.

L'industrialisation et toute autre activité économique imposent d'importants regroupements, plus particulièrement de la population active, en des zones où les industries ont à leur disposition des hommes et des matières premières.

Depuis cent cinquante ans environ, cette transformation de la société a entraîné l'abandon dans la nature des rejets constitués d'eaux résiduaires et des matières solides nuisibles à la vie et à la nature.

Longtemps avant que le phénomène d'urbanisation ne prenne une ampleur, ces rejets n'ont posé aucun problème majeur, car la population était très dispersée sur l'étendue du territoire et la civilisation avait pour base l'agriculture. Les rejets, du fait de leurs caractéristiques biodégradables et de leur grande répartition dans la nature s'intégraient alors et s'éliminaient dans le cycle de la vie.

Ainsi, l'accroissement général de la population et les nouvelles conditions de vie ont-ils favorisé les nuisances et les pollutions. Les nuisances étant considérées comme l'activité humaine pouvant entraîner un risque notable pour la santé et le bien de l'homme ou qui peut atteindre indirectement l'homme par des conséquences sur son patrimoine naturel, culturel ou économique. La pollution, par ailleurs, consiste en la présence dans l'eau ou dans l'air d'une substance étrangère le plus souvent nocive qui devient une nuisance pour l'individu.

Tous ces rejets, dus à l'activité de l'homme en milieu urbain, engendrent, pour ce qui intéresse l'assainissement, les pollutions de l'eau avec tous les risques que cela comporte sur le plan de l'hygiène, de la vie biologique et de la protection de l'environnement.

Sur le plan sanitaire et de l'hygiène publique, on comprend que tout doit être mis en œuvre pour lutter contre l'aggravation de ce phénomène.

Sur le plan de la protection de l'environnement, il faut remarquer que, outre le degré élevé de pollution des eaux, les ouvrages d'assainissement, lorsqu'ils sont mal conçus ou exploités dans de mauvaises conditions, risquent d'être à l'origine de certaines nuisances, à savoir les odeurs, les insectes, les rongeurs auxquels sont sensibles les hommes et le site dans lequel ils vivent.

Parmi les problèmes posés par les rejets solides et liquides en milieu urbain, on citerait :

- ceux liés à la collecte et au traitement des eaux usées,
- ceux liés à l'évacuation des eaux de ruissellement,
- ceux liés à la gestion des déchets solides,
- ceux liés à la pollution de l'air et du sol,
- ceux liés à la pollution visuelle.

On peut admettre que les problèmes liés à la maîtrise de la gestion des eaux usées et excréta sont les plus cruciaux dans la mesure où la santé des populations urbaines et l'environnement en dépendent. L'étude entreprise sur l'évacuation des eaux usées, des excréta et des eaux de vidange vise l'analyse et le choix des technologies appropriées pour la collecte et l'évacuation des eaux

usées et excréta dans les quartiers périurbains de Yaoundé (Cameroun). Pour atteindre cet objectif, les travaux de recherche entrepris s'exécuteront suivant les différentes phases suivantes :

- ▷ Localisation et description des quartiers périurbains de Yaoundé;
- ▷ Etude des contraintes socio-économiques et des différents dispositifs d'évacuation des eaux et excréta dans les quartiers périurbains de Yaoundé;
- ▷ Impact des différents dispositifs d'évacuation des excréta sur les ressources en eau ;
- ▷ Inventaire des technologies généralement utilisées pour l'évacuation des eaux usées et excréta humains dans les quartiers périurbains et les quartiers à habitat spontané de Yaoundé. Cas particulier des quartiers périurbains d'Ekounou I, d'Ekounou II, de Kondengui et du quartier à habitat spontané ancien de Mvog Ada ;
- ▷ Inventaire des technologies individuelles généralement utilisées pour l'évacuation des eaux usées et excréta humains. Avantages et inconvénients des différents systèmes. Analyse des coûts des différents dispositifs.
- ▷ Choix des dispositifs les mieux adaptés pour les quartiers périurbains et les quartiers à habitat spontané de Yaoundé.

# **Chapitre 1 :**

## **Etudes générales sur les quartiers à habitat spontané et les quartiers périurbains de Yaoundé**

### **I. MILIEU PHYSIQUE DE YAOUNDE, LOCALISATION ET DESCRIPTION DES QUARTIERS A HABITAT SPONTANE ET DES QUARTIERS PERIURBAINS**

---

#### **1. Climat**

La ville de Yaoundé est située à 3° 5' de latitude Nord et 11° 31' de longitude Est à la lisière de la grande forêt du Sud Cameroun, à 200 km environ à vol d'oiseau de la côte Atlantique et bénéficie d'un climat sub-équatorial tempéré par l'altitude (entre 66 et 800 m).

Ce climat est marqué par l'alternance des saisons sèches et de saisons des pluies :

- une grande saison sèche de mi-novembre à la fin du mois de mars;
- une petite saison des pluies d'avril à mi-juin;
- une petite saison sèche de mi-juin à mi-août;
- une grande saison des pluies de mi-août à mi-novembre.

Il tombe en moyenne 1 650 mm d'eau par an sur le site de Yaoundé. Le caractère généralement brutal des averses joue un rôle important sur les caractéristiques de l'habitat et des ouvrages d'évacuation des eaux pluviales, la pérennité des chaussées et le ravinement des zones non protégées par la végétation.

Avec une moyenne de 23,5°C, les températures oscillent entre :

- 18 et 28°C aux saisons humides;
- 19 et 35°C aux saisons sèches.

L'hygrométrie est très élevée et présente une moyenne annuelle de 83% et de grands écarts, le minimum étant, vers 15 heures, de 35% à 60% suivant les saisons (humide ou sèche), le maximum étant de 98% dans la soirée vers 22 heures.

#### **2. Nature du sol**

Des études géologiques et pédologiques sur Yaoundé montrent que son site repose sur un complexe géologique de base magmatique d'âge précambrien D. Il s'agit d'un sol acide où le fer est essentiellement inclus dans les micas noirs et les grenats. Ce qui justifie le caractère acide des eaux souterraines. Magnésium (abondant), potassium (bien représenté), calcium (faiblement représenté), sodium (en très faible quantité) et phosphore (en très faible quantité) sont les principaux éléments constitutifs de ce sol.

Sous les crêtes, le socle rocheux est situé en général à une profondeur de 15 à 20 m, sous une couche d'altérite (latérite argileuse ou argile rouge). Sous les fonds de vallées, le socle rocheux est situé à une profondeur de 2 à 8 m sous des couches successives de vases, de sable argileux et d'argiles.

### 3. Morphologie générale

La ville de Yaoundé, est située en grande partie dans le bassin du Mfoundi, qui se présente sous la forme d'une cuvette en ovale, légèrement inclinée vers le sud et dominée à l'ouest par une chaîne montagneuse culminant à 1200 m. Le cours d'eau Mfoundi draine cette ville.

Cette cuvette est constituée de plateaux allongés drainés par un réseau dense de vallées et disposés en éventail à partir de deux points de convergence : le centre ville situé au centre de cette cuvette, et le confluent du Mfoundi et de la Mefou au sud de la cuvette.

L'analyse des plans topographiques, couplée à la connaissance du terrain permet de distinguer deux grandes zones à Yaoundé :

- les zones non constructibles couvrant les secteurs de faibles pentes (fonds de vallées généralement inondables) de pente inférieure ou égale à 5%, et les zones de fortes pentes (de pente supérieure à 15%) constituant le siège permanent d'érosion et d'éboulement.
- les zones constructibles urbanisables, de pente comprise entre 5 et 15%.

Le relief de la ville de Yaoundé n'offre que 70% de sa superficie à l'urbanisation. Le tableau 1 présente la typologie du relief et les différents quartiers de la zone d'étude.

**Tableau 1 : Typologie du relief et différents quartiers de la zone d'étude.**

N°	Pente moyenne	Quartiers à habitat spontané	Quartiers périurbains
1	Zones de faible pente (pente inférieure à 5%)	Mokolo Elobi, Tsinga Elobi, Mélen Elobi.	Kondengui "vallée"
2	Zone de pente moyenne (pente comprise entre 5 et 15%)	Mvog Ada	Mendong Village, Kondengui.
3	Zone de pente forte (pente supérieure à 15%)	Messa Carrière	Ekounou, Mvog Betsi Village, carrière Village, Mélen 1 et 2, Mimboman II.

## II. PRINCIPAUX QUARTIERS A HABITAT SPONTANE DE YAOUNDE ET LEURS PRINCIPALES CARACTERISTIQUES

### 1. Principaux quartiers à habitat spontané de Yaoundé

La ville de Yaoundé compte une vingtaine de quartiers spontanés couvrant près de 20% de sa superficie et dans lesquels sont concentrés environ 60% de la population urbaine. Dans le tableau 2 ci-dessous sont présentés les principaux quartiers à habitat spontané de Yaoundé.

**Tableau 2 : Principaux quartiers à habitat spontané de Yaoundé et leurs populations**

N°	DESIGNATION du QUARTIER	Population		Nombre de ménages		Taille
		en 1987	en 1996	en 1987	en 1996	Moyenne des ménages
1	BRIQUETERIE	19715	30558	4631	7178	4
2	ELIG EFA	11871	18400	2514	3897	5
3	ETETAK	1454	2254	247	383	6
4	MADAGASCAR	5895	9137	1119	1734	5
5	MBALLA 2 "Vallée"	6750	10463	1306	2024	5
6	MELEN	34004	52706	7744	12003	4
7	MELEN 1 <sup>1</sup>	4195	6502	1025	1589	4
8	MELEN 2 <sup>1</sup>	2051	3179	626	970	3
9	MELEN 3 <sup>1</sup>	3667	5684	1870	2899	2
10	MESSA ANGONO	2138	3314	448	694	5
11	MESSA CARRIERE	6397	9915	1283	1989	5
12	MESSA EKOAZON	2883	4469	544	843	5
13	MESSA MEZALA	3758	5825	726	1125	5
14	MESSADOUMASSI	7451	11549	1556	2412	5
15	MOKOLO	7443	11537	1438	2229	5
16	MVOG ADA	22824	35377	4688	7266	5
17	MVOG MBI	6563	10173	1478	2291	4
18	NGOA-EKELE "BONAMOUSSADI"	3654	5664	1478	2291	2
19	NGOA-EKELE "CRADAT"	2346	3636	986	1528	2
20	NKOL ETON	1732	2685	339	525	5
21	NKOMKANA	12172	18867	2488	3856	5
22	NTOUNGOU	3846	5961	882	1367	4
23	OBILI	11708	18147	2922	4529	4
	<b>TOTAL</b>	<b>184517</b>	<b>286002</b>	<b>42338</b>	<b>65622</b>	<b>4</b>

<sup>1</sup> La taille moyenne du ménage reste faible dans les quartiers Melen 1-3 du fait de la proximité de l'Université et de ses grandes écoles, qui entraîne la présence de plusieurs ménages à une personne (étudiants pour la plupart)

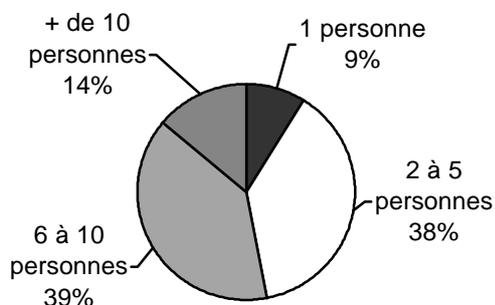
## 2. Caractéristiques générales des quartiers à habitat spontané de Yaoundé

### 2.1 Caractéristiques socioculturelles et économiques

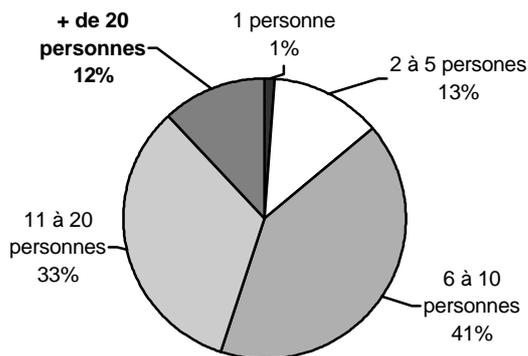
#### *Démographie*

La densité de la population est assez élevée dans les quartiers à habitat spontané de la ville de Yaoundé. Cette densité varie en effet entre 200 et 300 habitants à l'hectare. La taille moyenne des ménages est de 5 personnes. On relève que plus de 73% des ménages vivent dans une même parcelle; ce qui correspond à un nombre moyen de 10 individus environ par concession.

Les figures 1 et 2 présentent la taille des ménages et le nombre d'habitant par concession respectivement.



**Figure 1 : Taille des ménages**



**Figure 2 : Evaluation du nombre d'habitants par concession.**

### *Revenus des ménages*

Dans les quartiers à habitat spontané se concentrent les plus pauvres de la ville. Le taux de chômage y est élevé et le secteur informel reste le champ de prédilection des chefs de ménage.

Sur l'ensemble des chefs de ménages enquêtés dans les quartiers à habitat spontané de la ville de Yaoundé, 63% de ces derniers sont en activité. Le statut de leur emploi se caractérise par deux classes : les salariés du secteur public et privé structuré (46%) et les indépendants (54%) du secteur privé informel (artisan, petit commerçants à la sauvette, mécaniciens, etc...). On relève en outre que l'occupation dans leur emploi est principalement du statut permanent (79%), contre 12% d'occasionnel et 8% de temporaire. Ils exercent leurs activités en journée continue comme le stipule la législation du travail actuelle au Cameroun.

Le revenu moyen mensuel par ménage est d'environ 58.000 FCFA /ménage/mois pour un ménage de près de 7 personnes, soit un ratio de 8.250 FCFA par personne et par mois dans le ménage. Ce montant est faible par rapport à celui obtenu dans les quartiers périurbains de la ville (13.330 FCFA /personne/ménage). Ceci s'expliquerait par le fait que dans les quartiers périurbains, on note que plusieurs chefs de ménage sont des cadres moyens en activité qui n'ont trouvé des terrains libres disponibles que dans le périmètre urbain de la ville de Yaoundé. Le revenu moyen de ces derniers varie cependant entre 30.000 FCFA (31% des ménages) et 100.000 FCFA (28% des ménages). Les dépenses mensuelles par ménage sont disproportionnées par rapport à leurs revenus respectifs. On relève en effet que : 31% des ménages ayant un revenu total de moins de 30.000 FCFA dépensent plus de cette somme par mois; le même constat est fait dans la tranche de revenus de 30 à 60.000 FCFA (6% des ménages) et de 60 à 100.000 FCFA (2% des cas). Ceci expliquerait le fait que la plupart de ces chefs de ménages ont des activités secondaires informelles.

De manière générale, les revenus des ménages des quartiers à habitat spontané restent très faibles, et ne peuvent pas permettre à ces derniers de s'octroyer un branchement direct au réseaux d'eau potable SNEC ou de se construire un ouvrage d'assainissement individuel décent ( le coût moyen de celui-ci étant de 70.000 FCFA pour les latrines traditionnelles simples et de plus de 600.000 FCFA pour les WC avec fosse septique. C'est ce faible revenu qui pourrait expliquer le recours par les ménages de ces zones aux techniques de latrines collectives à fonds perdus, bien que ces structures ne donnent pas entière satisfaction à leurs utilisateurs. Le tableau 3 récapitule la fréquence des différentes tranches de revenus.

**Tableau 3 : Différentes tranches de revenus**

<b>Tranches de Revenus</b>	<b>Fréquence</b>	<b>%</b>
1 à 30000	32	26,89%
30001 à 60000	48	40,34%
60001 à 100000	33	27,73%
> 100000	6	5,04%
Total	119	100,00%

## **2.2 Caractéristiques urbanistiques**

### *Infrastructures et Equipements*

Les quartiers à habitat spontané sont caractérisés par l'insuffisance, voire l'absence de routes de desserte et des équipements de première nécessité tels que les écoles, les dispensaires, etc. Le

taux de desserte de la parcelle est faible et ne dépasse pas les 30%. Les routes existantes sont en très mauvais état, impraticables en saison de pluie et poussiéreuses en saison sèche. Seuls les chemins piétonniers parfois très accidentés et sinueux, constituent le moyen de desserte le plus courant.

### *Occupation du sol*

Le plus souvent, les sites qui abritent les quartiers spontanés sont soit des bas-fonds marécageux inondables, soit des zones de forte pente non constructibles (avec des pentes dépassant parfois les 20%) et sujettes aux éboulements. Les espaces sont anarchiquement occupés, sans lotissement préalable, et sans autorisation de bâtir. La promiscuité est importante et les sites sont en général dépourvus de titres fonciers.

### *Habitat et Logement*

L'habitat est du type précaire. Les enquêtes - ménages qui ont été menées dans ces quartiers révèlent que les matériaux provisoires ou de récupération y sont couramment utilisés pour la construction des logements. Divers matériaux prédominants sont employés ; on constate que :

- ▷ les murs sont majoritairement construits en "Poto-poto" (61%); 16% environ des murs sont en parpaings de ciment, 14% en bois, contre seulement 9% en briques de terre.
- ▷ les sols de ces maisons sont en grande partie (89%) en ciment, contre 10% en terre. L'ensemble est couvert par une toiture en tôle en aluminium (plus de 99%), sous laquelle est fixé un plafond en contre plaqué ( plus de 84%).
- ▷ le nombre moyen de chambres est égal à 3 chambres par maison; ce qui conduit à un taux d'occupation de près de 3 personnes en moyenne par chambre. La figure 3 illustre les pourcentages des matériaux utilisés pour la construction des murs et couvertures dans les quartiers habitats spontanés.



**Figure 3 : Matériaux prédominant utilisés pour la construction des murs dans les quartiers à habitat spontané.**

D'une manière générale, les maisons des quartiers à habitat spontané sont mal construites du fait de la non qualification de la main d'œuvre, de la mauvaise mise en œuvre des matériaux, du choix des matériaux précaires, et surtout des revenus très faibles des ménages.

### *Assainissement et eau potable*

Le principal mode d'assainissement individuel des ménages des quartiers à habitat spontané reste à plus de 85% la latrine à fond perdu. Il s'agit en général comme dans le cas des latrines des quartiers périurbains de la ville, d'une fosse non étanche au dessus de laquelle est construite une dalle en béton ou en terre, ou même en bois; l'ensemble étant protégé par des murs en matériaux provisoires de récupération, ou en tôle, ou en briques de terre, ou alors en "Poto-poto".

Les systèmes "modernes" de WC avec fosse septique et puisard ne constituent que 14% des ménages enquêtés. La fosse est en général mal construite, et elle subit des fuites d'eau et des dégagements d'odeurs nauséabondes; le système d'étanchéité est absent ou est très peu fonctionnel. Les dimensions fonctionnelles moyennes de ces fosses sont les suivantes (Longueur = 3m; largeur = 1,5; et profondeur = 2m); le puisard non étanche de section circulaire, a en moyenne une profondeur de 8 à 10m sur un diamètre moyen de 1m.

En général, le nombre moyen de ménages utilisant la même latrine ou le même WC est de 2 ménages/latrines; soit un taux moyen d'utilisation de près de 14 personnes par ouvrage. La superficie moyenne de ces ouvrages est d'environ 6m<sup>2</sup> par parcelle. Le sol est en béton (86% des cas) ou en terre battue, tôles de récupération(42%) ou en parpaings (25%), ou alors en bois (11%). La distance moyenne entre les ouvrages d'alimentation en eau (puits et sources plus particulièrement) et les WC ou les latrines dépasse rarement 20m. Les enquêtes effectuées montrent que plus de 56% des ouvrages d'eau sont situés à proximité des ouvrages d'assainissement individuels, WC et latrines; ceux-ci constituent une source potentielle non négligeable de contamination de la ressource en eau ainsi mobilisée.

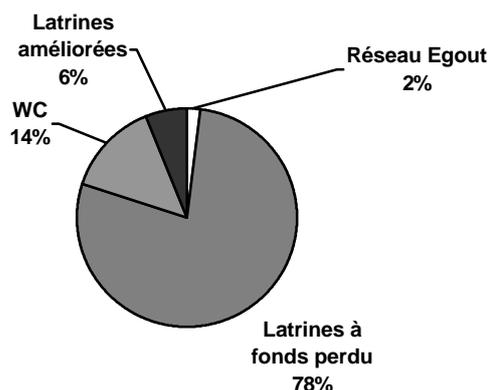
Les ouvrages d'évacuation des excréta sont la propriété des ménages ; ce qui explique que la conception de l'ouvrage (plus de 91%), son financement (plus de 90%) et sa réalisation (plus de 90% avec l'aide des tâcherons du quartier), soient sous la supervision du chef de ménage, responsable de la parcelle. Ces ouvrages ont plus de 5 ans d'âge en moyenne; on relève cependant que 25% de ceux-ci ont plus de 20 ans.

Le coût moyen de construction d'une latrine est de l'ordre de 70.000 FCFA. Il est d'environ 600 000FCFA pour un ensemble fosse septique et puisards.

Les enquêtes-ménages que nous avons faites dans les quartiers à habitat spontané ont mis en évidence que le système d'assainissement des eaux usées et excréta de ces quartiers souffre d'un certain nombre de problèmes dont les plus importants sont les suivants :

- ▷ 93% de ces ouvrages souffrent du manque d'entretien et de maintenance (après plus de 10 années de fonctionnement, les latrines ou les puisards n'ont jamais été vidangés convenablement ; ce n'est que lors des pluies que les ménages "ouvrent" le trop plein qui déverse le contenu de la fosse directement dans le cours d'eau voisin ou dans une rigole ou caniveau proche, contribuant ainsi à polluer l'atmosphère et à contaminer les cours d'eau de la ville).
- ▷ 84.3% des WC et latrines, dégagent des odeurs nauséabondes. Ceci est du à la faiblesse du système d'étanchéité , conséquence d'un mauvais aménagement (mal façon, mauvaise mise en œuvre, matériaux peu adaptés, manque d'information, faiblesse des revenus des ménages, méconnaissance des techniques de construction de ces types d'ouvrages, non qualification de la main d'œuvre qui est pour la plupart familiale ou locale avec des "tâcheron" pris dans le tas etc.).
- ▷ 64.3% souffrent du problème d'accès, qui est selon les ménages enquêtés, sale, accidenté et non aménagé. Dans les quartiers situés en zones marécageuses, les latrines sont construites le long des cours d'eau ou proches de ceux-ci afin de "faciliter" la vidange au moment des pluies au moyen des canalisations en PVC Ø 100mm.

- ▷ 54% des ouvrages d'assainissement sont envahis par les rats, les cafards et autres insectes vecteurs de maladies diverses; ceci est essentiellement dû à l'absence de systèmes d'aération propres, ce qui favorise l'émergence des odeurs de toutes sortes.
- ▷ 42% des latrines et WC "modernes" sont proches des puits, des points d'eau, des dépôts sauvages d'ordures ménagères en putréfaction et des eaux usées stagnantes. La figure 4 illustre les différents modes d'assainissement.



**Figure 4 : Mode d'assainissement**

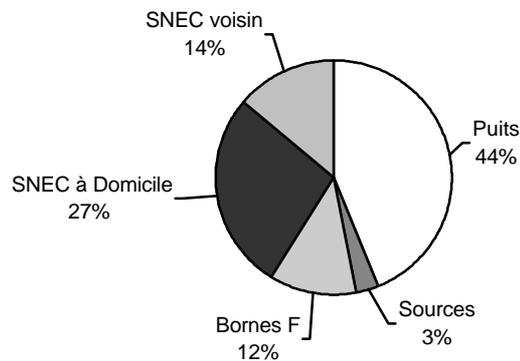
Les eaux usées et les eaux de pluies ne sont pas drainées car il n'y existe aucun système d'évacuation approprié. Lorsque des drains existent (les drains primaires et naturels surtout) ils sont soit littéralement bouchés par les ordures ménagères que les ménages sont obligés de déverser dans les caniveaux et dans les multiples décharges sauvages suite à l'absence de systèmes de ramassage par les services compétents de la Mairie, soit envahis par les herbes. C'est ainsi que les inondations sont fréquentes causant parfois des pertes des vies humaines. Le tableau 4 résume les différents modes d'assainissement des habitations de la zone d'étude

**Tableau 4 : Différents modes d'assainissement**

Type de latrines	Fréquence	%
Latrines à Fonds Perdu	238	78,55%
Latrines Améliorées	17	5,61%
Réseau d'Egouts	5	1,65%
Fosse septique et puisard	43	14,19%
<b>Total</b>	<b>303</b>	<b>100,00%</b>

On relève dans les quartiers à habitat spontané de Yaoundé une nette insuffisance du réseau d'approvisionnement en eau potable comme c'est également le cas des autres réseaux techniques urbains (électricité, téléphone, etc...). Le taux de branchement sur le réseau conventionnel reste faible à cause de l'inexistence des voies de dessert, et de la faiblesse des revenus des ménages. Aussi, les ménages ont-ils le plus souvent recours à des modes d'approvisionnement "traditionnels". Les principaux modes d'alimentation en eau des ménages de ces quartiers sont illustrés par la figure 5 et se présentent comme suit :

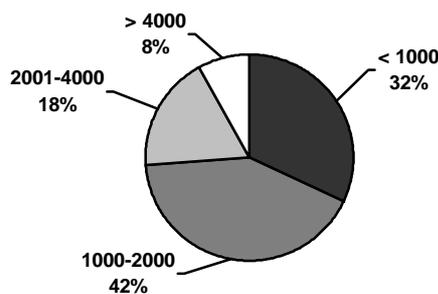
- les puits, car plus de 43 % des ménages de notre zone d'étude s'y approvisionnent;
- le réseau SNEC : 41% des ménages enquêtés, utilisent de l'eau potable du réseau SNEC.



**Figure 5 : Pourcentages des différents modes d'approvisionnement en eau potable.**

Cependant, on note parmi ceux-ci que près de 27% sont directement branchés au réseau (c'est à dire possèdent un compteur d'eau) contre 14% ayant souscrit un contrat avec des voisins qui possèdent un branchement au réseau. Comparativement aux différentes études ayant eu lieu dans les quartiers à habitat spontané, ce taux semble très élevé. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la plupart des ménages enquêtés sont installés le long des grandes voies principales munies de réseaux de distribution d'eau potable.

- ▷ les Bornes fontaines payantes : plus de 12% des ménages s'y approvisionnent. Le prix moyen de vente de l'eau est compris entre 5 et 10 FCFA par 10 litres. Ce prix est le même pour toute la ville de Yaoundé.
- ▷ Les Sources : seuls 3,3% des ménages de notre échantillon utilisent seulement de l'eau des sources; la raison de la faiblesse de ce taux est la même que celle donnée dans le cas du branchement direct au réseau. La figure 6 illustre la répartition des dépenses mensuelles en eau potable.



**Figure 6 : Dépenses mensuelles en eau potable**

Dans la recherche quotidienne de l'eau pour satisfaire leurs besoins, les habitants de ces zones rencontrent un certain nombre de problèmes liés à leurs points d'eau; les plus importants qui méritent d'être évoqués sont les suivants :

- ▷ le prix de vente de l'eau, qui est très élevé : en effet, plus de 32% des ménages pensent que, dans les bornes fontaines payantes, l'eau est vendue au double (10FCFA/10 litres) et parfois au triple(15FCFA/10 litres) du coût autorisé par le concessionnaire; en outre, ceux qui souscrivent des contrats informels avec des voisins disposant d'un compteur, pensent également

qu'il leur est imposé un prix forfaitaire de plus 1.500 FCFA /mois pour un puisage maximum de 20 litres par jour et par ménage. Ce qui conduit à plus de 25 FCFA par 10 litres.

- ▷ le problème de coupure fréquente et sans préavis : plus de 31% des ménages enquêtés pensent en effet qu'il y a trop de coupures d'eau dans le réseau; ces coupures durent parfois de longues heures, voire des jours entiers.
- ▷ les problèmes d'embouteillage pendant les heures de pointe (10%), et d'eau contaminée (12%) sont également évoqués par les ménages.

Depuis 1993, date à laquelle les pouvoirs publics et les municipalités se sont désengagés de certaines prestations et particulièrement celles de l'alimentation en eau des ménages, une dynamique nouvelle s'est créée dans les quartiers défavorisés de la ville de Yaoundé. C'est ainsi que l'on a noté depuis lors, une mobilisation des populations en vue de trouver des solutions ponctuelles ou définitives au problème d'eau qui se pose avec acuité dans leurs zones respectives.

En effet, face à l'ampleur de la situation alarmante de l'eau dans ces quartiers, caractérisée par l'absence, voire l'inexistence du réseau d'eau potable, les habitants concernés ont pris des initiatives afin de combler certaines lacunes. C'est ainsi que pour près de 49% des cas, l'idée de construire un ouvrage d'approvisionnement en eau vient des chefs de ménages eux-mêmes (il s'agit surtout et essentiellement de la construction des puits, de l'aménagement des sources et de l'installation des bornes fontaines payantes "privées"). D'autres acteurs non moins institutionnels (telles diverses Associations de jeunes, de femmes, les Comités de développement et des ONG locales ou internationales), ont également initié (près de 23% des cas) des projets d'alimentation en eau dans les quartiers spontanés de la ville. En ce qui concerne le financement de ces projets, ces organismes ont participé directement à plus de 42%; pendant ce temps, ils ont participé effectivement à la réalisation des ouvrages d'alimentation en eau à plus de 24%. Les groupements de femmes ainsi que les associations de jeunes des quartiers à habitat spontané de Yaoundé, constituent d'un autre côté une particularité qu'il convient de signaler. En effet, ce type d'acteurs intervient à tous les stades des projets d'alimentation en eau dans leurs localités respectives. C'est ainsi que pour la plupart, leur participation se situe au niveau des études (à près de 49%), de la main d'œuvre (à 37%), de l'apport en matériel et en matériaux de travail (à 7%); la participation financière reste cependant très faible (moins de 2%), et s'expliquerait par le fait que les ménages (notamment les jeunes et les femmes des quartiers à habitat spontanés sont pour la plupart des sans emploi ou ont des revenus très faibles (inférieur à 24.000 FCFA/mois, qui constitue le SMIG au Cameroun).

Les ménages enquêtés estiment être satisfaits (à plus de 77%) des services que leur rendent les ouvrages ainsi construits. Les gestionnaires ou les responsables des points d'eau construits dans ces quartiers sont connus par plus de 88% des ménages; il s'agit en général d'une personne physique, ce qui signifie que les ouvrages d'alimentation en eau dans les quartiers à habitat spontané de Yaoundé sont sous la responsabilité d'un individu (dans plus de 88% des cas); cet individu représente soit le propriétaire terrien, la personne ayant le plus contribué (à plus de 50%) à la mise en œuvre du projet, soit alors le chef de blocs dans lequel l'ouvrage est réalisé. Dans moins de 6% des cas, les ouvrages d'alimentation en eau sont sous la responsabilité (en matière de gestion) des ONG locales ou internationales (2,5%) ou des associations par affinité des membres (3,35%) que l'on trouve dans le quartier et qui sont faits autour de la chaîne, l'auteur et le maître d'œuvre de l'ouvrage ainsi réalisé.

Le puisage de l'eau des puits et des sources est en général gratuit. Aux bornes fontaines privés et communautaires il est payant. Le coût global de construction des ouvrages d'alimentation en eau dans les quartiers à habitat spontané de Yaoundé se situe entre 10.000 FCFA dans les zones marécageuses (cas des puits et des sources sommairement aménagés), et 600.000 FCFA (cas des

sources aménagées et des bornes fontaines payantes). Dans l'inventaire des ONG locales et Internationales dans l'apport des financements supplémentaires) a été nécessaire. La participation des bénéficiaires (ménages) se situe entre 10 et 30%. Le taux de contribution parfois volontaire ou obligatoire selon le mode d'organisation des populations s'élève à près de 1.000 ou 2.000 FCFA/ménage/ projet. La durée moyenne de cotisation sous peine de sanction, varie en général entre 1 et 3 mois avant le démarrage effectif du projet.

L'enquête menée nous permet de relever à plusieurs niveaux une diversité de problèmes relatifs aux ouvrages d'eau réalisés :

- ▷ les problèmes d'accès : plus de 66% des ménages enquêtés pensent en effet que le chemin qui mène à leur point d'eau est relativement accidenté, avec des roches, des troncs d'arbres et les marécages; d'autres ( plus de 34%) pensent en plus que les ouvrages eau sont situés dans des zones totalement enclavées. Ceci constitue un risque dangereux pour les usagers et principalement pour les femmes et les enfants qui sont les principaux pourvoyeurs des ménages en eau.
- ▷ le problème de gestion des ouvrages : plus de 89% des ménages enquêtés pensent en effet que les ouvrages construits sont très mal gérés. Il y a en général une appropriation illégale des ouvrages par les propriétaires terriens après que l'ouvrage ait été construit. C'est une situation d'orgueil qui pousse les habitants à ne pas souvent participer à l'entretien et à la maintenance des ouvrages.
- ▷ le problème de la qualité de l'eau servie : pour plus de 40% des ménages, l'eau provenant des puits ou des sources est en général sale et contiendrait (à 22% des cas) des germes pathogènes vecteurs de maladies hydriques diverses; ce résultat reste cependant à vérifier par les analyses bactériologiques qui seront effectuées ultérieurement dans le cadre de cette étude en collaboration avec le groupe de recherche n°8 piloté par l'ENSP de Yaoundé. Pour plus de 31% des ménages de notre échantillon, l'eau du réseau SNEC, que ce soit à domicile, ou alors dans les bornes fontaines, est servie sous une pression très faible avec parfois des coupures instantanées et fréquentes.
- ▷ le problème de la nature de l'ouvrage construit : 63% des ménages estiment en effet que les ouvrages construits ne sont pas aménagés ou alors ne cadrent pas avec le contexte socio-culturel des ménages; parce que ces ouvrages n'ont pas suffisamment fait l'objet d'études hydrauliques et hydro géologiques poussées, l'on note que pendant certaines périodes de l'année, l'eau tarie souvent au fond de l'ouvrage.
- ▷ le problème du mauvais environnement de l'ouvrage : on note tout autour des ouvrages, et à des distances très faibles la présence des latrines à fonds perdus (32%) (dont la plupart, 83%, est située à l'extérieur de la maison), des tas sauvages des ordures ménagères (19%) et des eaux usées stagnantes faisant de la boue (27%). Le tableau 5 présente les fréquences des différents modes d'approvisionnement en eau dans les quartiers étudiés.

**Tableau 5 : Différents modes d'approvisionnement en eau.**

Sources d'approvisionnement en eau	Fréquence	%
Puits	133	43,46%
Sources	10	3,27%
Borne fontaine	38	12,42%
SNEC domicile	82	26,80%
SNEC voisin	43	14,05%
<b>Total</b>	306	100,00%

### **III. PRINCIPAUX QUARTIERS PERIURBAINS DE YAOUNDE ET LEURS CARACTERISTIQUES**

---

Il s'agit de quartiers périphériques de la ville de Yaoundé. Ce sont des zones de croissance en voie de densification ou en consolidation des tissus ci-dessus énumérés. Ils peuvent être à terme, des quartiers à habitat spontané, si aucun dispositif n'est mis en place par les pouvoirs publics et les décideurs en vue de maîtriser son évolution. Ce type de tissu occupe une superficie de 415.5 ha, soit plus de 43% de la superficie totale de la ville de Yaoundé.

#### **1. Principaux quartiers périurbains de Yaoundé**

Le tableau 6 ci-dessous présente les principaux quartiers périurbains de Yaoundé. A travers ce tableau, on note que la taille des ménages est plus importante que celle observée dans les quartiers à habitat spontané de Yaoundé et qu'elle varie de 4 à 8 personnes par ménage. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les quartiers périurbains sont jeunes et spacieux, à l'opposé des quartiers spontanés, denses en construction et où règne la promiscuité.

#### **2. Caractéristiques générales des différents quartiers périurbains de Yaoundé**

##### **2.1 Caractéristiques socioculturelles et économiques de quartiers périurbains**

###### *Démographie et revenus des ménages*

La densité moyenne de la population est de l'ordre de 120 habitants/ha et 14 maisons/ha. La taille moyenne des ménages est de 6 personnes/ménage, mais elle atteint dans certains cas un maximum de 10. Le nombre moyen de ménages vivant dans une même maison est d'environ 1,3 ménages/maison, ce qui donne une moyenne de 11 individus environ par parcelle ou concession. Le taux de ménage marié est de 80%. Sur l'ensemble des chefs de ménages enquêtés, près de 60% en âge d'activité ont un emploi; le reste étant soit des chômeurs à la recherche d'un emploi (10.5%), soit des élèves ou des étudiants ou des stagiaires non rémunérés (10%).

Dans la classe de ceux qui sont en activité, 54% sont des salariés du secteur public(36%) ou privé structuré/formel (19%), contre 46% qui sont des indépendants (commerçants (31%), artisans (5%), mécaniciens et autres travailleurs du secteurs informel (8%), etc...). D'une manière générale, ces chefs de ménage ont dans plus de 83% des cas un statut d'occupation de permanent, contre 9% environ qui ont un statut de temporaire ou occasionnel (5%). La moyenne du total des revenus mensuels par ménage est de 80.000 FCFA pour une charge de 6 personnes par ménage (soit 13.330 FCFA environ par personne); plus de 33% des chefs de ménages ont cependant un revenu total inférieur à 30.000 FCFA (soit moins de 5.000 FCFA par personne dans cette catégorie de ménage), ce qui expliquerait l'insuffisance des moyens financiers et matériels pouvant être mis en jeu pour ce raccorder au réseau d'eau potable de la SNEC, ou pour construire un ouvrage d'assainissement adapté et décent. On note par ailleurs que près de 15% des

chefs de ménage ont un revenu supérieur à 100.000 FCFA, somme qui représente en moyenne le salaire mensuel d'un cadre de la fonction publique camerounaise.

Ce revenu moyen très disparate, permet de couvrir les charges quotidiennes de nutrition, de santé, de scolarité, des frais d'éclairage, et d'eau etc... Les dépenses moyennes s'élèvent à près de 45.000 FCFA par mois et par ménage. Ces dépenses varient toutefois entre 30.000 et plus de 100.000 FCFA par mois. On note que les ménages des quartiers périurbains, dépensent plus qu'ils ne gagnent. Ceci est caractéristique de la situation actuelle qui fait que bon nombre de ménages possèdent des activités secondaires (petit commerce, transport inter-urbain, etc...).

## **2.2 Caractéristiques urbanistiques**

### *Infrastructures et équipements*

Les quartiers périurbains sont généralement éloignés du noyau central de la ville et ils ne disposent pas toujours des infrastructures routières nécessaires. Une seule route principale traverse tout le quartier ; seuls donc les ménages situés en bordure ou à proximité de cette route sont accessibles directement. Le reste étant accessible au moyen de chemins piétonniers de fortune, le plus souvent mal aménagés et mal entretenus. Le taux de desserte de la parcelle est ainsi relativement faible (30 - 40%). Leur éloignement du centre urbain justifie l'insuffisance, voire l'absence des équipements urbains de première nécessité.

### *Occupation du sol, habitat et logement*

Le statut foncier est mixte avec toutefois la prédominance des zones sans titre foncier sur les zones avec titre. La superficie moyenne des parcelles varie de 300 à 1000m<sup>2</sup>. Sur chaque parcelle, les maisons sont construites sur une superficie moyenne de 80m<sup>2</sup>. Le Coefficient d'Occupation du Sol (COS) reste moyen (entre 30 et 50%).

Les habitants des quartiers périurbains occupent des maisons dont les caractéristiques de construction sont les suivantes, obtenues à partir des enquêtes :

- ▷ les murs sont soit en parpaings de ciment crépis (53,21%), soit en briques de terre (21%), soit alors en "Poto-poto", espèce de murs en torchis sur ossature en bois et en bambous (23%).
- ▷ le sol de la maison est majoritairement bétonné (84%), la toiture couvrant l'ensemble de la maison est en tôle en aluminium (86%) alors que le plafond est fait à 96% en contre plaqué.
- ▷ le nombre moyen de chambres est égale à 3 chambres par maison; ce qui conduit à un taux d'occupation de près de 2 personnes en moyenne par chambre.

### *Assainissement*

En général, seule les rigoles en terre et les cours d'eau assurent le drainage des eaux de pluie. Les ordures ménagères ne sont pas ramassées par les services compétents. Les ménages déversent celles-ci dans les zones encore vierges de leurs concessions.

Les ménages des quartiers périurbains de Yaoundé utilisent trois principaux modes d'assainissement individuel ; ce sont :

1. les latrines traditionnelles à fond perdu qui sont utilisées par 86% environ des ménages de la zone. Il s'agit d'un ouvrage simple, peu coûteux, constitué d'un puisard non étanche, sur laquelle repose une dalle bétonnée ou en terre ou en bois; l'ensemble étant entouré d'un mur en matériaux provisoires (vielle tôle, bois usagés, contre plaqué, poto-poto, etc...). En géné-

ral, la structure n'est pas couverte.

2. les latrines améliorées à fonds perdus utilisées par 11% des ménages. La différence réside ici au niveau de l'aération de la fosse au moyen d'un tuyau en PVC de diamètre 100mm, mais également au niveau de la qualité des matériaux utilisés pour sa construction (mur en parpaings de ciment, ou en brique de terre, toiture en tôle en aluminium, dalle en béton plus ou moins de bonne qualité selon les moyens financiers et techniques mis en jeu).

Que ce soit dans le premier ou le deuxième cas, le diamètre moyen de la fosse est de 1.1m (avec une variation de 0.9 à 1.5m) et sa profondeur moyenne est égale à 9m (dans une fourchette de 4 à 20m suivant la situation en bas fond marécageux ou non).

3. les WC dits "modernes" qui sont utilisés par 4% seulement des ménages. Il s'agit d'un système de fosses septiques classiques (voir plan) dont l'exutoire est un puisard de diamètre moyen égal à 1.14m et de profondeur moyenne de 11 mètres.

D'une manière générale, les ouvrages d'assainissement individuel sont à plus de 95% situés à l'extérieur de la maison (ce qui correspondrait au pourcentage des latrines à fond perdu traditionnelle ou celle dont la superstructure a été bien faite (chape bétonnée, murs en parpaings de ciment ou en briques de terre, toiture en tôles), contre 5% seulement qui sont construits à l'intérieur de la maison (ce qui correspondrait au nombre des WC "modernes" relevés). De même que l'on a observé un taux de cohabitation de 1.3 ménages par maison, l'on a relevé le même taux de cohabitation dans l'utilisation des latrines et WC en général.

La distance moyenne entre l'ouvrage d'évacuation des excréta et les puits ou les sources est de 38m environ. On note cependant que plus de 33% de ces ouvrages sont situés à moins de 15m de ces points d'eau, distance inférieure (à celles des normes minimales de 15m) prescrites par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Ce qui pourrait constituer une source potentielle et évidente de contamination de la nappe d'eau phréatique. On peut relever pour s'en féliciter que plus de 67% des ouvrages d'assainissement sont situés entre 20 et 50m des points d'eau. Mais la densification de ces quartiers réduira à l'avenir cette distance. La surface moyenne au sol des latrines ou des WC "modernes" est de 6.5m<sup>2</sup> pour une moyenne de 8 personnes par ménage et 1.2 ménages par latrine. Ce qui reste très faible. Des résultats de l'enquête menée, plus de 60% des latrines sont âgées de moins de 10 ans, et les principaux problèmes dont souffrent leurs systèmes d'assainissement sont multiples. Nous pouvons citer entre autres et suivant leur importance, les problèmes suivants :

- ▷ plus de 50% des fosses septiques des WC "modernes" dégagent des odeurs nauséabondes dues à l'absence de systèmes d'aération et à la faiblesse du système d'étanchéité (mal façon, mauvaise mise en œuvre, matériaux peu adaptés, manque d'information, faiblesse des revenus des ménages, etc...). Les fosses septiques (à cause de l'absence d'éléments épurateurs tels que les filtres bactériens par exemple), ne jouent pas en réalité pleinement leur rôle : les éléments devant rentrer dans sa construction ne sont pas pris en compte dans la réalisation du fait de l'ignorance et de la non qualification de la main d'œuvre utilisée (généralement familiale).
- ▷ 33% souffrent de l'absence de regard.
- ▷ 17% des ouvrages souffrent de suintement dû également à l'absence de système d'étanchéité.
- ▷ 80% des WC et des latrines n'ont jamais été vidangés alors que plus de 82% d'entre eux ont plus de 10 années d'existence (22% entre 10 à 15 ans alors que 18% sont au dessus de 15 ans!).

Dans les quartiers périurbains, les principaux matériaux couramment utilisés pour la construction des WC ou des latrines traditionnelles sont :

- ▷ pour les murs, soit des parpaings de ciment (42%), soit la tôle en aluminium (31%), soit des briques de terre (18%) ou alors le bois (6%).
- ▷ pour les sols : soit le béton(89%) ou le bois(6%), ou alors la terre (3%). On relève néanmoins un faible pourcentage de WC avec des sols en carreaux (1.5% environ).

Les ouvrages d'assainissement des eaux usées et excréta sont "individuels", et l'enquête le confirme au niveau de la conception du financement et de la réalisation où 100% des ménages enquêtés affirment que la conception et le financement du projet de construction de la latrine ou du WC sont leur initiative propre sans appui extérieur. En effet il n'y a pas encore eu à Yaoundé en général de projet de construction d'ouvrages d'assainissement communautaires. Les projets de construction des latrines ont coûté en moyenne 60 000 FCFA au ménage. Le minimum observé (cas des latrines traditionnelles est de moins de 5.000 FCFA (la main d'œuvre étant essentiellement familiale, et restreinte aux enfants de la maison.

Plusieurs problèmes minent les ouvrages d'assainissement des eaux usées et excréta dans les quartiers périurbains de Yaoundé. Ces problèmes se situent également à plusieurs niveaux, à savoir :- au niveau de l'accès : plus de 73% des ménages estiment que l'accès à leurs latrines est sale et accidenté.

- ▷ au niveau du confort : plus de 85% des latrines à fonds perdus émettent des odeurs nauséabondes, et pour les 15%, autres il s'agit de l'absence de sécurité et de la non préservation de l'intimité (plusieurs latrines sont en effet sommairement couvertes en tôle de récupération et fortement usagées).
- ▷ au niveau de la typologie de l'ouvrage : 75% des ménages pensent que l'espace réservé à leur WC est très réduit (moins de 4m<sup>2</sup>); en plus, ils reconnaissent (à 25%) le mauvais aménagement même la non adaptation de ces ouvrages à leur contexte.
- ▷ au niveau de l'hygiène autour des WC et latrines : les ménages reconnaissent à plus de 72% que le WC ou la latrine est le lieu où l'on rencontre plus de cafards, de rats, de moustiques, agents principaux des maladies diverses (paludisme, gale, etc...). Pour 16% d'entre eux, le voisinage des points d'eau tels que les puits et les sources est un problème crucial dû à la promiscuité, et qui peut avoir des conséquences énormes sur la santé humaine (contamination et pollution).

#### *Autres réseaux techniques urbains : eau, électricité, téléphone*

Les quartiers périurbains du fait de leur éloignement du centre urbain ont un faible taux de branchement d'eau potable et d'électricité. Le taux de branchement est faible et se situe autour de 20% pour l'électricité et moins de 10% pour l'eau potable. Le réseau de téléphone est quasi inexistant.

Dans les quartiers périurbains de Yaoundé, les modes d'alimentation en eau des ménages sont variées et divers. On relève en effet que 36% des ménages utilisent le Puits contre 32% qui s'alimentent au moyen des sources pour la plupart sommairement aménagées. Le troisième principal mode d'alimentation en eau dans ces quartiers est la borne fontaine payante qui est utilisée par 24% des ménages. Ce dernier mode est construit soit par les habitants eux-mêmes, soit avec l'aide des bailleurs de fonds ou autres structures associatives locales (ONG, Association de jeunes, Comité de développement, etc...). L'eau y est vendue à raison de 10 FCFA le seau de 10

litres. Ce prix varie néanmoins d'un quartier à un autre selon la loi de l'offre et de la demande, selon la concurrence.

On note en outre que près de 8% des ménages sont soit directement branchés au réseau d'eau de la Société Nationale des Eaux du Cameroun (SNEC), soit alors qu'ils s'alimentent chez leurs voisins respectifs, branchés au réseau classique. Ce taux reste insignifiant pour des raisons d'insuffisance de canalisation dans ces quartiers d'une part et de coût de branchement très élevé d'autre part ( il faut en effet entre 95.000 et 200.000 FCFA pour obtenir un branchement).

D'une manière générale, la distance moyenne qui sépare un point d'eau (puits, source, borne fontaine) est de 300 m, la distance minimale étant de 5m (20% des cas exprimés, concernant essentiellement les points d'eau construits dans la parcelle), contre 5% qui parcourent plus de 1.500m pour obtenir de l'eau. Les ménages sont ainsi obligés de parcourir cette distance moyenne tous les jours pour avoir de l'eau. La consommation moyenne est de 30 litres d'eau par jour et par personne. Cette consommation moyenne individuelle varie de 10 à 50 litres selon les ménages, le standing du logement et la position du point d'eau (distance à parcourir).

Pour les ménages branchés directement au réseau ou s'approvisionnant à travers les bornes fontaines payantes, ou chez le voisin, le coût moyen mensuel des factures à payer est de l'ordre de 1.700 FCFA /mois et par ménage en moyenne; ce taux varie cependant entre 500 et 5.000 FCFA et reste plus cher pour les ménages s'alimentant à travers les bornes fontaines payantes où l'eau est vendue à raison de 5 à 10 FCFA tous les 10 litres, soit un montant de 500 à 1.000 FCFA le mètre cube. L'eau recueillie chaque jour dans le ménage est utilisée pour l'hygiène corporelle (32%), la consommation (23%), la vaisselle (22%) et la cuisine (18%). Dans la recherche quotidienne de l'eau pour satisfaire leurs besoins, les populations des quartiers périurbains rencontrent un certain nombre de problèmes pertinents. Les ménages enquêtés relèvent en effet et par ordre d'importance les problèmes suivants :

- ▷ le problème de distance parcelle point d'eau très élevée (36% des cas exprimés);
- ▷ l'embouteillage autour du point d'eau (25% des cas), surtout pendant les heures de pointe (entre 6h et 9h du matin, et entre 14h et 18h dans l'après-midi);
- ▷ le coût élevé de l'acquisition (8%) de l'eau au niveau des bornes fontaines ou chez les voisins.

D'autre part, les ouvrages d'alimentation en eau étant pour la plupart construits par des tâcherons, ou par les membres de la concession, sans expérience aucune, les points d'eau sont en très mauvais état de fonctionnement. Il ne sont pas drainés ce qui entraîne parfois des inondations lors des pluies; ils ne sont pas facilement accessibles (ce qui peut causer des accidents); ils sont construits près des dépôts anarchiques d'ordures ménagères et des latrines à fonds perdus. Ce qui entraîne la pollution et la contamination évidente des points d'eau.

Plus de 37% des ouvrages d'alimentation en eau des populations des quartiers périurbains de Yaoundé sont vieux de plus de 10 ans; 36% d'entre eux ont cependant moins de 5 ans contre 29% qui ont entre 5 et 10 ans.

Face à l'ampleur de la situation alarmante de l'eau dans ces quartiers, les habitants concernés ont pris directement ou indirectement des initiatives dans le but de combler certaines failles. C'est ainsi que pour près de 54% des cas, l'idée du projet de construction d'un ouvrage d'alimentation en eau provient directement des chefs de ménages (pour ce qui concerne surtout les puits et les sources). Depuis près de 5 ans, date à laquelle la SNEC a cessé de faire fonctionner les bornes fontaines gratuites, d'autres acteurs non moins institutionnels (notamment les Associations et ONG locales), ont pris des initiatives (à 16% des cas) en vue de réaliser dans les quartiers péri-

urbains, des points d'eau. Les groupements de femmes participent au projet à 42% en main d'œuvre, contre 26% en apport financier ou matériel. Les groupements des jeunes participent à 86% en main d'œuvre, contre 11% en matériel ou en finance. Les ONG locales, avec l'appui technique et financier des organismes internationaux, participent à 15% à la conception et au financement du projet et seulement à 2% pour la réalisation effective des travaux sur le terrain.

Lors de la mise en place de l'ouvrage, les tâcherons des quartiers périurbains sont les plus sollicités (43%) à cause de leur proximité, leur disponibilité et surtout du coût relativement faible de leur main-d'œuvre. Les membres de la concession (principaux maîtres de l'ouvrage) sont à 23% des cas maîtres d'œuvre. Ce tâcherons ne sont pas qualifiés, ce qui conduit à des défaillances techniques et fonctionnelles constatées sur les ouvrages visités : mauvais aménagement, pas de drainage, pas de soucis de protection de la ressource, mauvaise mise en œuvre, etc....

C'est cette situation qui explique alors le fait que plus de 30% des ménages concernés ne soient pas satisfaits de la manière dont leur puits a été conçu et réalisé. Dans très peu de cas (19%), les ouvrages d'approvisionnement en eau sont la propriété d'une communauté organisée. 73% des points d'eau relèvent en effet de la propriété des personnes ou d'individus (chefs de ménage). 71 % des ouvrages d'alimentation (puits et sources notamment), offrent gratuitement de l'eau aux ménages. Dans 29% des ménages, l'eau qu'ils consomment chez eux est payante (bornes fontaines, réseau SNEC, eau chez le voisin).

Le coût moyen mensuel de la mise en place d'un ouvrage d'alimentation en eau est de 44.000 FCFA; le taux de contribution admissible par les ménages des quartiers périurbains est de 10.000 FCFA par ménage et par projet.

Les habitants des quartiers périurbains de Yaoundé rencontrent une multitude de problèmes afférents à leurs points d'eau. Ces problèmes se situent à plusieurs niveaux et on a relevé suivant leur importance quelques cas :

- ▷ plus de 90% des ménages enquêtés pensent que l'accès à leurs points d'eau est très accidenté, et susceptible de causer des accidents surtout pour les femmes et les enfants, principaux responsables de l'eau dans les ménages. Les chemins d'accès sont en effet très glissants, de forte pente et parfois rocheux (cas des sources notamment).
- ▷ 68% des ménages pensent que la plus grande difficulté réside sur la mauvaise gestion de l'ouvrage (le fontainier est parfois absent, certains habitants continuent à déverser les ordures ménagères aux abords des sources et des puits, les populations ne sont pas toujours mobilisées à temps pour assurer l'entretien des ouvrages).
- ▷ 57% des usagers, relèvent que le point d'eau construit dans leur zone n'est pas adapté aux coutumes des ménages. Il se pose donc ici un problème d'appropriation de l'ouvrage en vue d'assurer une meilleure gestion, son suivi et son entretien correctes et réguliers.
- ▷ 42% des ménages estiment que l'environnement qui entoure leurs points d'eau (puits et sources) n'est pas conforme aux normes : ils se plaignent de boue, d'eaux usées stagnantes et surtout proches des latrines à fonds perdu et des tas sauvages des ordures ménagères.
- ▷ 32% pensent que leurs points d'eau ne sont pas bien aménagés, et 28% estiment que l'eau consommée est sale et possède des germes pathogènes.

**Tableau N° 6 : Principaux quartiers périurbains de Yaoundé et leurs populations**

N°	DESIGNATION QUARTIER	POPULATION		MENAGE		Taille moyenne
		en 1987	en 1996	en 1987	en 1996	Personnes/ménage
1	NGOULMEKONG	2024	3137	342	530	6
2	NKOLMBOMO	1235	1914	271	420	5
3	NKOLMESSENG	4702	7288	827	1282	6
4	OKOLO	2759	4276	464	719	6
5	EKOMBITIE	1193	1849	155	240	8
6	NDJOM ASSI	131	203	23	36	6
7	NKOLODOM	1331	2063	224	347	6
8	NYOM	1068	1655	177	274	6
9	OLEMBE	528	818	86	133	6
10	AKOK NDOUE	26	40	6	9	4
11	EBOT MEFOU	495	767	94	146	5
12	FEBE	581	901	112	174	5
13	MINKOMEYOS	748	1159	132	205	6
14	NDAMVOUT	1272	1972	248	384	5
15	NKOLNKOUMOU	282	437	61	95	5
16	NKOLBISSON	1739	2695	297	460	6
17	NKOMASSI	2135	3309	361	560	6
18	OLIGA	2696	4179	505	783	5
19	OYOMABANG	8884	13770	1524	2362	6
20	NKOL AFEME	427	662	63	98	7
21	ETOUG EBE/MVOG BETSI	1725	2674	311	482	6
22	MENDONG	536	831	101	157	5
23	SIMBOCK	641	994	102	158	6
24	AHALA	1512	2344	299	463	5
25	AKOK NDOUE	81	126	13	20	6
26	ABOME	158	245	36	56	4
27	EKTE	1006	1559	203	315	5
28	EKOUMDOUM	210	326	37	57	6
29	MBOG ABANG	641	994	112	174	6
30	MESSA MENDONGO	447	693	89	138	5
31	MEYO	460	713	96	149	5
32	MINKAM	171	265	48	74	4
33	MVAN	2985	4627	594	921	5
34	ODZA	975	1511	187	290	5
35	AWAE MVOG MANGA	562	871	107	166	5
36	BITENG	601	932	144	223	4
37	NKOLO	628	973	130	202	5
38	NKOMO	5310	8231	1042	1615	5
39	<b>TOTAL</b>	<b>52905</b>	<b>82003</b>	<b>9623</b>	<b>14916</b>	<b>5</b>

#### **IV. IMPACT DES DIFFERENTS DISPOSITIFS D'EVACUATION DES EAUX ET EXCRETA SUR LES RESSOURCES EN EAU DISPONIBLES A YAOUNDE**

---

Les enquêtes menées auprès des principales formations sanitaires camerounaises mettent en évidence plusieurs milliers de cas de maladies d'origine hydrique, parmi lesquelles plus de 8 000 cas de choléra, 11 500 cas de fièvres typhoïde, 46 400 cas d'amibiase. A ces chiffres viendrait s'ajouter le nombre des malades traités à domicile et dans les formations sanitaires secondaires et privées. L'une des causes principales de ces maladies est l'utilisation et la consommation d'eau de qualité douteuse. Depuis deux ans, on a l'impression d'assister à Yaoundé, à une nette recrudescence des maladies hydriques, notamment de la fièvre typhoïde.

Depuis 1992, la Société Nationale des Eaux du Cameroun (organisme national producteur et distributeur d'eau potable) émet en moyenne 21 Millions de m<sup>3</sup> d'eau chaque année dans le réseau pour la population de la ville de Yaoundé estimée à 1,2 million d'habitants. On déduit aisément que le volume annuel d'eau potable disponible pour une personne est 19 m<sup>3</sup> contre 90,8m<sup>3</sup> au Libéria, et 140m<sup>3</sup> au Gabon (Green, 1992).

En raison de l'insuffisance du volume d'eau potable mis à la disposition des populations par les pouvoirs publics (sans doute en rapport avec une urbanisation rapide et incontrôlée) et des réseaux de distribution d'eau qui sont inexistantes dans les quartiers à habitat spontané et les quartiers périurbains, les populations de ces quartiers utilisent les eaux souterraines (sources et puits) et les eaux de surface (ruisseaux), sans se soucier de leur qualité microbiologique et physico-chimiques, se fiant simplement à leur aspect physique pour satisfaire leurs besoins quotidiens en eau ( vaisselles, baignade, lessive, et dans certains cas consommation).

Cette partie de l'étude permettra de visualiser l'abondance des bio-indicateurs microbiens dans les eaux souterraines et dans les eaux de surface dans les quartiers de Yaoundé, en particulier ceux faisant l'objet de l'étude, afin d'évaluer les risques pour la santé et l'environnement, risques encourus par les populations suite à l'utilisation de ces eaux. L'ampleur de la pollution chimique des eaux par les eaux usées domestiques sera déterminée.

##### **1. Matériels et méthodes utilisés**

L'approche méthodologique suivie peut se résumer comme suit :

- ▷ Recherche et dénombrement des germes tests de contamination fécale (*coliformes* fécaux et streptocoques fécaux) et des pathogènes opportunistes (*Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas hydrophila*) au moyen de la technique des membranes filtrantes sur milieux gélosés.
- ▷ Détermination des paramètres physico-chimiques

La détermination des matières en suspension dans l'eau est effectuée suivant la méthode AFNOR NF T90 – 105 par filtration sur disque filtrant en microfibre de verre.

Les mesures de la DBO<sub>5</sub> ( demande biochimique en oxygène pendant cinq jours), définie comme étant la quantité d'oxygène consommée en cinq jours par voie biologique pour métaboliser les matières organiques biodégradables contenues dans l'eau, sont faites par la méthode manométrique au moyen d'un analyseur à DBO (norme AFNOR NF T90-103).

Les matières organiques contenues dans les eaux sont appréhendées par le biais de l'oxydabilité au permanganate de potassium suivant la norme AFNOR NFT 90-018.

La teneur de l'eau en azote ammoniacal est mesurée par spectrophotométrie au moyen du réactif de Nessler, le dosage des nitrates étant effectué selon la méthode de réduction au cadmium et au Nitrover 6. Les déterminations de l'azote total sont faites par Nesslerisation après minéralisation des échantillons par action de l'acide sulfurique et du peroxyde d'hydrogène.

Les dosages du phosphore total sont réalisés par spectrophotométrie suivant la méthode à l'acide ascorbique au phosver 3.

Le titre alcalimétrique complet est déterminé par volumétrie au moyen d'une solution d'acide sulfurique N/50 en présence d'un indicateur mixte.

Les mesures du PH, de la conductivité électrique et de l'oxygène dissous sont faites sur le terrain à l'aide d'appareils portatifs spécifiques.

## 2. Résultats obtenus

L'isolement et le dénombrement des germes tests et des pathogènes opportunistes ont été effectués sur les eaux des sources et des puits dans 8 quartiers sélectionnés, d'une part, et dans les cours d'eau du réseau du Mfoundi, d'autre part. Une première série de prélèvements et d'analyses correspondant à la période allant de mi-juin à la fin Août 1997 a révélé que ces eaux hébergent d'importantes communautés bactériennes parmi lesquelles des coliformes totaux, des coliformes fécaux, des streptocoques fécaux, et des pathogènes opportunistes (*Pseudomonas aeruginosa* et *Aeromonas hydrophila*). Les peuplements de ces bio-indicateurs subissent d'importantes fluctuations spatiales et temporelles.

### 2.1 Abondance des bactéries dans les eaux étudiées

#### *Les eaux des sources*

Les coliformes totaux sont présents dans toutes les sources étudiées avec des effectifs variant de  $86.10^3$  à  $37.10^4$  UFC/100ml. Les effectifs de coliformes fécaux sont compris, pour leur part, entre 24 UFC/100ml et  $35.10^2$  UFC/100ml, ceux des streptocoques fécaux s'échelonnant de 13 UFC/100ml à  $32.10^2/100$ ml. La source du quartier Mvog-Betsi est celle qui héberge la plus faible abondance de germes témoins de contamination fécale. On y dénombre en effet 29 UFC/100ml et 13 UFC/100ml pour les coliformes et les streptocoques fécaux, respectivement. A l'opposé, la source du quartier Kondengui enregistre les effectifs les plus élevés des germes tests d'origine fécale ( $35.10^2$  UFC/100ml pour les coliformes thermotolérants).

*Pseudomonas aeruginosa* et *Aeromonas hydrophila* se développent abondamment dans l'ensemble de ces eaux. Leurs effectifs évoluent en effet de 120 UFC/100ml à  $84.10^2$  UFC/100ml, pour l'une et l'autre espèce bactérienne respectivement.

#### *Les eaux des puits*

Les effectifs des coliformes totaux dans les puits oscillent entre 270 UFC/100ml et  $19.10^4$  UFC/100ml. La plus grande abondance a été relevée dans le puits du quartier Mélen, et la plus faible dans le puits du quartier Tsinga. C'est aussi dans ce dernier puits que l'on enregistre les plus faibles concentrations de coliformes fécaux ( 5 à 74 UFC/100ml) et de streptocoques fécaux (4 à 48 UFC/100ml). Les teneurs en indicateurs bactériens fécaux sont très élevés dans les autres puits, atteignant  $22.10^2$  UFC/100ml pour les coliformes thermotolérants dans le puits de

Mélen, et  $15.10^2$  UFC/100ml pour les streptocoques fécaux dans le puits du quartier Nsimeyong II.

Les peuplements des bactéries pathogènes (*Pseudomonas aeruginosa* et *Aeromonas hydrophila*) semblent suivre la même variation d'abondance que les germes fécaux.

Au total, la présence dans les eaux de source et dans les eaux des puits d'un grand nombre de germes témoins de contamination fécale et de pathogènes opportunistes, souligne le caractère vulnérable des eaux souterraines de Yaoundé.

#### *Le Mfoundi et ses affluents*

D'importantes concentrations de bactéries viables (indicateurs bactériens de contamination fécale et pathogènes : *Pseudomonas aeruginosa* et *Aeromonas hydrophila*) ont été dénombrées en divers points du Mfoundi et ses principaux affluents (Abiergué, Olézoa, Biyéomé). Elles témoignent de la grande richesse des eaux en matières organiques biodégradables. Les fortes densités de coliformes fécaux ( $260$  UFC/100ml à  $310.10^5$  UFC/100ml dans l'Abiergué en Août) en particulier, d'*Escherichia coli*, et de streptocoques fécaux ( $65.10^3$  à  $68.10^4$  UFC/100ml dans le Mfoundi en Août), sont le reflet d'une contamination fécale prononcée des différents secteurs de ces cours d'eau. A la contamination fécale des eaux, est lié un risque d'infection des populations par les bactéries pathogènes véhiculées par l'eau.



## **Chapitre 2 :**

# **Quartiers périurbains d'Ekounou I, d'Ekounou II, de Kondengui et du quartier à habitat spontané de Mvog Ada Yaoundé**

## **I. ENQUETES ET ANALYSE DES RESULTATS**

---

### **1. Formation et évolution historique des quartiers d'Ekounou I, d'Ekounou II, de Kondengui et de Mvog Ada**

La formation des quartiers d'Ekounou I, d'Ekounou II, de Kondengui, situés à l'Est de Yaoundé, est essentiellement due au fait que certains quartiers denses ont été déguerpis par les pouvoirs publics et n'ont pas été recasés. Quant au quartier Mvog Ada, sa densification est liée essentiellement à l'exode rural et à la natalité. Le niveau de vie moyen des populations étant très faible, l'acquisition des terrains lotis viabilisés et des terrains avec titre foncier devient impossible.

#### **1.1 Formation et évolution historique du quartier de Kondengui**

Jusqu'en 1968, le quartier de Kondengui était un village occupé par une faible population autochtone qui vivait de la culture de cacao et des plantes à tubercules (manioc essentiellement).

A partir de 1970, le Maire de la ville de Yaoundé de l'époque, Monsieur André FOU DA, parce qu'il fallait d'une part répondre aux besoins pressants de la population en logement, et d'autre part restructurer le quartier de Mokolo, a entrepris un vaste programme de lotissement dans tout le village de Kondengui.

Au cours du lotissement, la population autochtone a demandé de préserver leurs plantations; ce qui justifie le fait que la partie de Kondengui ayant fait l'objet des enquêtes que nous avons faites n'a pas été lotie. La partie lotie de ce quartier a été occupée en majorité par les populations expropriées de Mokolo à partir de 1973.

Jusqu'en 1974, la zone étudiée était restée inoccupée à l'exception de quelques autochtones qui avaient vendu leurs terrains dans les parties loties et qui s'étaient repliés dans leurs cacaoyers.

L'occupation des terres a commencé en 1979. Les occupants n'avaient pas une origine particulière et la population a considérablement augmenté à partir de 1981.

#### **1.2 Formation et évolution historique du quartier d'Ekounou I**

Jusqu'en 1972, le quartier d'Ekounou I était encore inoccupé. Il avait juste quelques maisons construites par les autochtones dispersées dans les plantations de cacaoyers. Les premières maisons ont apparu en 1974 dans la zone du marché d'Ekounou qui n'existait pas encore. L'installation des populations a commencé en 1976 dans la partie située derrière le marché actuel, la zone marécageuse n'étant pas occupée. Les premières maisons ont apparu en 1976.

A partir de 1978, avec la création du marché, la population a commencé à s'accroître. Les occupants sont surtout des personnes ayant été déguerpies du quartier Mokolo Elobi.

L'occupation anarchique de la zone marécageuse a commencé en 1986 avec l'extension du réseau de la Société Nationale d'Electricité du Cameroun (SONEL).

Les dispositifs d'alimentation en eau des populations dans ce secteur étaient constitués essentiellement de puits et de sources. Avec l'accroissement de la population de ce quartier et la multiplication anarchique des constructions, les eaux de ces puits et sources sont actuellement polluées comme le montre différentes analyses faites sur l'eau dans ce quartier.

### **1.3 Formation et évolution historique du quartier d'Ekounou II**

Jusqu'en 1970, le quartier d'Ekounou II était encore appelé "le village d'Ekounou". Dans ce village était prévu la construction d'un aéroport. Les populations autochtones ont été dédommagées et déguerpies, mais elles sont restées sur place. Le problème de construction de cet aéroport a considérablement retardé le peuplement de ce village.

Alors que la route d'Akonolinga existait toujours, c'est en 1978, avec l'échec du projet de construction de l'aéroport qu'il y a eu arrivée des populations, d'origine non déterminée. La population a considérablement augmenté à partir de 1981, année à laquelle la Mairie de Yaoundé a reconnu le marché que le chef avait créé en 1978.

### **1.4 Formation et évolution historique du quartier de Mvog Ada**

Le quartier de Mvog Ada fait partie des quartiers à habitat spontané de la ville de Yaoundé. Il s'est formé à partir de 1942. A l'époque, il était constitué essentiellement de quelques maisons construites au bord de la route et le reste des terres était des plantations.

La zone occupée aujourd'hui par le Collège Montesquieu était occupée par les populations Maka venues cultiver le manioc. Déguerpies en 1955, ces populations se sont installées au quartier de Mvog Ada.

En 1957, les autres Maka qui occupaient la zone de l'actuel Permanence du Parti "Rassemblement Démocratique du Peuple Camerounais" de Koldongo ont été déguerpis ; ce qui a provoqué les premières arrivées massives des populations de Mvog Ada. Toutes les populations qui n'étaient pas autochtones occupaient la zone de la vallée qu'on appelait "Nkon-Bibega" qui signifie "lieu de rencontre des populations". Le site actuel de la Société Nationale d'Investissement" (S.N.I.) était occupé par les blancs et constituait la ville de Yaoundé. La zone ayant fait l'objet des enquêtes était occupée par les populations autochtones.

En 1959, il y eu une autre arrivée massive des populations, la plupart de ces populations étant venues chercher l'emploi chez les blancs. Comme il leur fallait se rapprocher de leur lieu de service, le quartier Mvog Ada a commencé à se densifier rapidement.

L'occupation anarchique de ce quartier a été surtout favorisée par la pensée Béti selon laquelle "la vraie richesse, c'est les hommes". Après le mouvement et l'installation des allogènes, les autres occupants sont venus suivant leur affinité avec ceux qui s'étaient déjà installés et en 1965, tout le quartier de Mvog Ada était occupé. On a donc affaire actuellement à un vieux quartier à habitat spontané dense.

## 2. Caractéristiques socioculturelles et socio-économiques des quartiers d'Ekounou I, d'Ekounou II, Kondengui et de Mvog Ada

### 2.1 Composition des ménages et appartenance des constructions

Suivant les enquêtes que nous avons effectuées, la taille moyenne des ménages est de 7 personnes à Kodengui, 6 personnes à Ekounou I, 7 personnes à Ekounou II et à Mvog Ada. Le nombre moyen de ménages vivant dans la même concession est de 1,3; ce qui conduit à une moyenne de 11 personnes par parcelle à Ekounou I, 12 personnes à Kondengui et à Ekounou II. Le tableau 7 donne les caractéristiques des ménages dans 3 de ces quartiers.

**Tableau 7 : Pourcentage des ménages en fonction de la taille à Ekounou I, Ekounou II et Kondengui.**

Ekounou I	Ekounou II	Kondengui
1 à 3 personnes : 23,70%	1 à 3 personnes : 13,29%	1 à 3 personnes : 18,95%
4 à 6 personnes : 37,78%	4 à 6 personnes : 30,42%	4 à 6 personnes : 32,63%
7 à 9 personnes : 18,52%	7 à 9 personnes : 32,87%	7 à 9 personnes : 26,32%
10 à 12 personnes : 14,81%	10 à 12 personnes : 17,48%	10 à 12 personnes : 14,74%
plus de 12 personnes : 5,19%	plus de 12 personnes : 5,94%	plus de 12 personnes : 7,37%

Dans le quartier Kondengui, 55,52% des logements appartiennent aux propriétaires contre 60,14% à Ekounou II et 45,95% à Ekounou I.

En ce qui concerne le quartier de Mvog Ada, la densité des populations de ce quartier est assez élevée. Elle varie entre 200 et 300 habitants à l'hectare. Les enquêtes ont montré que plus de 63,70% des ménages de ce quartier vivent dans des concessions communes. Dans ce quartier, 54,55% des logements appartiennent aux propriétaires. Le tableau 8 présente la répartition de la taille des ménages à Mvog Ada

**Tableau 8 : Répartition de la taille des ménages à Mvog Ada**

Nombre de personnes par ménage	Pourcentages des ménages correspondants
1 à 3 personnes	19,70%
4 à 6 personnes	30,30%
7 à 9 personnes	28,79%
10 à 12 personnes	13,64%
plus de 12 personnes	7,5%

### 2.2 Mode d'assainissement

En général, seules les rigoles en terre et les cours d'eau assurent le drainage des eaux pluviales. Les ordures ménagères ne sont pas ramassées par les services techniques de la Mairie. De ce fait, les ménages déversent celles-ci dans les zones encore non occupées de leur concession.

Presque tous les ménages de Kondengui, d'Ekounou I, d'Ekounou II et de Mvog Ada utilisent des dispositifs individuels pour l'assainissement des eaux usées et excréta. Ces dispositifs sont constitués essentiellement de latrines à fond perdu.

Suivant les résultats des enquêtes que nous avons faites, 92,42% des ménages du quartier Mvog Ada utilisent les latrines à fond perdu pour l'évacuation des excréta, contre 90,43% des ménages du quartier de Kondengui, 89% à Ekounou I et 88% à Ekounou II. Dans les différents quartiers étudiés, les latrines dites "améliorées", comportant un tuyau d'aération couvrent au plus 1,60% et les W-C avec chasse 6%.

Toutes ces latrines présentent les mêmes caractéristiques techniques dans les différents quartiers. Ces latrines sont constituées d'un puisard non étanche sur lequel repose une dalle en béton ou en bois, ou encore en terre posée sur le bois, l'ensemble étant entouré d'un mur en matériaux provisoires (vieilles tôles, bois usagés, contre-plaqué, poto-poto, etc.). Le diamètre du puisard qui reçoit les excréta varie de 90 cm à 120 cm. Sa profondeur est variable aussi et dépend de la nature et de la stabilité du sol. Sur les collines, elle peut atteindre 15 m (parfois plus de 15 m), et dans les fonds des vallées et les zones marécageuses, elle dépasse rarement 3 m. En particulier, dans les zones marécageuses, le niveau des excréta se trouvant dans la latrine touche parfois la dalle supérieure ; ce n'est que par le mécanisme de vidange lors des orages que les populations procèdent à leur vidange périodique. Les déchets ainsi déversés dans le réseau hydrographique polluent fortement le milieu naturel.

Les W-C dits "modernes" à réservoir de chasse qui sont utilisés par 9,57% des ménages à Kondengui, 11% à Ekounou I, 12% à Ekounou II et 6,06% à Mvog Ada évacuent les excréta, les uns vers des fosses septiques qui ne comportent pas du tout d'élément épurateur (lit bactérien), et les autres vers des simples puisards dont la profondeur peut atteindre 15 m. Les eaux usées qui séjournent dans ces fosses septiques subissent juste une digestion anaérobie souvent incomplète. Les eaux qui sortent des fosses septiques se dirigent souvent vers les puisards non étanches, de diamètre variant de 90 cm à 120 cm. La profondeur de ces puisards varie en fonction de la nature du sol.

En général, 86% des ouvrages d'évacuation des excréta sont situés à l'extérieur de la maison. Les enquêtes que nous avons effectuées ont mis en évidence que 86% de ces ouvrages sont situés à l'extérieur dans le quartier d'Ekounou II, contre 80% à Kondengui et 86% à Ekounou II.

Par ailleurs, moins de 33% des latrines sont situées à une distance supérieure ou égale à 15 m (distance minimale recommandée par l'O.M.S.) des points d'eau (sources ou puits). Ce qui constitue une source importante de contamination de la nappe phréatique que les populations démunies des quartiers de Kondengui, d'Ekounou I et d'Ekounou II utilisent par le biais des puits et des sources.

Dans les quartiers d'Ekounou I et de Kondengui, la densité des latrines est encore faible; mais l'évolution de la densification de ces quartiers va entraîner la pollution de la nappe phréatique qui constitue la principale source d'alimentation en eau des populations.

La surface moyenne au sol des latrines est de 6,5 m<sup>2</sup>. Les enquêtes montrent qu'en moyenne 1,2 ménage utilise une latrine. Ce qui met en évidence une surcharge lorsqu'on sait que dans les quartiers de Kondengui et de Mvog Ada, la taille moyenne d'un ménage est de 7 personnes, et dans les quartiers d'Ekounou I et d'Ekounou II, 6 personnes par ménage.

Dans le quartier de Kondengui, plus de 60% des latrines sont âgés de moins de 10 ans; dans les quartiers d'Ekounou I et d'Ekounou II, ces pourcentages sont respectivement 56% et 58%. Mais

dans le quartier de Mvog Ada, la surface libre des latrines dont près de 42% de ces latrines sont vieilles de plus de 30 ans, affleure le sol et occasionnent une pollution visuelle importante.

En particulier, les enquêtes ont révélé que dans le quartier de Mvog Ada, le nombre moyen de ménages utilisant la même latrine ou même W-C est de 2; ce qui correspond à un effectif de 14 personnes pour une latrine.

La distance moyenne entre les puits et les latrines varie de 3 à 8 m. Les enquêtes ont montré que 71% des points d'eau (puits et sources) utilisés par les populations de Mvog Ada sont situés à proximité des latrines et constituent la principale source de pollution de l'eau utilisée par celles-ci.

Les résultats d'enquêtes ont mis aussi en évidence les problèmes suivants :

- ▷ plus de 60% des latrines et des fosses septiques des W-C dégagent des odeurs nauséabondes dues essentiellement à l'absence de système d'aération;
- ▷ les fosses septiques, à cause de l'absence d'élément épurateur (filtre bactérien) constituent plutôt une source de pollution de la nappe phréatique; ceci est lié essentiellement à l'ignorance et à la non qualification du technicien ou tâcheron chargé de la construction de ces fosses;
- ▷ plus de 80% des fosses et des latrines n'ont jamais été vidangées, alors que plus de 75% d'entre eux ont plus de 10 années d'existence.
- ▷ plusieurs ouvrages sont envaillis par les herbes, les cafards et autres insectes vecteurs de maladies diverses, les rats et les souris.
- ▷ plus de 52% des latrines, des dépôts sauvages d'ordures ménagères et des rejets d'eaux usées sont proches des points d'eau (puits ou sources).

En particulier, les latrines situées dans les fonds des vallées, peu profondes, sont souvent vidangées lors des averses par un tuyau en PVC de diamètre 100 mm situé à la partie inférieure. Leur contenu se déverse ainsi dans la nature et est emporté par le torrent. En temps sec, les latrines situées le long des cours d'eau sont vidangées pendant la nuit et les excréta sont emportés par l'eau.

Par ailleurs, les enquêtes ont révélé que la présence d'un couvercle sur 62,30% des trous des latrines est due plus à la culture des personnes concernées (empêcher aux serpents ou aux mauvais esprits d'entrer dans la fosse) que pour des raisons de propreté.

Dans les quartiers étudiés, à savoir Ekounou I, Ekounou II, Kondengui et Mvog Ada, les principaux matériaux utilisés pour la construction des latrines sont précisés sur le tableau 9.

Les ouvrages d'assainissement des eaux usées et excréta sont individuels, conçus, financés et réalisés par leur propriétaire sans appui financier extérieur. En effet, il n'existe pas encore à Yaoundé d'ouvrages communautaires. Le coût moyen des latrines est de 70 000 FCFA, le minimum étant de 5 000 FCFA pour une latrine dans les zones marécageuses avec le sol en terre battue sur les planches (la main-d'oeuvre étant essentiellement familiale et restreinte aux enfants de la maison).

Suivant les enquêtes faites, plusieurs problèmes minent les ouvrages d'assainissement des eaux usées et excréta dans les quartiers d'Ekounou I, d'Ekounou II et de Kondengui. Ces problèmes se situent à plusieurs niveaux :

- ▷ accès sale et accidenté;

- ▷ au niveau du confort, plus de 35% des latrines à Ekounou II émettent des odeurs nauséabondes, contre 47% à Ekounou I et 33% à Kondengui.
- ▷ 26% des latrines à Ekounou I accusent l'absence de sécurité et de la non préservation de l'intimité, contre 35% à Kondengui et 37% à Ekounou II.

Au niveau de l'hygiène autour des latrines et W-C, 35% des ménages à Kondengui déclarent que les latrines et les W-C sont les lieux où l'on rencontre plus de cafards, de mouches, de rats, de moustiques et agents principaux de transmission de maladies (paludisme, gales, etc.), contre 47% à Ekounou I et 32% à Ekounou II.

**Tableau 9 : Matériaux utilisés pour la construction des latrines.**

Matériaux utilisés	Ekounou I	Ekounou II	Kondengui	Mvog Ada
<b>Murs :</b>				
-parpaings de ciment	48%	29,92%	27,40%	39,89%
- tôles en aluminium	43%	56,40%	61%	9,09%
- briques de terre	00%	2,5%	4%	3,03%
- bois (planches)	2,3%	5%	3,2%	23,69%
- terre battue	5%	6,30%	3,57%	21,2%
- nattes et paille	1,7%	2,4%	0,83%	3,10%
<b>Sol :</b>				
- béton	94%	85,49%	96,5%	93,63%
- bois	3,7%	5,24%	2,33%	1,90%
- terre battue sur les planches	0,74	2%	00%	4,06%
- carreaux et autres	1,56%	7,27%	1,17%	0,41%
<b>Toiture :</b>				
- non couverte	28,02%	25,78%	14,83%	2,38%
- en tôle	67,16%	69,47%	81,49%	95,11%
- en nattes	4,82%	4,75%	3,68%	2,51%

Dans les quartiers de Kondengui, d'Ekounou I et d'Ekounou II , l'extension des réseaux d'eau potable de la Société des Eaux du Cameroun (S.N.E.C.) est très réduite. Le taux de branchement y est donc très faible.

### **2.3 Taux de remplissage des latrines dans les quartiers de Mvog Ada, Kondengui, d'Ekounou I et d'Ekounou II**

Le remplissage des latrines n'a pas suivi une règle établie. Plus de 80% des ménages envoient les eaux usées (eaux de lessive, de cuisine et des toilettes) dans la latrine. Dans ces conditions, les micro-organismes chargés de la dégradation des matières organiques sont systématiquement détruits. Ainsi, les latrines se remplissent rapidement. Par ailleurs, le nombre de personnes vivant dans un ménage varie au courant des années. Par exemple lors des manifestations ou après le décès d'un membre de la famille, il y a affluence des étrangers et des autres membres de la famille vivant ailleurs dans le ménage.

Pour la détermination du taux de remplissage des latrines dans les quartiers ayant fait l'objet de l'étude, nous nous sommes intéressés uniquement aux ménages où le chef de ménage est en même temps propriétaire de la concession. En plus nous n'avons retenu que les concessions où il n'y a qu'un seul ménage. En effet, dans ce cas le chef de ménage se souvient bien des caractéristiques de sa latrine et de sa date de mise en service.

Nous avons défini le taux de remplissage comme étant la hauteur de remplissage annuel de la latrine considérée, ramenée à une personne. Le tableau 10 présente les résultats obtenus.

**Tableau 10 : Répartition du taux de remplissage des latrines suivant les quartiers.**

Quartiers	Taux de remplissage moyen (m /personne/an)
Ekounou I	0,185
Ekounou II	0,118
Kondengui	0,112
Mvog Ada	0,167

Des différentes analyses, il ressort que les latrines se remplissent plus rapidement à Ekounou I (0,185 m / an / personne) qu'à Mvog Ada (0,167 m / personne/ an, Ekounou II (0,118 m / an / personne) et Kondengui (0,112 m / an / personne).

### 3. Mode d'alimentation en eau et antécédent médical

#### 3.1 Mode d'alimentation en eau des populations des quartiers d'Ekounou I, d'Ekounou II, de Kondengui et de Mvog Ada

Dans les quartiers étudiés, à savoir Ekounou I, Ekounou II, Kondengui et Mvog Ada, les modes d'alimentation en eau des populations sont axés sur l'utilisation de l'eau des sources, des puits et de la Société Nationale des Eaux du Cameroun (S.N.E.C.). Les résultats d'enquêtes effectuées sur la répartition spatiale de l'utilisation de l'eau suivant les différentes origines sont consignés dans le tableau 11.

**Tableau 11 : Différentes sources d'approvisionnement en eau.**

Sources d'approvisionnement en eau des ménages	Ekounou I	Ekounou II	Kondengui	Mvog Ada
Source	21,05%	27,62%	21,05%	1,5%
Puits	6%	17%	21%	16,68%
Borne fontaine branchée au réseau S.N.E.C.	34,81	15,38%	13,68	51,52%
Branchement direct au réseau de la S.N.E.C.	26%	30%	33%	30,30% %
Autres (cours d'eau)	12,14	10	11,27%	00%

Les sources présentent une grande importance dans les différents quartiers étudiés. Le tableau 12 ci-dessous présente les résultats d'enquêtes que nous avons effectuées au niveau des différentes sources. Dans ce tableau, les débits moyens des sources (volume/temps) ont été déterminés en faisant la moyenne arithmétique de trente mesures pour chacune des sources. Les quantités d'eau puisées ont été déterminées par comptage pendant les deux jours de pointe de la semaine où la demande en eau est très forte, à savoir samedi et dimanche, pour chaque source, de 6 h à 18 h 30 mn. En effet, c'est surtout pendant ces deux jours de la semaine que les enfants aident les parents à faire les travaux divers à domicile, et le plus souvent ils s'occupent du ravitaillement en eau. C'est aussi les jours où les adultes ne vont pas au travail. Dans ce tableau, nous entendons par enfants, les garçons et les filles dont l'âge est inférieure ou égale à 15 ans.

**Tableau 12 : Répartition des débits des différentes sources et des quantités d'eau puisée.**

Nom du quartier	Désignation de la source	Date comptage	Débit moyen (litres par seconde)	Nombre d'enfants	Nombre d'adultes	Volume d'eau puisée (litres)
<b>Ekounou I</b>	Source GRET I	14/02/1998	0,280	238	132	4 680
		15/02/1998		219	155	5 088
	Source GRET II	14/02/1998	0,367	306	94	5 118
		15/02/1998		408	156	7 070
	Source BIKOKO	21/02/1998	0,513	507	152	8 240
		01/03/1998		428	124	7 718
	Source Grande Pylône	21/02/1998	0,256	278	121	4 918
22/02/1998		227		84	4 600	
			<b>Total : 1,416</b>			
<b>Ekounou II</b>	Source Carrosel I	21/02/1998	0,466	400	251	8 845
		22/02/1998		338	255	8 271
	Source GRUE	21/02/1998	0,083	202	32	3 460
		22/02/1998		240	44	3 653
	Source RAVIN	21/02/1998	0,335	396	60	5157
		22/02/1998		341	60	5147
	Source Grand Escalier	21/02/1998	0,584	669	343	13 858
		22/02/1998		602	421	14 484
	Source Garde Républicaine	21/02/1998	0,136	219	104	4 192
		22/02/1998		121	113	4 553
			<b>Total : 1,607</b>			
<b>Kondengui</b>	Source Carrossel II	21/02/1998	0,596	232	266	6 328
		22/02/1998		204	244	5 607
				<b>Total : 0,596</b>		
<b>Mvog Ada</b>	Pas de source					

En ce qui concerne les bornes fontaines, elles sont construites, soit par les populations elles-mêmes (le financement étant fait à partir des cotisations), soit avec l'aide des bailleurs de fonds ou d'associations locales (ONG, associations des jeunes, comité de développement).

Quant à l'utilisation de l'eau du réseau de la S.N.E.C., elle vise surtout les ménages dont les constructions sont situées en bordure des routes (l'intérieur des quartiers étant très enclavé), et qui ont un niveau de vie leur permettant de se brancher à ce réseau. Pour les autres ménages ne disposant pas de branchement particulier d'eau potable de la S.N.E.C., ils achètent l'eau, soit chez les voisins, soit à la borne fontaine publique ou à la borne fontaine payante (si elles existent dans le secteur).

Le taux de branchement particulier reste très faible dans les quartiers d'Ekounou I, d'Ekounou II et de Kondengui. Ceci s'explique par ailleurs par l'insuffisance des canalisations de la S.N.E.C. dans ces quartiers et le coût de branchement très élevé (il faut 90 000 FCFA à 120 000 FCFA pour obtenir un branchement particulier et l'abonnement correspondant).

La distance moyenne qui sépare le point d'eau (puits, source, borne fontaine) varie de 5 m à 300 m. Certains ménages parcourent plus de 500 m pour puiser l'eau destinée à la consommation.

La consommation moyenne est de 30 litres par jour et par habitant. Cette consommation varie de 10 à 50 litres par jour et par habitant suivant les ménages, le standing du logement et la position du point d'eau par rapport au lieu de consommation.

Pour les ménages branchés directement au réseau de la S.N.E.C., le coût moyen mensuel de l'eau est de 1 700 FCFA par ménage. Mais pour les ménages qui s'approvisionnent en eau à partir des bornes fontaines payantes, le coût du m<sup>3</sup> d'eau est supérieur à 700 FCFA, contre 370 FCFA par m<sup>3</sup> (y compris la TCA) pour les ménages branchés directement au réseau de la S.N.E.C. En effet le prix de 10 litres d'eau à la borne (un seau de 10 litres d'eau) est de 10 FCFA; ce qui veut dire qu'un m<sup>3</sup> cube d'eau revient à 1 000 FCFA à la borne fontaine payante. Toutefois, il convient de noter que ce mode de paiement de l'eau est facilement supporté par les ménages qui ne peuvent pas réussir à payer une facture de plus de 2 000 FCFA en une seule tranche. Le coût du m<sup>3</sup> pour les ménages qui s'approvisionnent chez les voisins qui bénéficient d'un branchement direct au réseau de la S.N.E.C. est compris entre les deux chiffres.

L'eau ainsi obtenue quotidiennement, que ce soit à partir de la source, du puits, de la borne fontaine payante ou du réseau S.N.E.C., est utilisée pour l'hygiène corporelle, la cuisine, le lavage de la vaisselle et la consommation.

### 3.2 Antécédent médical

Cependant, il convient de noter que plusieurs maladies d'origine hydrique sont liées à l'utilisation des ressources en eau précédemment présentées : fièvre typhoïde, diarrhées graves, dysenterie et choléra. Le tableau 13 présente la répartition des pourcentages des principales maladies d'origine hydrique rencontrées dans les trois quartiers étudiés.

**Tableau 13 : Pourcentages des principales maladies d'origine hydrique.**

Maladies	Ekounou I	Ekounou II	Kondengui
Fièvre typhoïde	6,7%	58,70%	34,6%
Diarrhée grave	6,6%	58,39%	35,01%
Dysenterie	15,46%	52,57	31,97%
Choléra	0	0	0

Les résultats contenus dans ce tableau montre que les populations du quartier d'Ekounou II sont plus frappées par la fièvre typhoïde, la diarrhée grave et la dysenterie que celles des deux autres quartiers, suivi du quartier de Kondengui, et que les populations du quartier d'Ekounou I sont les moins touchées. Ceci peut s'expliquer par les sources d'approvisionnement en eau que nous avons présentées plus haut. En effet, le tableau 11 qui présente les différentes sources d'approvisionnement en eau montre bien que les populations des quartiers d'Ekounou II et de Kondengui consomment beaucoup plus l'eau des puits (généralement polluée par les latrines) que celles du quartier d'Ekounou I. Par ailleurs, en se référant aux caractéristiques bactériologiques des eaux des différents points d'eau utilisés par les populations, on se rend compte que les eaux des puits et des sources des quartiers d'Ekounou II et de Kondengui sont les plus polluées.

#### *Répartition des maladies d'origine hydrique en fonction des différentes sources d'approvisionnement en eau, et influence du traitement de l'eau*

Les tableaux 14 et 15 présentent la répartition des maladies d'origine hydrique en fonction des différentes sources d'approvisionnement en eau dans les quartiers d'Ekounou I, d'Ekounou II, de Kondengui et de Mvog Ada. Ces tableaux mettent en évidence d'une part que l'eau de la Société Nationale de Eaux (S.N.E.C.) est douteuse, et d'autre part que l'approvisionnement en eau de la

S.N.E.C. chez le voisin expose l'eau puisée à la pollution. Par ailleurs, l'utilisation de l'eau des puits expose les populations à la fièvre typhoïde.

**Tableau 14 : Répartition des maladies d'origine hydrique en fonction des différentes sources d'approvisionnement en eau à Ekounou I**

Maladies	Source	Borne fontaine	Puits individuel	Puits collectif	SNEC à domicile	SNEC chez le voisin
Fièvre typhoïde	25,50%	17,45%	4,03%	8,72%	22,82%	21,48%
Diarrhées graves	16,25%	17,50%	3,75%	27,50%	16,25%	18,75%
Dysenterie	15,69%	23,53%	3,92%	16,66%	20,50%	19,61%

**Tableau 15 : Répartition des maladies d'origine hydrique en fonction des différentes sources d'eau de boisson à Ekounou II**

Maladies	Source	Borne fontaine	Puits	SNEC à domicile	SNEC chez le voisin
Fièvre typhoïde	14,09%	14,09%	67%	2,01%	2,81%
Diarrhées graves	7,50%	15,00%	5,00%	18,75%	53,75%
Dysenterie	11,76%	25,49%	5,88%	24,51%	32,36%

Lors des enquêtes, nous nous sommes intéressés aux différents types de traitement de l'eau de boisson effectué par les populations, afin de mesurer son influence sur les différentes maladies d'origine hydrique. Nous avons constaté que ceux qui utilisent un filtre domestique, par rapport aux autres techniques (utilisation de l'eau de Javel ou faire bouillir l'eau), souffrent moins de fièvre typhoïde et de diarrhée. Les résultats d'enquêtes sont consignés dans le tableau 16.

**Tableau 16 : Influence du traitement de l'eau de boisson sur les maladies d'origine hydrique**

Type de traitement	Fièvre typhoïde	Diarrhées graves	Dysenterie
Traitement de l'eau à l'aide de l'eau de Javel avant consommation	47,65%	38,75%	46,08%
Consommation de l'eau sans traitement	52,35%	61,25%	53,92%
Traitement de l'eau à l'aide d'un filtre avant consommation	46,31%	32,5%	44,12%
Consommation de l'eau sans traitement	53,89%	67,5%	55,88%
Eau bouillie avant consommation	53,69%	41,25%	34,31%
Consommation de l'eau sans traitement	46,31%	58,75%	65,69%

*Répartition des maladies d'origine hydrique en fonction des différentes sources d'approvisionnement en eau à Kondengui*

Comme dans le cas précédent, nous nous sommes intéressés aux différents types de traitement de l'eau de boisson effectué par les populations de Kondengui, afin de mesurer son influence sur les différentes maladies d'origine hydrique. Nous avons constaté que ceux qui utilisent un filtre domestique, par rapport aux autres techniques (utilisation de l'eau de Javel ou faire bouillir

l'eau) souffrent moins de fièvre typhoïde et de diarrhée. Les résultats d'enquêtes sont consignés dans les tableaux 17-19.

**Tableau 17 : Répartition des maladies d'origine hydrique en fonction des différentes sources d'approvisionnement en eau à Kondengui**

Maladies	Source	Borne fontaine	Puits	SNEC à domicile	SNEC chez le voisin
Fièvre typhoïde	7,23%	18,07%	43,38%	8,43%	22,89%
Diarrhées graves	1,61%	8,33%	64,58%	8,33%	18,76%
Dysenterie		12,90%	50,06%	8,06%	27,36%

Comme dans le cas du quartier d'Ekounou II, ce tableau met en évidence d'une part que l'eau de la Société Nationale de Eaux (S.N.E.C.) est douteuse, et que l'approvisionnement en eau de la S.N.E.C. chez le voisin expose l'eau puisée à la pollution.

**Tableau 18 : Répartition des maladies d'origine hydrique en fonction des différentes sources d'eau de boisson à Kondengui (l'eau des puits n'est pas consommée par les population de ce quartier)**

Maladies	Source	Borne fontaine	Puits	SNEC à domicile	SNEC chez le voisin
Fièvre typhoïde	1,20%	43,38%	pas d'utilisation	8,43%	46,99%
Diarrhées graves	00%	70,83%	pas d'utilisation	8,33%	30,65%
Dysenterie	00%	61,29%		8,06%	30,65%

**Tableau 19 : Influence du traitement de l'eau de boisson sur les maladies d'origine hydrique à Kondengui**

Type de traitement	Fièvre typhoïde	Diarrhées graves	Dysenterie
Traitement de l'eau à l'aide de l'eau de Javel avant consommation	46,99%	29,17%	35,48%
Consommation de l'eau sans traitement	53,01%	70,83%	64,52%
Traitement de l'eau à l'aide d'un filtre avant consommation	42,17%	20,83%	37,10%
Consommation de l'eau sans traitement	57,83%	79,17%	62,90%
Eau bouillie avant consommation	38,55%	37,5%	32,26%
Consommation de l'eau sans traitement	61,45%	62,50%	67,74%

Comme dans le cas d'Ekounou II, les résultats de ce tableau 19 montre qu'un traitement de l'eau à l'aide d'eau de Javel, d'un filtre ou en faisant bouillir l'eau permet de mettre à l'abri des maladies d'origine hydrique une fraction importante de la population du quartier de Kondengui. Concernant le quartier d'Ekounou I, les conclusions tirées des enquêtes effectuées sont les mêmes. En effet, des résultats des différents tableaux, il ressort que :

- ▷ l'eau des puits pose un sérieux problème sanitaire par rapport à celle des sources;
- ▷ l'eau de la SNEC pose aussi un problème sanitaire sérieux,
- ▷ l'eau de Javel réduit la fréquence de la fièvre typhoïde, de la dysenterie, de la diarrhée,
- ▷ l'eau bouillie expose moins les populations aux maladies hydriques.

Même si l'eau de la S.N.E.C. pose un problème sanitaire non négligeable, la comparaison des résultats des 3 quartiers montre que les populations qui consomment cette eau sont moins exposées aux maladies hydriques.

## **II. SUIVI CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DES POINTS D'EAU**

---

Les dispositifs d'assainissement individuels basés sur le principe d'infiltration dans le sol , constituent des foyers à partir desquels peuvent se répandre les polluants chimiques et microbiologiques. Ils constituent donc une lourde menace pour les ressources en eau souterraine. La présente étude vise à déterminer la qualité des points d'eau traditionnels à partir desquels s'alimentent les populations des quartiers périurbains et des quartiers à habitat spontané de Yaoundé (Cameroun), eu égard aux sources de pollution existantes. Après avoir présenté les différents points d'eau des quartiers qui ont fait l'objet de l'étude, à savoir Ekounou I, Ekounou II, Kondengui et Mvog Ada, des analyses physicochimiques et bactériologiques permettront d'apprécier les risques sanitaires que présentent chacun de ces points d'eau.

### **1. Présentation des points d'eau étudiés**

#### **1.1 Les Sources**

Quatre catégories de sources ont été distinguées :

- ▷ sources aménagées, avec aire de captage et réserve parfaitement protégées ;
- ▷ sources aménagées avec aire de captage ou réserve sous l'influence du milieu récepteur ;
- ▷ sources avec un aménagement sommaire ;
- ▷ source n'ayant aucun aménagement.

*Sources aménagées, avec aire de captage et réserve parfaitement protégées*

A cette catégorie de sources appartiennent les 7 sources suivantes, qui sont visibles dans les quartiers ci-dessous indiqués :

## ■ Au quartier Ekounou II.

### **Source S1** ou Sources Mama Béné.

Cette source située sur un terrain privé qui se trouve du côté opposé à celui où sont basées les installations de la Garde Républicaine, c'est-à-dire dans le bloc qui fait face à la rue 8005, appartient à une famille qui la met au service de la collectivité. Celle-ci doit en revanche participer aux travaux d'entretien de la source (nettoyage du réservoir de stockage, curage du canal d'évacuation des eaux de ruissellement, acquisition des produits de désinfection de l'eau). Ces travaux se font en général une fois tous les trois mois. La source est bordée d'habitations dont la plus proche est située à 3 m en amont de la source, les latrines étant à 4 m.

### **Source S3** ou source du grand escalier.

La dénomination de cette source fait référence à l'ouvrage en béton qui permet d'accéder à la source située dans le thalweg, du côté gauche de la rue André AMOUGOU (rue 8002), entre l'allée 8002/1107 et la rue 8008. La principale caractéristique de cette source est sa situation au cœur d'une zone inhabitée de plus 200 m de rayon.

### **Source S8** ou source montée Ekounou.

Cette source est visible au pied de la montée d'Ekounou (rue 4077), à 300 m environ derrière le n° 462 à droite de la montée. La faible dénivellation qui existe entre la sortie de l'eau et le niveau du marécage à la lisière duquel la source est située, fait peser sur celle-ci une menace permanente de noyade du tuyau de sortie de l'eau, par suite d'une mauvaise évacuation des eaux qui ruissellent de la source. Un curage du canal d'évacuation est effectué périodiquement afin de faciliter l'écoulement des eaux vers le marécage.

## ■ Au Quartier Ekounou I.

### **Source S9** ou source GRET I.

Cette source a été aménagée par le Groupe de Recherches et d'Echanges Technologiques (GRET) qui mène le programme FOURMI (Fonds aux Organisations Urbaines et aux Micro-Initiatives) au Cameroun. Entourée d'habitations avec une fosse septique à moins de 2,5 m de la source, celle-ci est située derrière le n° 222 de la rue 4060.

### **Source S10** ou source GRET II.

Comme la précédente, cette source a été aménagée par le GRET dans le cadre du programme FOURMI. Elle est visible dans l'allée 4060/284 devant le n° 5. Quoique située au voisinage des habitations, elle se tient à plus de 8 m de la latrine la plus rapprochée.

### **Source S11** ou source du grand pylône.

C'est par le pylône de la SONEL ( Société Nationale d'Electricité du Cameroun) qui se dresse derrière la prison centrale de Yaoundé à Kondengui que le site de cette source peut être facilement indiqué. Elle s'y trouve au bout de l'allée 4060/672. La source est assez dégagée des habitations qui l'entourent et l'accès au tuyau de sortie de l'eau est aisé. La source ne comporte pas de réservoir de stockage de l'eau.

## ■ Au Quartier Kondengui.

### **Source S12** ou source GRET III.

Récemment aménagée par le GRET, cette source est en quelque sorte l'homologue, ou la réplique si l'on préfère, de la source S8 ; ces deux sources sont en effet situées de part et d'autre de la zone marécageuse qui sépare les quartiers Ekounou II et Kondengui. Pour s'y rendre, on emprunte l'allée 4044/1422 et on la découvre derrière le n° 45. Une bonne évacuation des eaux de ruissellement est à relever.

### *Sources aménagées avec aire de captage ou réserve sous l'influence du milieu extérieur*

Les 3 sources qui forment cette catégorie de points d'eau traditionnels sont situées dans 3 quartiers différents : ce sont les sources S5 à Ekounou II, S15 à Ekounou I.

#### **Source S5** ou source 3 latrines.

Dénommée dans le cadre de la présente étude, source 3 latrines, cette source a son environnement dominé par la présence en amont de la source de 3 latrines dont l'une, perchée à 1 m environ de hauteur n'est qu'à 5 m de la source, les deux autres se trouvant à peu près à 10 m de celle-ci. L'eau qui sourde sur un sol argileux emplît d'abord un réservoir de stockage en béton de forme circulaire recouvert de morceaux de tôles de récupération posés sur un vieux sommier métallique, avant de s'écouler à l'extrémité d'un tuyau PVC de petit diamètre.

La source est située dans le prolongement de l'allée 8008/450.

#### **Source S15** ou source Bikoko II.

La configuration de cette source est très différente de la précédente. L'eau qui jaillit du flanc d'une colline dévale quelques mètres entre des blocs avant d'être collectée plus bas au niveau d'un ouvrage en béton qui assure la distribution par deux sorties en PVC de faible diamètre.

Les environs de la source sont bien dégagés, du fait d'un relief très accidenté et des risques d'éboulement existants.

### *Sources avec un aménagement sommaire*

Cette catégorie est, comme la précédente, représentée par 3 sources. Ce sont les sources S4 et S6 à Ekounou II. Elles sont toutes des sources rhéocrènes.

#### **Source S4** ou source ravin.

Cette source est l'homologue de la source du grand escalier dont elle n'est séparée dans le thalweg à gauche de la rue André AMOUGOU que par une centaine de mètres de terrain en friche occupé par un marécage. Du côté opposé au marécage est un talus au pied duquel se trouve la source, d'où la dénomination source ravin. L'eau, dès son jaillissement au pied du talus, est canalisée dans un tuyau PVC où elle circule sur une courte distance et à l'extrémité libre duquel elle peut être aisément recueillie.

#### **Source S6** ou source Bikoko I.

La source Bikoko I est située à 300 m environ derrière le n° 244 de la rue 8001, en contrebas des habitations perchées à près de 10 m de hauteur. L'eau captée entre de gros blocs de roches altérées est amenée au pied du talus dans un tuyau PVC au bout duquel elle est recueillie.

### *Sources n'ayant aucun aménagement*

Les 5 sources qui font partie de cette catégorie de points d'eau ont en commun leur mode d'apparition : l'eau sourde au fond d'un bassin qui se remplit avant qu'elle puisse s'écouler. Le puisage de l'eau est effectué couramment au moyen d'un seau que l'on plonge dans le bassin et que l'on ressort rempli d'eau. Il y a donc risque de souiller la ressource lors de chaque prélèvement. Par ailleurs, les remous provoqués par l'introduction du récipient peuvent remettre en suspension les matières décantables lorsque celles-ci existent.

Presque toutes ces sources se trouvent en bordure d'une zone marécageuse ; il s'agit des sources S7 à Ekounou II, des sources S13 et S14 à Kondengui, et de la source S19 au quartier Mvog - Ada.

**La source S2** est située à une trentaine de mètres à droite de la source S1. Elle n'est séparée de l'habitation la plus proche que de 3 m environ. Les latrines en sont cependant distantes de plus de 10 m. La présence d'un dépôt d'ordures à moins de 10 m de la source est à souligner.

**La source S7** quant à elle, est plutôt voisine de la source Bikoko I, ces deux sources ayant de par leur localisation, deux modes d'apparition bien distincts. A l'amont de la source à 2 m, dominant celle-ci, se trouve une latrine.

**Les Sources S13 et S14**, pour leur part, sont deux spécimens les plus représentatifs des sources limnocrènes que l'on trouve à la lisière du marécage à Kondengui. La première est située à 3 m derrière le n° 990 de la rue 4044, la seconde étant à 25 m derrière le n° 1184 de la même rue.

**La source S19**, enfin, se singularise par sa localisation dans un quartier à habitat spontané dense, conquis sur une zone marécageuse à Mvog - Ada, à gauche de la descente vers Nkolndongò, (rue Rodolphe ABESSOLO), sur la rive droite de l'Ewoué, affluent du Mfoundi.

## 1.2 Les Puits

Les puits se répartissent en 2 catégories. Nous nous contenterons dans leur présentation, de souligner leur localisation et de ne relever que les particularités de leur environnement.

### *Puits avec margelle et couvercle de protection*

Une dizaine de puits faisant partie de cette catégorie ont été étudiés. Ils ont été choisis dans les cinq quartiers que couvre la présente étude.

#### ■ Au quartier Ekounou II

Le **puits P1** qui ouvre cette série de points d'eau traditionnels est située au bout de l'allée 8008/355. Il comporte une margelle en béton surmontée d'un fût métallique muni d'un couvercle bien adapté. Trois autres puits, non protégés, sont visibles à partir du puits P1 à 6 m, 10 m et 15 m respectivement. Une latrine est située à 6 m à droite du puits.

#### ■ Au quartier Ekounou I

Le puits étudié au quartier Ekounou I est le **puits P4**. Il se trouve dans la cour du n° 123 de la rue 4060. Une distance de 15 m environ le sépare de la latrine.

#### ■ Au quartier Kondengui.

Des cinq quartiers qui sont concernés par cette étude, le quartier Kondengui est certainement celui dont la densité des puits est la plus forte. Il y a pratiquement un puits dans chaque concession.

Dans la concession située en face du n° 689 de la rue 4044 se trouve le **puits P7**. Il est séparé des latrines par une distance de 10 m environ.

Un peu plus loin à la véranda du n° 774 de la même rue se trouve le **puits P14**, qui est ainsi un curieux puits bien aménagé et placé sous un toit.

Le **puits P10** est lui aussi un puits bien aménagé, ayant une margelle haute surmontée d'un fût garni d'un couvercle. De plus, un support réservé au seau de puisage permet de garder ce dernier toujours propre. Il est visible dans la concession où figure le n° 920 de la rue 4044.

Le **Puits P12**, quatrième puits de cette catégorie à avoir été sélectionné au quartier Kondengui, se trouve à gauche dans l'impasse 4044/1290 où 3 autres puits, ceux-ci non protégés, ont été recensés, et dont l'un a également été retenu.

### ■ Au quartier Mvog - Ada

C'est au quartier Mvog - Ada, à une trentaine de mètres derrière le numéro 311 de la rue Rodolphe ABESSOLO ou rue 1257, que se trouve le **puits P21**. Ce puits est remarquable par la grande propreté qui règne tout au tour.

*Puits avec margelle, sans couvercle de protection*

Douze puits ont été étudiés dans cette catégorie.

### ■ Au quartier Ekounou II

Le **puits P2** qui a été examiné se définit aisément par rapport au puits P1 dont il est distant de 15 m environ, à droite au bout de l'allée 8008/355. A 3 m du puits se trouve une latrine.

Quoique situé à Ekounou II, non loin de la source S8, le **puits P3** est facilement accessible par l'allée 4044/1422 qui mène à la source S12. La traversée du marécage et des champs de culture qui se trouvent au bout de cette allée conduit directement à ce puits.

### ■ Au quartier Kondengui.

Les **puits P5 et P6** sont les deux premiers éléments de la série des points d'eau traditionnels que l'on peut voir sur le côté droit lorsque l'on remonte la rue 4044 à Kondengui. Ils font face aux n° 61 et 101 respectivement.

Les **puits P8 et P9** quant à eux, sont situés l'un à gauche, l'autre à droite, de la rue 4044, respectivement aux n° 747 et 756. L'un et l'autre sont distants des latrines de 15 à 20m.

Le **puits P13** qui se trouve au n° 942 de la rue 4044, a pour particularité d'avoir une margelle relativement basse, celle - ci ne s'élevant que très légèrement au dessus du sol. Il est situé à 15m environ du puits P10.

Quant au **puits P11**, il est situé sur la droite dans l'impasse 4044 /1290.

### ■ Au quartier Mvog-Ada

Le quartier Mvog-Ada est un quartier à habitat spontané dense, qui préfigure ce que pourraient devenir les quartiers Ekounou, particulièrement pour ce qui concerne les problèmes d'eau et d'assainissement, si des mesures de protection de cette ressource n'étaient pas prises à temps. La zone d'étude est comprise entre la rue 1250 et l'Ewoué, affluent du Mfoundi. Un repérage précis des puits étudiés n'est pas envisageable étant donnée la densité de l'habitat spontané. 4 puits ont été étudiés ; il s'agit des **puits P22, P23, P24, et P25**.

## 1.3 Points d'eau de distribution de la Société Nationale des Eaux du Cameroun (S.N.E.C.)

Ils comprennent les bornes-fontaines et un branchement particulier. Les bornes fontaines sont situées à Ekounou II, rue André AMOUGOU, à Ekounou I, rue 4077, à Kondengui, rue de Kondengui, et à Mvog-Ada, rue 1250 et rue Rodolphe ABESSOLO, respectivement. Un branchement particulier a été pris à Kondengui, rue de Kondengui.

Les trois cartes ci-après présentent la localisation des différents points d'eau ayant fait l'objet des analyses physico-chimiques et bactériologiques dont les résultats sont précisés sur les tableaux 20 à 27 ci-après.

## **2. Méthodologie retenue pour la détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux**

### **2.1 Détermination des paramètres physico-chimiques**

#### *Détermination de la teneur en azote ammoniacal*

La teneur de l'eau en azote ammoniacal a été mesurée par la méthode spectrophotométrique au réactif de Nessler. Le spectrophotomètre HACH DR /2000 a été utilisé. Les résultats sont exprimés en mg/l d'ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).

#### *Dosage de l'oxygène cédé par le permanganate de potassium*

Les matières organiques contenues dans les eaux sont appréhendées par mesure de l'oxydabilité au permanganate de potassium suivant la norme AFNOR NF T90-018. Les résultats sont exprimés en mg d'oxygène au litre.

#### *Détermination de la demande chimique en oxygène*

La DCO (Demande Chimique en Oxygène) est déterminée par la méthode des tubes scellés, au dichromate de potassium. Cette méthode combine une digestion des échantillons dans un réacteur pendant 2 heures à 150° C, et une lecture des tubes au spectrophotomètre. Les résultats sont exprimés en mg d'oxygène par litre.

#### *Mesure de la turbidité*

La mesure de la turbidité est faite par la méthode par absorption. Les résultats sont exprimés en unités formazine.

#### *Mesure du pH et de la conductivité électrique*

Le pH et la conductivité des eaux et des effluents sont mesurés à l'aide d'appareils électriques portatifs spécifiques. Les résultats sont exprimés en unités conventionnelles pour le pH, et en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (microsiemens par centimètre) pour la conductivité électrique.

### **2.2 Analyses bactériologiques : Recherche et dénombrement des germes témoins de contamination fécale**

Pour l'isolement des bio-indicateurs bactériens dans les eaux, la technique des membranes filtrantes a été utilisée. L'isolement des coliformes fécaux est obtenu sur milieu Endo (Sanofi Pasteur), celui des streptocoques fécaux étant réalisé sur le milieu Bile-Esculine-Azide (Sanofi Pasteur). Le comptage des colonies est effectué au moyen d'un compteur de colonies et les résultats sont exprimés en Unités Formant Colonies (UFC) par 100 ml d'eau examinée.

## **3. Résultats et commentaires**

### **3.1 Les sources**

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux des sources sont présentés dans les tableaux 20, 21, 22 et 23. Chaque chiffre contenu dans ces tableaux est une moyenne de 6 valeurs, aucune ne dépassant trois fois la moyenne.

De l'examen de ces tableaux, il ressort que 5 des 11 sources qui ont fait l'objet d'un aménagement, même lorsque l'aménagement est encore sommaire, soit 50% environ de ces sources au total, offrent une eau de très bonne qualité ; ce sont les sources S3, S8, S10, S15 et S12.

Pour la source (S4), l'eau est de qualité assez bonne. Trois autres sources ont une eau de qualité moyenne ; il s'agit des sources S1, S6 et S11. Les 2 sources restantes fournissent une eau de qualité suspecte (S5) ou médiocre (S9). Elles se distinguent des autres sources par des teneurs élevées de leurs eaux en azote ammoniacal et en germes témoins de contamination fécale (tableaux 20 et 21). Ces traits soulignent l'impact des ouvrages d'assainissement qui dominent, par leur position, l'emplacement de ces sources.

Au total, 9 de ces 11 sources aménagées, soit 85% de ces sources, présentent une eau dont la qualité est irréprochable, et qui peut être utilisée directement pour l'alimentation en eau potable. Dans le tableau 24 sont rassemblées les caractéristiques de l'environnement de toutes les sources étudiées, avec indication de leur débit et de l'intérêt que les populations manifestent pour ces sources.

Lorsque l'on combine les deux paramètres, aménagement et environnement dégagé de la source, on sélectionne 4 sources (S3, S4, S6, S15) dont 2 produisent une eau très bonne (S3, S15), une source assez bonne (S4), 1 source ayant une eau de qualité moyenne (S6).

Toutes les sources bien dégagées et qui sont aménagées, procurent donc une eau considérée comme ne nécessitant pas une désinfection préalable pour être consommée. Pour ces sources, l'établissement d'un périmètre de protection de la ressource peut être valablement envisagé. Il n'en est pas de même des sources S8, S10 et S12 qui, quoique offrant une eau de très bonne qualité, sont situées dans le proche voisinage des habitations. Pour ces sources, des mesures spécifiques de protection sont à considérer. Ces sources devront être de toutes façons, maintenues assez loin des latrines et des fosses septiques.

La proximité d'une latrine ou de fosses septiques (rarement étanches) retentit en effet plus ou moins fortement sur la qualité de l'eau, et l'aménagement seul ne suffit pas. Il en est ainsi des sources S1 et S9. Dans le cas de la source S5 cependant, la réserve subissant quelque peu l'influence du milieu extérieur, une action combinée de la latrine et du milieu extérieur serait à l'origine de la qualité (suspecte) de l'eau. La suppression de l'impact du milieu extérieur permettrait d'imputer à la seule latrine une contamination constatée de la source. Ce qui apporterait un début de réponse à la question de savoir si à 5m de distance une latrine continue d'avoir de l'effet sur une source.

**Tableau 20 : Variables bactériologiques et physicochimiques de l'eau des sources aménagées dont l'aire de captage et la réserve sont parfaitement protégées.**

Identification du point d'eau		Paramètres						Qualité :
N° dans la série du type	Code du site de l'ouvrage	pH U.C	conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$	$\text{NH}_4^+$ mg/l	matières organiques mg $\text{O}_2/\text{l}$	coliformes fécaux UFC/100 ml	streptocoques fécaux UFC /100 ml	grille de Duchemin, 1998
S1	EK2 S1	4,2	257	3,7	0,3	29	11	moyenne
*S3	EK2 S3	4,3	38	0,0	0,1	2	0	très bonne
S8	EK2 S8	4,0	100	1,0	0,2	1	0	très bonne
S9	EK1 S1	4,2	103	3,2	0,35	4177	238	médiocre
S10	EK1 S2	4,1	75	0,0	0,2	6	0	très bonne
S11	EK1 S3	4,3	125	0,8	0,5	47	12	moyenne
S12	KD0 S1	4,4	71	0,0	0,3	19	1	très bonne

**Tableau 21 : Variables bactériologiques et physicochimiques de l'eau des sources aménagées dont l'aire de captage ou la réserve sont au contact du milieu extérieur.**

Identification du point d'eau		Paramètres						Qualité : grille de Duchemin, 1998
N° dans la série du type	Code du site de l'ouvrage	pH U.C	conductivité $\mu\text{S/cm}$	$\text{NH}_4^+$ mg/l	matières organiques mg $\text{O}_2/\text{l}$	coliformes fécaux UFC/100 ml	streptocoques fécaux UFC/100 ml	
S5	EK2 S5	4,1	123	1,08	0,1	310	160	suspecte
*S15	EK1 S4	4,5	33	0,0	0,1	6	5	très bonne

\*Source située à plus de 15 m des habitations.

**Tableau 22 : Variables bactériologiques et physicochimiques de l'eau des sources présentant un aménagement sommaire.**

Identification du point d'eau		Paramètres						Qualité : grille de Duchemin, 1998
N° dans la série du type	Code du site de l'ouvrage	pH U.C	conductivité $\mu\text{S/cm}$	$\text{NH}_4^+$ mg/l	matières organiques mg $\text{O}_2/\text{l}$	coliformes fécaux UFC/100 ml	streptocoques fécaux UFC/100 ml	
*S4	EK2 S4	4,1	29	0,0	0,25	21	10	assez bonne
*S6	EK2 S6	4,0	69	0,0	0,1	48	23	moyenne

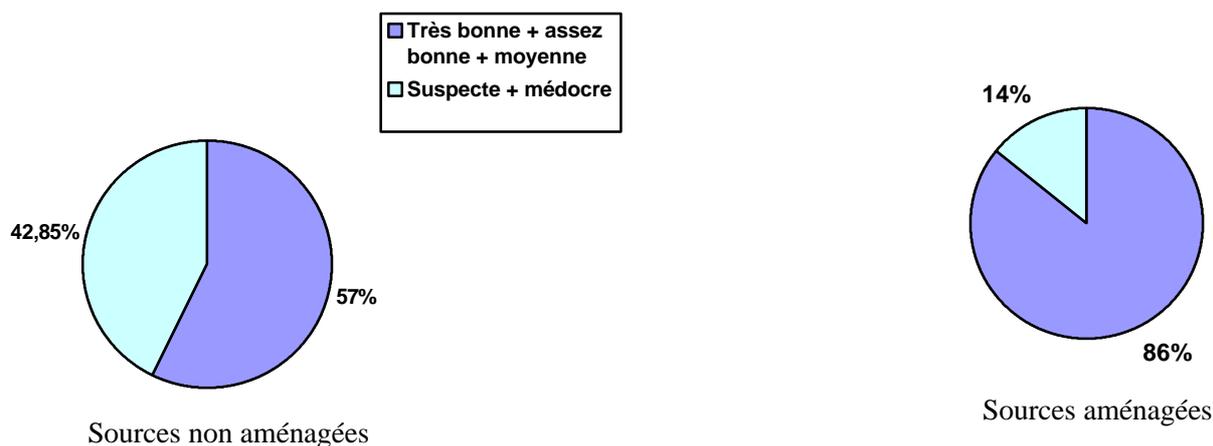
**Tableau 23 : Variables bactériologiques et physicochimiques de l'eau des sources n'ayant aucun aménagement.**

Identification du point d'eau		Paramètres						Qualité : grille de Duchemin, 1998
N° dans la série du type	Code du site de la source	pH U.C	conductivité $\mu\text{S/cm}$	$\text{NH}_4^+$ mg/l	matières organiques mg $\text{O}_2/\text{l}$	coliformes fécaux UFC/100 ml	streptocoques fécaux UFC/100 ml	
S2	EK2 S2	4,0	378	8,9	1,5	4000	820	médiocre
S7	EK2 S7	4,1	60	0,41	0,55	2800	1650	médiocre
S13	KD0 S2	4,1	63	0,1	0,5	1790	275	médiocre
*S14	KD0 S3	4,1	125	0,15	0,5	1700	250	médiocre
S19	MV0 S0	4,9	482	23,2	0,65	40.000	710	très mauvaise

**Tableau 24 : Données sur l'environnement des sources, leur débit, leur qualité et l'intérêt qu'elles présentent pour les populations.**

Identification du point d'eau		Paramètres							
N° dans la série du type	Code du site du point d'eau	Etat du point d'eau	Distance des habitations les plus proches(en m)	Distance des latrines plus proches(en m)	Débit de la source (en l/s)	Production journalière (en litres)	Qualité : grille de Duchemin, 1998	Volume d'eau puisé par jour en moyenne(en litres)	Consommation de l'eau
S1	EK2 S1	aménagée	3	4	0,136	11750	moyenne	<b>4300</b>	<b>courante</b>
S2	EK2 S2	non aménagée	3	12	-	-	médiocre	-	<b>non consommée</b>
S3	EK2 S3	aménagée	>200	>200	0,584	50457	très bonne	<b>14171</b>	<b>courante</b>
S4	EK2 S4	aménagée	>50	>50	0,335	28944	assez bonne	<b>5152</b>	<b>courante</b>
S5	EK2 S5	aménagée	5	5	0,333	28771	suspecte	<b>non déterminé</b>	<b>peu consommée</b>
S6	EK2 S6	aménagée	>15	>15	0,083	7171	moyenne	<b>3556</b>	<b>courante</b>
S7	EK2 S7	non aménagée	5	2	-	-	médiocre	-	<b>non consommée</b>
S8	EK3 S8	aménagée	5	>15	0,466	40262	très bonne	<b>8558</b>	<b>courante</b>
S9	EK1 S1	aménagée	3	2,5	0,280	24192	médiocre	<b>4884</b>	<b>peu consommée</b>
S10	EK1 S2	aménagée	3	8	0,367	21709	très bonne	<b>6094</b>	<b>Courante</b>
S11	EK1 S3	aménagée	3	8	0,253	22118	moyenne	<b>4759</b>	<b>courante</b>
S15	EK1 S4	aménagée	>15	>15	0,513	44323	très bonne	<b>7979</b>	<b>courante</b>
S12	KD0 S1	aménagée	2	12	0,596	51494	très bonne	<b>5968</b>	<b>courante</b>
S13	KD0 S2	non aménagée	4	8	-	-	médiocre	-	<b>peu consommée</b>
S14	KD0 S3	non aménagée	>25	>25	-	-	médiocre	-	<b>non consommée</b>
S19	MV0 S0	non aménagée	1	3	-	-	très mauvaise	-	<b>non consommée</b>

La figure 7 matérialise la répartition des sources aménagées en fonction de la qualité de l'eau. Les sources non aménagées, dans leur ensemble, ont une eau de qualité médiocre. Outre le mode de puisage qui favorise la souillure de l'eau, la non qualité peut être imputable à leur localisation à proximité des habitations, pour les unes, à la remontée des eaux du marécage, pour les autres.



**Figure 7 : Répartition des sources aménagées en fonction de la qualité de l'eau**

### 3.2 Les puits

Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux des puits sont réunis dans les tableaux 25 et 26 (moyenne des 6 valeurs, aucune ne dépassant trois fois la moyenne).

Sept puits avec margelle haute et couvercle de protection ont été étudiés. 2 de ces puits (P1 et P21) ont une eau de très bonne qualité. L'eau des 4 de ces puits (P4, P14, P10 et P12) est de qualité moyenne ; elle est suspecte au niveau d'un puits (P7). L'explication serait à rechercher dans la présence d'un puits non protégé situé à 3m à l'amont du puits P7.

Ainsi donc, 6 des 7 puits protégés, soit 80% des ouvrages appartenant à cette catégorie produisent une eau qui aurait besoin d'être désinfectée tout au plus, pour une alimentation en eau potable (tableau 25).

Le puits P2 (tableau 26) fournirait une eau de très bonne qualité, si l'on en juge par l'absence des germes témoins de contamination fécale. Mais, les fortes valeurs de l'azote ammoniacal (11,7mg/l) qui ont été relevées dans les eaux du puits indiquent la présence de matières organiques en cours de dégradation dans les eaux du puits, et rendent ces eaux suspectes. A 3 m de ce puits non protégé de surcroît, se trouve en effet une latrine. Aucune explication n'est donnée actuellement de l'absence répétée des germes tests dans les eaux turbides de ce puits.

Des valeurs élevées d'azote ammoniacal (23mg/l de  $\text{NH}_4^+$ ) et de la conductivité électrique (663 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) sont aussi observées dans les eaux du puits P21 (tableau 25). Cet état de chose serait une caractéristique des puits du quartier Mvog-Ada (tableau 26).

Tous les puits non protégés (12 au total) présentent une eau dont la qualité est suspecte, médiocre ou mauvaise (tableau 26). Pour la grande majorité de ces puits, les teneurs de l'eau en azote ammoniacal qui ont été enregistrées sont nettement supérieures à 0,5mg/l.



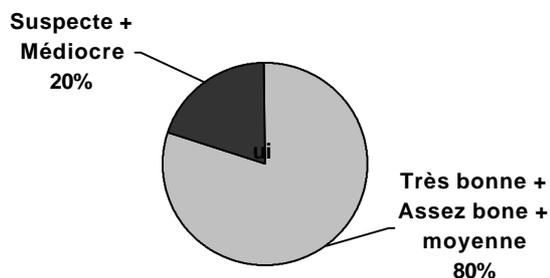
**Tableau 25 : Variables bactériologiques et physicochimiques de l'eau des puits ayant une margelle et un couvercle de protection ( puits protégés).**

Identification du point d'eau		Paramètres							Qualité : grille de Duchemin, 1998	Consommation de l'eau
N° dans la série du type	Code du site de l'ouvrage	pH U.C	conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$	$\text{NH}_4^+$ mg/l	matières organiques mg $\text{O}_2/\text{l}$	Turbidité Unités F ( Formazine)	coliformes fécaux UFC/100 ml	streptocoques fécaux UFC/100 ml		
P1	EK2 P1	4,3	75	0,2	0,2	1	12	1	très bonne	non consommée
P4	EK1 P1	4,3	45	0,01	0,15	6	157	183	moyenne	consommée
P7	KD0 P3	4,0	50	0,01	0,35	0	297	15	suspecte	courante
P14	KD0 P6	4,2	62	0,01	0,15	0	185	16	moyenne	courante
P10	KD0 P7	4,2	56	0,04	0,3	1	38	0	moyenne	courante
P12	KD0 P14	3,8	204	0,50	0,15	1	72	25	moyenne	courante
P21	MV0 P1	4,9	663	23	0,85	0	0	2	très bonne	courante

**Tableau 26 : Variables bactériologiques et physicochimiques de l'eau des puits ayant une margelle , sans couvercle de protection.**

Identification du point d'eau		Paramètres							Qualité : grille de Duchemin,	Consommation de l'eau
N° dans la série du type	Code du site de l'ouvrage	pH U.C	conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$	$\text{NH}_4^+$ mg/l	matières organiques mg $\text{O}_2/\text{l}$	Turbité Unité F ( Formazine)	Coli. fécaux UFC/100 ml	Strepto. fécaux UFC/100 ml		
P2	EK2 P2	4,7	247	11,7	0,7	9	0	0	suspecte	non consommée
P3	EK2 P3	3,9	67	0,9	0,35	1	640	842	suspecte	non consommée
P5	KD0 P1	4,1	137	2,05	0,3	0	1530	137	médiocre	peu consommée
P6	KD0 P2	4,2	218	2,06	3,6	0	1340	182	médiocre	non consommée
P8	KD0 P4	4,2	40	0,01	0,25	7	1157	20	médiocre	non consommée
P9	KD0 P5	3,8	77	0,01	0,4	1	462	217	suspecte	non consommée
P13	KD0 P8	4,6	80	1,0	0,7	5	670	98	suspecte	non consommée
P11	KD0 P9	4,3	182	1,33	0,7	14	1690	150	médiocre	non consommée
P22	MV0 P2	5,7	715	25,1	1,5	15	12600	257	mauvaise	non consommée
P23	MV0 P3	4,5	457	16,4	0,65	3	463	130	suspecte	non consommée
P24	MV0 P4	4,5	451	16,2	0,45	3	110	10	suspecte	non consommée
P25	MV0 P5	6,0	946	70,2	2	5	2300	900	médiocre	non consommée

## A PUIITS



## B PUIITS



Figure 8 : Répartition des puits aménagés en fonction de la qualité de l'eau.

### 3.3 Les points d'eau de distribution

Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques sont donnés dans le tableau 27. L'eau au niveau des points d'étude est d'une bonne qualité bactériologique.

Tableau 27 : Variables bactériologiques et physico-chimiques de l'eau prélevée aux bornes-fontaines ( BF) ou à un branchement particulier ( BP).

Identification du point d'eau		Paramètres						Qualité : grille de Duchemin, 1998
N°	Code du site	pH U.C	conductivité $\mu\text{S/cm}$	$\text{NH}_4^+$ mg/l	MO mg $\text{O}_2/\text{l}$	coliformes fécaux UFC/100 ml	streptocoques fécaux UFC/100 ml	
BF5	EK2 B1	6,8	130	0,19	2,25	0	1	très bonne
BF2	NK2 B1	6,9	134	0,13	2,20	0	17	très bonne
BF3	EK1 B1	7,1	139	0,10	2,25	0	0	très bonne
BF4	KD0 B1	7,2	139	0,09	2,20	0	0	très bonne
BP1	KD0 B2	7,1	139	0,15	2,25	0	0	très bonne
BF6	MV0 B1	7,0	137	0,12	2,25	0	3	très bonne
BF7	MV0 B2	7,1	139	0,13	2,20	0	0	très bonne

#### 4. Classement des différents points d'eau suivant les différentes classes de qualité

L'aménagement procure au point d'eau une protection nécessaire de la ressource. Les données sont présentées dans le tableau 28 (Sources et Puits). Pour le classement des différents points d'eau, nous avons retenu les différentes classes de qualité contenues dans le tableau 28 ci-dessous. Ce classement montre :

- ▷ que seules les eaux des sources S3, S8, S10, S15, S12, des puits P1, P2, P21 et des bornes fontaines BF5, BF2, BF3, BF4, BP1, BF6, BF7 sont de très bonne qualité et méritent une simple protection;
- ▷ que les eaux des sources S1, S4, S6, S11, et des puits P14, P10, P12, P24 présentent une qualité moyenne, et que leur traitement est facultatif;
- ▷ que le traitement des eaux des autres sources et puits est fortement conseillé,
- ▷ que les eaux des sources S2, S5, S7, S9, S13, S14 et des puits P3, P5, P6, P8, P25 présentent une qualité médiocre et que leur traitement est impératif;
- ▷ que les eaux du puits P22 présentent une mauvaise qualité et que leur traitement avec filtration est impératif;
- ▷ que les eaux de la source S19 sont de très mauvaise qualité et qu'elles ne doivent pas être utilisées en eau potable.

**Tableau 28 : Classement des différents points d'eau suivant les différentes classes de qualité proposées par M. Jean DUCHEMIN**

Sources (S), puits (P) et bornes fontaines (BF)	Coliformes fécaux (n/100 ml)	Streptocoques fécaux (n/100 ml)	NH4+ (mg/l)	Qualité	Proposition des mesures sanitaires
S3, S8, S10, S15, S12 P1, P2, P21 BF5, BF2, BF3, BF4, BP1, BF6, BF7	0 à 20	0 à 20	< 0,5	très bonne	simple protection
	0 à 20	20 à 200	< 0,5	assez bonne	surveillance pollutions anciennes
S1, S4, S6, S11, P14, P10, P12, P15, P16, P24	20 à 200	20 à 200	< 0,5	moyenne	traitement facultatif (désinfection)
P4	20 à 200	200 à 1 000	< 0,5	suspecte	traitement conseillé
P7, P9, P10, P11, P23	200 à 1 000	200 à 1000	< 0,5	suspecte	traitement conseillé
S5 P3	200 à 1 000	1 000 à 5 000	< 0,5	médiocre	traitement impératif
S2, S7, S9, S13, S14 P5, P6, P8, P25	1 000 à 5000	1 000 à 5 000	< 1	médiocre	traitement impératif
	1 000 à 5 000	5 000 à 20 000	< 1	mauvaise	traitement impératif (+ filtration) *
P22	5 000 à 20 000	5 000 à 20 000	< 1	mauvaise	traitement impératif (+ filtration) *
S19	> 20 000	> 20 000		très mauvaise	interdire en eau potable

NB : chacun des chiffres contenus dans les tableaux est une moyenne sur 6 analyses, aucune ne dépassant 3 fois la moyenne.

\* selon les risques d'apports en eaux de surface ou circulations souterraines rapides, matières organiques, matières en suspension contenant virus et œufs et kystes de parasites, ou filtration individuelle domestique (filtres GRET sable + cendre, etc.).

### III. CONCLUSION

---

Au total, les sources constituent des points d'eau traditionnels dont certains fournissent une eau de très bonne qualité, équivalant même à une bonne eau de distribution publique ayant subi un traitement classique. Les puits, même lorsqu'ils sont protégés, se révèlent être plus vulnérables que les sources.

Toutefois, il convient de noter que l'absence complète de protection des puits constitue un facteur très important de dégradation de la qualité de l'eau, car les puits non protégés sont souvent chargés de matières organiques en décomposition apportées par le vent ou par les insectes et organismes divers qui tombent accidentellement dans les puits. De tels puits peuvent représenter une source de pollution de la nappe phréatique.

L'aménagement du point d'eau constitue une première mesure de protection de la source. D'autres mesures d'accompagnement sont indispensables, surtout :

- ▷ l'observation des règles d'hygiène liées au puisage de l'eau des puits : il est nécessaire que le seau, ainsi que le cordage qui lui est attaché, ne reposent jamais directement sur le sol, car cette pratique favorise l'introduction dans le puits d'éléments provenant de la surface du sol ;
- ▷ l'utilisation des latrines sèches qui permettent de limiter l'infiltration des matières fécales dans le sol et, partant, les risques de contamination de la nappe. Ceci implique que les latrines ne soient pas creusées jusqu'à la nappe phréatique, ou que les eaux de toilette ne soient pas introduites dans les latrines ;
- ▷ l'éloignement ou la suppression des sources de pollution du voisinage immédiat de la nappe ou des points d'eau (puits et sources).

Des essais de traçage sont indispensables afin de déterminer les vitesses de transfert des polluants dans le sol, et de mieux préciser la notion de périmètre de protection, en fonction des conditions géologiques de l'environnement.

# **Chapitre 3 :**

## **Essai de mise en évidence du pouvoir auto-épurateur du sous-sol de Yaoundé**

### **I. INTRODUCTION**

---

Une question bien souvent posée est de savoir quel est le rôle de l'altérite dans le transfert des polluants chimiques et microbiologiques des latrines à la nappe phréatique ? Afin d'apprécier la portée du risque sanitaire que les latrines feraient courir aux points d'eau traditionnels (sources et puits) situés dans leur voisinage, plusieurs séries de tests de percolation ont été effectuées sur les carottes en latérite. Ces tests visent à déterminer le pouvoir filtrant du sous-sol de Yaoundé. Après une présentation succincte du mode de prélèvement des sols et des sites où les échantillons utilisés pour l'expérimentation ont été prélevés, sera exposée la méthodologie suivie. Suivront enfin, les principaux résultats obtenus et les commentaires qui en découlent.

#### **1. Description des carottes**

Les carottes ont été confectionnées en faisant rentrer une colonne de terre, sans en modifier la texture, dans des cylindres en PVC de 5 mm d'épaisseur de paroi et de diamètre respectif intérieur de 250 mm pour C1, C2, et 300 mm pour C3. Au dessus de la colonne de terre, une partie vide d'environ 30cm de hauteur du cylindre est réservée et tient lieu de réservoir d'eaux usées. Pour assurer l'étanchéité entre la colonne et le PVC, la paraffine est soigneusement coulée à la limite cylindre-terre. Sur l'ouverture inférieure du cylindre, un grillage de maille 3x3 mm<sup>2</sup> empêche l'effritement de la terre. Une carotte ainsi confectionnée est maintenue verticale à 25 cm au dessus du sol grâce à un support métallique. Les hauteurs de la terre dans les différentes carottes sont respectivement de 112 cm pour la carotte C1, 110 cm pour la C2 et 72 cm pour la C3.

Les carottes C1 et C2 ont été réalisées sur le sol en latérite à plusieurs textures du Campus de l'Université de Yaoundé I. Quant à la carotte C3, elle a été réalisée sur un sol hydromorphe de Kondengui (Arrondissement de Yaoundé IV). La figure de la page suivante présente le dispositif expérimental mis au point.

#### **2. Présentation des sites des carottes**

##### **2.1 Carotte I**

L'échantillon du sol constituant la carotte I a été prélevé au Campus de l'Université de Yaoundé I. La carotte I a été taillée dans un petit talus de 180 cm de profondeur présentant 4 horizons différents de haut en bas :

- ▷ de 0 à 40 cm : c'est un horizon brun rougeâtre à texture argileuse au toucher et à structure polyédrique ; présence de nodules ferrugineux millimétriques à centimétriques épars, et de

morceaux de charbon de bois ; présence aussi de racines millimétriques et inframillimétriques ; consistance assez compacte mais les mottes sèches et dures montrent des vides tubulaires d'origine biologique ; c'est donc un ensemble de porosité moyenne ; on observe localement une fissuration marquée, avec des fissures remplies de grains bruns sombres (traces d'activité biologique) ; limite nette avec la partie sous – jacente ;

- ▷ de 40 à 55 cm : horizon brun sombre montrant de nombreux fragments de charbons de bois, de palmistes et des débris divers, texture argileuse au toucher mais structure polyédrique peu nette ; présence de fines radicelles formant un chevelu racinaire ; éléments grossiers millimétriques et centimétriques un peu plus abondants (nodules ferrugineux et rares fragments de quartz) ; ensemble plus compact que le précédent, de porosité moyenne, passage progressif vers le bas marqué par l'augmentation de la proportion des éléments grossiers ;
- ▷ de 55 à 160 cm : horizon nodulaire à nombreux nodules ferrugineux emballés dans une matrice argileuse, brun clair à brun rougeâtre dans les 60 cm supérieurs, et brun rouge tacheté de jaune dans les 45 cm inférieurs ; nodules ferrugineux centimétriques associés à quelques cailloux (diamètre avoisinant 10 cm) vers la limite supérieure ; ensemble compact montrant une porosité fine (petits pores d'origine biologique) sur les mottes ; présence de quelques fines racines éparses ; passage vers l'horizon sous-jacent marqué par l'apparition de tâches jaunes et surtout par la diminution de la proportion et de la taille des nodules ferrugineux ;
- ▷ de 160 à 180 cm : horizon tacheté rouge et jaune, argileux, à toucher plus frais que les horizons sus-jacents ; structure polyédrique grossière avec certains agrégats à faces brillantes ; rares nodules ferrugineux et grains de quartz millimétriques ; absence de racines.

Le talus permet de voir la partie supérieure de ce sol ferralitique. La carotte I, constituée par les deux derniers horizons, mesure 115 cm de hauteur et 23 cm de diamètre.

## **2.2 Carotte II**

Comme pour la carotte I, la carotte II a été prélevée dans un talus sur le site du Campus de l'Université de Yaoundé I ; le profil découvert à la faveur du talus prolongé par un puits a une profondeur de 950 cm, avec de haut en bas sept horizons distincts par leur couleur et par leur organisation :

- ▷ de 0 à 25 cm : horizon brun sombre à rares petits grains blancs de quartz ; texture argileuse au toucher ; ensemble fissuré montrant une structure polyédrique ; présence de nombreuses racines de différentes tailles (millimétriques, centimétriques, pouvant atteindre 3 cm de diamètre) ; horizon peu compact, avec passage progressif à l'horizon sous-jacent ;
- ▷ de 25 à 120 cm : horizon brun rouge argileux, à longues fissures verticales conférant une structure grossière prismatique recoupée par une structure polyédrique plus fine ; grains de quartz millimétriques ; présence de racines fines (inframillimétriques) et de rares racines plus grosses ; la limite avec l'horizon sous-jacent est peu nette ;
- ▷ de 120 à 190 cm : horizon rouge tacheté de jaune, argileux au toucher ; la structure polyédrique est peu nette ; tâches jaunes millimétriques vers le haut, et de plus en plus nombreuses et larges (centimétriques) de forme irrégulière, de coloration jaune blanchâtre, vers le bas ; présence de racines fines éparses et de très rares grosses racines ; limite peu nette avec l'horizon suivant ;
- ▷ de 190 à 240 cm : horizon argileux rouge à tâches jaunes à blanchâtres, montrant quelques nodules ferrugineux millimétriques à centimétriques et des grains de quartz (dont certains

sont centimétriques) ; présence de très fines radicelles et de rares grosses racines. Un passage progressif à l'horizon sous-jacent est à souligner ;

- ▷ de 240 à 600 cm : horizon rouge bariolé de jaune et de blanchâtre ; argileux au toucher ; structure massive ; vers le bas, l'ensemble apparaît plus humide et présente des grains et fragments de quartz pluricentimétriques ; passage progressif à l'horizon suivant ;
- ▷ de 600 à 850 cm : horizon bariolé rouge, jaune blanchâtre avec bariolage horizontal net ; texture argilo-sableuse ; ensemble humide ; d'aspect massif ; limite avec l'horizon sous-jacent peu nette.

C'est dans cet horizon que la carotte II a été prélevée, sur une profondeur de 87 cm et 230 cm de diamètre ; de 850 à 930 cm ; le profil se termine par un horizon lité, gris blanc et rougeâtre, cohérent, qui correspond à la roche altérée à structure conservée, de texture sablo-argileuse. A partir de 930 cm, la roche dure forme le plancher au fond du puits. Le talus et le puits permettent de voir un profil complet de sol ferrallitique. La nappe phréatique baigne la base de l'horizon bariolé et l'altérite au dessus du plancher rocheux.

### **2.3 Carotte III**

La carotte III provient d'un sol hydromorphe de Yaoundé IV à Etam Bafia. Elle est taillée dans un tuyau PVC de 30 cm de diamètre et mesure 70 cm de longueur.

## **3. Méthodologie**

Les essais consistent à introduire à intervalles de temps réguliers un volume d'eaux usées dans une carotte de latérite de grand diamètre (23 ou 30 cm) de 80 cm ou 120 cm de profondeur, à recueillir les eaux qui ont traversé la carotte, à intervalles de temps également réguliers, et à déterminer les composantes physico-chimiques et microbiologiques ( germes témoins de contamination fécale) de ces eaux.

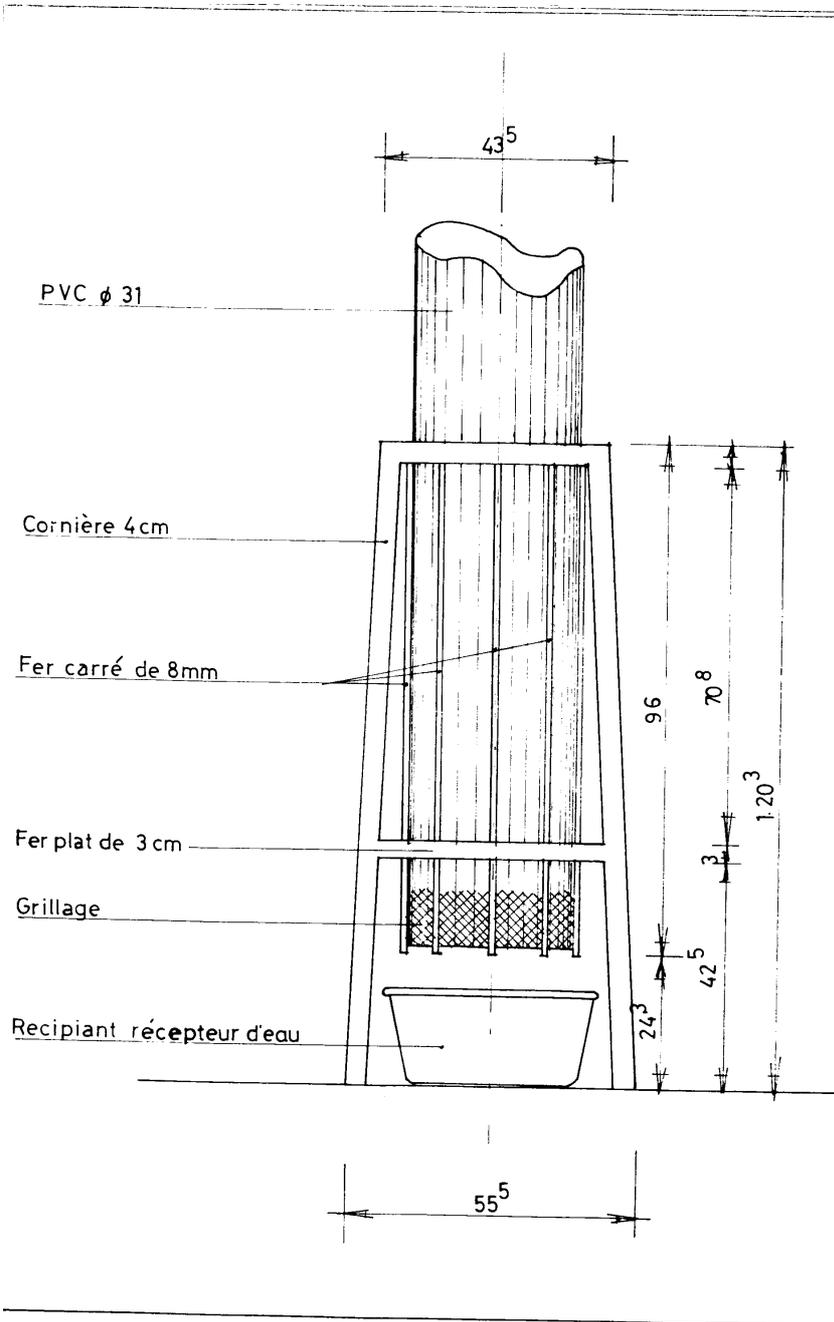
L'écoulement sous l'effet de différentes charges (500 ml, 250 ml, 100 ml, 100 ml en 3 fractions et 50 ml d'eaux usées introduites toutes les 30 minutes) a été étudié.

Les méthodes et les techniques d'analyses physico-chimiques et bactériologiques ont déjà été exposées dans la 1<sup>ère</sup> partie de ce travail.

Les essais de traçage sur les différentes carottes ont été réalisés à l'aide de la fluorescéine, du bleu de méthylène en solution acide et du chlorure de sodium (sel de cuisine).

## **4. Résultats**

Les résultats des essais sont rassemblés dans les tableaux numérotés de 1 à 5. Dans chaque tableau sont présentés les paramètres relatifs à l'essai, et qui débouchent sur la détermination du débit de l'écoulement sous la charge considérée. D'autres paramètres permettent d'apprécier globalement la qualité des eaux usées brutes et après leur passage dans les carottes. Ce sont notamment la conductivité électrique, la turbidité, la teneur en ammoniac, la DCO (demande chimique en oxygène), et les bioindicateurs bactériens. On relève que tous ces paramètres affichent des valeurs différentes selon que l'on considère les eaux usées brutes ou celles issues des carottes. Un abattement peut ainsi être déterminé par paramètre pour chaque carotte dans les conditions de l'essai.



**CAROTTE**

#### 4.1 Percolation avec une charge de 500 ml d'eaux usées introduites toutes les 30 minutes

Les tableaux qui ci-dessous visualisent l'ensemble des résultats obtenus au cours des essais avec une charge de 500 ml d'eaux usées / 30 min. Le débit d'écoulement des eaux de percolation, pour une charge constante, est compris entre 14,33 et 17 ml/min. Il est donc relativement élevé.

La traversée de la carotte I par les eaux usées brutes s'accompagne d'une diminution des valeurs de la conductivité électrique, qui passe de 1181  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dans les eaux brutes à 649  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en moyenne ; ce qui correspond à un abattement de 45,05 %.

Les teneurs en azote ammoniacal, pour leur part, subissent une réduction de 65,94 % en moyenne, les valeurs enregistrées pour ce paramètre s'échelonnant entre 27 et 43,75 mg/l.

Il en est de même de la DCO pour laquelle les valeurs relevées sont comprises entre 303 et 506 mg  $\text{O}_2$  /l, contre 1130 mg  $\text{O}_2$  / l dans les eaux brutes ; un abattement de 65,75 % est observé pour cette composante.

A l'opposé, la turbidité des eaux n'est que légèrement réduite, et seulement d'ailleurs dans la première moitié de l'essai, où les valeurs vont de 303 unités F. à 378 unités F. ; ce qui représente un abattement de 29,86 % et 12,5 %, respectivement. Dans la dernière partie de l'essai, l'écoulement des eaux dans la carotte entraîne de fines particules de terre, qui viennent augmenter, au contraire, la turbidité du percolat.

Le pH enfin, subit un abaissement d'une unité en moyenne, passant de 7,9 u.c. dans les eaux usées brutes à 6,9 u.c. dans les eaux issues de la carotte I.

Les eaux recueillies sous la carotte I sont ensuite mises à percoler dans la carotte II. Les horizons dans lesquels ces deux carottes ont été prélevées se présentent en effet dans cette succession sur le terrain. On peut ainsi se faire une idée du pouvoir épuratoire des parties du sous-sol correspondantes.

Les résultats relatifs à ce second essai mené dans les mêmes conditions que le 1<sup>er</sup> sont présentés dans la moitié inférieure du tableau 1. Les valeurs de débit à charge constante sont en moyenne légèrement plus faibles que celles obtenues pour la carotte I : 13,2 ml / mn pour la carotte II et 16,2 ml / mn pour la carotte I. Cette différence de débit apparaît comme un premier reflet des différences de texture et de structure qui existent entre les deux carottes. C'est au niveau de la conductivité électrique des eaux, et des teneurs en azote ammoniacal, que se manifeste beaucoup plus nettement l'action du sol de la carotte. De 649  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en moyenne avant la percolation, la conductivité des eaux au sortir de la carotte II ne dépasse guère 35  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les valeurs obtenues pour ce paramètre traduisent un abattement de la minéralisation compris entre 94,6 % et 96,4 %. Ce que confirme les données de l'azote ammoniacal, qui s'échelonnent entre 0,66 mg/l et 0,86 mg/l, réalisant ainsi une réduction allant de 97,7 à 98,2 %. Cette forte tendance à la baisse des variables physico-chimiques se retrouve au niveau de la turbidité, de la DCO et du pH (dont la réduction atteint 2 u.c.)

Pour ce qui concerne les variables bactériologiques (coliformes fécaux et streptocoques fécaux), il est dénombré  $31.10^8$  UFC/100 ml pour les coliformes fécaux, et  $51.10^6$  UFC/100 ml pour les streptocoques fécaux dans les eaux usées brutes utilisées pour les essais de percolation. Les analyses qui ont été faites sur les eaux recueillies de la carotte I indiquent que ces dernières

contiennent encore  $19.10^7$  UFC/100 ml coliformes fécaux, et  $42.10^5$  UFC/100 ml streptocoques fécaux, en moyenne.

A l'issue de la percolation à travers la carotte II, les effectifs des coliformes fécaux encore présents dans les eaux s'élèvent à  $35.10^5$  UFC/100 ml, et pour les streptocoques fécaux, à  $37.10^4$  UFC/100 ml.

Ainsi donc, la réduction des effectifs des germes tests ne porte que sur une unité logarithmique au niveau de la carotte I. Elle s'avère un peu plus poussée dans la carotte II, où elle atteint 2 unités logarithmiques pour les coliformes fécaux. Sous une charge de 500 ml toutes les 30 minutes, le système ne peut assurer qu'une faible élimination des germes témoins de contamination fécale ; elle est de 3 unités logarithmiques pour les coliformes fécaux, et seulement de 2 pour les streptocoques fécaux.

#### **4.2 Percolation avec une charge de 250 ml d'eaux usées introduites toutes les 30 minutes**

Les résultats des analyses qui se rapportent à cette série d'essais sont présentés dans le tableau 2. Comme dans le cas précédent, on relève un abattement appréciable au niveau de tous les paramètres physicochimiques des eaux recueillies de la carotte I : 55,9% pour la conductivité électrique, 36,3% pour la turbidité, 85,7% pour l'azote ammoniacal, 81,9% pour la DCO. L'abaissement du pH est par contre relativement modeste, de l'ordre de  $1/10^{\text{e}}$  d'unité.

L'élimination des polluants entreprise par la carotte I est amplifiée au sein de la carotte II, où la conductivité propre des effluents subit un abattement de plus de 95%, et la turbidité, de plus 90,5%. Les teneurs de l'azote ammoniacal et la demande chimique en oxygène sont elles aussi sévèrement affectées. On note pour la première composante une réduction comprise entre 97,8% et 99,3%, et pour la seconde, une baisse supérieure à 80%.

Les populations des bactéries tests de contamination fécale sont transférées sans grande modification, avec un abaissement d'une unité logarithmique seulement, aux horizons suivants par la carotte I. Une réduction des effectifs de ces populations de 3 unités logarithmiques est assurée ensuite par la carotte II. Les eaux qui proviennent de la carotte II hébergent en moyenne cependant  $50.10^3$  UFC/100 ml pour les coliformes fécaux, et  $55.10^3$  UFC/100 ml pour les streptocoques fécaux. Les polluants présents dans les effluents bruts subissent finalement une réduction de 98,1%, pour ceux qui se manifestent sous le signe de la conductivité, et de 95,2% pour ceux qui sont responsables de la turbidité. Les teneurs de l'azote ammoniacal et la DCO affichent, quant à elles, un abattement de 99,8% et 98,2% respectivement.

#### **4.3 Percolation avec une charge de 100 ml d'eaux usées introduites toutes les 30 minutes**

Les résultats des essais qui ont été réalisés sur 3 carottes distinctes avec une charge de 100 ml, sont réunies dans le tableau 3. Comme pour les essais précédents, on relève une nette réduction des valeurs prises par les divers paramètres physicochimiques à la suite de la percolation à travers les carottes.

L'abattement au niveau de la carotte I, pour cette charge, est compris entre 91,1% et 93,2% pour la conductivité électrique, et entre 66,3% et 75,4% pour la turbidité ; une plus forte réduction

tion, dépassant 97%, est observée pour l'azote ammoniacal. La DCO, quant à elle, subit un abattement de 95,7% à 97%, la réduction au niveau du pH avoisinant 2 u.c..

La réduction manifestée dans la carotte I se poursuit au niveau de la carotte II, où les diverses composantes physicochimiques prennent des valeurs encore plus faibles : 10 à 22  $\mu\text{S}/\text{Cm}$  pour la conductivité électrique, 13 à 22 unités F. pour la turbidité, 0,36 à 0,49 mg/l pour l'azote ammoniacal. Ces valeurs correspondent, pour ces 3 paramètres, à des abattements qui s'échelonnent entre 81% et 91,7%; la DCO seule reste en retrait, avec une réduction comprise entre 44,7 et 92,1%.

Les variables microbiologiques subissent aussi de manière sensible, l'influence de la percolation. On relève pour la carotte I une réduction des effectifs atteignant régulièrement 2 unités logarithmiques pour les 2 catégories de germes tests, leurs nombres étant abaissés de  $14.10^8$  UFC/100 ml pour les coliformes fécaux et  $60.10^5$  UFC/100 ml pour les streptocoques fécaux, à  $16.10^6$  UFC/100 ml et  $26.10^4$  UFC/100 ml, respectivement.

C'est au niveau de la carotte II que la rétention des germes tests est encore plus nette ; les effectifs de ces germes sont en effet réduits de 4 unités logarithmiques pour les coliformes fécaux, et de 2 pour les streptocoques fécaux.

Au total, l'abattement obtenu au bout du système constitué par les deux carottes I et II est considérable, notamment pour les polluants chimiques. Il est de 99,1% pour la minéralisation, estimée par le biais de la conductivité, de 99,7% pour l'azote ammoniacal, de 96,8% pour la turbidité, et de 98,9% pour la DCO. La réduction des effectifs des germes tests est elle aussi très appréciable, car elle atteint 4 et 6 unités logarithmiques pour les streptocoques et les coliformes fécaux respectivement.

La carotte III va plus loin dans la réduction des polluants chimiques et microbiologiques. Le sol de cette carotte doit présenter une capacité d'échange très élevée, si l'on en juge par les valeurs de la conductivité électrique qui ont été enregistrées, comparées à celles observées pour les carottes I et II. Il a aussi un bon pouvoir filtrant. Certaines eaux recueillies ont en effet une turbidité comparable à celle de l'eau du robinet lorsque celle-ci est bien claire (turbidité inférieure à 10 unités F). Cette aptitude à retenir les matières en suspension retentit sur les teneurs de l'azote ammoniacal et sur les valeurs de la DCO, qui s'échelonnent respectivement de 0,25 mg/l à 0,46 mg/l, et de 12 mg  $\text{O}_2$ /l à 23 mg  $\text{O}_2$ /l. On note par contre, un léger relèvement du pH par rapport aux eaux issues de la carotte I, qui ont été mises à percoler dans la carotte III.

Les effectifs des germes témoins de contamination fécale soutiennent quant à eux une réduction de 2 et même de 3 unités logarithmiques par rapport à la carotte I, et on ne dénombre plus que 340 UFC/100 ml à  $24.10^2$  UFC/100 ml pour les coliformes fécaux, et 70 UFC/100 ml à 250 UFC/100 ml pour les streptocoques fécaux dans les eaux issues de la carotte III.

Au total, un abattement compris entre 92,7% et 98,5% pour la turbidité, entre 96,1% et 99% pour la DCO, est réalisé par le système des deux carottes I et III. Ce système assure par ailleurs une réduction des teneurs de l'azote ammoniacal supérieure à 99,8%. Quant aux germes tests, leurs effectifs enregistrent un abattement de 5 à 6 unités logarithmiques.

#### **4.4 Percolation avec une charge de 100 ml d'eaux usées introduites toutes les 30 minutes en 3 fractions**

Les résultats des essais qui ont été effectués avec fractionnement de la charge sont, dans l'ensemble, peu différents de ceux obtenus sans fractionnement de charge. Les débits moyens au niveau des carottes sont d'ailleurs très sensiblement les mêmes : ils sont de 2,77 ml/mn et de 2,91 ml/mn pour les carottes I et II, respectivement, pour les essais sans fractionnement de charge, de 2,72 ml/mn et 2,89 ml/mn pour ces mêmes carottes respectivement, lorsque la charge de 100 ml a été fractionnée. Les taux de réduction de l'intensité des variables physicochimiques et bactériologiques sont très voisins ou identiques dans les deux cas.

Le fait d'introduire une charge de 100 ml en 3 fractions de 35 et 30 ml régulièrement espacées, n'affecte donc pas sensiblement le pouvoir filtrant des carottes.

#### **4.5 Percolation avec une charge de 50 ml d'eaux usées introduites toutes les 30 minutes**

Cette série d'essais a été réalisée sur les carottes I, II et III. Les données sur la physicochimie et la bactériologie des différents percolats sont rassemblées dans le tableau ci-dessous.

De l'examen des données de ce tableau, il ressort que les deux systèmes constitués par les carottes I et II d'une part, par les carottes I et III d'autre part, opèrent, une bonne réduction des polluants chimiques contenus dans les eaux usées domestiques.

Entrées dans le système avec une conductivité électrique de 1202  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , et une turbidité égale à 488 unités formazine, une teneur en azote ammoniacal de 97 mg/l, les eaux, à l'autre bout de la carotte I, n'ont plus qu'une conductivité de 99  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et une turbidité de 71 unités F., en moyenne. Ces valeurs traduisent un abattement de 91,8%, et de 85,4% pour ces deux paramètres respectivement. Ces eaux ne contiennent plus que 2,6 mg/l d'azote ammoniacal, et leur DCO n'est plus que de 44 mg  $\text{O}_2/\text{l}$ . On déduit pour ces variables une réduction égale à 97,3% et de 95,5% respectivement. Une percolation dans la carotte II aboutit à une plus grande clarification des eaux provenant de la carotte I en même temps que leurs composantes physicochimiques épousent des valeurs encore plus faibles : une conductivité comprise entre 10 et 19  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , une turbidité variant de 10 à 20 unités F., des teneurs en ammoniac évoluant entre 0,40 mg/l et 0,57 mg/l, et une DCO inférieure à 10 mg  $\text{O}_2/\text{l}$ .

Estimés par rapport à l'ensemble du système, les abattements enregistrés pour la conductivité et pour la turbidité se révèlent supérieurs à 98,4% et à 95,9% respectivement. Ils sont supérieurs à 99,5% pour l'ammoniac et pour la DCO.

L'élimination des germes tests réalisée au niveau de la carotte I est en moyenne de 4 unités logarithmiques ; les effectifs des germes qui ont été dénombrés accusent en effet une dépression qui les amène de  $59.10^7$  UFC/100 ml à  $48.10^3$  UFC/100 ml, pour les coliformes fécaux, et de  $40.10^6$  UFC/100 ml à  $65.10^2$  UFC/100 ml pour les streptocoques fécaux.

La carotte I participe ainsi plus activement qu'avec les charges précédentes, à la rétention des bactéries allochtones, dont les effectifs sont davantage réduits dans la carotte II. Finalement, la réduction des germes dans ce système porte sur 5 à 6 unités logarithmiques. La carotte III confirme ses capacités épuratoires déjà manifestées avec les charges de 100 ml/30 min. S'agissant plus particulièrement de l'élimination des bactéries, il est à souligner que celle-ci atteint régulièrement 6 et parfois 7 unités logarithmiques.

**Tableau 30 : Résultats des essais de percolation sur carottes en latérite, avec une charge de 500 ml d'eaux usées introduites toutes les 30 mn.**

Carotte N :	Paramètres de l'essai				Paramètres des eaux usées avant et après percolation						
	Temps cumulé (min.)	volume cumulé des eaux usées versées dans la carotte (ml)	Volume des eaux recueillies après passage dans la carotte (ml)	Débit à l'étape (ml/min)	pH (u.c.)	Conductivité électrique (µS/cm)	Turbidité (unités F)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	DCO (mgO <sub>2</sub> /l)	Coliformes fécaux (UFC/100m)	Streptocoques fécaux (UFC/100ml)
I	0	500*	-	-	7,9	1181	432	109	1130	31.10 <sup>8</sup>	51.10 <sup>6</sup>
	90	2000	830	9,76	6,9	580	371	27	324	26.10 <sup>7</sup>	44.10 <sup>5</sup>
	120	2500	430	14,33	6,9	587	357	31,25	340		
	150	3000	510	17,0	6,9	600	330	30,5	303	24.10 <sup>7</sup>	43.10 <sup>5</sup>
	180	3500	490	16,33	6,9	694	451	44	457		
	210	4000	480	16,0	6,9	586	309	28,5	408	17.10 <sup>7</sup>	34.10 <sup>5</sup>
	240	4500	510	17,0	6,9	658	378	38	338		
	270	5000	495	16,5	7,0	689	431	43	412	16.10 <sup>7</sup>	42.10 <sup>5</sup>
	300	5500	490	16,33	7,0	689	472	42,25	368		
	330	6000	490	16,33	7,0	711	470	43	410	13.10 <sup>7</sup>	45.10 <sup>5</sup>
	360	6500	480	16,0	7,1	699	474	43,75	506		
II	0	500**	-	-	6,9	649	404	37,12	387	19.10 <sup>7</sup>	42.10 <sup>5</sup>
	90	2000	570	14,25	5,2	29	87	0,74	95	82.10 <sup>5</sup>	38.10 <sup>4</sup>
	120	2500	370	12,33	4,9	25	84	0,67	140		
	150	3000	365	12,16	4,8	23	77	0,66	128	24.10 <sup>5</sup>	47.10 <sup>4</sup>
	180	3500	410	13,66	4,8	26	79	0,72	131		
	210	4000	420	14,6	4,9	24	78	0,70	142	28.10 <sup>5</sup>	36.10 <sup>4</sup>
	240	4500	470	15,66	5,0	35	86	0,86	143		
	270	5000	440	14,66	5,0	32	80	0,77	134	17.10 <sup>5</sup>	28.10 <sup>4</sup>
	300	5500	390	13,0	5,1	31	74	0,73	131		
	330	6000	350	11,66	5,1	32	74	0,79	131	26.10 <sup>5</sup>	37.10 <sup>4</sup>
	360	6500	300	10,0	5,2	33	77	0,80	135		

\* Eaux usées décantées ( avant percolation) ,

\*\* Eaux recueillies de la carotte I (valeurs moyennes)

**Tableau 31 : Résultats des essais de percolation sur carottes en latérite avec une charge de 250 ml d'eaux usées introduites toutes les 30 minutes.**

Carotte N°	Paramètres de l'essai				Paramètres des eaux usées avant et après percolation						
	Temps cumulé (min.)	Volume cumulé des eaux usées versées dans la carotte (ml)	Volume des eaux recueillies après passage dans la carotte (ml)	Débit à l'étape (ml/min)	pH (u.c.)	Conductivité électrique (µS/cm)	Turbidité (unités F)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	DCO (mgO <sub>2</sub> /l)	Coliformes fécaux (UFC/100ml)	Streptocoques fécaux (UFC/100ml)
I	0	250*	-	-	7,4	1272	498	203	1332	34.10 <sup>7</sup>	29.10 <sup>6</sup>
	150	1500	162	5,4	6,9	537	396	46,25	243	67.10 <sup>6</sup>	55.10 <sup>5</sup>
	180	1750	180	6,0	6,8	522	296	43,75	221		
	210	2000	220	7,3	6,9	554	268	42,75	205	50.10 <sup>6</sup>	28.10 <sup>5</sup>
	240	2250	235	7,8	7,0	522	276	19,5	226		
	270	2500	250	8,3	7,1	562	297	21,5	218	41.10 <sup>6</sup>	39.10 <sup>5</sup>
	300	2750	242	8,1	7,1	579	306	23,25	252		
	330	3000	235	7,8	7,1	567	293	20,5	242	62.10 <sup>6</sup>	27.10 <sup>5</sup>
	360	3250	240	8,0	7,1	593	331	25,25	304		
	390	3500	235	7,8	7,0	603	353	25,25	255	58.10 <sup>6</sup>	40.10 <sup>5</sup>
420	3750	245	8,2	7,0	570	354	22,75	241			
II	0	250**	-	-	7,0	561	317	29,07	241	56.10 <sup>6</sup>	38.10 <sup>5</sup>
	120	1250	210	5,25	5,4	28	18	0,41	12	40.10 <sup>3</sup>	19.10 <sup>3</sup>
	150	1500	190	6,33	5,4	25	19	0,20	15		
	180	1750	192	6,40	5,8	23	22	0,22	22	10.10 <sup>3</sup>	76.10 <sup>3</sup>
	210	2000	165	5,50	6,0	20	25	0,22	13		
	240	2250	170	5,66	6,1	24	23	0,29	21	20.10 <sup>3</sup>	56.10 <sup>3</sup>
	270	2500	176	5,86	6,0	20	23	0,24	20		
	300	2750	168	5,60	6,0	27	27	0,52	20	98.10 <sup>3</sup>	77.10 <sup>3</sup>
	330	3000	150	5,0	6,0	26	31	0,64	25		
	360	3250	140	4,66	6,1	29	23	0,47	48	80.10 <sup>3</sup>	48.10 <sup>3</sup>
390	3500	105	3,50	6,2	23	27	0,40	19			

\* Eaux usées décantées ( avant percolation)

\*\* Eaux recueillies de la carotte I (valeurs moyennes)

**Tableau 32 : Résultats des essais de percolation sur carottes en latérite(I et II) et en matériaux argilo-limoneux(III), avec une charge de 100 ml d'eaux usées introduites toutes les 30 minutes.**

Carotte N° :	Paramètre de l'essai	Paramètres des eaux usées avant et après percolation						
		Débit à l'étape (ml/min)	PH (u.c.)	Conductivité électrique (µS/cm)	Turbidité (unités F)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	DCO (mgO <sub>2</sub> /l)	Coliformes fécaux (UFC/100m)
I	-	7,8	1462	528	135	1116	14.10 <sup>8</sup>	60.10 <sup>6</sup>
	1,84	6,7	100	130	3,15	31	46.10 <sup>5</sup>	7.10 <sup>4</sup>
	2,77	6,6	101	137	3,05	48		
	2,5	6,7	102	148	3,35	35	22.10 <sup>6</sup>	50.10 <sup>4</sup>
	2,67	6,6	114	178	4,0	38		
	3,17	6,5	115	163	4,05	40	24.10 <sup>6</sup>	16.10 <sup>4</sup>
	3,13	6,1	118	166	3,9	42		
	2,8	5,9	122	162	4,0	34	17.10 <sup>6</sup>	22.10 <sup>4</sup>
	3,13	6,6	129	158	4,0	38		
2,93	6,8	130	162	3,9	38	14.10 <sup>6</sup>	36.10 <sup>4</sup>	
II	2,77	7,9	116	157	3,65	38	16.10 <sup>6</sup>	26.10 <sup>4</sup>
	2,42	5,4	13	14	0,40	16	80.10 <sup>2</sup>	41.10 <sup>2</sup>
	3,0	5,6	22	13	0,45	9		
	2,9	5,7	13	16	0,49	9	50.10 <sup>2</sup>	31.10 <sup>2</sup>
	3,0	5,7	10	18	0,42	3		
	2,96	5,8	13	18	0,47	21	60.10 <sup>2</sup>	34.10 <sup>2</sup>
	3,0	5,9	13	18	0,37	15		
	3,06	5,9	11	18	0,38	12	71.10 <sup>2</sup>	40.10 <sup>2</sup>
	3,14	6,0	10	19	0,36	10		
2,75	6,0	12	22	0,40	10	20.10 <sup>2</sup>	30.10 <sup>2</sup>	
III	*	6,8	1020	468	233	1220	77.10 <sup>7</sup>	14.10 <sup>6</sup>
	**	6,6	232	191	7,4	47	80.10 <sup>4</sup>	13.10 <sup>3</sup>
	1,8	7,4	408	34	0,46	23	34.10	70
	1,30	7,2	412	16	0,35	16	14.10 <sup>2</sup>	23.10
	3,60	7,0	403	11	0,46	20	11.10 <sup>2</sup>	25.10
	3,66	7,0	414	9	0,30	16	21.10 <sup>2</sup>	24.10
	3,70	7,0	419	7	0,40	17	24.10 <sup>2</sup>	22.10
	3,46	6,8	430	7	0,25	12		

\* Eaux usées décantées ( avant percolation)

\*\* Eaux recueillies de la carotte I (valeurs moyennes)

**Tableau 33 : Résultats des essais de percolation sur carottes en latérite (I,II) et en matériaux argilo-limoneux(III), avec une charge de 50 ml d'eaux usées introduites toutes les 30 mn.**

Carotte N° :	Paramètres de l'essai				Paramètres des eaux usées avant et après percolation						
	Temps cumulé (min.)	volume cumulé des eaux usées versées dans la carotte (ml)	Volume des eaux recueillies après passage dans la carotte (ml)	Débit à l'étape (ml/min)	pH (u.c.)	Conductivité électrique (µS/cm)	Turbidité (unités F)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	DCO (mgO <sub>2</sub> /l)	Coliformes fécaux (UFC/100m)	Streptocoques fécaux (UFC/100ml)
I	0	50*	0	-	7,6	1202	488	97	982	59.10 <sub>7</sub>	40.10 <sub>6</sub>
	420	750	103	0,44	5,9	107	51	2,5	56	61.10 <sub>2</sub>	23.10 <sub>2</sub>
	480	850	85	1,41	6,2	106	72	2,55	42	90.10 <sub>2</sub>	41.10 <sub>2</sub>
	570	1000	98	1,09	6,4	95	65	2,75	39	46.10 <sub>3</sub>	34.10 <sub>2</sub>
	660	1150	107	1,19	6,4	96	83	2,7	37	85.10 <sub>3</sub>	86.10 <sub>2</sub>
	750	1300	104	1,15	6,4	93	84	2,45	46	93.10 <sub>3</sub>	14.10 <sub>3</sub>
II	0	50**	-	-	6,3	99	71	2,6	44	48.10 <sub>3</sub>	65.10 <sub>2</sub>
	390	700	130	1,04	6,5	19	20	0,57	0	50.10 <sub>2</sub>	115
	510	900	180	1,5	6,8	14	13	0,46	0	28.10 <sub>2</sub>	124
	660	1150	249	1,66	6,8	11	11	0,40	0	36.10 <sub>2</sub>	55
	810	1400	209	1,39	6,7	12	10	0,41	2	27.10 <sub>2</sub>	56
	870	1400	64	1,06	6,5	10	14	0,52	2	45.10 <sub>2</sub>	10
III	0	*	-	-	7,5	1329	337	119	908	37.10 <sup>7</sup>	31.10 <sup>6</sup>
	0	**	-	-	6,4	189	105	4,41	97	53.10 <sup>4</sup>	33.10 <sup>3</sup>
	720	1250	229	1,17	7,2	358	47	0,68	27	62.10	6
	840	1450	192	1,6	7,4	402	24	0,38	22	24.10	10
	960	1650	202	1,68	7,2	426	15	0,24	18	24	19.10 <sup>2</sup>
	1080	1850	210	1,75	7,2	412	17	0,23	15	48	20.10 <sup>2</sup>
	1200	2050	202	1,68	7,1	416	9	0,27	12	15.10	42.10
	1320	2250	208	1,73	6,8	430	12	0,29	12	80	47.10

\* Eaux usées décantées ( avant percolation)

\*\* Eaux issues de la carotte I (valeurs moyennes)

## II. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

---

Les premiers résultats des quinze séries de tests de percolation d'eaux usées qui ont été réalisés sur les carottes en latérites ou en matériaux argilo - limoneux, indiquent que le pouvoir filtrant du sous sol altéritique de Yaoundé varie le long d'un profil de la surface en profondeur. Sur un sol ferrallitique rouge, il augmente de la surface en profondeur. Les meilleurs rendements de la filtration sont obtenus pour les paramètres physico chimiques.

Dans tous les cas, les rendements varient en fonction de la charge d'eaux usées appliquée : Plus celles ci est élevée, moins la qualité du percolat est bonne. Une charge de 500 ml d'eaux usées introduites toutes les 30 mn entraîne ainsi une réduction de 65.94 % en moyenne des teneurs de l'azote ammoniacal et de 65.75 % pour la DCO, au niveau de la carotte 1 prélevée dans un sol situé non loin de la surface. Avec une charge de 100 ml, des abattements de 97 % et 95.7 % sont observés pour ces deux paramètres respectivement pour la même carotte.

Il en est de même pour ce qui concerne les variables microbiologiques, dont les effectifs ne subissent qu'une faible réduction (1 unité logarithmique) pour une charge de 500 ml d'eaux usées. Avec 100 ml par contre, l'élimination des germes tests est nettement meilleure l'abattement atteignant deux unités logarithmiques pour les streptocoques fécaux et trois unités logarithmiques pour les coliformes fécaux. Le temps de séjour des eaux usées dans les carottes, apprécié par les valeurs de débits, est un paramètre qui semble jouer un rôle important dans l'élimination des germes témoins de contamination fécale. Les plus fortes réductions d'effectifs des germes sont obtenues pour les débits faibles.

Ces résultats préliminaires, très intéressants démontrent que le sous sol altéritique de Yaoundé participe efficacement à la rétention des germes tests et, dans une certaine mesure, des pathogènes qui accompagnent ces derniers. Il a seulement besoin d'être aidé par des mesures appropriées réduisant les quantités d'eaux usées ou polluées qui sont mises à s'infiltrer dans le sol.

Ces études sur le pouvoir auto épurateur du sous sol altéritique ne font que commencer. Elles sont d'un grand intérêt car elles permettront de mieux comprendre les relations latrines – nappe phréatique afin de mieux contrôler l'impact des unes sur l' autre, pour le bonheur et pour la santé des populations des zones péri urbaines qui recourent aux points d'eau traditionnels pour leurs alimentation en eau potable.

Pour être plus complètes, ces tests de percolation doivent intégrer l'analyse des échantillons de sol où les carottes sont prélevées. Dans le cadre de la présente étude, le manque de moyens financiers n'a pas permis de procéder à l'analyse des échantillons constitués, et qui aurait permis de mieux saisir et donc d'expliquer les différences observées entre les carottes, d'une part, et de rendre les résultats de l'étude transposables.

Des expériences de mesure des vitesses de transfert ont été entreprises sur des carottes mais les résultats obtenus n'ayant pas pu être répétés, n'ont pas été considérés. Ces expériences méritent d'être poursuivies.



## Chapitre 4 : Sélection des technologies adaptées pour les quartiers à habitat spontané et les quartiers périurbains de Yaoundé

### I. INVENTAIRE ET ANALYSE DES DIFFÉRENTES TECHNIQUES

Il existe deux groupes de dispositifs individuels d'évacuation des eaux usées et excréta : les dispositifs fonctionnant à sec et les dispositifs exigeant l'utilisation de l'eau.

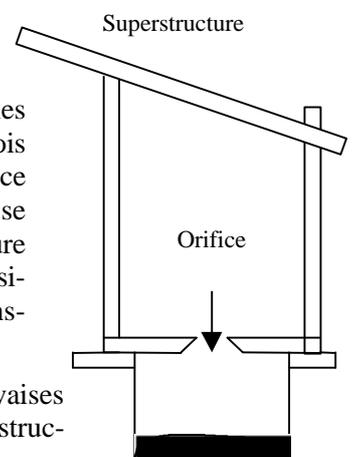
#### 1. Différents dispositifs traditionnels fonctionnant à sec

Les dispositifs traditionnels d'évacuation des eaux usées fonctionnant à sec regroupent essentiellement : les latrines conventionnelles à fosse sèche, les latrines à fosse forée, les cabinets à compost discontinu, les cabinets à compost africain, les cabinets à compost vietnamien et les latrines sur pilotis.

##### 1.1 Latrines conventionnelles à fosse sèche

Il s'agit ici des latrines qui sont actuellement très utilisées dans toutes les villes des pays en voie de développement. Ce type de latrines est composé de trois éléments principaux : une fosse, une plate-forme ou dalle munie d'un orifice ou d'un siège et posée sur une fondation, et une superstructure. Les excréta se déposent dans la fosse et quand celle-ci est pleine, on enlève la superstructure et la dalle et on remplit de terre. Une nouvelle fosse est creusée dans le voisinage. L'espace étant très réduit dans les quartiers à habitat spontané, la construction d'une nouvelle fosse pose toujours des problèmes.

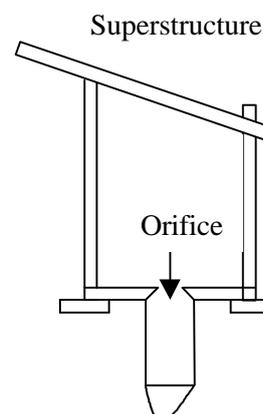
Sur le plan sanitaire, ces latrines ne présentent que des inconvénients (mauvaises odeurs, insectes, mouches, accidents fréquents d'effondrement de la superstructure, pollution de la nappe phréatique).



##### 1.2 Latrines à fosse forée

Cette latrine est analogue à la fosse sèche classique, sauf que la fosse est forée à l'aide d'une tarière.

Plus profondes (8 m et plus) que les latrines conventionnelles à fosse sèche, les latrines à fosse forée présentent les mêmes inconvénients. Elles sont de faible diamètre. Durée de vie : 1 à 2 ans.



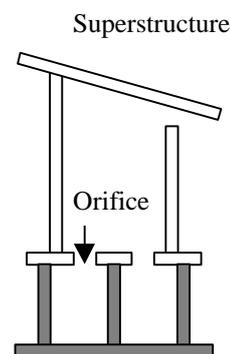
### 1.3 Cabinets à compost discontinu

Il s'agit ici d'un cabinet à double fosse. Il présente de similitude avec les cabinets VIP à double fosse alternante. Lorsque l'une des fosses est pleine, l'espace restant est comblé avec les matières organiques (feuilles et herbes par exemple), puis obturée et les excréta contenus dans cette fosse subissent une digestion anaérobie pendant au moins un an. On obtient ainsi du compost. Pendant ce temps, l'autre fosse est mise en service.

### 1.4 Cabinet à compost africain

#### *Le cabinet à compost africain à fond étanche*

Des cabinets à compost à double fosse ont été mis à l'essai dans différentes régions d'Afrique. La plupart des fosses a été réalisée avec des bases perméables pour permettre l'infiltration des excès de liquides. Compte tenu de la prévalence de la bilharziose urinaire, les urines vont aussi dans la fosse. Des matières organiques telles que résidus de récolte, feuilles, herbes ou son, doivent être ajoutés aux excréta pour équilibrer le rapport carbone/azote et absorber les liquides. On ajoute également de la cendre de bois, car celle-ci absorbe l'humidité et neutralise les acides produits pendant le processus de compostage.



#### *Le cabinet à compost africain à fond perméable*

Les fosses doivent être dimensionnées de telle façon que leur durée de remplissage soit supérieure à un an.

Le volume  $V$  de la fosse est donné par la relation suivante :

$$V = 1,33.n.a.p$$

Où

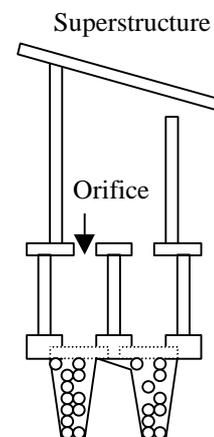
$V$  = volume requis de la fosse (en  $m^3$ );

$n$  = nombre d'utilisateurs;

$a$  = taux d'accumulation ( $m^3$ /personne/an);

$p$  = période entre deux vidanges (généralement un an);

33 = coefficient tenant compte du fait que les fosses doivent être comblées et obturées lorsque le niveau du contenu est arrivé aux trois-quarts de la hauteur.



### 1.5 Cabinet à compost vietnamien à double fosse

Les cabinets à compost à double fosse sont utilisés depuis de nombreuses années au Vietnam. Avant leur introduction, les excréments étaient habituellement utilisés dans l'agriculture sans traitement préalable. Pour ce type de cabinet à compost à double fosse, les fosses (de  $0,3 m^3$  de capacité) ne sont pas réalisées dans le sol, mais placées sur le sol. Elles se remplissent en 45 à 60 jours. Les fosses sont construites entièrement en superstructure sur une base imperméable en béton. Les murs sont faits en briques. Une dalle de béton avec deux orifices recouvre les fosses et constitue en même temps le sol du cabinet. Pour chacune des fosses, il est prévu un trou de vidange.

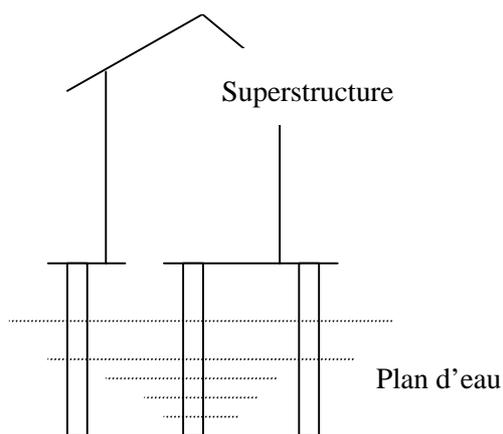
Les urines ne sont pas évacuées dans le composteur mais drainées par un canal spécial incorporé à la dalle. Pour neutraliser les acides dans le compost et absorber les liquides, de la cendre de bois est répandue sur les excréments secs après chaque visite. L'urine est diluée et utilisée immédiatement comme fertilisant liquide ou rejetée dans un puisard.

Lorsque la fosse est pleine au trois quarts, on la ferme en scellant un couvercle sur l'orifice avec de la terre. L'espace restant au-dessus des excréta est comblé auparavant avec de la terre sèche.

## 1.6 Latrines sur pilotis

Cette technologie est très utilisée en Asie du Sud-Est. La latrine consiste en une plate-forme percée d'un trou, située au-dessus d'un plan d'eau et abritée par une superstructure. Les excréta sont ainsi évacués dans les cours d'eau, des canaux ou des zones soumises aux marées. De ce fait, ces latrines posent de graves problèmes sanitaires et environnementaux.

Les cabinets à compost sont une solution qui convient dans les zones fortement peuplées.



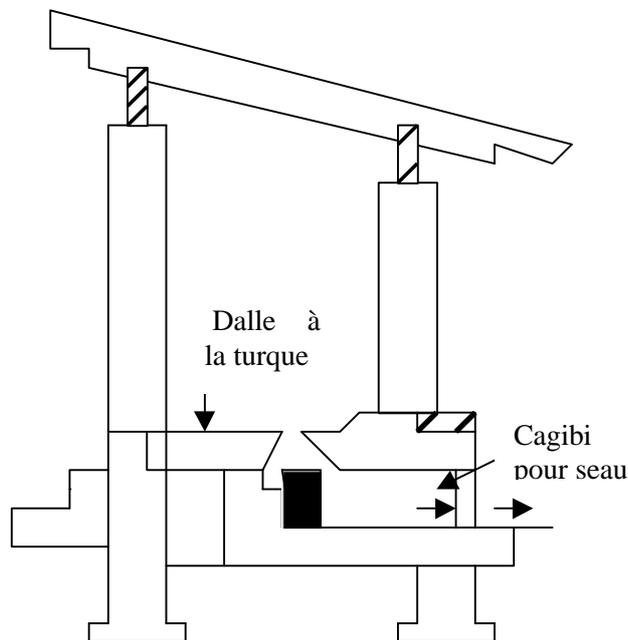
## 1.7 Systèmes collectifs traditionnels fonctionnant à sec : tinettes, latrines à longue descente

### *Tinettes*

La tinette comprend une dalle à la turque ou un siège, placé au-dessus d'un seau de 20 à 30 litres de capacité dans lequel tombent les excréta et les urines.

Le seau peut être enlevé à l'arrière du cabinet par une petite porte qui donne généralement sur une rue ou un chemin pour des raisons de collecte et de transport. Le cabinet peut être installé à l'intérieur de la maison.

Ces systèmes, de conception médiocre ne sont pas du tout hygiéniques. Il n'est pas du tout facile de les garder propres et aucun dispositif n'est prévu pour l'évacuation des liquides qui se répandent sur le sol. Ils sont très malodorants et envahis par les mouches et les insectes.



Pour la collecte et le transport des seaux, la méthode la plus hygiénique est de fermer les seaux pleins à l'aide d'un couvercle propre, de les transporter dans un dépôt où ils seront vidés et de les remplacer par un autre seau, qui a été lavé et désinfecté auparavant dans le dépôt.

Si les seaux sont vidés sur place dans un grand container ou dans une charrette, le système risque d'être peu hygiénique, étant donné qu'il est pratiquement impossible d'éviter de salir le sol,

et les seaux et les charrettes sont rarement nettoyés et désinfectés. Ces dispositifs présentent des risques sanitaires et environnementaux importants.

### *Latrines à longue descente*

Ce système est utilisé dans les bâtiments à étages. Il comprend une longue descente intégrée au mur de la maison et dont la base aboutit dans une chambre étanche destinée à recueillir les excréta. Un dispositif de ventilation sert à éliminer les odeurs. Le contenu de la chambre peut être enlevé à la main, mais des précautions doivent être prises compte tenu des risques sanitaires liés à la manipulation des excréments frais. Cette technologie peut être améliorée en utilisant des toilettes à chasse manuelle ou un système de fosse d'accumulation. Les matières de vidange doivent subir un traitement soit par compostage, soit dans des lagunes de stabilisation.

Dans tous les cas, les latrines à longue descente présentent de sérieux problèmes sanitaires et environnementaux.

## **2. Dispositifs traditionnels améliorés fonctionnant à sec : utilisation des cabinets à fosse ventilée (cabinet VIP) et des cabinets ATIR**

### **2.1 Cabinets à fosse ventilée (cabinet VIP)**

Les latrines traditionnelles ont deux principaux inconvénients : elles sont en général malodorantes et attirent les mouches et d'autres insectes vecteurs de maladies qui se reproduisent dans les fosses. En plus elles sont souvent mal construites et leur utilisation est dangereuse.

Il existe un autre type de latrines appelées cabinet amélioré à fosse ventilé (ou cabinet VIP de l'anglais "Ventilated Improved Pit Latrine") qui n'occasionne aucun de ces problèmes.

Les cabinets "VIP" se distinguent de tous les autres types traditionnels de latrines à fosse par les points suivants :

- ▷ ils sont conçus pour être utilisés pendant longtemps et sans danger pour les usagers;
- ▷ ils comprennent une superstructure qui est légèrement décalée par rapport à la fosse et un grand tuyau de ventilation vertical fixé à l'extérieur de la superstructure du cabinet, et dont l'extrémité est munie d'un grillage anti-mouche. Ce dispositif de ventilation avec grillage permet d'éliminer les mouches et les mauvaises odeurs.

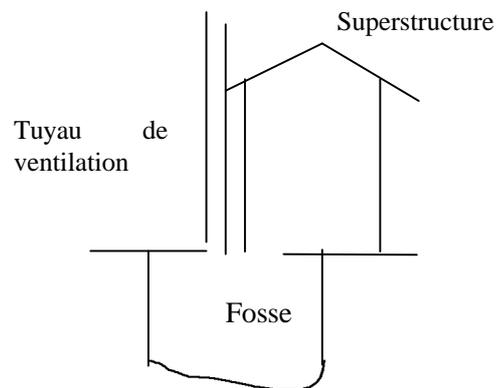
Il existe trois types principaux de cabinets VIP :

- ▷ les cabinets VIP à fosse unique, conçus pour durer au moins 2 ans. Généralement, les cabinets à fosse unique conviennent aux zones rurales où le trou peut être profond et où aucune contrainte ne limite les dimensions de la fosse;
- ▷ les cabinets VIP à double fosse alternante, appropriés aux zones urbaines où les gens peuvent se permettre des cabinets permanents qui n'ont pas besoin d'être reconstruits périodiquement;
- ▷ -les cabinets VIP à fosses multiples et à plusieurs cellules, qui conviennent aux établissements communautaires tels que les écoles, les hôpitaux etc...

## 2.2 Latrine à fosse unique ventilée

Deux processus importants ayant lieu à l'intérieur de la fosse ralentissent la vitesse de remplissage :

- ▷ la partie liquide des excréments s'infiltré dans le sol;
- ▷ la partie solide des excréments est décomposée par digestion biologique. Les gaz qui se forment lors de ce deuxième processus sont évacués par le tuyau de ventilation.



Applications des cabinets VIP à fosse unique :

Les cabinets VIP peuvent être utilisés soit en zones rurales, soit en zones urbaines.

En zones rurales, la construction des cabinets VIP peut s'inspirer des techniques traditionnelles de construction des habitations, et ainsi les usagers peuvent effectuer eux-mêmes une bonne partie des travaux de construction de leurs propres cabinets. Il ne faut que très peu de matériaux non disponibles sur place, par exemple le grillage anti-mouches.

En zones urbaines, les cabinets VIP à fosse unique peuvent être utilisés s'il y a suffisamment de place pour deux cabinets sur chaque parcelle. Les deux dispositifs sont ainsi utilisés alternativement. Si la place ne suffit pas ou s'il est préférable de construire une installation permanente, on peut utiliser les cabinets VIP à double fosse. Lorsque l'espace est très limité ou que les ménages ne peuvent pas s'offrir un cabinet particulier, on peut aménager des cabinets communautaires.

Au niveau de l'utilisation de l'eau, les cabinets VIP peuvent être utilisés dans les zones où il n'y a pas d'adduction d'eau à domicile. L'eau est seulement nécessaire pour le lavage des mains après chaque utilisation et pour le nettoyage de la plate-forme du cabinet.

Au niveau des habitudes de l'hygiène, les cabinets VIP peuvent être utilisés dans les zones où l'on se sert traditionnellement pour l'hygiène anale de matériaux encombrants, tels que les épis de maïs, les herbes, etc. Toutefois, il convient de noter que la durée de vie de ces cabinets sera plus longue si l'on ne se sert pas pour l'hygiène anale de matériaux encombrants. La plupart des autres systèmes d'assainissement ne peuvent pas traiter ces matériaux. Là où l'on préfère déféquer en position assise plutôt qu'accroupie, le cabinet VIP peut être aussi muni d'un siège.

### *Volume de la fosse*

Le volume de la fosse est obtenu en multipliant le taux d'accumulation (en  $\text{m}^3/\text{personne}/\text{an}$ ) par le nombre de personne et par la durée de remplissage. Ce volume doit être augmenté en ajoutant au moins 0,5 m à la profondeur calculée, parce que le cabinet ne peut plus être utilisé lorsque la surface des boues s'approche de la dalle de couverture.

Le taux d'accumulation des boues varie en fonction des conditions régnant dans la fosse. Si le contenu de la fosse est toujours sec, la vitesse d'accumulation sera d'environ  $0,05 \text{ m}^3/\text{personne}/\text{an}$ . Ce taux peut ne pas dépasser  $0,02 \text{ m}^3/\text{personne}/\text{an}$  si la fosse est saisonnièrement inondées ou si l'on y déverse les eaux de lavage. En cas d'utilisation de matériaux encombrants de nettoyage anal, qui ne se décomposent pas rapidement, il faudrait augmenter le taux d'accumulation de 50% environ. Une largeur de la fosse très importante (dépassant 1,50 m) est à éviter, car au-delà de cette dimension la construction du couvercle risquerait d'être chère.

### *Revêtement de la fosse*

Comme la dalle de couverture et la superstructure du cabinet reposent directement sur les bords de la fosse, des dispositions doivent être prises pour empêcher l'effondrement des parois. C'est pourquoi il est recommandé de revêtir ou de murer au moins une partie de la fosse. Comme matériaux, on peut utiliser des briques, des blocs en béton ou en terre stabilisée, des parpaings bourrés, des buses, etc.

Pour la couverture, l'utilisation des matériaux durables est indispensable. Un revêtement de bois ne convient pas à un cabinet VIP permanent.

Si le sol est stable, il suffira de revêtir seulement la partie supérieure de la fosse. Dans les sols meubles ou dans les sites où le niveau de la nappe phréatique dépasse le fond de la fosse temporairement ou pendant toute l'année, il faudra revêtir la fosse toute entière, à l'exclusion de son fond.

Des orifices doivent être pratiqués dans les parties inférieures du revêtement de la fosse pour permettre l'infiltration des liquides. Le fond de la fosse ne devra pas avoir un revêtement.

Dans les sols meubles, les fosses circulaires offrent plus de stabilité que les fosses rectangulaires, et il est plus facile de les maçonner ou de recouvrir les parois d'un mortier de ciment. Lorsqu'il s'agira de sol sableux très meuble, on intercalera une couche de graviers entre les parois de la fosse et le revêtement. Ce qui empêchera la pénétration de terre dans la fosse.

### *Fondation*

La fondation, qui peut être faite de pierres, de briques ou de béton joue un triple rôle :

- ▷ supporter la dalle de couverture,
- ▷ hausser le niveau de la dalle au-dessus du sol afin d'empêcher la pénétration d'eau de pluie dans la fosse,
- ▷ empêcher efficacement le passage d'odeur, d'insectes et d'eau entre le revêtement de la fosse et la dalle de couverture.

La dalle de couverture, généralement en béton armé (le bois présentant le risque de pourriture, l'utilisation des plates-formes en bois n'est pas du tout recommandé) devra être parfaitement fixée sur la fondation et étanche. Le diamètre de cette dalle de couverture devra dépasser de 40 cm le diamètre de la fosse.

La façon la plus simple d'obtenir des dalles en béton armé de qualité supérieure est de les préfabriquer dans un lieu central et de les transporter ensuite sur les chantiers. Le transport peut poser de sérieux problèmes dans les quartiers périurbains et les quartiers à habitat spontané où le réseau de voirie est inexistant.

La dalle de couverture devra présenter une pente d'environ 10% en direction de l'orifice. Des appuis pour les pieds, destinés à aider l'utilisateur du cabinet à bien se placer au-dessus de l'orifice et moins salir la dalle, devront être prévus. Ils peuvent être réalisés avec du mortier. La surface de la dalle devra en outre se trouver à environ 15 cm au-dessus du niveau du sol afin d'empêcher la pénétration d'eau de pluie dans la fosse.

Pour les personnes qui préfèrent s'asseoir pour déféquer, un siège à cuvette peut être placé au-dessus de la dalle. Les cuvettes devraient être faciles à nettoyer et ne pas s'encrasser à l'intérieur

avec des excréments. Un siège plus petit destiné aux enfants peut être prévu dans un cabinet VIP.

### *Superstructure et ventilation*

La superstructure permet de protéger complètement l'utilisateur des regards, y compris ses pieds et sa tête. Elle permet aussi de l'abriter contre les intempéries. Il est conseillé de s'inspirer des méthodes de construction et architecturales locales.

La superstructure doit, en outre, ombrager l'intérieur du cabinet, sinon la prolifération des mouches dans la fosse risquerait de devenir incontrôlable.

L'ouvrage de ventilation peut être des tuyaux en amiante ciment (AC) de 150 mm de diamètre, en chlorure de polyvinyle dur (PVC) de 150 mm de diamètre, des briques ou des parpaings. Dans les endroits bien exposés où il y a suffisamment de vent, le diamètre de la conduite de ventilation (qui doit être solidement fixée sur la superstructure) pourra être réduit à 100 mm pour les tuyaux en amiante ciment et les tuyaux en chlorure de polyvinyle, et à 200 mm pour les conduites réalisées en matériaux plus rustiques.

Pour fonctionner avec efficacité, un cabinet ne devrait pas être construit à un endroit trop abrité des vents par les arbres ou des bâtiments. L'extrémité supérieure du tuyau de ventilation devrait dépasser d'au moins 0,50 m le point le plus élevé d'un toit en pente et être au moins aussi haut que le sommet d'un toit conique en chaume.

Le cabinet devra également être orienté de manière à ce que la porte d'entrée et les ouvertures d'aération puissent faire face aux vents dominants.

### *Problèmes liés aux moustiques*

Là où de l'eau stagnante est inévitable dans la fosse du cabinet, favorisant la prolifération des moustiques, il faudrait prendre d'autres mesures. De ce fait, on peut verser dans la fosse de petites quantités d'huiles spéciales, de kérosène, d'huiles de vidange ou de boules polystyrène expansé. Ce qui empêche les larves de moustiques de respirer à la surface de l'eau.

Des larvicides peuvent être également utilisés, mais ces produits coûtent très chers et leur emploi requiert une surveillance attentive, car ils sont très toxiques non seulement pour les larves de moustiques, mais aussi pour l'homme.

### *Problèmes liés à l'entretien des cabinets à fosse unique*

Les cabinets VIP sont très faciles à entretenir et, part les réparations et les nettoyages réguliers, ils ne nécessitent pas de soins supplémentaires jusqu'à ce que la fosse soit presque pleine.

On peut utiliser de petites quantités d'eau de Javel ou de désinfectant pour nettoyer la dalle et le siège, mais de grandes quantités de produits chimiques forts ne devraient pas être versées directement dans la fosse parce qu'ils risqueraient de gêner le processus de digestion biologique des matières fécales et causer un remplissage trop rapide de la fosse. C'est pourquoi il faut aussi éviter d'envoyer les eaux contenant des détergents et les eaux savonneuses dans la fosse.

Deux parties de la fosse doivent faire l'objet d'une inspection périodique :

- ▷ le grillage anti-mouches ne devra jamais être bloqué;
- ▷ toute érosion des fondations entourant les bords de la dalle de couverture devrait être réparée immédiatement pour éviter l'effondrement de la structure.

C'est pourquoi la superstructure est construite à l'aide de matériaux de construction locaux et de techniques traditionnelles; ainsi le propriétaire peut en assurer lui-même l'entretien.

Déplacement des cabinets VIP à fosse unique :

Le cabinet ne devrait pas être utilisé dès que le niveau des solides dans la fosse est à 0,50 m de la face inférieure de la dalle de couverture. L'espace restant dans la fosse devrait être comblé avec de la terre.

Pour creuser une nouvelle fosse, il faudra choisir un emplacement situé à une distance d'au moins 2 m de l'ancienne fosse, ceci afin d'éviter la présence éventuelle d'organismes pathogènes dans le sol et le risque d'effondrement de la fosse, en ce sens que la structure du sol peut avoir été disloquée lors du creusement de la première. Dans ces conditions, on pourra récupérer le tuyau de ventilation et la dalle de couverture (si elle est préfabriquée) de l'ancienne fosse.

### *Evacuation des boues de la fosse*

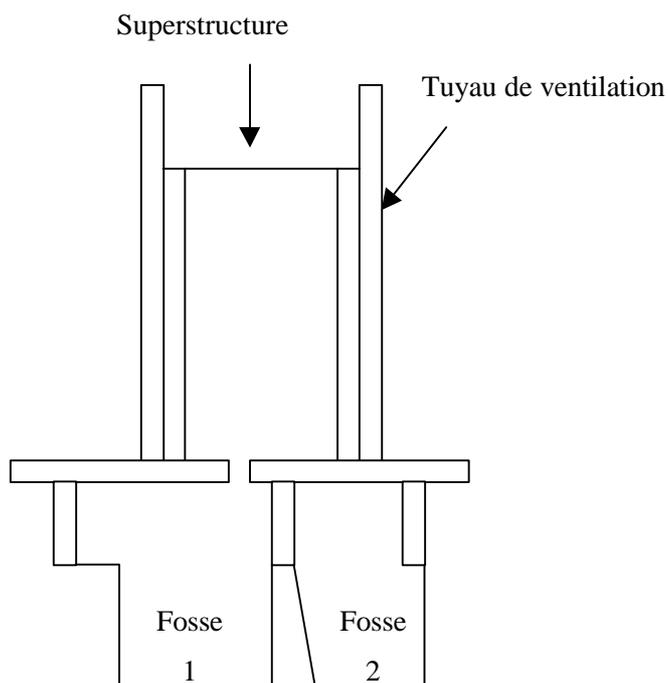
Dans le cas de cabinets VIP qui ne peuvent pas être vidangés, le contenu est abandonné dans la fosse et le cabinet est reconstruit ailleurs. Mais dans le cas des cabinets VIP à une, deux ou plusieurs fosses utilisées alternativement, les matières de vidange peuvent être évacuées des fosses après une période de repos d'au moins deux ans. Au bout de cette période, les dépôts se sont stabilisés; ils ne présentent plus de risques sanitaires et peuvent être utilisés pour amender les sols des champs et des jardins.

Un cabinet VIP permanent à fosse unique doit être vidangé lorsque son contenu arrive à 0,50 m au-dessous de la dalle de couverture. Les boues ne sont cependant pas encore bien stabilisées et contiennent encore des germes pathogènes. Des précautions devront donc être prises lors des opérations de vidange pour minimiser les risques sanitaires pour les travailleurs. Un traitement additionnel par compostage ou dans des étangs de stabilisation devra être effectué avant de pouvoir réutiliser les déchets sans danger.

## **2.3 Cabinets améliorés à double fosse ventilée**

Les cabinets VIP à double fosse présentent des avantages partout où il est difficile de creuser des fosses profondes et où la place ne suffit pas pour construire une autre fosse lorsque la première est pleine. On peut construire soit deux fosses séparées, soit une fosse divisée en deux par un mur de séparation. La profondeur des fosses peut varier en fonction des conditions du sol et de la fréquence de vidange désirée. Cependant, pour faciliter les vidanges et empêcher l'effondrement du mur de séparation, la fosse ne devrait pas être aussi profonde que celle du cabinet VIP à fosse unique.

Avec deux fosses, il faut en utiliser une jusqu'à ce qu'elle soit pleine puis l'obturer et mettre la seconde fosse en service. Lorsque celle-ci est à tour pleine, on vidange la première fosse avant

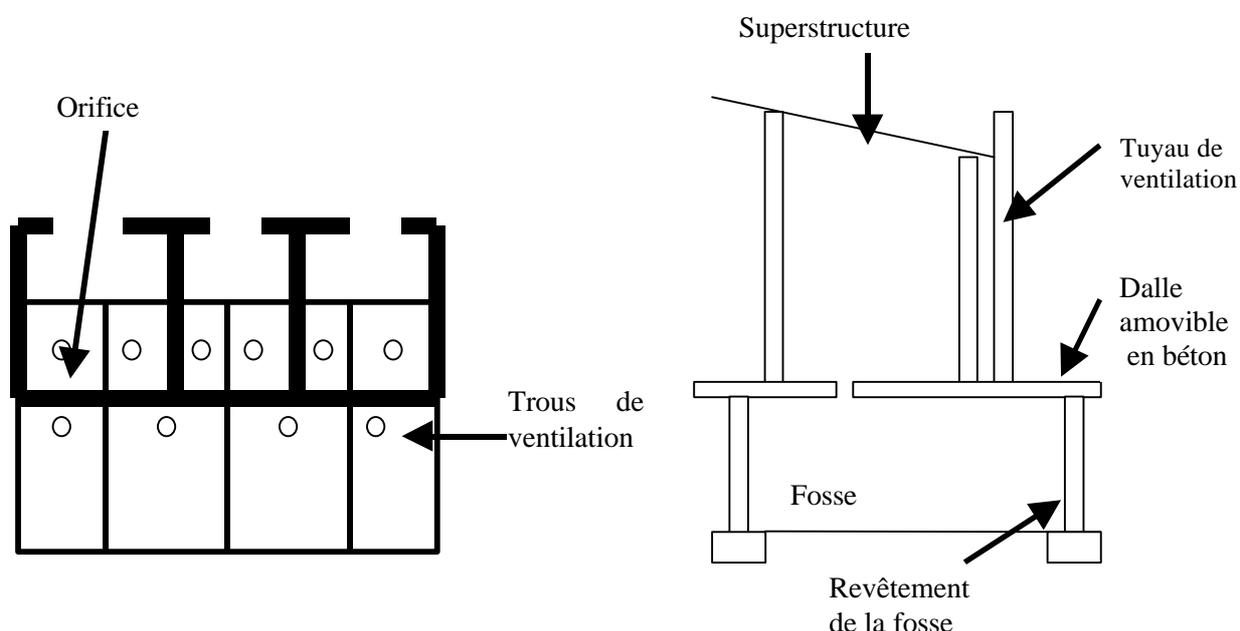


de la réutiliser. Utilisées ainsi en alternance, les deux fosses peuvent durer indéfiniment.

A cause de la longue période de rétention des excréta se décomposant dans la fosse (un minimum d'un an est recommandé), les organismes pathogènes sont détruits jusqu'au moment de vidanger la fosse. Son contenu peut alors être utilisé pour amender le sol.

## 2.4 Cabinets VIP à fosses multiples ventilées

Les cabinets à fosses multiples sont conçus pour un nombre maximum de 25 usagers par cabinet. La fosse est divisée en plusieurs compartiments; les cloisons les séparant doivent être hermétiques afin d'assurer l'efficacité de la ventilation.



Les cabinets VIP à fosses multiples peuvent être conçus pour fonctionner comme une série de cabinets à double fosses alternantes, c'est-à-dire avec l'un des deux compartiments fermé, tandis que l'autre est en service. Dans chaque cabine, la dalle de couverture est munie de deux orifices dont l'un est utilisé et l'autre fermé. Chaque fosse aura donc deux orifices à l'exception de la première et de la dernière fosse. Les dispositifs de ventilation de ces fosses doivent donc fonctionner particulièrement bien, sinon certaines cabines risquent de dégager des odeurs nauséabondes.

Le volume des deux fosses situées aux deux extrémités de rangée de cabines pourra être égal à la moitié du volume des autres, puisqu'elles n'ont chacune qu'un orifice et seront utilisées par moins de personnes.

## 2.5 Cabinet ATIR

Le cabinet ATIR (cabinet amélioré à fosse en terre inodore de Reed) est une variante du cabinet VIP. Dans le cabinet ATIR, les excréta sont évacués dans la fosse par une goulotte située sous l'orifice de la dalle ou sous le siège. Le cabinet ATIR est équipé d'un tuyau d'aération permettant de minimiser les problèmes d'odeurs, d'insectes et de mouches. Cependant, l'inconvénient ma-

Le principal défaut des cabinets ATIR est que la goulotte est vite encrassée par les excréments, qui dégagent des mauvaises odeurs et attirent les insectes et les mouches. La goulotte doit être régulièrement nettoyée avec une brosse à long manche. Malgré cet inconvénient, le cabinet ATIR présente plusieurs avantages. La fosse est plus grande et a donc une plus longue durée de vie que les cabinets VIP. De plus, la fosse peut être facilement vidée. Un autre avantage est que la fosse est décalée; les chutes accidentelles des enfants sont ainsi évitées.

### **3. Dispositifs individuels d'évacuation des eaux usées et excréta fonctionnant à eau.**

#### **3.1 Dispositifs traditionnels améliorés fonctionnant à eau : toilettes à chasse manuelle**

Les toilettes conventionnelles à réservoir de chasse présentent deux inconvénients principaux :

- ▷ elles sont très chères et ne peuvent être utilisées par les populations démunies vivant dans les quartiers à habitat spontané et dans les quartiers périurbains souvent enclavés où le réseau d'eau potable est inexistant;
- ▷ elles utilisent de grandes quantités d'eau et exigent donc l'adduction d'eau courante dans les maisons et un système d'égouts.

La toilette à chasse manuelle est une technique d'assainissement beaucoup moins chère qui nécessite seulement une petite fraction de volume d'eau requis par une toilette à chasse conventionnelle. A cause de son système de fermeture hydraulique, cette toilette est aussi hygiénique pour les utilisateurs qu'un WC classique.

Il y a deux types de toilettes à chasse manuelle :

- ▷ les toilettes à chasse manuelle à fosse unique : la fermeture hydraulique est assurée par un siphon incorporé à la face inférieure de la dalle de béton, qui est placée directement sur la fosse;
- ▷ les toilettes à chasse manuelle à double fosse : les excréta sont entraînés dans un puisard voisin par un courant d'eau versée à la main dans la cuvette de la toilette. Les toilettes à chasse manuelle sont souvent construites avec deux fosses, dont l'une seulement est en utilisation. De ce fait, les toilettes à chasse manuelle sont des installations permanentes, qui peuvent être utilisées sans qu'une interruption soit nécessaire pour vidanger ou pour construire une nouvelle.

Les toilettes à chasse manuelle sont souvent construites avec deux fosses, dont l'une seulement est en utilisation. De ce fait, les toilettes à chasse manuelle sont des installations permanentes, qui peuvent être utilisées sans qu'une interruption soit nécessaire pour vidanger la fosse ou en construire une nouvelle.

#### *Principes de fonctionnement*

Deux processus importants ont lieu dans la fosse :

- ▷ l'eau de chasse (1 à 2 litres) et la partie liquide des excréta s'infiltre dans le sol environnant;
- ▷ les matières solides sont digérées biologiquement, ce qui réduit considérablement la vitesse d'accumulation des solides dans la fosse. Les composantes solides des matières digérées

sont emportées par les liquides s'infiltrant dans le sol. Les gaz produits se diffusent également dans le sol.

Le système de fermeture à siphon empêche la remontée des odeurs et le passage d'insectes dans la fosse et la toilette et vice versa. Il a donc une fonction hygiénique.

### *Applications*

Les toilettes à chasse manuelle peuvent se placer à l'intérieur de l'habitation, même dans les étages supérieurs de bâtiments peu élevés. Ces toilettes à chasse manuelle laissent beaucoup de liberté quant au choix du lieu d'installation des fosses. Elles peuvent également être utilisées dans les zones urbaines densément peuplées (quartiers à habitat spontané) et les zones périurbaines.

### *Principes de construction*

Emplacement des fosses :

Les fosses doivent être situées aussi près que possible du cabinet de toilette et se trouver à l'intérieur du terrain appartenant à l'habitation. Si le terrain est trop petit et qu'il n'y a pas suffisamment de place pour les fosses, il est possible de les construire sous des sentiers ou chemins adjacents jusqu'à une distance de 25 m du cabinet. Elles doivent être accessibles pour permettre les opérations de vidange.

Les fosses ne doivent pas être construites au voisinage d'un puits servant de source d'eau "potable". La distance horizontale minimum de séparation entre fosses d'aisances et sources d'eau potable est de 10 m. Par ailleurs, les fosses ne doivent pas être creusées trop près des bâtiments existants, afin d'éviter de déstabiliser leurs fondations par l'excavation. Une distance minimale de 1 m est conseillée pour un sol stable.

### *Volume de la fosse*

Le volume effectif (VE) de la fosse est le volume correspondant à l'espace situé en-dessous du tuyau d'entrée. Il est donné par la relation  $VE = TAB \times N \times D$  où TAB est le taux d'accumulation des boues (en m<sup>3</sup>/personne/an, de l'ordre de 0,40 à 0,05), N le nombre de personnes et D la durée de remplissage en années. Dans les toilettes à chasse manuelle à double fosse, il faut compter une durée de remplissage d'au moins deux ans. C'est le minimum de temps nécessaire pour assurer la destruction de tous les agents pathogènes éventuellement contenus dans les excréments avant de pouvoir vidanger la fosse.

### *Forme et revêtement de la fosse*

Si le sol n'est pas très perméable ou si la fosse doit recevoir des quantités importantes de liquides avec les excréments, il sera nécessaire d'augmenter la surface d'infiltration soit en creusant une fosse plus grande, soit en augmentant la profondeur de la fosse. La forme circulaire est recommandée, afin de conserver la stabilité du sol.

Les fosses doivent être revêtues sur toute leur profondeur, à cause du danger d'effondrement des parois si le sol est saturé d'eau en provenance de la fosse. Les matériaux les plus couramment utilisés pour ces revêtements sont les pierres, les briques, les agglomérés de béton perforés pour permettre le passage des liquides. Les espaces libres entre la maçonnerie et le sol environnant devra être remplis avec du gravier légèrement compactés et appliqué couche par couche au fur et à mesure que l'on monte la maçonnerie. Les derniers 30 cm de briques ou de maçonnerie au

haut de la fosse devront être entièrement recouverts de mortier et rendus étanches afin de constituer une fondation solide pour la couverture de la fosse et d'empêcher la pénétration d'eau de pluie.

Dans les zones marécageuses et les sites où le niveau de la nappe phréatique est élevé, on aura intérêt à utiliser les buses préfabriquées en béton, perforées. Il sera aussi indispensable de relever la fosse de manière à ce qu'elle soit partiellement au-dessus de la surface du sol. Les murs de cette partie externe devront être étanches et entourés d'un remblai pour en assurer la solidité.

Le risque de pollution de l'eau souterraine est plus grand dans les zones où le fond de la fosse est sous le niveau de la nappe phréatique. Un filtre de sable d'épaisseur d'environ 50 cm devra donc être aménagé autour de la fosse pour retenir les micro-organismes pathogènes et les empêcher d'atteindre la source d'eau. De ce fait, on devra creuser un trou plus large que d'habitude, de sorte qu'il y ait un espace de 50 cm entre les bords de la fosse et la face extérieure du mur de revêtement. Le fond de la fosse devra être étanche.

### *Couverture de la fosse*

Pour des raisons de sécurité, la fosse devra être couverte d'une dalle en béton armé préfabriquée, en deux ou trois pièces, qui sont faciles à manier. L'étanchéité devra être assurée entre la fosse et la dalle de couverture pour éviter la pénétration de l'eau et des insectes.

### *Cuvette à chasse manuelle, siphon et socle*

Les cuvettes sont faites de béton ou de ferrociment, mais elles ne sont pas totalement satisfaisantes à cause de la difficulté d'obtenir une surface lisse et de donner à ces matériaux un aspect attrayant. Les cuvettes faites en fibre de verre, en plastique moulé par injection et en céramique vitrifiée sont très utilisées parce qu'elles sont plus faciles à garder propres et nécessitent moins d'eau.

La cuvette à chasse manuelle devra être équipée d'un siphon assurant la fermeture hydraulique. Cette pièce doit être démontable; ce qui permettra d'orienter son orifice de sortie dans n'importe quelle direction par rapport à la cuvette. Le siphon peut être soit en béton, soit en matière plastique, soit en verre de verre ou en céramique.

Pour empêcher la pénétration d'eau de pluie dans la toilette et donner une pente suffisante au tuyau, la toilette doit être haussée d'environ 15 cm au moyen d'un socle. Le sol de la toilette peut être fait d'une chape de béton d'environ 2,5cm d'épaisseur recouvrant un remblai de terre compacté ou de débris de briques ou de parpaings. Des appuis pour les pieds en béton préfabriqué, en céramique ou en fibre de verre seront intégrés au sol, afin d'aider les utilisateurs à bien se placer au-dessus de la toilette.

Après finition, le sol devra être au même niveau que les bords de la cuvette et être incliné de tous les côtés en direction de la cuvette pour faciliter l'écoulement de l'eau. On pourra obtenir une surface lisse, attrayante et plus aisément acceptée par les utilisateurs en utilisant du ciment blanc et des fragments de carreaux faïence blancs.

Tuyau d'évacuation des excréta à partir de la cuvette :

- ▷ pente du tuyau d'évacuation des excréta : 3,3%;
- ▷ diamètre minimal : 75 mm; on évitera de surdimensionner le tuyau d'évacuation des excréta, car le volume d'eau de chasse peut ne pas suffire pour entraîner les excréments. L'utilisation

des tuyaux en PVC est conseillée, car moins rugueux que les autres tuyaux, ils assurent un bon écoulement des effluents usés et excréta.

Dans les installations à double fosse, on devra construire une petite chambre au point d'embranchement du tuyau. L'un des orifices de sortie de la chambre est toujours fermé. Les coudes devront être évités autant que possible. Mais s'ils sont inévitables, on devra utiliser les coudes de grand rayon de courbure.

### *Superstructure*

On utilisera les matériaux utilisés pour la construction des maisons pour l'exécution de la superstructure du cabinet. La toilette devra être bien aérée à l'aide des ouvertures pratiquées au haut des murs là où elles ne risquent pas de gêner l'intimité des usagers et où elles seront abritées par les auvents du toit.

### *Entretien et évacuation des boues*

Les eaux ménagères et les déchets solides ne devront pas être envoyés dans la toilette. Même si la toilette à chasse manuelle demande très peu d'entretien, la cuvette et le sol du cabinet devront être lavés régulièrement avec un désinfectant très doux.

Concernant l'évacuation des boues, le système à deux fosses utilisées alternativement permet de vidanger une fosse pendant qu'elle n'est pas en service. Après deux ans de repos, les organismes pathogènes contenus dans les dépôts sont détruits, et les boues peuvent être retirées à l'aide d'une pelle à long manche. Les produits obtenus peuvent être utilisés pour amender le sol des champs ou jardins.

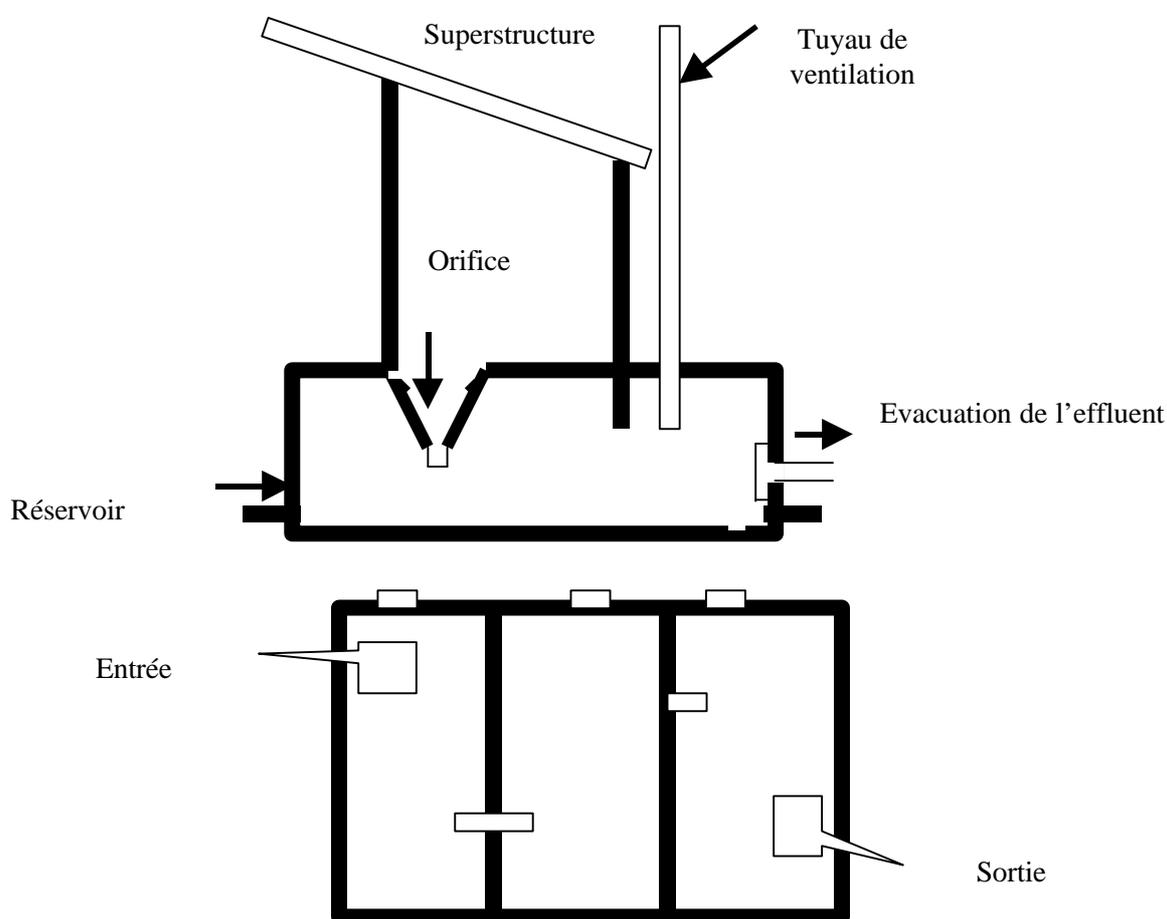
Lorsqu'il n'y a qu'une seule fosse, celle-ci doit être vidangée dès que le volume effectif de la fosse est épuisé. Cependant, les excréments frais présentent des dangers pour la santé et devront être maniés avec grande précaution. Les fosses devront être vidangées par des camions munis de pompes. Les matières de vidange peuvent être traitées par compostage ou dans des étangs de stabilisation des boues.

## **3.2 Fosses à niveau constant**

Parmi les systèmes individuels d'évacuation des excréta nécessitant de l'eau, on peut noter les fosses à niveau constant. Ces fosses sont constituées pour l'essentiel de petites fosses septiques placées directement sous une dalle à la turque munie d'un tuyau de descente qui plonge dans l'eau de la fosse pour former une fermeture hydraulique simple. Pour préserver le cabinet des odeurs, des mouches et des moustiques, cette fermeture est maintenue en versant dans la toilette, après chaque utilisation suffisamment d'eau pour remplacer toute perte éventuelle. Les excréments sont rejetés directement dans la fosse où ils subissent une décomposition anaérobie de la même façon que dans une fosse septique. Le volume de la fosse est généralement calibré sur la base de 1,5 litres d'excréta par jour plus un apport additionnel de 4,5 litres par personne et par jour pour le maintien du joint hydraulique. Ce qui conduit à 6 litres par personne et par jour. Le puisard est dimensionné sur cette base. Pour tenir compte d'une marge de sécurité, on majore ce volume de l'ordre de 30%. Ce qui conduit à 8 litres environ par personne et par jour. La hauteur du liquide dans la fosse est généralement de 1 à 1,5 m dans les installations domestiques. Comme les fosses septiques, il y a une accumulation de boue (0,03 à 0,04 m<sup>3</sup> par personne et par an) qu'il faudrait enlever lorsque la fosse est remplie. Les opérations de vidange sont effectuées tous les 2 à 3 ans.

### 3.3 Fosses septiques

Une fosse septique est un volume rectangulaire ou cylindrique, généralement situé juste au-dessous du niveau du sol, qui reçoit les excréments et l'eau de la chasse des toilettes, ainsi que d'autres eaux usées (ou eaux d'égouts). Les matières solides se déposent au fond de la fosse, s'y accumulent puis sont digérées en anaérobie. Les matières légères comme les huiles et les graisses remontent à la surface. Le liquide ainsi clarifié s'écoule à travers un dispositif situé juste au-dessous du niveau des matières flottantes pour être en général épuré par un système d'absorption. Les effluents de la fosse forme un liquide toxique, contenant des concentrations élevées de matières organiques, de nutriments et de micro-organismes, en particulier des germes pathogènes. Ils ne doivent pas être évacués vers les rigoles, ruisseaux ou lacs, sans épuration préalable. Un lit bactérien peut être incorporé dans la structure d'une fosse septique.



Pour le traitement des effluents de fosses septiques, il existe trois techniques principales :

- ▷ champs absorbants et lits filtrants;
- ▷ terres filtrants;
- ▷ puits d'infiltration ou puits perdus.

### *Champs absorbants et lits filtrants*

Lorsque les conditions du site s'y prêtent et qu'il n'existe pas de danger pour la qualité de l'eau souterraine, l'absorption par le sous-sol est généralement la meilleure méthode d'évacuation des effluents de fosse septique. Généralement, les effluents s'écoulent par gravité depuis la fosse à travers une canalisation fermée et une boîte de distribution dans des conduites perforées placées dans des tranchées. Dans la tranchée, on dispose un tuyau d'épandage présentant des fentes régulièrement espacées, d'un diamètre de 10 cm, posé sur un mètre de hauteur de pierraille ou de gravier et de terre. Les bactéries, grâce à l'oxygène présent dans le sol, permettent de purifier les effluents.

Le rendement d'un système d'absorption dépend de la capacité de celui-ci à absorber le liquide, à séparer les bactéries, à fixer les virus et à filtrer les déchets. Une bonne étude du site exige de mesurer avec précision la pente du terrain, la position et le niveau de la nappe phréatique, la profondeur effective du sol et la profondeur de la roche ou des couches imperméables. Le paramètre important à connaître est la perméabilité du sol.

La formule suivante s'utilise pour la détermination de la configuration d'une aire d'absorption :

$$L = \frac{NQ}{2DT}$$

L = longueur de la tranchée (en m),

N = nombre d'utilisateur,

Q = débit d'eaux usées (en litres/habitant/jour),

D = profondeur effective de la tranchée (en m)

T = taux d'infiltration (litres/m<sup>2</sup>/jour).

Le taux nominal d'infiltration est généralement fixé à 10 l/m<sup>2</sup>/jour pour les fosses septiques.

### *Tertres filtrants*

Ces dispositifs s'utilisent dans la zone où la nappe phréatique est située à proximité de la surface ou dont le taux de percolation est insuffisant. Dans ces conditions, l'aire d'absorption peut être remplacée par un tertre filtrant, placé dans une zone non sujette aux inondations et sur un terrain suffisamment incliné pour faciliter le drainage par gravité.

### *Puits d'infiltration ou puits perdus*

Ils sont recommandés lorsqu'il est difficile de creuser des tranchées, en cas de grande profondeur de sol perméable, ou lorsqu'une couche poreuse est sous-jacent à une couche de couverture imperméable. Les parois de la fosse sont composées de briques à joint ouverts ou de pierres. Ce puits reçoit les eaux de la fosse septique. Dans le sol environnant les eaux sont épurées par les bactéries comme dans les tranchées d'absorption. Généralement un puits perdu a un diamètre de 2 à 3,5 m et une profondeur de 3 à 6 m. La profondeur et le diamètre (ou surface latérale) d'un puits sont déterminés en fonction d'un taux d'infiltration égal ou inférieur à 10 litres par m<sup>2</sup> et par jour. Si plusieurs puits sont nécessaires, il convient de prévoir une distance de séparation entre les parois égale à 3 fois le diamètre du puits le plus grand.

### *Traitement et épandage des boues*

Les boues et les matières flottantes doivent être retirées de la fosse quand leur niveau atteint les deux tiers de capacité de celle-ci. Cette opération est effectuée selon une fréquence qui varie de une fois par an à une fois tous les cinq ans. Les boues s'accumulant à un débit de 0,03 à 0,04 m<sup>3</sup>

par an, il est facile de calculer la fréquence de cette opération en fonction du nombre d'utilisateurs et du volume de la fosse. La vidange des boues doit se faire avec beaucoup de précaution, compte tenu des agents pathogènes vivant dans la boue. La méthode la plus satisfaisante consiste à utiliser un camion-citerne équipé d'une pompe et d'un tuyau d'aspiration. En l'absence de camion-citerne, les boues peuvent être retirées manuellement.

La digestion anaérobie des boues de fosses septiques a été mise en œuvre dans certaines régions tropicales pour produire du méthane, biogaz précieux utilisé à des fins ménagères. Les boues digérées peuvent être utilisées comme fertilisants ou engrais.

### **3.4 Systèmes collectifs traditionnels nécessitant de l'eau : fosses d'accumulation**

On utilise à cet effet des fosses d'accumulation. Ces toilettes sont généralement utilisées en Corée, en Chine et au Japon. Ce système utilise une fosse étanche, placée soit directement sous le dispositif de fermeture hydraulique, soit décalée par rapport à celui-ci. Cette fosse sert à stocker les matières fécales pendant une période allant de 2 semaines à un mois.

Les systèmes à fosses d'accumulation conviennent bien aux zones urbaines à forte densité démographique, où l'on ne peut utiliser les systèmes d'assainissement individuels, où les égouts à courant d'eau seraient trop difficiles et trop chers à installer et où existent des structures institutionnelles capables d'organiser et de maintenir un système de collecte. Les systèmes de collecte et de transport des matières de vidange peuvent être facilement adaptés à l'évolution de la demande en augmentant le nombre de véhicules de vidange et les effectifs de personnel.

Les coûts d'installation modestes des fosses d'accumulation comparés à ceux des systèmes d'égouts à courant d'eau en font un système d'assainissement abordable, du moins au niveau des frais de première installation.

Si  $V$  est le volume de service en litres,  $n$  le nombre d'utilisateurs,  $q$  le volume moyen d'excréments plus d'eau de chasse (en litres par personne et par jour),  $j$  l'intervalle de temps entre les vidanges (en jours) et  $k$  le facteur de sous utilisation, le volume de service  $V$  ou volume effectif nécessaire à la fosse est calculé par la formule  $V = n.q.j/k$ .

L'apport moyen  $q$  est généralement inférieur à 10 litres par personne et par jour. Le cycle de vidange est habituellement environ une fois tous les 14 à 28 jours. Le facteur de sous utilisation du volume de la fosse  $k$  est pris en compte car la fosse sera normalement vidangée avant d'être entièrement pleine. Avec un système bien organisé disposant de véhicules de vidange bien entretenus,  $k$  peut atteindre 0,85, mais on retient souvent 0,50. Le volume de la fosse n'est pas souvent grande.

Concernant la vidange, la priorité devra être accordée à la vidange mécanique. Le type habituel de véhicules est un camion-citerne équipé d'une pompe à vide, et disposant d'un tuyau flexible qui peut atteindre 100 m. Des véhicules citernes plus petits, même à traction manuelle ou animale, peuvent être utilisés pour desservir les fosses situées au bord de sentiers et ruelles étroites. Une pompe manuelle appropriée peut être utilisée. Ces petits véhicules peuvent ensuite transférer les matières de vidange dans des camions citernes ou à des points de regroupement, où elles seront collectées par des véhicules plus grands.

Les matières de vidange collectées peuvent être traitées de différentes manières. Le traitement peut se faire dans des stations d'épuration des eaux d'égouts ou des matières de vidange ou dans

des lagunes de stabilisation des boues. Les matières de vidange, qui ont subi un traitement par compostage, peuvent être réutilisées sans danger pour fertiliser le sol.

Dans les pays en voie de développement, l'utilisation des fosses d'accumulation dépend de l'organisation, de l'entretien du parc de véhicule, du personnel et des capacités institutionnelles de ce pays ; elles ne peuvent recueillir les eaux usées ménagères.

#### 4. Avantages et inconvénients des différents dispositifs d'assainissement autonome des eaux usées et excréta.

**Tableau 34 : Dispositifs traditionnels d'évacuation des eaux usées fonctionnant à sec.**

Dispositifs	Avantages	Inconvénients
<p><b>1-Dispositifs traditionnels d'évacuation des eaux usées fonctionnant à sec :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Latrines conventionnelles à fosse sèche,</li> <li>- Latrines à fosse forcée,</li> <li>- Cabinets à compost discontinu,</li> <li>- Cabinet à compost africain,</li> <li>- Cabinets à compost vietnamien;</li> <li>- Latrines sur pilotis.</li> </ul>	<p>Les cabinets à compost discontinu présentent les avantages suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utilisation du compost pour les cultures;</li> <li>- les toilettes à compost n'ont pas besoin d'eau pour fonctionner, car le compostage est plus efficace si la matière organique est légèrement humide mais non mouillée;</li> <li>- les fosses à compost ne doivent pas forcément être sous terre; c'est pourquoi on peut les construire également sur du roc;</li> <li>- le faible risque de pollution lié aux toilettes à compost, en particulier si ce sont des unités complètement étanches, autorise leur utilisation sur les sites où il est important d'éviter toute contamination d'une nappe souterraine sensible ou d'une source vulnérable.</li> </ul> <p>Les cabinets à compost africain et les cabinets à compost vietnamien présentent les mêmes avantages que les cabinets à compost discontinu.</p> <p>Les cabinets à compost sont une solution qui convient dans les zones fortement peuplées.</p>	<p>Sur le plan sanitaire, les latrines conventionnelles à fosse sèche ne présentent que des inconvénients (mauvaises odeurs, insectes, mouches, accidents fréquents d'effondrement de la superstructure, pollution de la nappe phréatique</p> <p>Les latrines à fosse forcée présentent les mêmes inconvénients que les latrines conventionnelles à fosse sèche, sauf qu'elles sont plus profondes.</p> <p>Les cabinets à compost discontinu présentent les inconvénients suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les fosses à compost ont besoin de déchets organiques pour équilibrer le rapport carbone/azote des excréta et créer les conditions favorables à un bon compostage. Aussi faut-il disposer localement de quantités substantielles de matières organiques biodégradables (feuilles, herbes, etc.);</li> <li>- si les déchets ne sont pas stockés pendant une durée suffisante, les agents pathogènes persisteront dans le compost, menaçant la santé des personnes qui doivent le manipuler;</li> <li>- si les précautions nécessaires ne sont pas prises, le contenu de la latrine peut facilement devenir trop humide et favoriser la prolifération des mouches.</li> </ul> <p>Les cabinets à compost africain et les cabinets à compost vietnamien présentent les mêmes inconvénients que les cabinets à compost discontinu.</p> <p>Tous ces dispositifs polluent les eaux souterraines. En particulier, les latrines sur pilotis polluent les cours d'eau sur lesquels elles sont construites.</p>

**Tableau 35 : Avantages et inconvénients des différents dispositifs d'assainissement autonome des eaux usées et excréta : dispositifs traditionnels améliorés fonctionnant à sec amélioré.**

Dispositifs	Avantages	Inconvénients
<p><b>2-Dispositifs traditionnels améliorés fonctionnant à sec :</b></p> <p><i>2-1-Cabinets à fosse ventilée (cabinet VIP)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Latrines à fosse unique VIP</li> <li>- Cabinets VIP améliorés à double fosse ventilée alternante.</li> <li>- Cabinets VIP à fosses multiples et à plusieurs cellules.</li> </ul> <p><i>2-2-Cabinet ATIR</i></p>	<p>Lorsque les cabinets VIP sont bien conçus, ils présentent les avantages suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- faibles coûts annuels d'entretien;</li> <li>- construction et entretien faciles;</li> <li>- toutes sortes de matériaux peuvent être utilisés pour le nettoyage anal;</li> <li>- absence d'odeur;</li> <li>- nuisance par les mouches et les moustiques minime;</li> <li>- besoins d'eau très faibles;</li> <li>- n'exige qu'un faible engagement des services municipaux;</li> <li>- risques sanitaires minimales.</li> </ul> <p>Les cabinets VIP à double fosse présentent des avantages partout où il est difficile de creuser des fosses profondes et où la place ne suffit pas pour construire une autre fosse lorsque la première est pleine. Utilisées en alternance, les deux fosses peuvent durer indéfiniment.</p> <p>A cause de la longue période de rétention des excréta se décomposant dans la fosse (un minimum d'un an est recommandé), les organismes pathogènes sont détruits jusqu'au moment de vidanger la fosse. Son contenu peut alors être utilisé pour amender le sol.</p> <p>Les cabinets VIP à fosses multiples et à plusieurs cellules peuvent être utilisés pour des établissements communautaires (écoles, hôpitaux, etc.).</p> <p>La fosse du cabinet ATIR est plus grande et a donc une plus longue durée de vie que les cabinets VIP. De plus, la fosse peut être facilement vidée. Un autre avantage est que la fosse est décalée; les chutes accidentelles des enfants sont ainsi évitées</p>	<p>Les inconvénients qui peuvent limiter l'utilisation des cabinets VIP sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dans les zones urbaines fortement peuplées, manque d'espace pour construire périodiquement les fosses;</li> <li>- risques de pollution de la nappe phréatique;</li> <li>- n'assurent pas l'évacuation de grandes quantités d'eaux ménagères.</li> </ul> <p>En particulier, les cabinets à fosse unique présente souvent une profondeur importante, ce qui ne permet pas du tout une évacuation des boues. Ainsi, ils sont purement et simplement abandonnés lorsqu'ils sont pleins. Il y a donc un problème d'espace pour réaliser un autre cabinet ailleurs.</p> <p>L'inconvénient majeur des cabinets ATIR est que la goutte est vite encrassée par les excréments, qui dégagent des mauvaises odeurs et attirent les insectes et les mouches</p>

**Tableau 36 : Dispositifs individuels d'évacuation des eaux usées et excréta fonctionnant à eau**

Dispositifs	Avantages	Inconvénients
<p><b>3-Dispositifs individuels d'évacuation des eaux usées et excréta fonctionnant, à eau :</b></p> <p><i>3-1-Dispositifs traditionnels améliorés fonctionnant à eau :</i></p> <p>3-1-1-Toilettes à chasse manuelle</p> <p>3-1-2- Fosse à niveau constant.</p> <p>3-2-Fosses septiques</p>	<p><u>Toilettes à chasse manuelle :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- elles sont bon marché;</li> <li>- elles offrent une solution appropriée à long terme aux problèmes d'évacuation des excréta en milieu urbain;</li> <li>- elles utilisent de faibles quantités d'eau;</li> <li>- le système peut être amélioré en raccordant les toilettes à un réseau d'égouts;</li> <li>- elles éliminent les odeurs et empêchent la reproduction d'insectes et de mouches; - leur construction est facile et leur entretien aisé;</li> <li>- elles ne requièrent qu'un faible engagement municipal;</li> <li>- il est possible de les installer à l'intérieur du bâtiment;</li> <li>- un recyclage des ressources est possible;</li> <li>- elles ne requièrent pas de système d'enlèvement et de transport des excréta;</li> <li>- les toilettes à chasse manuelle peuvent être installées à un bon prix par rapport aux WC conventionnels.</li> </ul> <p>Les latrines traditionnelles actuellement utilisées dans les quartiers à habitat spontané et les quartiers périurbains peuvent être transformées en ces systèmes.</p> <p><u>Fosses à niveau constant :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pas de danger de blocage par les matériaux de nettoyage anal encombrants;</li> <li>- installation possible à l'intérieur de la maison;</li> <li>- risques sanitaires minimum;</li> <li>- faibles coûts annuels d'entretien;</li> <li>- possibilité d'améliorer le système;</li> <li>- possibilité d'évacuation des eaux ménagères.</li> </ul>	<p><u>Toilettes à chasse manuelle :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- elles exigent des dispositifs séparés d'évacuation des eaux usées ménagères;</li> <li>- il faut disposer de l'eau toute l'année (au moins 4 litres par personne et par jour);</li> <li>- elles se bouchent facilement là où l'on emploie des matériaux solides pour le nettoyage anal;</li> <li>- la construction est plus difficile et plus chère dans les sites où la nappe phréatique est élevée, ou dans les zones à sol imperméable ou à sol peu profond avec couches rocheuses sous-jacentes;</li> <li>- il y a risque de pollution de la nappe phréatique et des sources d'eau potable</li> </ul> <p><u>Fosse à niveau constant :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le principal inconvénient dont souffrent les fosses à niveau constant dans la pratique est la difficulté de maintenir continuellement la fermeture hydraulique. Les quantité d'eau nécessaire sont faibles, mais elles sont indispensables pour le fonctionnement de cette technologie d'assainissement.</li> <li>- La fosse à niveau constant est une option chère à cause de la fosse étanche nécessaire pour le maintien de la fermeture hydraulique.</li> <li>- sa construction nécessite une main-d'œuvre spécialisée.</li> </ul> <p><u>Fosses septiques :</u></p> <p>Un inconvénient majeur des fosses septiques réside dans leur coût élevé. Les fosses septiques sont plus coûteuses que d'autres systèmes sanitaires individuels.</p> <p>Ce système nécessite en plus une structure perméable du sous-sol de façon à ce que les effluents puissent s'y répandre. Si le sous-sol est imperméable, il y a risque de contamination des eaux superficielles ou souterraines. Ce système constitue dans ces conditions un risque sanitaire.</p>

3-2-Fosses septiques (suite)	<p><u>Fosses septiques :</u></p> <p>Le principal avantage des fosses septiques tient à leur flexibilité et à leur capacité d'adaptation à une grande variété de besoins concernant l'évacuation des déchets liquides ménagers. Un autre avantage réside dans le fait qu'une fosse septique ne comporte pas de parties mobiles et qu'à ce titre, elle ne nécessite guère d'entretien mécanique.</p> <p>En plus, les fosses septiques assurent une réduction des agents pathogènes contenus dans les excréta.</p> <p><u>Cabinets à fosses d'accumulation :</u></p>	<p><u>Fosses septiques (suite) :</u></p> <p>Il faut de l'espace pour l'implantation des ouvrages (fosse et aires de drainage).</p> <p>Sa construction nécessite une main-d'œuvre spécialisée.</p> <p><u>Cabinets à fosses d'accumulation :</u></p>
3-4-Fosses d'accumulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ils peuvent être installés dans les habitations;</li> <li>- possibilité d'une réutilisation agricole des matières de vidange;</li> <li>- les frais de première installation sont très faibles par rapport à ceux d'une fosse septique ou d'une fosse à niveau constant, la fosse étant plus petite;</li> <li>- besoins en eau minimisés par le fait que l'utilisateur est soucieux d'économiser sur les coûts de vidange de la fosse;</li> </ul> <p>les fosses d'accumulation présentent un haut degré de flexibilité.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- le haut degré d'organisation nécessaire pour faire fonctionner efficacement et hygiéniquement les services de vidange des fosses est une contrainte majeure à leur utilisation. Toute panne dans le programme de vidange peut entraîner rapidement des conditions dangereuses pour la santé publique.</li> <li>- même si elles sont hygiéniques pour les utilisateurs, elles peuvent néanmoins présenter des risques sanitaires importants pour les vidangeurs, à moins qu'ils ne disposent d'équipements mécaniques.</li> <li>- coûts de fonctionnement élevés;</li> <li>- bien que moins chère que les réseaux d'égouts, la collecte des matières de vidange est plus chère que les autres systèmes d'assainissement individuel</li> </ul>

## **II. SELECTION DES TECHNOLOGIES D'EVACUATION DES EAUX USEES ET EXCRETA ADAPTEES**

---

Le choix des dispositifs d'évacuation des eaux usées et excréta adaptés pour les quartiers périurbains et les quartiers à habitat spontané tient compte essentiellement des paramètres suivants :

- ▷ du niveau des services d'approvisionnement en eau,
- ▷ de la nature du sol,
- ▷ de la densité des populations,
- ▷ de la taille et de la composition des ménages,
- ▷ des revenus actuels et futurs des ménages
- ▷ de l'habitat,
- ▷ du cadre institutionnel existant et de l'organisation locale.

### **1. Niveau des services d'approvisionnement en eau**

Le niveau des services d'approvisionnement en eau constitue l'une des principales contraintes limitant le choix des procédés d'assainissement. Par exemple, il n'est pas possible d'installer des égouts de petit diamètre là où l'eau ne suffit pas pour utiliser des toilettes à chasse; par ailleurs, les installations d'assainissement individuel risquent d'être surchargées si la consommation d'eau augmente par suite d'une amélioration des services d'adduction.

Pour le choix des dispositifs adaptés pour les quartiers périurbains et les quartiers à habitat spontané de Yaoundé, nous distinguerons trois cas :

- ▷ le transport manuel de l'eau dans les seaux, à partir d'un puits, d'une source, d'un cours d'eau ou utilisation de l'eau de pluie;
- ▷ l'adduction d'eau dans les cours (robinet, cours d'eau proche, source proche ou eau de pluie);
- ▷ l'adduction d'eau dans les maisons par branchements particuliers.

En effet, ces trois modes d'approvisionnement en eau ont été identifiés lors des enquêtes-ménages que nous avons effectués dans les différents quartiers périurbains de Yaoundé. Comme déjà souligné dans la première partie de cette étude, les enquêtes-ménages que nous avons faites dans les quartiers Ekounou I, Ekounou II, Kondengui et Mvog Ada ont mis en évidence les différentes sources d'approvisionnement en eau mentionnées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 39 : Différentes sources d'approvisionnement en eau.**

Sources d'approvisionnement en eau des ménages	Ekounou I	Ekounou II	Kondengui	Mvog Ada
Source	21,05%	27,62%	21,05%	1,5%
Puits	6%	17%	21%	16,68%
Borne fontaine branchée au réseau S.N.E.C.)	34,81%	15,38%	13,68%	51,52%
Branchement direct au réseau de la S.N.E.C.	26%	30%	33%	30,30%
Autres (cours d'eau)	12,14%	10%	11,27%	00%

### 1.1 Transport manuel de l'eau dans des seaux

Les enquêtes-ménages dans les quartiers périurbains non structurés et les quartiers à habitat spontané, généralement enclavés, ont mis en évidence que ce mode de transport de l'eau dans les seaux est le plus courant et qu'il concerne plus de 75% des ménages, que le niveau de consommation varie fortement en fonction de divers facteurs tels que la source d'approvisionnement ou les pratiques culturelles, et que les consommations varient de 10 à 20 litres par personne et par jour. De ce fait, la technique d'évacuation des eaux usées et excréta applicable dans ces conditions ne nécessite pas d'eau de chasse, mise à part les petites quantités d'eau indispensables pour le nettoyage des installations.

Dans les quartiers denses à habitat spontané et les quartiers périurbains aérés à habitat spontané, les cabinets VIP apparaissent comme la technique la plus appropriée. Les cabinets à fosse unique devraient être utilisés là où ceci est possible, mais dans les sites soumis à des conditions de sol difficiles ou disposant de peu de place tels que les quartiers à habitat spontané de Yaoundé, il sera préférable d'aménager des cabinets VIP à double fosse. Afin de permettre aux cabinets VIP de fonctionner correctement, il est indispensable de prévoir des dispositifs séparés d'évacuation des eaux ménagères. Les eaux usées de cuisine et les eaux savonneuses ne devront pas être envoyées dans la fosse.

Les cabinets à compost sont des dispositifs d'évacuation des excréta qui ne nécessitent pas du tout l'eau. Ils sont aussi très avantageux pour les populations des zones périurbaines qui pratiquent souvent l'agriculture dans la zone périphérique de la ville de Yaoundé. Ces dispositifs permettent donc de valoriser les déchets envoyés dans ces cabinets. Mais si on opte pour ces cabinets, il faudra prévoir un dispositif séparé pour l'évacuation des eaux ménagères, car leur rejet dans la fosse risque de compromettre le processus de compostage. Cependant, il convient de noter que les enquêtes-ménages dans les quartiers périurbains et les quartiers à habitat spontané ont révélé que plus de 90% des ménages n'apprécient pas cette technique d'évacuation des excréta qui leur apparaît comme dangereuse sur le plan sanitaire. Une campagne de sensibilisation s'avère donc indispensable à ce niveau.

Comme déjà souligné plus haut, les enquêtes socio-économiques que nous avons faites montrent que dans tous les quartiers périurbains et les quartiers denses à habitat spontané de Yaoundé, la majorité des populations transportent de l'eau dans des seaux. Cette eau est souvent puisée, soit dans un puits, soit à la source, soit dans un cours, soit chez un voisin disposant d'un robinet de puisage sur sa cour, moyennant des frais. Dans ces conditions, les toilettes à chasse manuelle peuvent être utilisées aussi dans ces quartiers. Ces cabinets à chasse manuelle devront comporter une cuvette en ciment ordinaire munie d'un siphon hydraulique (actuellement fabriquée localement), la fosse devant avoir un tuyau d'aération. Cependant, l'utilisation de cette eau pour le

fonctionnement des toilettes à chasse manuelle dépend de la distance séparant la source d'eau des habitations. Avec les toilettes à chasse manuelle, il faut compter environ 6 à 10 litres d'eau par personne et par jour. Elles ne propagent pas des odeurs nauséabondes.

Les risques sanitaires que présentent les tinettes ne permettent pas de les utiliser dans les quartiers périurbains et les quartiers à habitat spontané de Yaoundé, qui sont généralement enclavés.

Si les toilettes à chasse manuelle ne sont pas réalisables à cause du risque de pollution du milieu récepteur ou du manque de place par exemple, on peut installer à leur place des toilettes à fosse d'accumulation. Les toilettes à fosse d'accumulation impliquent l'existence d'un système de collecte et de transport des excréta à l'aide de camions de vidange équipés de pompes à vides. Bien que plus hygiéniques que les tinettes, elles partagent cependant beaucoup de leurs inconvénients. En plus les quartiers périurbains et les quartiers à habitat spontané de Yaoundé sont généralement très enclavés pour pouvoir autoriser le passage des camions.

## **1.2 Adduction d'eau dans la cours**

Comme déjà mentionné plus haut, les mêmes enquêtes-ménages faites ont montré que plus de 70% des ménages des quartiers périurbains dense à habitat spontané et les quartiers périurbains n'ont pas accès au réseau de la Société Nationale des Eaux du Cameroun (S.N.E.C.) et que les consommations d'eau dans ces quartiers sont généralement faibles.

De ce fait, les ménages concernés pourront utiliser avec profit les toilettes à chasse manuelle étant donné qu'il disposent des points d'eau (puits et sources). Il faudrait prévoir dans ces conditions un système d'évacuation des eaux usées ménagères, car avec un robinet de puisage placé sur la cour, la consommation d'eau peut dépasser 50 litres/personne/jour. Il est aussi possible d'utiliser un cabinet VIP dans ces conditions où le ménage a un robinet sur la cour. Les latrines traditionnelles existantes pourront être transformées aisément en toilettes à chasse manuelle.

Les fosses à niveau constant peuvent être utilisées avec efficacité dans les quartiers périurbains de Yaoundé là où les ménages ont de l'eau sur leur cour. Elles ne pourront pas être utilisées par les ménages qui transportent de l'eau dans des seaux. Leur construction est très chère, comparée aux toilettes à chasse manuelle par exemple.

## **1.3 Adduction dans les maisons**

Lorsque les maisons sont équipées d'un réseau d'adduction d'eau courante, la consommation d'eau dépasse facilement 100 litres par personne et par jour, dont 80% doivent être évacués. L'assainissement individuel devient alors plus difficile. Un WC à siège ou à la turque, équipé d'un réservoir de chasse et installé à l'intérieur de la maison, est le type d'installation sanitaire recommandé. De ce fait, l'assainissement individuel des eaux usées et des excréta par une fosse septique comportant un élément épurateur reliée à un puisard à vidange périodique convient mieux. Toutefois, il convient de noter que les eaux usées ménagères autres que celles provenant des WC ne devront pas être envoyées dans la fosse septique.

## **1.4 Evacuation des eaux ménagères dans les quartiers périurbains de Yaoundé**

Lorsque l'eau est transportée dans des seaux, les quantités d'eau usées ménagères à évacuer restent limitées et leur rejet sur le sol autour des maisons ne pose généralement pas de problèmes majeurs. Mais avec des volumes d'eau plus importants ou sur des sols très imperméables, une

évacuation inadéquate des eaux usées ménagères pourra entraîner des nuisances (mauvaises odeurs et pollution visuelle par exemple) et des risques sanitaires considérables. En effet, les organismes pathogènes contenus dans les eaux ménagères affectent directement la santé, bien que leur concentration soit moins importante que dans les eaux vannes. Les enfants sont particulièrement exposés aux infections lorsqu'ils jouent dans les rigoles d'eau de pluie ou dans les zones inondées. Par ailleurs, les eaux ménagères peuvent également affecter indirectement la santé en créant des conditions favorables à la prolifération des moustiques. Les eaux usées, répandues sur le sol, peuvent former de la boue, créant ainsi un milieu propice à la survie des germes pathogènes provenant d'autres sources (telles que les selles d'enfants) et à la propagation des infections. De ce fait, pour ménages disposant d'une adduction d'eau dans la maison il est fortement conseillé de diriger les eaux usées ménagères vers un puisard.

Du point de vue économique, il est clairement avantageux d'améliorer graduellement les systèmes d'assainissement, par exemple en commençant par des cabinets VIP, qui seront transformés après un certain nombre d'années en toilettes à chasse manuelle, puis raccordés après aussi un certain nombre d'années aux égouts si ceux-ci existent. Les latrines rencontrées dans les quartiers périurbains et les quartiers à habitat spontané de Yaoundé pourront suivre cette évolution : transformation des latrines actuelles en cabinet VIP, puis en toilettes à chasse manuelle, et après un certain nombre d'années en WC avec chasse suivant le niveau des revenus des populations concernées.

## 2. Nature du sol

Comme déjà souligné au § I. du chapitre 1 de la présente étude, le relief de Yaoundé très accidenté, n'offre en moyenne à l'urbanisation que 60% à 70% de sa superficie, du fait des fortes pentes et des fonds de vallée hydromorphes dont le coût d'aménagement est très élevé et même prohibitif (terrassements très importants, assainissement, etc.). C'est souvent dans des zones de forte pente, des zones marécageuses et des secteurs non lotis que se développent souvent l'habitat spontané.

Le socle de l'ensemble du site de Yaoundé est constitué de roches dures métamorphiques (épidolite au nord et à l'ouest, diadysite sur le site actuel, gneiss à l'est). La composition du sol de l'ensemble du site de Yaoundé (site actuel et site d'extension) est la suivante :

- ▷ sous les crêtes, le socle rocheux est situé en général à une profondeur de 15 à 20 m, sous une couche d'altérite (latérite argileuse ou argile rouge);
- ▷ sous les fonds de vallées, le socle rocheux est situé à une profondeur de 2 à 8 m sous des couches successives de vases, de sables argileux et d'argiles;

Les différents types de sol ne présentent pas la même perméabilité et auront une grande influence sur la mise en place et le fonctionnement des différents dispositifs d'assainissement décrits précédemment, et sur la propagation des organismes pathogènes. Dans les zones marécageuses de Yaoundé, le sol est instable. ce qui justifie les éboulements très fréquents des latrines (peu profondes) dans les quartiers situés dans les fonds de vallées. Il s'avère indispensable que les populations stabilisent les parois de ces latrines à l'aide des parpaings de 15 bourrés au béton ou des briques de terre fortement stabilisées au ciment, lors de leur construction.

En particulier, dans les zones marécageuses la profondeur des latrines (souvent noyées dans les eaux pluviales lors des inondations) ne dépasse pas du tout 2,50 m. Les fondations de ces latrines devraient être surélevées pour éviter cette situation, ce qui n'est généralement pas le cas. Sur

les sols rocheux, elle ne dépasse pas 3,00 m. Cependant le problème d'inondation ne se pose pas dans ces zones concernées. Les cabinets VIP et les cabinets à chasse manuelle, ainsi que les fosses septiques conviennent mieux à celle-ci.

### **3. Densité des populations, taille des ménages, revenus actuels et futurs des ménages, habitat**

Le choix des différents dispositifs d'assainissement dépend aussi de la densité des populations, de la taille, des revenus actuels et futurs des ménages.

Suivant les résultats des enquêtes-ménages faites dans les quartiers périurbains et les quartiers à habitat spontané de Yaoundé, résultats présentés dans la première partie de cette étude, la densité des populations des quartiers à habitat spontané varie entre 200 et 300 habitants à l'hectare, et celle des quartier périurbains entre 110 et 130 habitants à l'hectare. Dans les quartiers à habitat spontané dense et les quartiers périurbains à habitat spontané dense, il sera très difficile de trouver de l'espace pour mise en place des dispositifs d'évacuation des excréta. Dans ces conditions, les cabinets VIP à fosse unique, les cabinets à double fosse et les toilettes à chasse manuelle seront la technique la plus appropriée. En plus de cette technique, on pourra utiliser les cabinets VIP à double fosse dans les quartiers périurbains aérés. Ce qui permettra de valoriser les déchets contenus dans la fosse.

Dans les quartiers périurbains à habitat spontané, les enquêtes-ménages ont mis en évidence que la taille moyenne des ménages est de l'ordre de 6 personnes par ménage, et dans les quartiers périurbains à habitat spontané dense 5 personnes par ménage. La capacité des dispositifs retenus pour l'évacuation des excréta dépendra de la taille des ménages.

Le choix des dispositifs d'évacuation des eaux usées et excréta dépendra aussi des revenus actuels et futurs des ménages, car les coûts de réalisation des travaux et de l'entretien des dispositifs retenus ne peuvent être supportés par les populations que si elles sont capables de financer les travaux.

Lorsqu'on se réfère à la première partie de l'étude et à l'analyse des coûts des ouvrages, on peut noter que tous les ménages peuvent transformer leur latrine traditionnelle actuelle en cabinet VIP qui ne nécessite qu'un tuyau en PVC de 63 mm pour l'aération. Compte tenu du niveau de leurs revenus, 89% des populations des quartiers à habitat spontané peuvent avoir des toilettes à chasse manuelle (nécessitant une cuvette avec siphon et socle), contre 96% dans les quartiers périurbain. Les enquêtes-ménages ont mis en évidence que 7% des ménages en moyenne peuvent avoir une cuvette de WC avec réservoir de chasse desservie par une fosse septique ayant l'élément épurateur.

Par ailleurs, les enquêtes-ménages associées au constat nous ont renseignés sur le type d'habitation, le nombre de personnes par pièces et, ce qui très important, le régime foncier et la sécurité d'occupation des terres. De ces enquêtes-ménages, il ressort que plus de 90% des constructions n'ont pas de permis de construire. Ce qui explique aussi l'utilisation des matériaux provisoires dans les quartiers à habitat spontané dense et les quartiers périurbains. La transformation des locaux de ces construction en vue de l'incorporation des toilettes internes posent de sérieux problèmes.

## 4. Cadre institutionnel existant

Les principaux organismes concernés par les problèmes d'assainissement urbain, d'eau potable en milieu urbain et de déchets urbains au Cameroun sont les suivants :

- ▷ le Ministère des Mines, de l'Eau et de l'Energie (MINMEE),
- ▷ le Ministère de l'Administration Territoriale (MINAT),
- ▷ le Ministère de la Santé Publique (MINSANTE),
- ▷ la Mission d'Aménagement et de Gestion des Zones Industrielles (MAGZI),

### 4.1 Ministère des Mines, de l'Eau et de l'Energie

En matière d'eau potable en milieu urbain, de pollution et d'assainissement, l'élaboration des normes, de la réglementation et de la législation, le contrôle de leur exécution et leur application relèvent de la compétence du Ministère des Mines, de l'Eau et de l'Energie au travers de sa Direction de l'Eau et de l'Assainissement Urbain, et sa Direction des Mines, des Techniques et des Nuisances Industrielles. De ce fait, ces Directions s'occupent entre autres :

- ▷ de la conception, de l'élaboration et de l'exécution de la politique nationale de l'eau et de l'assainissement dans les zones urbaines en relation avec les autres départements ministériels intéressés;
- ▷ de l'évaluation des ressources et de leur protection contre la pollution;
- ▷ de l'établissement des normes de qualité du milieu récepteur et le rejet des effluents en liaison avec les services intéressés de la Direction des Mines, des Techniques et des Nuisances industrielles;
- ▷ de l'alimentation en eau potable des agglomérations urbaines;
- ▷ de la collecte et du traitement des eaux usées résiduelles, domestiques, des eaux pluviales et diverses des agglomérations en relation avec les autres administrations concernées;
- ▷ de la préparation des textes législatifs et réglementaires en relation avec la cellule juridique;
- ▷ du contrôle technique des exploitations des concessionnaires.
- ▷ de la préparation de l'application de la réglementation minière en liaison avec la cellule juridique;
- ▷ du contrôle des exploitations minières et pétrolières ainsi que des carrières;
- ▷ de la protection de l'environnement et du contrôle des installations industrielles et commerciales sous l'angle de la pollution, de la sécurité, de l'hygiène et des nuisances industrielles.

Le Ministère des Mines, de l'Eau et de l'Energie ne s'occupe pas de l'assainissement individuel, des ordures ménagères, de l'entretien et de l'exploitation des réseaux et des stations d'épuration des eaux usées des groupes d'immeubles et des quartiers administrés par l'état.

Le Ministère des Mines, de l'Eau et de l'Energie assure la tutelle de la Société Nationale des Eaux du Cameroun (SNEC).

La plupart des tâches attribuées au MINMEE ne sont pas assurées correctement, soit par manque de moyens, soit par manque de cadre institutionnel, réglementaire et financier.

## **4.2 Ministère de l'Administration Territoriale**

Par le biais des Communautés Urbaines et des Communes, le ministère de l'Administration territoriale intervient sur l'assainissement et le ramassage des ordures ménagères. En particulier, toutes les communes ont un service d'hygiène et d'assainissement qui utilise des techniciens du génie sanitaire et des agents d'hygiène. Toutefois il est à noter que celles-ci accusent actuellement une pénurie en personnel qualifié et en matériel.

## **4.3 Ministère de la Santé Publique**

Les missions du Ministère de la Santé Publique sont axées entre autres sur la mise en oeuvre de la politique gouvernementale en matière de la protection de la santé publique et du milieu naturel contre la pollution d'origines diverses. Par le canal de sa Direction de la Médecine Préventive et Rurale (Service de l'hygiène publique et de l'assainissement), il est chargé :

- ▷ - de la promotion des mesures d'hygiène au niveau des collectivités urbaines et rurales, ainsi que des individus,
- ▷ du contrôle de la qualité des eaux, denrées alimentaires et boissons, en rapport avec les départements ministériels concernés,
- ▷ de la normalisation des critères de pollution et de la réglementation des déversements des effluents urbains et industriels, en collaboration avec les organismes concernés.
- ▷ de l'élaboration et de la promotion de la politique de salubrité de l'environnement ou des lieux publics, de l'habitat, des industries et fabriques et de l'aménagement de leur environnement en rapport avec d'autres départements ministériels intéressés. A ce titre, il participe à la réglementation relative à l'agrément et à la normalisation en matière d'hygiène et d'assainissement, notamment sur les déchets liquides, solides et gazeux en matière de fosses septiques et appareils afférents, petites unités d'épuration des eaux résiduaires.

Des analyses sont faites par les laboratoires PASTEUR, IMPM et celui de la Faculté de Médecine ou la Faculté des Sciences pour le compte du MINSANTE. Ces analyses étant payantes actuellement, elles ne sont plus faites. Il y a donc actuellement des risques sur le plan sanitaire et environnemental.

Concernant les installations d'assainissement individuel, le MINSANTE fait un effort de formation des formateurs pour la mise en oeuvre de latrines ventilées; mais cette action porte essentiellement sur les villages, les responsables des villes manquant du dynamisme sur ce sujet. Par ailleurs, l'école de formation des techniciens du génie sanitaire est arrêtée par manque de financement.

## **4.4 Mission d'Aménagement et de Gestion des Zones industrielles**

Placée sous la tutelle du Ministère de l'Administration Territoriale, la MAGZI a une mission d'aménagement et de gestion des zones industrielles, y compris les réseaux d'assainissement. Il convient de noter ici que la zone industrielle de Yaoundé ne dispose pas de réseau d'assainissement et qu'elle est située dans le bassin du Mfoundi qui déverse ses eaux à l'amont du captage des eaux destinées à l'alimentation des populations de cette même ville.

## **4.5 Organisation locale**

Presque dans les différents quartiers périurbains de Yaoundé, on note des organisations qui peuvent prendre en charge les campagnes de motivation, d'éducation et de formation.

## **5. Systèmes d'évacuation des eaux usées et excréta adaptés aux quartiers périurbains et les quartiers à habitat spontané de Yaoundé**

Les contraintes socio-économiques et financières, associées à la disparité qui existe entre les différents types d'habitat et niveaux de revenus exigent plusieurs niveaux d'équipement et de ce fait il serait hasardeux d'envisager un seul type de dispositif pour les quartiers à habitat spontané et les quartiers périurbains de Yaoundé.

Les différents dispositifs améliorés à fosse ventilée (cabinet VIP), les toilettes à chasse manuelle, systèmes à courant d'eau, les fosses d'accumulation, les systèmes individuels fonctionnant à sec (latrines conventionnelles à fosse sèche, latrines sur pilotis, cabinet à compost discontinu), le système collectif fonctionnant à sec, le cabinet à compost africain, le cabinet à compost vietnamien, les tinettes, la latrine à longue descente et les fosses septiques sont présentés ci-dessus.

Il est hors de doute que ces systèmes d'évacuation des eaux usées et excréta posent de sérieux problèmes de gestion et de contrôle, sanitaires et environnementaux.

En particulier, les systèmes retenus devront tenir compte de l'hygiène publique et de la protection de la santé. Les différents dispositifs améliorés à fosse ventilée (cabinet VIP), les toilettes à chasse manuelle, le cabinet à compost africain avec fosse étanche et le cabinet à compost vietnamien avec fosse étanche pourraient résoudre le problème d'évacuation des excréta et des eaux usées dans les quartiers d'habitat spontané qui abritent les populations à bas revenu et les zones périurbaines qui n'ont pas souvent accès au réseau de la SNEC, car ces dispositifs coûtent moins chers et leur mise en oeuvre ne nécessite pas un spécialiste. En particulier, le cabinet à compost africain et le cabinet à compost vietnamien permettent une récupération de l'espace et une valorisation des déchets de la fosse.

L'utilisation de ces dispositifs suppose que les populations concernées sont correctement desservies en eau potable et bien sensibilisées, car ils constituent des sources de pollution des nappes phréatiques et des eaux de surface.

Les fosses septiques conviennent bien à l'assainissement des quartiers structurés à habitat dispersé où les populations ont un niveau de revenu élevé, car la mise en place d'un réseau d'assainissement collectif des eaux usées et des excréta conduirait à un coût très élevé.

## **Chapitre 5 :** **Analyse des pratiques actuelles de gestion des ordures ménagères et matières de vidange**

Toute concentration humaine entraîne la production des rejets solides et liquides qui posent de sérieux problèmes environnementaux et sanitaires lorsque leur traitement n'est pas assuré. Sur les aspects techniques et financiers relatifs au traitement des ordures ménagères, nous pouvons noter que le traitement par incinération exige des investissements importants, une quantité d'énergie aussi importante, la récupération de l'énergie produite par combustion des résidus dans l'installation, et un personnel spécialisé. Quant à la mise en décharge contrôlée, elle exige aussi des moyens financiers et matériels importants, et un personnel qualifié pour le suivi des opérations. Elle est aussi coûteuse.

Devant le coût très élevé des traitements des ordures ménagères par incinération et par la mise en décharge contrôlée, le compostage paraît être le procédé le plus rentable et le moins coûteux, accessible aux collectivités de Yaoundé qui ne disposent pas des moyens financiers et matériels, et un personnel spécialisé. En effet, toutes les civilisations anciennes avaient constaté que la transformation par fermentation naturelle des résidus de la vie domestique produisait des amendements capables de maintenir les rendements des récoltes, sans recourir à la pratique de la jachère. Les cultivateurs situés à la périphérie des grandes villes récupéraient les déchets urbains et les transformaient par fermentation naturelle en un genre de compost avant de l'épandre sur leurs terrains.

Les méthodes de fermentation industrielle des ordures ménagères ont démarré au début du 20<sup>ème</sup> siècle et elles ont été perfectionnées avec le temps. De nombreux procédés ont été mis au point. Tous comportent deux phases principales : un traitement mécanique et la fermentation proprement dite, complétés par un affinage.

Les diverses techniques mises au point pour ce procédé ont servi de point de départ pour un bon nombre de procédés modernes de valorisation. Les différentes phases de traitement adoptées sont les suivantes :

- ▷ - traitement mécanique, tri et broyage : il a pour objectifs d'écartier certains produits indésirables, d'homogénéiser la masse à traiter, de réduire la dimension des éléments pour permettre une fermentation plus rapide.
- ▷ - fermentation (naturelle ou accélérée) : c'est une opération biologique complexe qui dépend des facteurs extérieurs : humidité, aération, température, etc.

Cette partie de l'étude porte sur l'analyse des pratiques actuelles de gestion des ordures ménagères et matières de vidange dans les quartiers périurbains et les quartiers à habitat spontané de Yaoundé, suivie de propositions pour une meilleure gestion de ces déchets solides et liquides.

## **I. ANALYSE DES PRATIQUES ACTUELLES DE GESTION DES ORDURES MENAGERES ET MATIERES DE VIDANGE**

---

### **1. Les ordures dans les quartiers à habitat spontané et les quartiers périurbains de Yaoundé**

#### **1.1 Origine des ordures**

Les résidus rencontrés dans les quartiers à habitat spontané et les quartiers périurbains de Yaoundé couvrent essentiellement les souillures de diverses natures, les ordures ménagères et les déchets encombrants, les déchets artisanaux et commerciaux qui par leur nature et dans certains limites peuvent être assimilés aux ordures ménagères.

Les populations des quartiers périurbains de Yaoundé pratiquent souvent l'agriculture, soit dans leurs parcelles, soit dans les zones périphériques non encore occupées. De ce fait, elles utilisent régulièrement les ordures ménagères pour fertiliser le sol de leurs champs. Ce qui réduit considérablement le volume d'ordures produites par celles-ci.

Les enquêtes que nous avons effectuées ont révélé que les grands tas de déchets solides et les eaux usées de vidange que l'on rencontre actuellement dans les zones périphériques de la ville de Yaoundé viennent en grande partie de la zone urbaine (papiers, sacs en plastique, prospectus, étuis à cigarettes, épiluchures de fruits, carcasses de véhicules, etc.). Ces déchets solides sont en grands tas correspondant aux déchargements des camions. Quant aux eaux usées de vidange, elles sont généralement déversés dans le fond des vallées non occupés ou dans les cours d'eau. Ces zones qui reçoivent ces déversements dégagent en permanence des odeurs nauséabondes.

Dans les quartiers à habitat spontané, généralement très enclavés, les populations accumulent des grands tas d'ordures qu'elles brûlent en partie pendant la saison sèche. Dans la zone urbaine de Yaoundé, la dégradation de l'aspect des voies publiques est souvent liée au rejet des épiluchures de fruits sur le sol, lequel est souvent à l'origine de chutes des piétons. Ces déchets représentent de ce fait un facteur d'insécurité, notamment pour les personnes âgées, les aveugles et les personnes à vue faible. En plus de ces déchets, les souillures naturelles (feuilles, branches cassées) et les souillures d'animaux (chiens, chats, petits oiseaux, animaux en divagations, etc.) posent aussi des problèmes sanitaires et environnementaux non négligeables.

Les ordures ménagères contiennent inévitablement, en petites quantités, des linges souillés, des déjections canines ou félines, des poussières contaminées; de même les produits de balayage des rues (provenant de la zone urbaine) peuvent apporter des éléments pathogènes lorsque ces produits sont mis aux ordures ménagères. Par conséquent, la présence de germes pathogènes n'est pas exclue et une certaine prudence s'impose. En particulier, on doit veiller à la protection sanitaire du personnel chargé du ramassage de ces ordures.

La nocivité des ordures ménagères porte sur les points suivants :

- ▷ l'aspect esthétique : la présence d'ordures ménagères constitue un encombrement inesthétique ressenti comme une gêne par la population.
- ▷ l'envol de poussières et d'éléments légers,
- ▷ les émissions d'odeurs,
- ▷ les incendies, générateurs de fumées malodorantes, opaques et nocives,

- ▷ la pollution des eaux de surface et des nappes souterraines,
- ▷ la prolifération des rongeurs et des insectes qui sont des agents propagateurs de maladies contagieuses : la peste et le typhus murin, pouvant être transmis par le puce et le pou du rat, la spirochétose ictéro-hémorragique provenant de la pollution de l'eau et la boue par les urines du rat. De même, les insectes peuvent entraîner la contamination bactérienne de certaines denrées alimentaires (salmonelloses).

Quant aux déchets encombrants, ils regroupent, en dehors des ordures ménagères certains déchets d'origine domestique : vieux sommiers, matelas, appareils électro-ménagers usagés, vieux meubles, etc. Dans les quartiers périurbains, une forte proportion de ces déchets vient de la zone urbaine.

## **1.2 Quantités d'ordures ménagères**

La quantité d'ordures ménagères produites par les populations des quartiers périurbains et des quartiers à habitat spontané de Yaoundé est variable et fonction de plusieurs éléments dont le plus remarquable est la saison. Pour les populations de ces quartiers, elle est généralement minimale pendant la saison sèche. En effet, pendant cette saison, pendant que les populations des quartiers à habitat spontané utilise le feu pour détruire une grande partie de leurs ordures, celles des quartiers périurbains déposent leurs ordures dans leurs jardins ou leurs plantations, en vue de fertiliser le sol.

Les enquêtes on montré que dans les quartiers à habitat spontané et les quartiers périurbains de Yaoundé, la valeur moyenne de la production des ordures par habitant est de 0,42 kg environ par habitant et par jour .

## **1.3 Principales caractéristiques des ordures ménagères rencontrées dans les quartiers périurbains et les quartiers à habitat spontané**

La diversité des modes de vie à Yaoundé comme dans les autres villes de l'Afrique, la disparité des activités artisanales et commerciales, la prospérité du secteur du bâtiment font de cette ville une ville où se trouvent toutes les caractéristiques de déchets possibles dans un grand centre urbain. L'analyse qualitative des déchets rencontrés dans les décharges sauvages situées dans les zones périurbaines de Yaoundé révèle la présence des matières suivantes :

- ▷ les déchets domestiques : ordures ménagères composées essentiellement de verres, papiers, cartons, plastiques, matières végétales, matières fermentescibles de cuisines, ferrailles, textiles, matières inertes (pierres, etc.), charbon brûlé et déchets humains (matières fécales, urines, eaux de bains et de lessives, etc.) ;
- ▷ les déchets des hôpitaux : sang, morceaux d'organes divers, urines, matières fécales, vieux pansements, eaux usées, etc.
- ▷ les déchets industriels : produits chimiques, copeaux, poudres, sciures ou fumées diverses (de bois, de matières plastiques ou métalliques), tourteaux divers, graisses, huiles et lubrifiants divers, etc.
- ▷ les déchets des commerces : emballages et résidus organiques divers ;
- ▷ les cadavres d'animaux domestiques et les cimetières mal conçus ;
- ▷ les déchets provenant de la décomposition de la végétation morte ou de l'altération des roches.

## 2. Impact des différents déchets solides sur la santé et l'environnement

En général, la quantité, la composition et les caractéristiques des ordures produites en milieu urbain sont fonction du niveau de vie de la population, de la saison, du mode de vie des habitants, du climat, des méthodes de conditionnement des marchandises, des différents types de services, des différents types d'activités industrielles et commerciales.

A Yaoundé où la température et l'humidité sont élevées, la putréfaction des déchets biodégradables qui traînent libère des substances qui peuvent être toxiques ou le devenir, si leur taux dépasse la normale requise dans l'eau qui dispose d'un pouvoir autoépurateur limité et qui est leur meilleur agent de transport. Il s'agit des taux de CO<sub>2</sub>, de carbone, de calcium, d'iode, d'azote, de phosphate, de magnésium, de fer, etc., pouvant provenir de la décomposition de végétaux morts et de roches altérées, mais aussi des microbes divers provenant des déchets organiques domestiques, des hôpitaux, etc. La fréquence des maladies hydriques dans cette ville en témoigne.

En général, ce sont les populations pauvres des quartiers qui sont les premières victimes d'un manque de collecte, de traitement et d'élimination des déchets solides urbains. En effet, comme déjà souligné plus haut, les zones périphériques et enclavées de Yaoundé sont souvent envahies par les dépôts "sauvages" qui présentent des risques graves pour la santé publique : blessures par les ferrailles rouillées (tétanos), gîtes larvaires et prolifération des germes pathogènes, zones d'activités d'agents intermédiaires de maladies (chiens : rage, typhus, leptospirose, hépatite virale ; rat : typhoïde et paratyphoïde, dysenterie bactérienne, peste ; mouches et cafards : trachome, choléra, dermatose, etc.). Pire encore, les quantités importantes d'ordures qui transitent par les cours d'eau sont souvent à l'origine de nombreuses inondations dans les zones de bas fonds qui sont généralement occupées par les populations à bas revenus. Par ailleurs, les eaux usées de vidange d'origines diverses (eaux usées des latrines, des fosses septiques, des stations de service, etc.) sont régulièrement déversées dans les parties du réseau hydrographique situées dans les zones périurbaines. Enfin, on peut noter la pollution des nappes phréatiques et des cours d'eau qui constituent l'une des sources d'eau potable pour ces populations et le lieu de natation et de pêche.

Au niveau de l'environnement, les dépôts d'ordures non contrôlés induisent des impacts néfastes sur celui-ci. Les eaux de ruissellement après lessivage des dépôts sont généralement très chargées de matières polluantes et peuvent porter atteinte aux sources d'eau (eutrophisation, nitrification, production d'acide nitreux, etc.), à la faune et à la flore aquatiques. L'incinération sauvage qu'on observe partout dans les quartiers à habitat spontané et les quartiers périurbains en période sèche est source de beaucoup de nuisances. En effet, cette incinération dégage des gaz à effet de serre qui ont un rôle néfaste sur la santé et l'environnement. Nous pouvons citer l'acide chlorhydrique, le phosgène, et autres oxydes d'azote. A ces gaz on peut ajouter des traces de métaux lourds qui présentent aussi un grand danger pour l'environnement et la santé.

Les lubrifiants usés constituent les matières grasses les plus polluantes à Yaoundé, car elles sont directement déversées dans les caniveaux et le réseau hydrographique dès leur sortie des stations service. Ces huiles présentent les dangers suivants :

- ▷ souillure des eaux de circulation ;
- ▷ fragilisation des sols ;
- ▷ réduction de la fertilité des sols par la fermeture des pores d'aération de ces sols ;
- ▷ nuisance à la respiration des racines des plantes entraînant une réduction importante de leur fonction d'alimentation en nutriments dégradés dans ces sols.

## **II. PROPOSITION DES TYPES DE SYSTEME DE GESTION DES ORDURES MENAGERES ET DES MATIERES DE VIDANGE LES PLUS ADAPTES AUX QUARTIERS PERIURBAINS ET AUX QUARTIERS A HABITAT SPONTANE DE YAOUNDE**

---

### **1. Choix d'une méthode de traitement des ordures ménagères pour les zones périurbaines et les quartiers à habitat spontané de Yaoundé**

La valorisation des ordures ménagères en milieu urbain africain telle que la ville de Yaoundé répond à la double nécessité de traiter les déchets et d'amender les sols pauvres en humus.

Si en milieu rural les ordures ménagères ne posent pas des problèmes, dans les zones périurbaines elles proviennent des décharges sauvages qui sont souvent en grande quantité. De ce fait elles constituent une menace pour la santé publique et l'environnement dans les zones périurbaines de Yaoundé. D'après la FAO les potentialités sont énormes et la production du compost apporterait non seulement l'humus dont les sols ont besoin mais les quantités d'éléments minéraux fertilisants qui représenteraient 5 à 10 fois le total des engrais chimiques NPK utilisés généralement dans les pays en développement.

L'incinération et les décharges contrôlées exigent des moyens financiers et matériels importants que les collectivités des zones périurbaines de Yaoundé ne pourraient pas supporter. En plus ces traitements exigent un personnel qualifié pour le suivi des opérations.

Face aux difficultés financières que rencontrent actuellement la Communauté Urbaine de Yaoundé au niveau de la gestion des ordures ménagères, en particulier dans les zones périurbaines, il est indispensable d'utiliser une technique simple moins coûteuse pour la valorisation des matières organiques présentes en grandes proportions dans les déchets solides urbains. Le compostage décentralisé peut s'imposer comme une technique appropriée dans toutes les zones périurbaines et les quartiers à habitat spontané, et même dans tous les quartiers de la ville Yaoundé pour les raisons suivantes :

- ▷ économiques : les investissements en capital sont réduits car on utilise les outils traditionnels et des terrains sont disponibles. Les coûts de fonctionnement sont limités au temps de travail et au renouvellement des outils. Les bénéfices agronomiques et alimentaires du compost sont beaucoup plus favorables qu'avec l'emploi des engrais chimiques. Par ailleurs, avec les techniques de compostage décentralisé, on réduit considérablement le volume des ordures ménagères à collecter et à traiter dans une station de traitement (compostage centralisé, décharge contrôlée ou incinération).
- ▷ technologiques et humains : le compostage est une technique facile à vulgariser. Les opérations de démonstration ont un bon effet d'entraînement si les preuves pratiques et visuelles sont apportées rapidement dans l'amélioration des productions agricoles.
- ▷ écologique : cette technique est susceptible de diminuer les pollutions du sol, des eaux et de l'air, en évitant la dispersion des déchets et en apprenant à la population à maîtriser son environnement immédiat qui devient propre. L'utilisation du compost nature pour les cultures et les plantes améliore grandement la structuration des sols. Enfin la fermentation aérobie du compostage empêche la production de méthane, gaz dont la présence dans l'atmosphère est très dangereuse.

## **2. Compostage décentralisé**

### **2.1 Critères de l'installation d'une compostière décentralisée**

- ▷ l'existence d'une surface agricole à proximité du site : l'agriculture se pratique régulièrement dans la périphérie de Yaoundé et les terrains sont disponibles;
- ▷ la proximité du quartier dont les ordures sont à collecter : les zones périurbaines de Yaoundé où sont souvent déversées les ordures provenant du centre urbain sont proches de ces zones agricoles;
- ▷ la possibilité d'ouvrir une voie de desserte afin de permettre la livraison des ordures ménagères et des additifs nécessaires à l'amélioration de la qualité du compost (fientes de poules, drêches des brasseries, etc.) : toutes les zones de dépôts sauvages actuelles sont désenclavées;
- ▷ l'existence d'un cours d'eau ou d'un point d'eau permettant d'arroser les tas et les cultures en saison sèche et de nettoyer les outils utilisés : comme déjà souligné au § I. du chapitre 1 de cette étude, le réseau hydrographique est très dense sur le site de Yaoundé;
- ▷ la présence de maraîchers pour faire fonctionner la compostière et utiliser le compost final : le site de Yaoundé dispose des fonds de vallées où sont pratiquées actuellement les cultures maraîchères.

Le rôle de la population consiste à venir verser ses ordures dans les poubelles (demi-fûts, bacs, etc.) de collecte, disposées à des points précis du quartier ou de la ville.

### **2.2 Etapes de mise en place d'une compostière**

Les étapes de mise en place d'une compostière sont les suivantes :

1. Choix du site;
2. Rencontre avec les autorités municipales pour leur expliquer le projet et susciter leur collaboration;
3. Rencontre avec le chef de quartier abritant le site. Réunion avec la population pour la sensibilisation et établissement des données socio-économiques sur les habitants du quartier;
4. Recherche d'un groupe de maraîchers disposés à exploiter la compostière;
5. Rencontre avec le ou les exploitant(s) maraîchers du site pour la recherche des compromis pour le dédommagement des cultures et autres indemnités;
6. Demande des engins de génie civil auprès de la mairie en cas d'aménagement du site et d'ouverture de voies d'accès;
7. Choix des points de collecte où les demi-fûts ou les poubelles seront placés dans les quartiers;
8. Sensibilisation générale de la population du quartier à travers des réunions et les enquêtes ménages; évaluation de la capacité réelle de traitement;
9. Aménagement général du site : construction d'une clôture, aménagement des sites de tri et de stockage, etc.
10. Fourniture du petit matériel d'exploitation de la compostière;
11. Début de l'exploitation de la compostière.

## **2.3 Etapes du compostage**

Les étapes du compostage sont les suivantes :

1-Tri : les ordures avant d'être mises en tas doivent être triées rapidement afin d'éliminer toutes les matières non dégradables. Tout retard dans le tri favorise la contamination éventuelle de la matière organique par les éléments toxiques. Le tri manuel conduit aux bons résultats. Les déchets ainsi séparés sont stockés soit dans une benne placée à proximité du site, soit provisoirement sur le site avant d'être évacués vers une décharge municipale.

2-Le broyage : certains composants des ordures ménagères avant d'être mis en tas doivent être déchiquetés dans un broyeur à couteau ou à l'aide de la machette. Ce sont les produits d'élevage, les bois et coques, les os, les noyaux des fruits, les matières organiques encombrantes et les épiluchures. Ce déchiquetage permet une dégradation plus rapide de la matière organique.

3-La préparation des andins

4- La protection contre les eaux de pluie

- recouvrement des tas par des feuilles de bananier (ou de la paille);
- drainage des eaux de ruissellement autour des tas;
- épandage d'une couche de paille ou de branchage au sol avant de mettre les ordures ménagères; ceci aura pour effets de limiter leur contact avec le sol qui peut être saturé et d'aérer davantage le tas de déchets en fermentation.

5-L'aération

L'addition de certains éléments dans l'andin peut faciliter ou diminuer la circulation de l'air (paille ou tiges).

## **2.4 Cycles de retournement**

Le retournement des tas se fait avec des fourches, les 6e, 11e, 16e et 28e jour. Après le compost est stocké pour une durée de 30 à 45 jours.

Au niveau des ménages, le compostage peut bien se faire à l'aide des fosses (compostage domestique) ou de la même manière.

## **3. Compostage centralisé**

Les quartiers périurbains de Yaoundé sont condamnés à recevoir les ordures ménagères provenant des zones urbaines. De ce fait, pour résoudre avec efficacité les problèmes posés par ces ordures ménagères, il est indispensable d'associer au compostage décentralisé le compostage centralisé devant assurer leur traitement, les méthodes par incinération et la décharge contrôlée étant très chères. Les installations de traitement des ordures ménagères pourront être localisées dans la zone périurbaine, ceci en vue de faciliter l'utilisation du compost obtenu dans les zones périphériques où se pratique l'agriculture.

Dans le cas du compostage centralisé, la Communauté Urbaine de Yaoundé peut disposer d'une station classique précédemment décrite, les principales phases de traitement étant le traitement mécanique, tri et broyage, et fermentation (naturelle ou accélérée), mais avec des moyens maté-

riels plus élaborés. Tout en encourageant le compostage décentralisé, elle aura intérêt à passer un contrat avec un promoteur privé.

Devant la masse importante des ordures ménagères que les populations de Yaoundé rejettent, la fermentation accélérée sera adoptée.

On entend par fermentation accélérée des ordures ménagères, toute fermentation en enceinte close, où les facteurs extérieurs du milieu sont maîtrisés, ce qui permet d'obtenir rapidement la phase aérobie thermophile et donc d'aboutir dans cette première étape à une hygiénisation du produit.

Dans la pratique, la maîtrise de la fermentation est assurée par trois moyens principaux : l'eau, l'air et le brassage mécanique. Les procédés de fermentation accélérée agissent donc :

- ▷ par adjonction d'eau pour avoir l'humidité adéquate;
- ▷ par soufflage d'air pour fournir l'oxygène nécessaire à la fermentation. Accessoirement, on peut éliminer l'eau en excédent et abaisser la température des produits;
- ▷ par brassage, pour aérer et homogénéiser la masse à traiter. Accessoirement, le brassage entraîne une amélioration de la granulométrie et rend inoffensifs les morceaux de verre, par usure des particules.

Les appareils utilisés pour la fermentation accélérée et dans lesquels sont introduites les ordures ménagères sont de forme, de nature et de conception extrêmement variées. Ce sont des enceintes fermées. Les produits sont donc à l'abri des contraintes climatiques.

Ces installations, en plus de l'eau ajoutée, contrôlent l'injection d'air. La plupart du temps, des ventilateurs puissants produisent un courant d'air dans la masse. Celle-ci s'échauffe et fermente. La durée de la fermentation thermophile varie de quatre à douze jours suivant les procédés.

Le compost obtenu nécessite une maturation ultérieure pour la plupart des utilisations agricoles.

Ces procédés sont surtout intéressants pour les usines qui ont à traiter des tonnages importants d'ordures ménagères ou qui ont pour débouchés certaines cultures exigeant du compost frais (culture du champignon). La ville de Yaoundé produit des quantités très importantes d'ordures ménagères par jour (plus de 320 tonnes); ce qui nécessite l'utilisation de ces procédés. Toutefois, il convient de noter que ces procédés sont plus coûteux par rapport à la fermentation lente en tas (ou fermentation naturelle), à l'air libre.

Pour le compostage décentralisé, la fermentation lente en tas, à l'air libre (ou fermentation naturelle) sera adoptée.

Les ordures fraîches broyées sont disposées en tas sur une aire réservée à cet effet à proximité de l'usine. La fermentation s'effectue généralement à l'air libre; aussi subit-elle les conditions climatiques. C'est cette raison pour laquelle, dans les régions froides ou humides, ou à forte pluviométrie, il serait souhaitable que le compostage, ainsi que le stockage, soient réalisés sous hangar.

La seule possibilité de bien conduire cette opération est de retourner périodiquement les tas de compost pour alimenter en oxygène les colonies de germes thermophiles.

On surveille la température au moyen d'une canne thermométrique. Les températures sont prises quotidiennement à 50-60 cm de la surface et au centre du tas. Elles doivent s'aligner sensiblement sur une droite. Celle-ci a une pente d'autant plus forte que la fermentation s'effectue plus

normalement. Dans ce cas, aucun retournement n'est nécessaire avant 65°C. Par contre si la température se stabilise durant plus de trois à cinq jours en-dessous de 50°C, ou si elle redescend, on doit retourner les tas, l'absence d'air pouvant être le facteur limitant la température.

La fermentation est considérée comme suffisamment avancée lorsque après un retournement la température interne du tas ne remonte pas. Dans des conditions normales de fermentation, ce résultat est obtenu au bout de deux et demi à trois mois.

Suivant les contraintes climatiques, on peut choisir des tas en andains (conseillés dans les pays pluvieux) ou des tas continus (dans les pays froids). Pour le traitement des ordures ménagères de Yaoundé, les tas en andains sont conseillés, compte tenu de son climat.

Concernant l'aération des tas en cours de compostage, elle pourra se faire :

- ▷ par le remuage des tas au houeur, à la pelleuse ou avec des engins spéciaux;
- ▷ par la circulation de l'air dans des conduites perforées;
- ▷ par des injections d'air à l'aide de ventilateurs forçant l'air réchauffé ou non, dans le compost;
- ▷ par une légère dépression (aspiration à travers le tas) :
- ▷ par un brassage continu ou discontinu du produit :
- ▷ en combinant ces divers procédés.

### **3.1 Aires de circulation, de fermentation, de maturation et de stockage**

Comme nous venons de le faire remarquer plus haut, les aires de fermentation sont nécessaires pour les usines à fermentation lente. Les aires de circulation, de maturation et de stockage du compost sont à prévoir pour les usines à fermentation accélérée comme pour les usines à fermentation lente.

Ces surfaces doivent toujours recevoir un revêtement d'excellente qualité. En effet, elles doivent pouvoir supporter fréquemment un trafic de camions et de semi-remorques de 10 à 30 tonnes en charge. De plus, les aires de fermentation et de maturation doivent pouvoir supporter une température élevée, de l'ordre de 60°C et résister aux attaques susceptibles d'être occasionnées par des jus de compost. En plus un système de drainage est indispensable (pente forte d'environ 2%).

Toutes ces aires doivent être fonctionnelles et permettre une manœuvre aisée des engins.

Ces superficies sont déterminées en fonction des procédés utilisés, des tonnages d'ordures ménagères brutes à traiter et de leurs caractéristiques. Dans tous les cas, un sous-dimensionnement des installations est à éviter. On devra tenir compte des besoins futurs et des variations annuelles du tonnage des ordures ménagères.

En phases de fermentation et de maturation, les ordures et le compost sont disposés sur aire sous forme d'andains de 2 m de haut et dont la largeur à la base est de 6 m.

Les conditions de stockage du compost mûr peuvent être différentes de celles des ordures broyées. Le compost peut être stocké en tas continu de 3 m de haut mais dont aucune des dimensions ne doit dépasser 60 m.

On évitera au maximum tout tassement du compost par l'engin chargeur lors des apports, et empêcher la formation de flaques d'eau sur le sommet du tas. En saison pluvieuse, la disposition en andins permet un meilleur écoulement des eaux.

Concernant la durée des deux phases de fermentation et de maturation, elle dépend de l'utilisation qui sera faite du compost. Pour une utilisation du compost en culture de champignons, une durée de fermentation de quinze jours sans maturation complémentaire est suffisante. Pour une utilisation du compost en grandes cultures, une durée de fermentation-maturation minimale de trois mois avec retournement périodique des andins est nécessaire pour obtenir une maturité suffisante.

Pour une utilisation en horticulture-maraîchage, cette durée peut être portée à quatre ou huit mois. Si le rythme de retournement n'est pas strictement respecté, des durées bien supérieures seront nécessaires.

#### *Nombre et périodicité des retournements :*

En fermentation lente : une première semaine étant nécessaire à la composition de l'andin., le premier retournement a lieu en fin de la seconde semaine, le deuxième en fin de la quatrième semaine, suivi d'un retournement mensuel.

Les aires de stockage tampon sont aussi à prévoir pour le stockage des ordures ménagères broyées en sortie de la chaîne de broyage ou de la cellule de fermentation accélérée avant de les emmener sur les aires de fermentation-maturation. Il en est de même pour la chaîne d'affinage.

Les aires de stockage sont à prévoir pour les refus et les produits récupérés en cours de traitement (ferrailles, métaux non ferreux, verre, PVC, etc.), et pour le compost en vente.

Enfin, les aires nécessaires au garage des véhicules et engins divers sont indispensables.

La superficie totale du terrain comportera donc :

- ▷ les aires de fermentation, de maturation et de stockage;
- ▷ la superficie pour les installations de réception, de traitement mécanique et des cellules de fermentation (s'il y a lieu);
- ▷ la superficie des voies de circulation et des aires de stockage tampon;
- ▷ l'emprise des bâtiments des services généraux;
- ▷ les emplacements pour les espaces verts, rideaux d'arbres, clôtures, etc.

### **3.2 Destination des refus**

Les produits séparés de la masse à traiter par triage, fragmentation, affinage, etc. au cours des opérations de traitement mécanique peuvent se ranger en trois catégories :

a) produits récupérables : métaux, verre, papiers-cartons, plastiques; ces produits sont vendus ou évacués après conditionnement.

b) produits combustibles, constitués :

- ▷ de rejets de tamisage (avant ou après broyage, avant ou après fermentation);
- ▷ de produits légers extraits par des moyens pneumatiques (mélange de papiers secs plus plastiques);

c) produits à mettre en décharge : objets encombrants et produits denses séparés par tri balistique ou autres.

Selon le procédé et la finesse du compost fabriqué, l'ensemble représente de 25 à 40% des ordures traitées. Les refus, qui sont des matières inertes seront mis en décharge.

En conclusion, il est indispensable d'insister sur l'importance de la collecte et du traitement des ordures ménagères en milieu urbain de Yaoundé, considérés depuis plusieurs années comme une fonction mineure. La propreté d'une ville marque le degré de civilisation de ses habitants. Une ville propre est une ville accueillante et saine.

Dans les pays industrialisés, le problème a évolué d'une façon très sensible au cours des vingt dernières années en fonction des progrès de la technique et de la mise sur le marché de nouveaux produits de consommation. La gestion des déchets en milieu urbain dans ces pays occupe une place de choix actuellement.

Mais à Yaoundé (Cameroun), la prise de conscience en matière de gestion des déchets, tant au niveau des autorités camerounaises qu'à celui des populations, est très lente et les conséquences sont très néfastes actuellement sur la santé et l'environnement. Pourtant les quantités de déchets ne cessent de s'accroître d'années en années dans cette ville du Cameroun et posent de sérieux problèmes sanitaires et environnementaux.

La collecte des ordures ménagères soulève un problème de choix, souvent délicat, faisant intervenir de nombreux facteurs. Toutefois, sans négliger l'aspect financier et matériel de la collecte, on doit être guidé par l'hygiène, la propreté de la ville, l'esthétique, et aussi la qualité de l'environnement urbain, au sujet de laquelle les populations et les autorités administratives et politiques doivent être sensibilisées.

Devant les moyens très réduits de la Communauté Urbaine de Yaoundé, il s'avère indispensable de rechercher les technologies adaptés moins coûteuses, tenant compte des contraintes urbanistiques et socio-économiques.

Sur le plan technique et financier relatif au traitement, il convient de noter que la complexité des dispositifs du traitement par incinération nécessitent des investissements importants, une quantité d'énergie aussi importante, la récupération de l'énergie produite par combustion des résidus dans l'installation. Ce procédé de traitement des ordures nécessite aussi un personnel bien spécialisé.

La mise en décharge contrôlée exigent aussi des moyens financiers et matériels importants que la Communauté Urbaine de Yaoundé ne pourrait pas supporter. En plus ces traitement exigent aussi un personnel qualifié pour le suivi des opérations.

Devant les difficultés financières et matérielles rencontrées actuellement par la Communauté Urbaine de Yaoundé dans la gestion des ordures ménagères, nous avons préconisé l'utilisation d'une technique simple moins coûteuse pour le traitement et la valorisation des matières organiques présentes en grandes proportions dans les déchets solides de cette ville, à savoir le compostage décentralisé pour les zones périurbaines et le compostage centralisé pour le traitement des déchets de la zone urbaine.

Dans le cas du compostage centralisé, la Communauté Urbaine de Yaoundé disposera d'une station classique de traitement précédemment décrite. Tout en encourageant le compostage décentralisé pour la valorisation partielle des déchets solides produits par les quartiers à habitat spontané et les quartiers périurbains généralement très enclavés, et la réduction du volume des

déchets à collecter et à traiter dans une station de compostage centralisée, elle aura intérêt à passer un contrat avec un promoteur privé.

## **4. Analyse des pratiques actuelles de gestion des matières de vidange dans les quartiers périurbains de Yaoundé et propositions pour une meilleure gestion des déchets**

### **4.1 Origine des eaux usées de vidange déversées dans les zones périphériques de Yaoundé**

Les eaux usées de vidange déversées dans les quartiers périurbains de Yaoundé proviennent essentiellement :

- ▷ des latrines ;
- ▷ des fosses septiques et des puisards desservant les fosses septiques;
- ▷ des fosses à vidange périodiques des services publics (hôpitaux, écoles, marchés, etc.) ;
- ▷ des fosses à vidange périodiques des services privés;
- ▷ des fosses à vidange périodiques des immeubles privés;
- ▷ des industries, des stations de service et des gares ferroviaires de Yaoundé.

Les eaux usées des industries contenant des composés acides alcalins, des stations de service et des gares ferroviaires de Yaoundé ne sont pas biodégradables en ce sens qu'elles sont chargées d'huile et de graisse. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. Il est donc impossible de concevoir et de mettre en place une station unique destinée à l'épuration de ces eaux usées. La Communauté Urbaine de Yaoundé devra obliger les propriétaires des industries, des stations de service et le gestionnaire des gares ferroviaires à épurer leurs eaux usées par des procédés particuliers avant leur rejet. Ces eaux usées industrielles épurées devront avoir les mêmes caractéristiques que celles des eaux usées domestiques. En particulier, pour l'élimination des huiles et graisses des effluents usés industriels, les principes de la séparation gravitaire et les techniques de flottation pourront être utilisés au niveau des industries.

Par ailleurs, de nombreux rejets industriels contiennent des composés acides ou alcalins nécessitant une neutralisation des eaux usées avant rejet dans le milieu naturel ou avant l'épuration chimique ou biologique. Ces eaux pourront être neutralisées au niveau des industries de plusieurs manières : mélange de rejets acides et alcalins, neutralisation des eaux usées par percolation sur un lit garni d'une masse alcalinisante, neutralisation à l'aide d'un lait de chaux, neutralisation à l'aide de NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ou NH<sub>4</sub>OH. Pour la neutralisation des eaux usées basiques, l'acide sulfurique ou chlorhydrique pourront être utilisés.

Une fois arrivées dans la zone périphérique de la ville, les eaux usées industrielles épurées et débarrassées d'huiles, de graisses, de composés acides et alcalins pourront être incorporées aux autres eaux usées de vidange (des latrines, des fosses septiques et des puisards desservant les fosses septiques, des fosses à vidange périodiques de certains immeubles) avant une épuration générale par des dispositifs particuliers mentionnés ci-dessous.

Dans cette épuration des eaux usées industrielles, les buts poursuivis sont les suivants :

- ▷ empêcher les à-coups brutaux de charge et de concentration sur les procédés biologiques;
- ▷ empêcher les à-coups brutaux de débit sur les procédés physico-chimiques d'épuration en vue de faciliter l'introduction des réactifs;
- ▷ avoir une charge polluante de caractéristiques proches de celles des eaux usées domestiques de vidange;
- ▷ réduire les risques d'envoyer vers les traitements biologiques des eaux contenant des teneurs élevées en toxiques.

La Communauté Urbaine de Yaoundé devra donc imposer des points fixes dans les zones périphériques, loin des habitations, en nombre aussi réduit que possible, pour le déversement des eaux usées provenant de la zone urbaine. Ce qui permettra de mettre en place des dispositifs destinés à l'épuration de celles-ci avant leur rejet dans la nature.

#### **4.2 Traitement des eaux usées de vidange biodégradables et des eaux usées industrielles préalablement épurées**

Le traitement des eaux usées domestiques et les eaux usées industrielles préalablement épurées au niveau des industries comportera essentiellement deux phases :

- ▷ diminution et contrôle des variations des caractéristiques du mélange (eaux usées de vidange et eaux usées industrielles préalablement épurées) à l'aide de bassin d'égalisation en vue de se situer dans des conditions optimum pour les procédés d'épuration qui suivent;
- ▷ épuration proprement dite.

##### *Bassin d'égalisation*

La concentration en germes pathogènes des eaux provenant des latrines, des fosses septiques et des puisards desservant les fosses septiques, des fosses à vidange périodiques des services publics (hôpitaux, écoles, marchés, etc.), des fosses à vidange périodiques des services privés et des fosses à vidange périodique des immeubles privés est très élevée et très variable. De ce fait, il est indispensable de les faire passer dans des bassins d'égalisation avant toute épuration ultérieure. Le type et la capacité d'un bassin d'égalisation sont liés au volume d'eau évacuée et au degré de fluctuation des caractéristiques des eaux usées.

En vue d'assurer l'homogénéisation des eaux et d'éviter les dépôts des matières en suspension, les bassins d'égalisation seront munis d'un système de brassage. Le brassage pourra être réalisé soit par une distribution des orifices d'admission de l'eau et cloisonnement du bassin, soit par turbine, soit par diffuseur d'air, ou encore par aération mécanique. L'agitation et l'aération des eaux stockées permettront en outre l'oxydation des composés réducteurs et une réduction de la DBO par stripage des composés volatils.

##### *Épuration des eaux usées de vidange biodégradables et des eaux usées industrielles préalablement épurées au niveau des industries*

Pour les eaux usées de vidange biodégradables et des eaux usées industrielles préalablement épurées, nous préconisons l'épuration par lagunage à macrophytes.

Les avantages de ce procédé d'épuration sont considérables par rapport aux autres procédés, en particulier par rapport au lagunage naturel dit lagunage à microphytes :

- ▷ qu'il s'agisse de la zone périphérique ou de la zone urbaine, le site de Yaoundé dispose d'un réseau hydrographique dense autorisant l'épuration naturelle par lagunage des eaux usées;
- ▷ Yaoundé et ses environs offrent un climat favorable à cette technique d'épuration;
- ▷ l'épuration par lagunage ne nécessite pas l'utilisation de l'énergie électrique, ni pompe comme une station d'épuration classique, ni produit chimique;
- ▷ les plantes aquatiques qui constituent le siège de l'épuration sont disponibles en quantité suffisante;
- ▷ les boues obtenues peuvent être stabilisées, puis séchées et transformées en fumier;
- ▷ l'entretien est manuel et ne demande pas une main-d'oeuvre qualifiée;
- ▷ c'est une technique d'épuration qui a été déjà expérimentée sur le site de Yaoundé avec succès;
- ▷ le décanteur-digester permet de piéger une grande partie des boues qui remontent à la surface et se transforment en humus ou bien sont piégées sous cette surface où elles sont liquéfiées;
- ▷ grâce aux bactéries anaérobies qui produisent des microbulles de biogaz, la remontée des boues est quasi complète et évite le curage périodique des bassins;
- ▷ la croûte du décanteur-digester et la culture serrée de *Pistia stratiotes* empêche la propagation des odeurs;
- ▷ le temps de rétention étant de 8 à 10 jours, la surface occupée par le système est de 3 à 4 fois inférieure à celle occupée par un lagunage naturel;
- ▷ la culture serrée de *Pistia stratiotes* empêche le développement des algues et supprime le risque d'eutrophisation. En effet, suivant les études expérimentales faites sur le site de Byem Assi, lors de la photosynthèse le jour, les *Pistia* n'utilisent que le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère, diffusent de l'oxygène dans l'eau par leurs racines et leurs feuilles en contact avec l'eau, et pendant la phase de respiration la nuit, les *Pistia* consomment l'oxygène de l'air. Par ailleurs, les mêmes études ont révélé que les paramètres physico-chimiques de l'eau varient peu entre le jour et la nuit.
- ▷ les performances du lagunage à macrophytes sont équivalentes ou supérieures à celles d'une station d'épuration mécanisée à boues activées;
- ▷ la production de biomasse permet de multiples valorisations : alimentation animale, aquaculture, biogaz, composte, extraction des protéines de feuille (sensiblement 20% de la matière sèche), etc.
- ▷ les eaux épurées sont débarrassées de 95% de leurs matières en suspension et ne colmatent pas les sols et les arroseurs dans leurs utilisations.

Le lagunage à macrophytes que nous préconisons comprendra deux phases principales :

- ▷ une decantation-digestion anaérobie;
- ▷ un lagunage à macrophytes proprement dit.

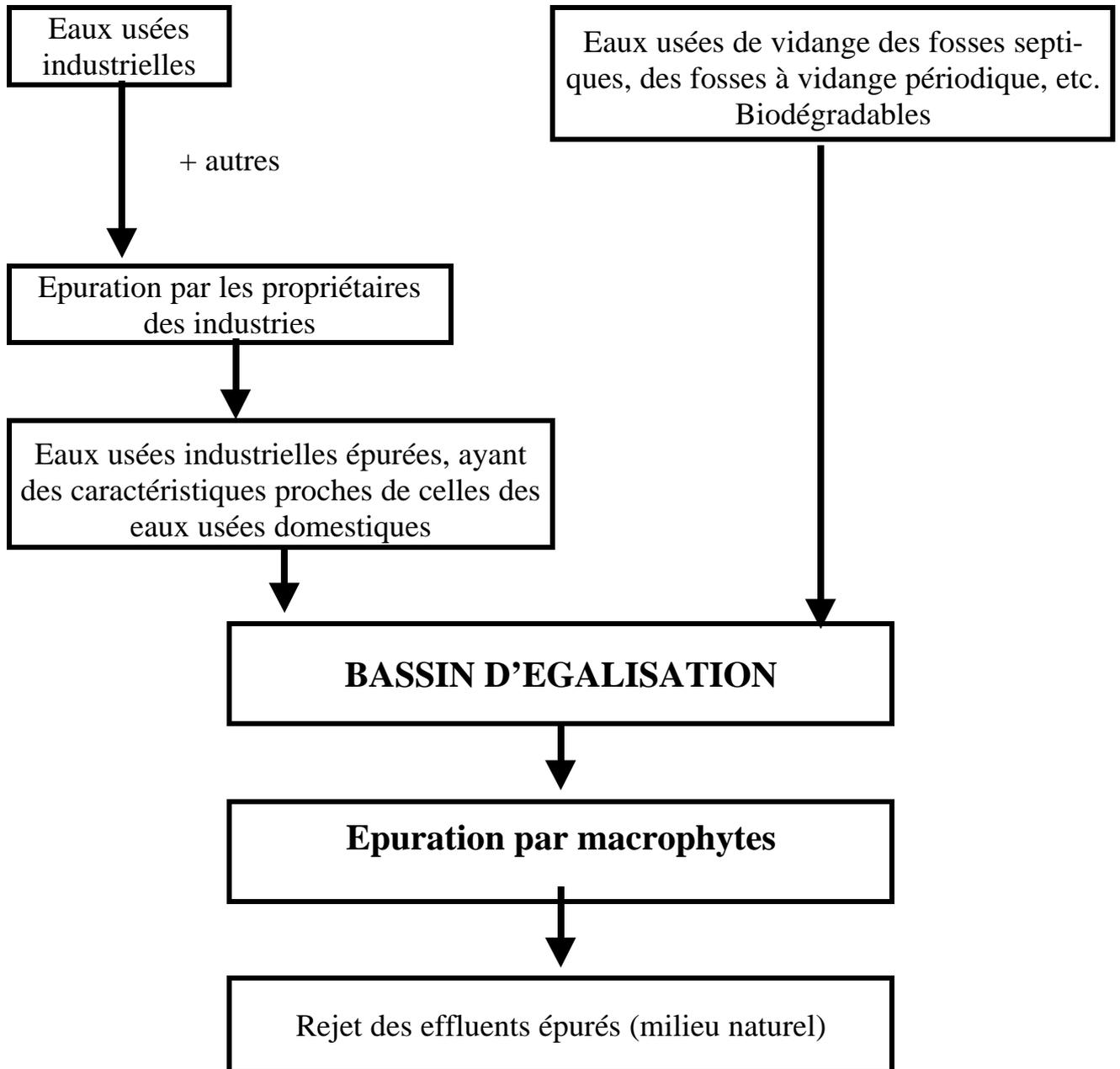
#### *Décanteur-digesteur :*

Les eaux usées seront dirigées dans une simple fosse étanche dite décanteur-digesteur. Les matières solides non liquéfiables remontent à la surface et forment une croûte flottante qui au bout d'une quinzaine de jours est suffisamment importante pour empêcher l'introduction de l'oxygène de l'air et la propagation des mauvaises odeurs; il est possible d'activer la formation de cette croûte en mettant à la surface de l'eau, de la paille, des brindilles ou de copeaux de bois. Les gaz malodorants (H<sub>2</sub>S) sont oxydés par les bactéries lorsqu'ils diffusent à travers la croûte. Les plantations d'espèces semi-aquatiques améliorent encore la désodorisation et rend l'ensemble plus esthétique. Les matières piégées sous la croûte se liquéfient progressivement et sont entraînées par le courant liquide. La digestion anaérobie des matières organiques est amorcée avec une production limitée de biogaz.

Le volume de décanteur-digesteur doit être compris entre le dixième et le vingtième du volume journalier à traiter. Toutefois, nous devons noter que le volume journalier des eaux usées déversées dans les zones périphériques de Yaoundé varie considérablement. Le bassin d'égalisation permet d'amortir cette fluctuation. Le débit d'eau usée à épurer par lagunage dépendra du débit de sortie du bassin d'égalisation.

#### *Lagunage à macrophytes :*

Les eaux passeront ensuite dans les bassins de lagunage couvert de plantes aquatiques flottantes. Des études effectuées sur les bassins expérimentaux de Byem Assi (yaoundé) ont montré que la plante la mieux adaptée au climat de Yaoundé est *Pistia stratiotes*. Le traitement devient aérobie autour des plantes, tandis que les décomposeurs du fond produisent des bulles de biogaz qui adhèrent aux particules organiques en suspension dans l'eau, les allègent et les font remonter à la surface où elles sont piégées dans les racines des plantes. Les *Pistia stratiotes* libèrent suffisamment d'oxygène par leurs racines, leurs feuilles en contact avec l'eau et les stolons pour que vivent dans leur entourage des bactéries aérobies et des invertébrés qui se nourrissent de la boue organique pour la transformer en sels minéraux. Ces sels minéraux servent au développement des plantes; il y a doublement de la biomasse tous les dix jours. En récoltant régulièrement les plantes tous les 2 ou 3 jours, on extrait les boues accumulées dans les racines et les organismes vivants. La hauteur d'eau dans les bassins est limitée à 0,70 m.



## CONCLUSION GENERALE

Les travaux ci-dessus présentés ont abouti à un certain nombre de résultats :

- ▷ les enquêtes ont permis d'identifier les différents modes d'alimentation en eau des différents ménages, d'apprécier le niveau de leurs revenus et de leur participation à la conception, à la réalisation, à la gestion et à la protection des points d'eau utilisés, de mesurer l'impact de l'eau polluée sur leur santé et les ressources en eau utilisées;
- ▷ les enquêtes sur le taux de remplissage des latrines profondes ont permis d'orienter le choix des dispositifs d'évacuation des eaux usées et excréta appropriés pour les différents quartiers étudiés;
- ▷ les enquêtes sur la localisation spatiale des différents points d'eau et le comptage des personnes venant aux différents sources puiser l'eau et l'évaluation des quantités d'eau puisée ont permis de mesurer l'importance de chacune des sources étudiées, d'apprécier les besoins en eau des populations des quartiers étudiés et de connaître des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux utilisées par les populations des quartiers étudiés;
- ▷ quant aux essais sur les carottes en latérite provenant des différents sols de Yaoundé, ils ont mis en évidence que le pouvoir épuratoire de ces sols étudiés varie en fonction des différents types d'horizon du sol et du volume d'eaux usées introduites; l'horizon argilo-limoneux paraissant le plu efficace. Dans l'ensemble plus le volume d'eaux usées introduite est important, plus le pouvoir épuratoire des différents horizons est faible. Ceci permet de comprendre pourquoi pendant les grandes saisons des pluies, le transport des polluants chimiques et biologiques est plus important que pendant les saisons sèches et les petites saisons des pluies ;
- ▷ l'inventaire des différentes techniques actuellement utilisées pour l'évacuation des eaux usées et excréta humains dans les quartiers périurbains et les quartiers à habitat spontané de Yaoundé, associé à l'étude critique, à l'analyse des coûts des différents dispositifs utilisés pour l'assainissement autonome et à l'étude des contraintes socio-économiques a permis de choisir des systèmes mieux appropriés pour l'évacuation des excréta et des eaux de vidange.
- ▷ une méthode de traitement des ordures ménagères et des eaux de vidange dans les quartiers périurbains a été proposée.

Ces résultats doivent être considérés comme une introduction :

- ▷ à l'approfondissement de nos connaissances sur les problèmes posés par les autres quartiers de la ville de Yaoundé et des autres villes camerounaises ;
- ▷ à l'étude des critères de choix du mode d'assainissement (individuel ou collectif);
- ▷ à l'étude sur le pouvoir auto - épurateur des milieux récepteurs;
- ▷ à l'étude relative à la détermination des périmètres de protection des points d'eau ;
- ▷ à la mise au point des normes de rejet des effluents industriels et des stations d'épuration des groupes d'immeubles et des quartiers administrés par les pouvoirs publics;
- ▷ à une étude particulière sur l'épuration par lagunage;
- ▷ à l'étude relative à l'entretien.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- Juin 1980, "Etude générale d'assainissement des villes de Yaoundé et Douala", SCET International, Ministère des Mines et Energie - Yaoundé, 206 p.
- 2- BEMMO N. , 1987, "Elaboration et tests des modèles de représentation de la pluie adaptés à la conception des réseaux d'assainissement pluvial en zone tropicale humide : cas de Yaoundé - Cameroun". Thèse de Doctorat, I.N.S.A. de Lyon (France), 431 p.
- 3- BEMMO N. , 1992, "Impact de l'accroissement démographique et des eaux usées sur la santé et l'environnement", Communication, Séminaire régional du 7 au 11 décembre 1992 à Douala et Yaoundé par l'E.I.E.R. de Ouagadougou (Burkina Faso), l'E.P.F. de Lausanne (Suisse) et l'E.N.S.P. de Yaoundé (Cameroun) sur le thème "Environnement et développement urbain", 12 p.
- 4- BEMMO N., 1993, "Aspects institutionnels, réglementaires, financiers et socio-économiques de l'assainissement urbain, périurbain et rural", Communication, Séminaire National pour décideurs sur "Les technologies d'eau potable et d'assainissement à faible coût" du 21 au 23 avril 93 à Yaoundé, 15 p.
- 5- TETART M., juillet 1985, "Eau potable et assainissement dans les grandes villes des pays en voie de développement", Ouagadougou (Burkina Faso), Bulletin de Liaison du Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques, N° 61.
- 6- C.I.E.H. , juillet 1994, "Conception générale des systèmes d'assainissement urbain dans le contexte africain - Aspect technique" , Ouagadougou (Burkina Faso), Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (C.I.E.H.), 338 p.
- 7- ATIVON L., 1982, "Les principaux problèmes de drainage en Afrique : le point de l'assainissement dans certains pays membres du C.I.E.H.", Communication, Journées Techniques du C.I.E.H. du 10 au 15 février 1982 à Yaoundé (Cameroun), 12 p.
- 8- C.I.E.H. , 1985, "Conception générale des systèmes d'assainissement urbain : aspects institutionnels et financiers", Ouagadougou (Burkina Faso), Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (C.I.E.H.), 67 p.
- 9- C.I.E.H / B.C.O.M., Mars 1993, "Etude comparative des systèmes d'épuration collectifs dans le contexte africain", Ouagadougou, Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (C.I.E.H.) / B.C.O.M., 66 p.
- 12- GROVER B., BURNETT N. et MacGARRY, 1983, "Manuel de préparation des projets d'adduction d'eau et d'assainissement", Banque Mondiale, 1818 H Street N.W., Washington, D.C. 20433, U.S.A.
- 13- KALBERMATTEN J., JULIUS D. et GUNNERSON C., 1982, "Technologies appropriées pour l'alimentation en eau et l'assainissement", Banque Mondiale, 1818 H Street N.W., Washington, D.C. 20433, U.S.A., 53 p.
- 14- SOGREA, 1992, "Etudes du Plan Directeur d'Assainissement de la ville de Yaoundé - Normes et critères du projet", Ministère des Mines, de l'Eau et de l'Energie / Direction de l'Eau et de l'Assainissement - Yaoundé, 197 p.

- 15- 1992, "Etudes du Plan Directeur d'Assainissement de la ville de Yaoundé - Synthèse des données", Ministère des Mines, de l'Eau et de l'Energie / Direction de l'Eau et de l'Assainissement - Yaoundé, 152 p.
- 16- W. W. ECKENFELDER, Traduit de l'américain par L. VANDEVENNE, 1982, "Gestion des eaux usées urbaines et industrielles - Caractérisation - Techniques dépurative - Aspects économiques", Technique et documentation Lavoisier, 503 p.
- 17- Banque Mondiale, 1988, "Assainissement in situ, Note pour les participants", Documentation et formation sur l'approvisionnement en eau et l'assainissement à faible coût, Publication de la Banque Mondiale, 1818 H Street, N. W., Washington, D.C. 20433, Etats Unis, 88 p.
- 18- Banque Mondiale, 1988, "Traitement des eaux usées et récupération des ressources", Documentation et formation sur l'approvisionnement en eau et l'assainissement à faible coût, Publication de la Banque Mondiale, 1818H Street, N.W., Washington, D.C.20433, Etats Unis, 44 p.
- 19- Banque Mondiale, 1988, "Aspects sanitaires de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement", Documentation et formation sur l'approvisionnement en eau et l'assainissement à faible coût, Banque Mondiale, 1818 H Street, N. W., Washington, D.C. 20433, Etats Unis, 47 p.
- 20- APHA - AWWA - W'CF, 1985, "Standard method for the examination of water and wastewater", APHA - AWWA - W'CF ed., Pennsylvania, Washington D.C., 1150 p.
- 21- Hach chemical company, 1979, "Water analysis handbook". Hach chemical company ed. , Loveland, 233 p.
- 22- United States Environmental Protection Agency, 1985, "Protection of public water supplies from ground-contamination". United States Environmental Protection Agency, Washington, 265/4-85/016, 182 p.
- 23- Diagnostics Pasteur, 1987, Milieux et réactifs de laboratoire -Microbiologie et immunologie. 3ème éd. , Diagnostics Pasteur, Paris 728 p.
- 24- RODIER J., 1978, "Analyse de l'eau naturelle, eau résiduaire et eau de mer", Dunod éd. , Paris, 1135 p.
- 25- MARCHAL N., BOURDON J.L., et RICHARD C.L., 1991, "Les milieux de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries", Doin éd. , Paris, 509 p.
- 26-SCET INTERNATIONAL, Juin 1980, "Etude générale d'assainissement des ville de Yaoundé et Douala", Ministère des Mines et de l'Energie, Yaoundé, 206 p.
- 27- J. C. GRIL, CEMAGREF, 1982, "Epanchage des eaux usées domestiques - Etudes préalables de l'aptitude des sols", Communication au séminaire relatif au traitement et au recyclage des eaux résiduaires", OCDE - MADRID.
- 28- MAYLING SIMPSON-HEBERT, 1985, "Méthodologie d'enquête socio-économique pour des projets d'alimentation en eau et d'assainissement", Programme des Nations Unies / Banque Mondiale, 31 p.

## **Annexes**

### **Annexe 1 :**

**Fiche d'enquêtes relative à la première phase d'enquêtes - ménages**

**Non jointe**

**Annexe 2 :**  
**Fiche d'enquêtes relative à la deuxième phase d'enquêtes - ménages**

**Non jointe**

### Annexe 3 : Evaluation des coûts des différents dispositifs d'évacuation des eaux usées et excréta.

#### 1- Hypothèses :

1°- Dans ce qui suit, nous admettrons un taux d'accumulation des boues de  $0,07 \text{ m}^3$  / personne / an, en supposant que la fosse est toujours sèche, avec une majoration de 50% pour tenir compte du fait que les ménages utilisent souvent des matériaux encombrants pour le nettoyage anal; nous admettrons donc  $0,105 \text{ m}^3$  / personne / an; pour les fosses recevant des eaux, nous retiendrons  $0,04 \text{ m}^3$  / personne / an avec une majoration de 50% pour les mêmes raisons. Ce qui conduit à  $0,060 \text{ m}^3$  / personne / an.

2°- Pour l'effectif des ménages, nous retiendrons 6 personnes par ménage; ce qui conduit à un taux d'accumulation de  $0,63 \text{ m}^3$ /ménage/an en supposant que la fosse est toujours sèche et pour les fosses recevant des eaux,  $0,36 \text{ m}^3$ /ménage/an.

3°- Les prix adoptés sont ceux appliqués par les tâcherons locaux (à Yaoundé) en francs CFA.

#### 2-Evaluation des coûts des dispositifs individuels d'évacuation des eaux usées et excréta

**Tableau 37 : Coût d'un cabinet VIP à fosse unique pour un ménage de 6 personnes, à l'intérieur des propriétés à Yaoundé .**

Dimensions : diamètre de la fosse : 1,00 m; profondeur de la fosse : 6 m; surface au sol de la superstructure : 1,00 m x 1,5 m; hauteur sous plafond de la superstructure : 2,40 m.

N°	Désignations (fournitures et main-d'œuvre du tâcheron)	Unité	Quantité	Prix unitaire en FCFA	Prix total en FCFA
1.	Fouille en puits pour une fosse de diamètre égal à 1,00 m et de profondeur égal à 6 m (taux d'accumulation retenu : $0,54 \text{ m}^3$ /ménage/an en supposant que la fosse sèche), la fréquence de vidange étant de 8 ans	$\text{m}^3$	0,34	87 500	29 750
2.	Dalle pleine préfabriquée (en éléments), de forme circulaire (diamètre = 1,40 m), en béton armé dosé à 350 kg de ciment par $\text{m}^3$ de granulats, de 12 cm d'épaisseur	U	208	270	56 160
3.	Construction en parpaings creux de 10 cm x 20 cm x 40 cm (nombre de parpaings à utiliser)	$\text{m}^2$	28,40	1 260	35 785
4.	Crépissage au mortier dosé à 350 kg ciment / $\text{m}^3$ de granulats	$\text{m}^2$	2,25	2 750	6 190
5.	Lissage du sol au ciment	U	1	27 800	27 800
6.	Fourniture et pose d'une porte en bois complète (cadre plus battant en bois) avec verrous à l'intérieur	U	1	6 700	6 700
7.	Fourniture et pose d'une fenêtre ordinaire avec battant en bois	$\text{m}^2$	5,30	7 400	39 220
8.	Toiture complète en tôles ondulées de 3,5 / 10 , avec un débordement de 0,50 m	$\text{m}^2$	28,40	1 580	44 875
9.	Peinture à eau	$\text{m}^2$	56,80	1 100	62 480

**TOTAL : 308 960 FCFA**

**Tableau 38 : Coût de la superstructure d'une latrine à Yaoundé**

Dimensions : diamètre : 1,00 m ; surface au sol : 1,00 m x 1,5 m ; hauteur : 2,40 m.

N°	Désignations (fournitures et main-d'œuvre du tâcheron)	Unité	Quantité	Prix unitaire en FCFA	Prix total en FCFA
1.	Dalle pleine préfabriquée (en éléments), de forme circulaire (diamètre = 1,40 m), en béton armé dosé à 350 kg de ciment par m <sup>3</sup> de granulats, de 12 cm d'épaisseur	m <sup>3</sup>	0,34	87 500	29 750
2.	Construction en parpaings creux de 10 cm x 20 cm x 40 cm (nombre de parpaings à utiliser)	U	208	270	56 160
3.	Crépiage au mortier dosé à 350 kg ciment / m <sup>3</sup> de granulats	m <sup>2</sup>	28,40	1 260	35 785
4.	Lissage du sol au ciment	m <sup>2</sup>	2,25	2 750	6 190
5.	Fourniture et pose d'une porte en bois complète (cadre plus battant en bois) avec verrous à l'intérieur	U	1	27 800	27 800
6.	Fourniture et pose d'une fenêtre ordinaire avec battant en bois	U	1	6 700	6 700
7.	Toiture complète en tôles ondulées de 3,5 / 10 , avec un débordement de 0,50 m	m <sup>2</sup>	5,30	7 400	39 220

**TOTAL : 201 605 FCFA**

**Tableau 39 : Coût de la transformation d'une latrine sèche traditionnelle avec dalle en béton armé, en un cabinet VIP à fosse unique, à l'intérieur des propriétés**

N°	Désignations	Prix total en FCFA
1.	Nettoyage du site et de la latrine existante y compris la désinfection	12 000
2.	Destruction de la latrine sèche existante et du plancher	8500
3.	Coût de la superstructure (voir tableau précédent)	165000

**TOTAL : 186 330 FCFA**

**Tableau 40 : Coût de la transformation d'une latrine sèche peu profonde en un cabinet profonde en un cabinet VIP à double fosse à compostVIP à double fosse à compost.**

N°	Désignations	Unité	Quantité	Prix unitaire en FCFA	Prix total en FCFA
1	Fouille en profondeur pour la construction d'une deuxième fosse ayant un diamètre de 1,10 m et une profondeur de 3 m.	m <sup>3</sup>	2,85	4200	11970
2	Perçage de la dalle et mise en place d'un tuyau d'aération en PVC série assainissement	forfait			8500
3	Superstructure de surface utile au sol de 2,5 m x 1,00 m	(183 870 / 1 x 1,50) x 2,5 x 1,00			306450

**TOTAL : 326 920 FCFA**

**Tableau 41 : Coût de la transformation d'une latrines traditionnelle sèche (à fosse unique) en cabinet à chasse manuelle à l'intérieur de la propriété**

N°	Désignations	Unité	Quantité	Prix total en FCFA
1.	Nettoyage du site et de la latrine existante y compris la désinfection	Forfait	1	12000
2.	Destruction de la latrine sèche existante et du plancher.	Forfait		30000
3.	Perçage de la dalle et mise en place d'un tuyau d'aération en PVC série assainissement	Forfait		8500
4.	Coût de la superstructure, en admettant l'existence de la dalle en béton armé (voir tableau précédent)			165830
5.	Fourniture et pose d'une cuvette en béton, de fabrication locale, comportant un siphon assurant la fermeture hydraulique, démontable et orientable.	U		36500

**TOTAL 222 830 FCFA**

**Tableau 37 : Coût d'un cabinet VIP à double fosse pour 6 ménages**

N°	Désignations	Unité	Quantité	Prix unitaire en FCFA	Prix total en FCFA
6.	Nettoyage du site et de la latrine existante y compris la désinfection.	Forfait	Forfait		12000
7.	Perçage de la dalle et mise en place d'un tuyau d'aération en PVC série assainissement	Forfait	Forfait		8500
8.	Coût de la superstructure, en admettant l'existence de la dalle en béton armé (voir tableau précédent)	Forfait Forfait	Forfait Forfait 1		12000 8500 165830

**Total 186330**

**Coût d'un cabinet fonctionnant avec une fosse septique en trois compartiments avec filtre bactérien pour un ménage de 6 personnes (tableau page suivante)**

Dimensions : fosse en trois compartiments

- Longueur totale utile : 2,30 m (1er compartiment : 90 cm; 2ème : 40 cm; 3ème : 100 cm)
- Largeur totale utile : 2,00 m (la même pour les trois compartiments)
- Profondeur totale : 140 cm y compris un vide de 25 cm au-dessus du liquide des deux premières cuves.

**Tableau 38 : Coût d'un cabinet fonctionnant avec une fosse septique en trois compartiments avec filtre bactérien pour un ménage de 6 personnes**

N°	Désignations	Unité	Quantité	Prix unitaire en FCFA	Prix total en FCFA
1.	Fouille en puits : 3,10 m x 2,50 m x 1,50 m	m <sup>3</sup>	11,62	4 200	48 805
2.	Béton de propreté de 5 cm d'épaisseur dosé à 250 kg de ciment par m3 de granulats	m <sup>3</sup>	0,39	68 600	26 755
3.	Béton armé dosé à 350 kg de ciment par m3 de granulats, de 12 cm d'épaisseur, pour le radier de la fosse	m <sup>3</sup>	0,39	97 500	38 025
4.	Elévation des murs en parpaing bourrés de 15 cm x 20 cm x 40 cm au béton dosé à 300 kg de ciment par m3 de granulats	U	202	380	76 760
5.	Lissage des parois intérieures au ciment	m <sup>2</sup>	22,40	4 750	106 400
6.	Fourniture et mise en place d'un support de lit bactérien en béton armé (dalle perforée) dosé à 400 kg de ciment par m3 de granulats, de dimensions 1,00 m x 2,00 m, d'épaisseur égale à 12 cm	m <sup>3</sup>	0,80	105 500	84 400
7.	Fourniture et mise en place du lit bactérien en matériaux poreux, de surface totale égale à 2 m2, d'épaisseur de 0,70 m, comportant 2 siphons en P.V.C., reposant sur une dalle perforée d'épaisseur de 12 cm support en béton armé dosé à 400 kg de ciment par m3 de granulats	m <sup>3</sup>	1,40	30 800	43 120
8.	Fourniture et pose d'une dalle supérieure en éléments préfabriqués, au béton dosé à 350 kg par m3 de granulats, d'épaisseur égale à 12 cm.	m <sup>3</sup>	0,80	97 500	78 000
9.	Fourniture et pose d'un WC à chasse basse complet, avec tout le mécanisme	U	1	68 000	68 000
10.	Coût de la superstructure (surface au sol : 1,00 m x 1,5 m; hauteur : 2,40 m ), construite à 2 m de la fosse septique	U	1	183 870	183 870
11.	Fouille en profondeur pour le puisard servant de puits filtrant (section circulaire de 1,10 m de diamètre et de 4 m de profondeur) devant recevoir les eaux usées à la sortir de la fosse septique	m <sup>3</sup>	3,80	4 200	15 960
12.	Dalle du puisard en béton armé à 350 kg par m3 de granulats, d'épaisseur égale à 15 cm, avec un regard pour la vidange	m <sup>3</sup>	0,27	97 500	26 325

**Total 796 420**