



MISS Fanny  
Elève ingénieur  
ITA IFI 2A  
ENESAD  
(Ecole national d'enseignement Supérieur d'agronomie de Dijon)

CREPA  
CAMEROUN

## Etude des possibilités de valorisation des produits issus de traitement des boues de vidange : cas de Yaoundé, Cameroun.



Maitre de stage: Mr EBOUEME  
BOUNTSEBE, directeur du CREPA  
Cameroun  
Maitre de stage ENESAD : Mr Luc  
THIEBAUT  
Durée de l'étude : 24 juin – 23  
septembre 2007

Etude CREPA, 2007  
YAOUNDE, CAMOUN  
[f.enesad@enesad.fr](mailto:f.enesad@enesad.fr)

## TABLE DES MATIERES

### INTRODUCTION GENERALE :

### I. PRESENTATION GENERALE DES SYSTEMES EPURATOIRES, PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE DEUX SYSTEMES EPURATOIRES DES BOUES DE VIDANGES EN ESSOR A YAOUNDE ET CARACTERISATION DES SOUS PRODUITS ISSUS DES TRAITEMENTS

#### **I.1. Présentation du fonctionnement des stations de traitement en zone subsaharienne, à Yaoundé et les nouveaux systèmes émergents :**

##### *I.1.1 Etat des lieux des systèmes d'épuration en Afrique Subsaharienne, au Cameroun, choix de 2 systèmes d'épuration*

I.1.1 a- Présentation des systèmes d'épuration couramment utilisés en Afrique subsaharienne

I.1.1 b- Etat des lieux des stations d'épuration à Yaoundé, Cameroun

I.1.1 c- Justification du choix de deux types de traitements

##### *I.1.2 L'épuration par système de lits de séchage planté*

##### *I.1.3 Système des latrines ECOSAN*

I.1.3 a- Le principe ECOSAN

I.1.3 b- Le fonctionnement de la latrine écologique

#### **I.2. Caractéristiques des méthodes de traitement**

##### *I.2.1 Caractéristiques de l'effluent à traiter*

I.2.1 a- Les boues

I.2.1 b- Les urines

I.2.1 c- Les fèces

##### *I.2.2 Processus épuratoire par lit de séchage planté*

I.2.2 a- l'absorption des nutriments par les plantes

I.2.2 b- Rôle des macrophytes

I.2.2 c- Rôles des microorganismes

I.2.2 d- Symbiose entre microorganismes et macrophytes

I.2.2 e- Epuration par filtration sur lits à granulométrie variable

##### *I.2.3 Processus épuratoire des latrines ECOSAN*

I.2.3 a- La composition des urines lors du traitement et à l'utilisation

I.2.3 b- La minéralisation à sec des fèces

#### **I.3. Sous produits après traitement**

##### *I.3.1 Station d'épuration par lit de séchage planté*

I.3.1 a- Les sous-produits du traitement

I.3.1 b- Composition des sous-produits

I.3.1 c- Rendement épuratoire

##### *I.3.2 système des latrines ECOSAN*

## II. PROPOSITIONS DE VALORISATION, SELON LES NORMES ADMISES, DES SOUS PRODUITS DES TRAITEMENTS EPURATOIRES PAR LITS DE SECHAGE PLANTE ET LATRINE ECOLOGIQUE

### **II.1 Les macrophytes : une réutilisation privilégiée dans le compostage**

*II.1.1 Critère de qualité du compost*

*II.1.2 Les composants du compost*

*II.1.3 Comparaison compost et engrais minéraux et propriétés du compost*

*II.1.4 L'utilisation du compost*

### **II.2 Les divers liquides rejetés : un panel varié d'utilisations entravé par les normes**

*II.2.1 La valorisation du percola*

II.2.1 a- Détermination de l'utilisation du percola selon les normes physico chimiques de rejet dans les divers milieux

II.2.1 b- Valorisation du percola en tant qu'engrais

*II.2.2 La valorisation de l'urine*

II.2.2 a- L'urine, un produit fertilisant

II.2.2 b- Les doses conseillées d'application

### **II.3 Les boues : un produit à haut potentiel fertilisant, trop peu utilisé**

*II.3.1 Le potentiel fertilisant des boues selon leur composition*

*II.3.2 Qualité sanitaire des boues*

*II.3.3 Les traitements secondaires complémentaires de l'épuration primaire*

II.3.3 a- le procédé d'incinération

II.3.3 b- les procédés de compostage (thermophile et à basse température)

II.3.3 c- le procédé de stockage

II.3.3 d- le procédé de co-compostage

### **II.4. Risques sanitaires à maîtriser pour la réutilisation hygiénique des sous-produits**

*II.4.1 présentation des divers microorganismes pathogènes des excréta*

II.4.1 a- les principaux agents pathogènes

II.4.1 b- les maladies transmises, pouvoir infectant et résistances au milieu ambiant

*II.4.2 les risques existant dans le cas des boues de Yaoundé*

*II.4.3 les risques encourus par les divers acteurs et normes mises en place*

*II.4.4 les mesures de sécurité sanitaire permettant de diminuer les risques d'infection*

II.4.4 a- la restriction des cultures

II.4.4 b- la méthode d'irrigation

II.4.4 c- la protection vestimentaire

II.4.4 d- l'amélioration des gestes d'hygiène programme d'éducation à l'hygiène

II.4.4 e- les soins médicaux

### III. ETUDE SOCIO ECONOMIQUE DE LA VALORISATION DES PRODUITS ISSUS DES STATIONS D'EPURATION, A DIFFERENTES ECHELLES ET DANS DES SECTEURS VARIÉS

#### **III.1 la puissance du marché de l'engrais chimique au Cameroun**

##### *III.1.1 Organisation de la filière*

III.1.1 a- Pourquoi ?

III.1.1 b- C'est quoi ?

III.1.1 c- Quelles structures d'appui ?

##### *III.1.2. Organisation des importations d'engrais*

III.1.2. a- Marché national de la consommation d'engrais

III.1.2. b- Evolution du marché

III.1.2. c- D'où vient l'engrais ?

III.1.2. d- Quel est son coût ?

#### **III.2 Le secteur agricole, premier consommateur d'engrais**

##### *III.2.1 Présentation du secteur agricole, son organisation, son contexte, ses acteurs*

III.2.1 a- Approche au niveau national

III.2.1 b- Approche dans la province du Centre

III.3.1 c- Approche dans la ville de Yaoundé

##### *III.2.2 L'utilisation actuelle des engrais en agriculture*

III.2.2 a- utilisation dans l'agriculture Camerounaise

III.2.2 b- utilisation des engrais dans l'agriculture du Centre

III.2.2 c- utilisation des engrais à Yaoundé

##### *III.2.3 Discussion sur la valeur à attribuer au nouveau produit/ Potentiel d'utilisation des produits de rejet*

III.2.3 a- Méthodologie des entretiens

III.2.3 b- But des entretiens

III.2.3 c- Exploitation des résultats

III.2.3 d- Discussion sur la mise en place de ces produits innovants, point de vue des agriculteurs

#### **III.3 le secteur forestier, agroforestier et horticole, un potentiel à exploiter**

##### *III.3.1 Constat général du secteur forestier camerounais*

III.3.1 a- Etat des lieux de la ressource forestière

III.3.1 b- Etat des lieux de l'exploitation forestière

##### *III.3.2 L'organisation institutionnelle des acteurs du secteur forestier et de l'exploitation forestière*

III.3.2 a- Role des institutions

III.3.2 b- Organisation structurale du domaine forestier

III.3.2 c- Organisation de la gestion du domaine forestier

III.3.3 *les agrosystèmes et domaine forestier du Centre et l'utilisation d'engrais en foresterie*

III.3.3 a- activités horticoles à Yaoundé

III.3.3 b- activité cacaoyère : agrosystèmes en périphérie de Yaoundé

III.3.3 c- exploitation forestière dans la province de Centre (forêts de SA'A)

III.3.4 *discussion du potentiel d'utilisation du de rejet dans les secteurs forestiers, agroforestiers et horticoles / potentiel d'utilisation des produits de rejet*

III.3.4 a- Méthodologie des entretiens

III.3.4 b- But des entretiens

III.3.4 c- Exploitation des résultats

III.3.4 d- Discussion sur la mise en place de ces produits innovants, point de vue des différents acteurs

#### **III.4. Les facteurs limitants l'utilisation des sous produits**

*III.4.1 les limites administratives*

*III.4.2 les limites pratiques*

*III.4.3 les limites éthiques*

#### **III.5 Propositions pour pallier aux limites rencontrées**

*III.5.1 une administration bien organisée*

*III.5.2 des aspects pratiques réfléchis*

*III.5.3 une information diffusée et un soutien durable*

CONCLUSION GENERALE :

ANNEXES :

BIBLIOGRAPHIE

CONTACTS ENTRETIENS

CONTACTS POUR L'ETUDE

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des boues appliquées sur les lits de séchage plantés	p16
Tableau 2 : caractéristiques des boues de la Communauté urbaine de Douala	p16
Tableau 3 : Caractéristique du percola	p26
Tableau 4 : Moyennes des tables caractéristiques du percola	p26
Tableau 5: le pourcentage d'abattement des différents pilotes	p28
Tableau 6 : recommandation de la composition du compost	p34
Tableau 7 : Teneurs limites en métaux lourds dans les composts	p34
Tableau 8 : Normes d'élimination des agents pathogènes par compostage	p35
Tableau 9 : Quelle différence y a-t-il entre le compost et les engrais minéraux Classiques (NPK) ?	p35
Tableau 10 : indication sur les doses d'application pour quelques	p36
Tableau 11 : Moyenne des pourcentages d'abattement et comparaison aux normes européennes	p38
Tableau 12 : comparaison du percola aux normes de divers milieux, tableau récapitulatif	p39
Tableau 13: Normes des eaux de baignade	p39
Tableau 14-17: Normes suggérées pour les produits (liquides et solides) des stations de traitement des boues de vidange	p40-45
Tableau 15-16: l'équivalent de fertilisation des excréta humains	p42-44
Tableau 18 : Les principaux agents bactériens pathogènes présents dans les fèces et les maladies transmises	p49
Tableau 19 : Excrétion virale dans les fèces	p49
Tableau 20 : Principaux groupes de virus excrétés dans les fèces et maladies transmises	p50
Tableau 21 : quantité moyenne des divers pathogènes présents dans les eaux usées et maladies/troubles associées.	p51
Tableaux 22-23 : survie de divers agents pathogène selon les conditions environnementales	p53-54
Tableau 24 : Paramètres bactériologiques des eaux de l'Avo'o	p55
Tableau 25 :Prévalence des affections dues aux boues de vidange à Nomayos	p56
Tableau 26. Directives concernant la qualité microbiologique des eaux usées utilisées dans l'agriculture, d'après Oms	p57
Tableau 27 : Résumé des risques sanitaires associés à l'usage d'eau usée pour l'irrigation en agriculture	p58
Tableau 28 : présentation de l'évolution entre 2000 et 2004 des tonnages importés par type d'engrais	p67
Tableau 29 : présentation des importateurs d'engrais en 2004	p68
Tableau 30 : Récapitulatif des importations par type d'engrais par les 3 principaux importateurs en 2004	p69
Tableau 31 : Prix de vente au détail (FCFA/sac) dans quelques localités du Cameroun	p70
Tableau 32 : synthèse des cultures agricole de la province du centre	p74
Tableau 33 :typologie d'utilisation d'engrais par culture au Cameroun	p82
Tableau 34: Utilisation de l'engrais sur cultures commerciales et cultures destinées à l'exportation	p82
Tableau 35: Tonnage d'engrais utilisés dans les différentes provinces du Cameroun, 2005	p82

LISTE DES FIGURES :

Figure 1 : Schéma général de fonctionnement d'une station d'épuration	p2
Figure 2: Option de traitement des boues de vidange	p3
Figure 3 : Vue en coupe d'un bassin pilote lit de séchage planté	p11
Figure 4: dessin du dispositif expérimental d'épuration des boues de vidange par système de lit de séchage planté à l'Université Yaoundé 1	p12
Figure 5 : Les principes majeurs de la méthode d'assainissement écologique	p14
Figure 6: les différents produits finaux de la récolte des végétaux immergés	p33
Figure 7 : Proportion d'utilisation des engrais au Cameroun selon le type de producteurs, 2005	p82
figure 8 : répartition des diverses productions agricoles dans le Centre	p78
Figure 9: Exportation de bois des pays du bassin du Congo en 1999, cas du Cameroun	p94
Figure 10. Exploitants forestiers européens ayant des filiales au Cameroun	p96

LISTE DES PHOTOS :

Photo 1 : Lit de séchage des boues à Kumasi, Ghana	p5
Photo 2-3 : Pilotes plantés de <i>Cyperus</i> et <i>Echinochloa</i>	p10
Photo 4 : Vue d'ensemble des pilotes de traitement des boues de vidange	p11
Photo 5: latrine écologique ECOSAN construite par le CREPA, 2007	p13
Photo 6 : cacaoyère du NYOM en périphérie de Yaoundé	p102

## INTRODUCTION

Les boues de vidanges déversées anarchiquement dans la nature sont sources de très nombreux troubles sanitaires, écologiques, économiques, juridiques et éthiques. Les dégâts causés sont considérables et se répercutent directement sur les conditions de vie des populations les plus démunies. Or des traitements ont déjà été mis en place au niveau de la ville de Yaoundé mais sont aujourd'hui inefficaces d'autant plus que la quantité de boue à traiter augmente, en raison de la croissance démographique qui suit une croissance exponentielle dans la capitale. Ces déchets sont une entrave au développement de la ville, de la région et du pays. Des recherches scientifiques sont en cours sur des traitements épuratoires possibles de ces déchets fécaux. Les aspects institutionnel et juridique sont l'un des principaux problèmes lors de la mise en place et de la pérennisation des systèmes d'épuration, ainsi que le financement de ces stations et l'organisation de leur entretien. Une possibilité de contribution financière serait alors de valoriser les déchets issus des stations de traitement des boues de vidange.

Existe-t-il un marché potentiel pour la valorisation des sous-produits issus du traitement des déchets fécaux ?

Le compostage mis en place dans de nombreuses villes d'Afrique subsaharienne et en particulier à Yaoundé est une forme de valorisation des sous produits issus des stations d'épuration des eaux usées par lagunage. Nous chercherons à savoir s'il est aussi possible de trouver une valorisation aux déchets issus des stations d'épurations des boues de vidanges et si cette valorisation suscite un intérêt auprès de divers acteurs.

Nous concentrerons notre études plus particulièrement sur deux systèmes possibles de traitement épuratoire des boues de vidange, le premier étant le traitement sur filtre planté à macrophyte, le second étant le traitement par latrines ECOSAN. Après une présentation du fonctionnement respectif des deux systèmes épuratoires, nous identifierons les produits issus des traitements d'épuration et analyserons leur composition. Puis, nous évaluerons leurs possibilités de réutilisation après traitement selon les normes environnementales et sanitaires. Enfin, nous procéderons à une analyse socio-économique dans le but de définir si un tel produit trouverait des utilisateurs potentiels sur le marché.

## I. PRESENTATION GENERALE DES SYSTEMES EPURATOIRES, PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE DEUX SYSTEMES EPURATOIRES DES BOUES DE VIDANGES EN ESSOR A YAOUNDE ET CARACTERISATION DES SOUS PRODUITS ISSUS DES TRAITEMENTS

### **I.1. Présentation du fonctionnement des stations de traitement en zone subsaharienne, à Yaoundé et les nouveaux systèmes émergents :**

Le traitement des déchets est une opération permettant de diminuer le potentiel polluant des déchets selon un processus contrôlé. L'annexe 1 présente la réalité, en image de la pollution par les boues et l'état d'insalubrité régnant dans certains quartiers. Dans cette partie nous allons faire un diagnostic général des systèmes d'épuration existants à l'échelle des pays subsahariens, puis de Yaoundé, et diagnostiquer leurs problèmes de dysfonctionnement. Nous justifierons le choix, pour notre étude, de deux processus d'épuration et de traitement des boues de vidange. Le premier est le traitement des boues par

épuration sur lit de séchage planté à macrophytes, d'après une étude du Dr KEGNE, le second les latrines écologiques Ecosan qui font partie des projets du CREPA. Nous expliquerons leur structure et leur fonctionnement respectif.

*1.1.1 Etat des lieux des systèmes d'épuration en Afrique Subsaharienne, au Cameroun, choix de deux systèmes d'épuration*

1.1.1 a- Présentation des systèmes d'épuration couramment utilisés en Afrique subsaharienne

En Afrique subsaharienne, plusieurs systèmes d'épuration sont privilégiés en raison des types de produits à traiter, des capacités de collecte des déchets, des contraintes climatiques, financières ou d'entretien. Le type de traitement épuratoire doit être choisi en fonction du type d'effluent à traiter. Nous allons présenter les principales stations d'épuration utilisées pour le traitement des boues de vidanges. Les systèmes présentés sont variés mais adaptés aux pays en voie de développement tel que le Cameroun.

Nous allons tout d'abord présenter le schéma global de fonctionnement d'une station d'épuration et les objectifs de ces traitements successifs, ceci est vrai quelque soit le procédé d'épuration.

Le principe d'une station d'épuration est de nettoyer l'eau et l'effluent entrant afin de pouvoir les réutiliser après le traitement ou de les rejeter dans le milieu extérieur sans que ce dernier soit mis en danger par des risques de pollution.

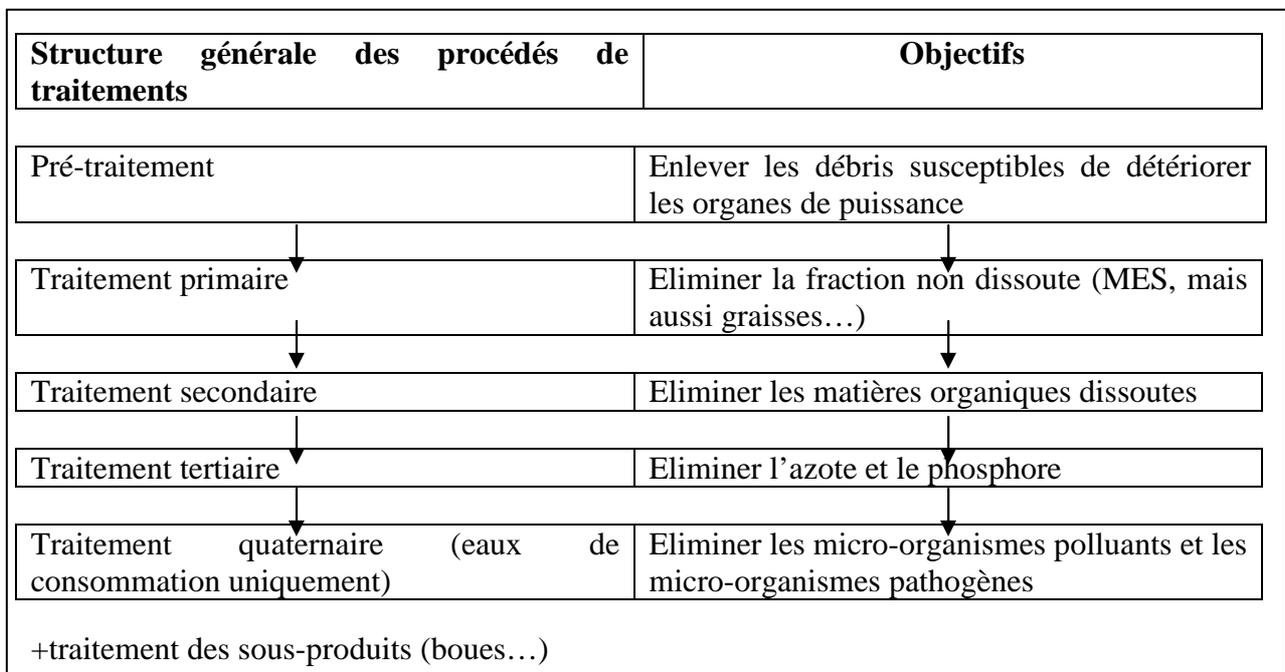


Figure 1 : Schéma général de fonctionnement d'une station d'épuration (JP Lemièrre, 2004)

Les principaux traitements des boues de vidange en Afrique subsaharienne sont les suivants :

- l'épuration par boues activées
- le co-compostage avec des déchets solides

- les lits de séchages (plantés ou non)
- système de lagunage
- bassins de sédimentation
- digestion anaérobie
- incinération

La photo ci-dessous tirée du rapport de Nkili (2007) présente les différentes options de traitement des boues de vidange et l'utilisation des divers produits de sous traitement. Nous pouvons remarquer que certains processus de traitements méritent plus d'étapes que d'autres. Nous pouvons remarquer que la phase solide n'est utilisable directement (c'est-à-dire sans traitement ultérieur) que pour les processus de co-compostage avec les déchets solides et l'épuration par lit de séchage planté. La fraction solide de tous les autres systèmes mérite de subir un autre traitement.

D'autre part, seule la fraction liquide du co-traitement des boues avec les eaux usées (station à boues activées) peut être directement rejetée dans les eaux de surface. La fraction solide doit cependant subir d'autres traitements.

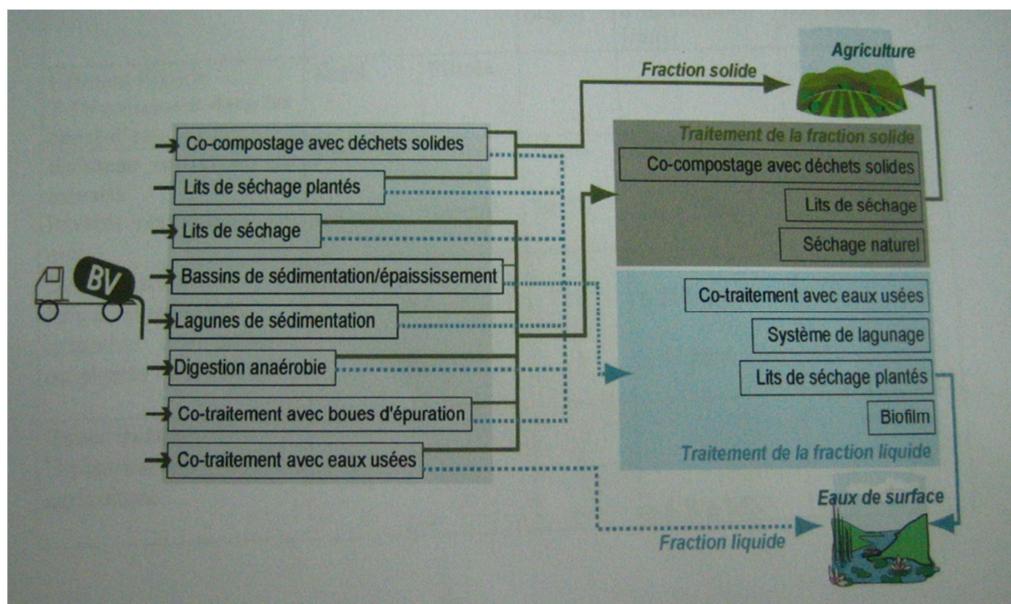


Figure 2: Option de traitement des boues de vidange présentées par Montanegro et Strauss (rapport Nkili, 2007)

Ces systèmes d'épuration sont les principaux existants. Il en existe encore d'autres dans le monde mais nous nous restreindrons à ces 7 procédés qui sont relativement différents et nous offrent un panel toutefois assez large des possibilités de traitement épuratoires possibles. Les autres systèmes existants sont des modèles adaptés aux pays ou aux conditions du pays. Nous allons présenter ces systèmes ainsi que leur fonctionnement dans leur globalité.

### L'épuration par boues activées

Les systèmes d'épuration à boues activées (très développés en Europe) nécessitent des installations lourdes au niveau technique et financier. Elles peuvent cependant traiter une grande quantité d'effluent si elles sont bien dimensionnées. Les étapes successives de ce processus sont souvent mécanisées et automatisées et dirigées par un poste de contrôle central informatisé qui supervise les opérations.

Nous allons décrire les opérations successives de traitement.

Le traitement primaire :

Le dégrillage : les déchets les plus encombrants sont retenus par la grille, ils sont stockés et traités avec les déchets ménagers.

Le dessablage : la vitesse d'écoulement est lente pour que les matières lourdes se déposent. Les sables se présentent sous formes de graviers plus ou moins fins encore souillés par la matière organique, ils sont stockés et après lavage, sont enfouis.

Dégraissage/deshuilage : l'eau est aérée et les matières légères flottent. Les graisses flottent en surface et sont récupérées (mécaniquement ou manuellement) pour être incinérées ou mises en décharge après traitements.

Décantation primaire : le décanteur primaire est une grosse structure en béton. La vitesse lente de l'eau permet le dépôt de matières en suspension au fond du décanteur (boues primaires). Ces boues sont évacuées et suivent un traitement spécifique

Le traitement secondaire :

Le traitement biologique : il met en contact l'eau usée et les microorganismes.

Trois procédés peuvent être utilisés :

- le lit bactérien : l'eau à traiter ruisselle sur un garnissage grossier sur lequel sont fixées les bactéries. Ce processus est suivi par le décanteur secondaire qui sépare à nouveau les boues.
- le bassin à boues activées : l'oxygénation de l'eau permet la dégradation accélérée de la matière organique. Ce processus est suivi par le décanteur secondaire qui sépare à nouveau les boues.
- les lits immergés : le garnissage (5 à 30 mm) joue le rôle de filtre et permet de retenir les boues. On évite l'utilisation d'un décanteur secondaire mais il faut laver régulièrement le garnissage pour éviter le colmatage.

Le traitement biologique présente toutefois des lacunes. Il a peu d'élimination des phosphates (responsables de l'eutrophisation des milieux), l'effluent produit n'est pas exempt de matières en suspension, il n'a pas d'action sur la fraction non biodégradable de l'effluent. C'est pourquoi, il est souvent complété voir remplacé par le traitement physicochimique.

Le traitement physicochimique : les matières colloïdales ne peuvent pas décanter naturellement car elles sont trop légères et se repoussent car toutes chargées négativement. On ajoute alors un réactif minéral (sel de fer ou d'aluminium, chaux...) dans le coagulateur pour annuler ces forces de répulsion (coagulation) et on agite énergiquement. Les colloïdes se rassemblent. Dans le flocculateur, l'agitation lente favorise la rencontre des particules.

Le traitement tertiaire : après l'élimination de 35% de l'azote et du phosphate par le traitement secondaire, pour atteindre une élimination à 70-95% on utilise un traitement tertiaire. Il permet d'éliminer la pollution résiduelle (fines particules) et selon le cas, d'éliminer aussi les microorganismes.

Ces installations ont montré une grande efficacité, cependant leur mise en place ainsi que leur frais de fonctionnement ont un coût élevé pas toujours accessible aux pays en voies de développement. D'autre part, l'entretien de ces stations demande des connaissances techniques appropriées.

Le co-compostage :

Avant de définir le co-compostage, il semble nécessaire de déterminer ce que signifie le compostage.

Le compostage, d'après la définition donnée dans le rapport A09 du PS eau, se réfère à un processus par lequel les déchets biodégradables sont décomposés de façon biologique par des microorganismes (le plus souvent des bactéries et champignons) soumis à des conditions thermophiles et aérobies. Le produit résultant du compostage est un produit stable, pouvant être stocké et réutilisé selon certaines normes. Le contrôle effectué par l'homme consiste à optimiser l'efficacité des microorganismes décomposeurs afin de minimiser l'impact sur la santé et l'environnement et assurer la qualité du produit.

Dans le principe du co-compostage, les boues sont mélangées à d'autres déchets de nature différente. Il peut s'agir de déchets ménagers, d'eau usée, d'éléments du compost... le principe du co-compostage est d'associer deux types de déchets dont la nature chimique est complémentaire afin de créer un substrat riche, réutilisable en agriculture par exemple. Il est intéressant d'associer les boues fécales riches en azote avec des rejets végétaux riches en matière carbonée. Les hautes températures atteintes lors du processus de compostage ont l'avantage d'inactiver et détruire une grande partie voire la totalité des agents pathogènes. Le compost ainsi produit, a une bonne valeur hygiénique et peut servir de fertilisant (PSeau, 2003).

Le lit de séchage (planté ou non) :



Photo 1 : Lit de séchage des boues à Kumasi, Ghana (PSeau, rapport A09, 2003)

Le processus de traitement par lit de séchage est un procédé principalement axé sur la séparation des phases solides et liquides afin de réduire le volume des boues et augmenter leur concentration. Il s'agit souvent d'un traitement primaire qui nécessite d'être complété par d'autres procédés. Ce principe est basé sur la sédimentation, l'évaporation et l'infiltration. Le séchage des boues accéléré par l'évapotranspiration lorsqu'il s'agit de lits plantés, ou par l'énergie solaire voir éolienne pour les lits non plantés.

Les lits de séchage non plantés s'étalent en général sur une grande surface ce qui peut être problématique. L'efficacité du processus résulte dans le choix du type de gravier ou sable constituant le filtre. Il s'agit de combiner divers composants de porosité variée dont les épaisseurs sont différentes en tenant compte des flux hydrauliques devant s'écouler (infiltration) en fonction de la composition des boues, tout en évitant aussi les problèmes de colmatage. De plus le temps de séchage peut s'étendre entre 2 à 4 semaines selon le type de sol et le climat (Aalbers H., 1999)

Les lits non plantés ont cependant le grand avantage d'être très abordable au niveau financier. Notre étude se portera particulièrement sur les lits de séchage plantés dont nous expliciterons en détail, le fonctionnement.

Le lagunage :

Le lagunage est un processus très répandu dans les pays subsahariens. Il peut se présenter sous deux formes : le lagunage naturel (ou lagunage à microphyte ou bassins de sédimentation) et le lagunage à macrophyte. Ce système reste particulièrement adapté à des effluents contenant une grande fraction liquide. Il s'agit en général d'eaux usées ou de boues mélangées aux eaux usées.

Les microphytes regroupent des algues, de petits animaux (protozoaires, crustacés...) et des bactéries. La présence d'oxygène est un facteur primordial pour le bon fonctionnement du système. Ces microphytes sont aérobies et vont, en présence d'oxygène, transformer les charges polluantes contenues dans l'eau ou l'effluent et ainsi stabiliser les boues. Des bactéries anaérobies jouent le même rôle de digesteurs et stabilisateurs dans les sédiments.

On nomme macrophytes des plantes de type roseau et jouant le même rôle que les microphytes.

Les eaux usées subissent un traitement grâce à un système de bassins placés en série et à l'air libre. Les bassins ont en général une profondeur faible (80cm) et une grande surface. L'épuration se fait par les processus des bactéries aérobies et ne nécessitent pas d'apport d'énergie. En effet, l'oxygène est fourni par les végétaux (macro ou microphytes) et la grande interface eau/air.

Succession des bassins :

- Décantation primaire : élimination des MES par sédimentation. Ce processus est assez lent et demande un temps de séjour long.
- Epuration secondaire : dégradation de molécules organiques résultant de l'activité des microorganismes existant dans l'eau qui utilisent l'oxygène fourni par le phytoplancton grâce à la photosynthèse.
- Epuration tertiaire : en fin de station d'épuration, il existe le phénomène d'eutrophisation. Les éléments à éliminer sont l'azote et le phosphate. Pour un système de lagunage à macrophytes, les plantes présentes utilisent pour leur nutrition, les matières minérales issues de la dégradation des molécules organiques. Elles limitent ainsi la prolifération d'algues microscopiques et diminuent le phénomène d'eutrophisation. Cependant il est nécessaire, pour la durabilité du bon fonctionnement du lagunage, d'extraire régulièrement une partie des macrophytes.

Un système symbiotique se met en place dans l'écosystème entre les microorganismes consommateurs d'oxygène et producteurs de matière organique, et les végétaux consommateurs des produits résultants du métabolisme des microorganismes et producteurs d'oxygène qui se dissous dans l'eau. Il s'agit d'une symbiose entre organismes autotrophes et hétérotrophes.

Une partie de la matière organique contenue dans l'eau va sédimenter au fond où règnent des conditions anaérobies. D'autre part le développement des algues, important en surface, et la croissance de nouvelles algues vont pousser les anciennes vers le fond où, faute d'oxygène, elles vont mourir.

La dégradation de la matière organique va suivre 2 étapes :

- une étape de dégradation par des bactéries aérobies et aéro-anaérobies facultatives (avec production d'acides volatiles)
- une étape de dégradation par des bactéries anaérobies strictes qui continuent le processus de dégradation grâce à la fermentation méthanogène et la production de méthane.

Ceci provoque la formation de boues lourdes et le relargage des sels minéraux. L'envasement des bassins est donc inéluctable.

La récolte répétée du trop plein de plante et d'algues permet d'éliminer les sels minéraux assimilés, les MES piégées par les racines, les excédents d'organismes décomposeurs et éviter la repollution de l'eau en traitement par la décomposition des vieilles plantes.

#### La digestion anaérobie :

La digestion des boues est un procédé naturel durant lequel la matière organique est décomposée. Les décomposeurs sont des microorganismes le plus souvent contenus dans les boues. Mais il peut également s'agir de champignons ou d'insectes particulièrement adaptés à cette fonction saprophyte. Du biogaz est produit durant ce procédé, il peut être collecté et utilisé (cf. l'étude du Competing-Bet à Douala). Le produit résultant de la digestion des boues présente de forts taux en azote, phosphate et potassium. Ce processus est utilisé au Guatemala et en Chine (Aalbers H., 1999). Les boues utilisées dans ce processus proviennent généralement de latrines. Notre étude se portera particulièrement sur ce processus présent dans le principe des latrines écologiques ECOSAN.

#### L'incinération :

Ce procédé consiste à brûler les ordures (surtout ménagères) dans des fours spécifiquement adaptés à leurs caractéristiques : composition variable, taux d'humidité élevé et variable. L'incinération est le procédé permettant la plus grande réduction de volume des déchets à traiter et donc engendre le moins de résidu en bout de process. Elle doit toutefois être menée correctement afin d'éviter tout transfert de pollution et de nuisances dues à la fumée.

Les inconvénients de la technique sont ses coûts d'opération et de maintenance élevés et les émissions des fumées doivent respecter des réglementations très strictes.

Il existe d'autres systèmes d'épuration des boues mais ceux-ci représentent les principaux utilisés. Lorsqu'il faut opter pour la construction et l'utilisation de systèmes d'épuration il y a une succession de critères à prendre en compte pour pérenniser l'installation. Montanegro (2000) se base sur la constitution des boues afin de déterminer les étapes nécessaires et les plus appropriées.

Lorsque les boues ont une consistance plutôt liquide, un traitement préliminaire consistant à séparer la phase liquide de la phase solide en utilisant des lits de séchage ou des bassins/lagunes de sédimentation par exemple, paraît judicieux étant donné que la plus grande partie des matières organiques est contenue dans la partie solide. De plus, cette étape permettrait de concentrer les œufs d'helminthes dans la partie solide séparée.

Les boues définies comme fraîches, peu dégradées, devraient être stabilisées (par exemple au moyen d'un prétraitement anaérobie dans un système de lagunage ou un réacteur). Les boues ayant déjà atteint un degré élevé de stabilisation pourraient être immédiatement déshydratées (en utilisant, par exemple, des lits de séchage ou des bassins de sédimentation/décantation) puis minéralisées (sur les lits/dans les bassins ou par compostage thermophile).

D'autre part certaines conditions sont à respecter en fonction du devenir du produit et ce quelque soit le traitement utilisé. Si les boues traitées sont destinées à être déversées dans l'environnement, le traitement devrait permettre l'élimination efficace des constituants organiques et à long terme des nutriments (N, P). Cependant, des performances efficaces d'élimination de l'azote et du phosphore ne sont pas souhaitables si les boues traitées sont utilisées comme amendement du sol. Dans ce cas, le traitement devrait permettre de stabiliser et d'hygiéniser les boues tout en limitant les pertes de nutriments. La phase liquide des boues

de vidange contient, dans la plupart des cas, trop de sels dissous (conductivité trop élevée) pour que celle-ci puisse être utilisée pour l'irrigation.

Les options de traitement à faibles coûts nécessitent généralement une surface de terrain élevée. Lors de la sélection d'une option de traitement, un compromis entre la simplicité du traitement (faible degré de mécanisation) et le besoin en terrain satisfaisant aux conditions et besoins spécifiques de la situation particulière doit être trouvé.

#### I.1.1 b- Etat des lieux des stations d'épuration à Yaoundé, Cameroun

Yaoundé comporte plusieurs installations d'épuration. Ces dispositifs sont de nature variée, il s'agit de stations d'épuration par boues activées (telles que celles du Campus universitaire ou du CHU) ou des stations par lagunage à macrophytes (Biyem-Assi). A présent nous allons présenter trois stations de Yaoundé.

L'état des lieux des stations a été constaté dans l'étude de Ndongo J.D en 1998 et aujourd'hui lors de nos observations sur le terrain, nous nous sommes rendues compte que leur état s'est dégradé. L'annexe 1 présente les diverses stations d'épuration de Yaoundé telles que nous les avons vu lors de notre stage.

STEP Campus universitaire :

Bassin versant	Olézoa
Capacité de traitement	500m <sup>3</sup> /j 95kg de DBO <sub>5</sub> /j prévue pour 1000habitants
Mise en service	1967
Procédé	Boues activées
Rejet	Ruisseau qui draine les eaux vers le lac servant à la pisciculture
Etat	Hors service

STEP CHU:

Capacité de traitement	425m <sup>3</sup> /j ; 141kg de DBO <sub>5</sub> /j prévue pour 1500habitants
Mise en service	1978
Procédé	Boues activées
Rejet	Ruisseau qui draine les eaux vers le lac servant à la pisciculture
Etat	Hors service

STEP Biyeme-Assi:

Il s'agit d'une station d'épuration des eaux par lagunage à macrophytes. Créée en 1968, elle a une surface de 680m<sup>2</sup>, traite 45m<sup>3</sup> d'eau par jour pour 650habitants.

La station à macrophytes s'organise de la manière suivante. Elle est constituée de 8 bassins disposés à la suite séparés entre eux par des bandes de terre de 2m de largeur. Le premier bassin réceptionne les eaux usées brutes. Il s'y fait la décantation et une digestion anaérobie. Dans les 7autres bassins grandissent des plantes aquatiques (pistia stratiotes). Au sein de ses bassins il s'effectue une activité aérobie par les microorganismes, qui a pour but de dégrader la matière organique des eaux brutes et de la minéraliser ; ces minéraux sont absorbés par les plantes ; on récolte les plantes pour éviter le surplus et maintenir la station fonctionnelle, et à la sortie du 8<sup>ème</sup> bassin, l'eau est épurée et peut être rejetée dans le milieu naturel.

Il est important de remarquer qu'aucune de ces stations n'est aujourd'hui en fonctionnement. Yaoundé ne compte qu'une station à boues activées en fonctionnement, il s'agit de celle de l'aéroport international de Nsimalen. Cette dernière n'a pas été conçue pour recevoir les quantités de boues provenant de la ville. Elle est donc exclusivement réservée au traitement des boues issues de l'aéroport.

Des recherches sont entreprises afin de trouver des systèmes adaptés au climat de type équatorial avec un taux d'humidité élevé, aux exigences d'approvisionnement de la station en boues, à la quantité de boues à traiter... Outre les aspects techniques les conditions de financement pour la mise en place et l'entretien sont primordiales étant donné que les causes principalement abordées pour justifier l'abandon de ces stations sont les causes financières.

#### I.1.1 c- Justification du choix de deux types de traitements

Dans notre étude, nous allons porter notre attention sur deux types de traitement des boues, à la fois innovants et très différents l'un de l'autre. Chacun présente des avantages et des inconvénients et se trouve adapté à un type d'environnement ou d'utilisateur.

L'épuration sur lit de séchage à macrophyte demande de l'espace car elle doit disposer de bassins suffisamment grands pour épurer une certaine quantité de boues, cette quantité pouvant s'avérer, selon le dimensionnement, élevée. Ces stations demandent peu d'entretien et semblent compatible avec assainissement à Yaoundé. Leur coût d'installation est faible du fait de l'utilisation d'un écosystème artificiel et relativement autocontrôlé. Ce type de station présente de nombreux produits de réutilisation.

Latrines écologiques ECOSAN se présentent comme étant faciles d'emploi. Le dispositif est particulièrement adapté aux zones rurales ou urbaines enclavées particulièrement appropriée aux bas-fonds de Yaoundé. Leur mise en place demande un coût faible, leur technologie est facilement répliquable et appropriable par les populations. Elles présentent aussi l'avantage de ne nécessiter que de très peu d'eau pour le lavage.

Ainsi nous choisissons de traiter des deux types de stations par lits de séchage planté à macrophyte et les latrines écologiques car les recherches sur ces deux systèmes épuratoires sont avancées à Yaoundé. Elles présentent toutes deux l'avantage d'avoir de faibles coûts et demandent peu d'entretien. Les stations par lit de séchage à macrophyte sont adaptées à épurer de grandes quantités, alors que les latrines correspondent plus aux zones enclavées et difficiles d'accès aux camions de vidange.

Dans les deux sous parties suivantes, nous présenterons en détail ces deux procédés épuratoires.

#### *I.1.2 L'épuration par système de lits de séchage planté*

Gosh (1995) (cit. Aalbers, 1999) définit les zones humides comme « des parties de surface de la terre situées entre les vrais systèmes terrestres et aquatiques. (...) ils regroupent trois composantes : la présence d'eau, des sols uniques différant de ceux de terres immergées et la présence d'une végétation adaptée aux conditions humides. »

Les zones humides naturelles sont utilisées dans de nombreux pays en développement pour le traitement d'eaux usées domestiques voir industrielles. Cependant ces zones naturelles se trouvent souvent dégradées lorsqu'il s'agit d'épurer une trop grande quantité d'eau usée. C'est pourquoi, il est intéressant de reprendre le fonctionnement de ces écosystèmes pour en construire de manière à ce qu'ils répondent aux besoins voulus, c'est ce qu'on appelle les zones humides artificielles. Ces systèmes ont l'avantage de pouvoir être contrôlés au niveau des intrants et produits sortants. Ces systèmes miment le fonctionnement des écosystèmes naturels. L'épuration sur lit de séchage planté fait parti des systèmes émergent à macrophytes qui constituent une sous-catégorie des zones humides artificielles. Le système d'épuration sur lit de séchage planté est particulièrement utilisé pour l'épuration des boues de vidange.

Il semble être une alternative efficace, techniquement faisable et financièrement abordable pour des pays en voie de développement. Ce système épure, stabilise et forme de l'humus (Kil and Smith, 1997, Kottatep et al., 2005 ; cit. Kengne, 2007).

Le principe de fonctionnement est le suivant. Les boues sont appliquées sur les lits. La phase solide est retenue sur la matrice filtrante où s'effectue la minéralisation. La phase liquide percole dans les lits de sable et sort du système.

Au sein de ce système l'utilisation de macrophytes agit à divers moments :

- en augmentant le taux d'évapotranspiration des lits grâce à une densité de végétation.
- En facilitant l'infiltration de l'eau via les espaces tubulaires créés par le mouvement des tiges au vent et par les complexes racinaires (ces espaces assurent la durabilité du système en maintenant un drainage efficace et en prévenant du colmatage)
- Une partie de l'oxygène présent dans la matrice filtrante provient de l'élargissement causé par les racines.

Ce système épuratoire a déjà été utilisé avec succès à Bangkok en Thaïlande. Il représente un système approprié pour palier au manque de traitement des pays Sub-Sahariens. Dans les modèles déjà mis en place, les macrophytes utilisés sont *Phragmites* sp. et *Thypha* sp. Cependant il s'agit de deux espèces non présentes en Afrique Centrale. Les macrophytes utilisés doivent répondre à certains critères tels qu'une adaptabilité, une croissance rapide sous des conditions de stress, une forte capacité d'évapotranspiration, une croissance en profondeur du rhizome et du système racinaire, une repiquage facile, une bonne tolérance à diverses qualité de l'eau et niveaux de sécheresse, une tolérance à des pH faibles et élevés et à aussi à la salinité (De Maeseneer, 1997 ; cit. Kengne, 2007). Les plantes localement présentes au Cameroun et dans les région d'Afrique centrale et répondant le plus fidèlement à ces critères sont *Cyperus papyrus* (Cyperaceae) et *Echinochloa pyramidalis* (Poaceae) (Kengne, 2007).



Photo 2-3: Pilotes plantés de *Cyperus* (gauche) et *Echinochloa* (droite)(source : Troesch, 2005)

Un prototype expérimental d'épuration des boues de vidange sur lit de séchage planté a été mis en place à l'Université de Yaoundé 1, sur le site de l'ancienne station d'épuration des eaux usées. Le système est constitué de deux tanks d'accumulations des boues de dimension  $1\text{m}^3$  surélevés à 1,5m du sol pour permettre un approvisionnement par gravité de six bacs (2lots de 3bacs) qui constituent les unités de lit de séchage ( $1\times 1\times 1\text{m}^3$ ). Les tanks sont munis d'un tuyau d'alimentation d'une longueur de 3,2m chacun. Ils sont dotés d'un dispositif d'agitation des boues et sont jaugés tous les 10L. Chaque lit de séchage est relié à un barril de 220L pour récolter le percolat. Ce système utilisé par le professeur Kengne de l'Univesité de Yaoundé 1, est une adaptation du système utilisé par l'Asian Institute of Technology. La

filtration des lits se fait par la succession de trois couches filtrantes d'épaisseur et de porosité différentes : du haut vers le bas on a : (Kengne, 2007)

- une couche de sable fin ( $0,3 < \varnothing < 2\text{mm}$ ), épaisseur 15cm, porosité 40,30
- une couche de gravier fin ( $10 < \varnothing < 15\text{mm}$ ), épaisseur 20cm, porosité 47,73
- Une couche de gravier grossier ( $15 < \varnothing < 25\text{mm}$ ), épaisseur 30cm, porosité 50,00

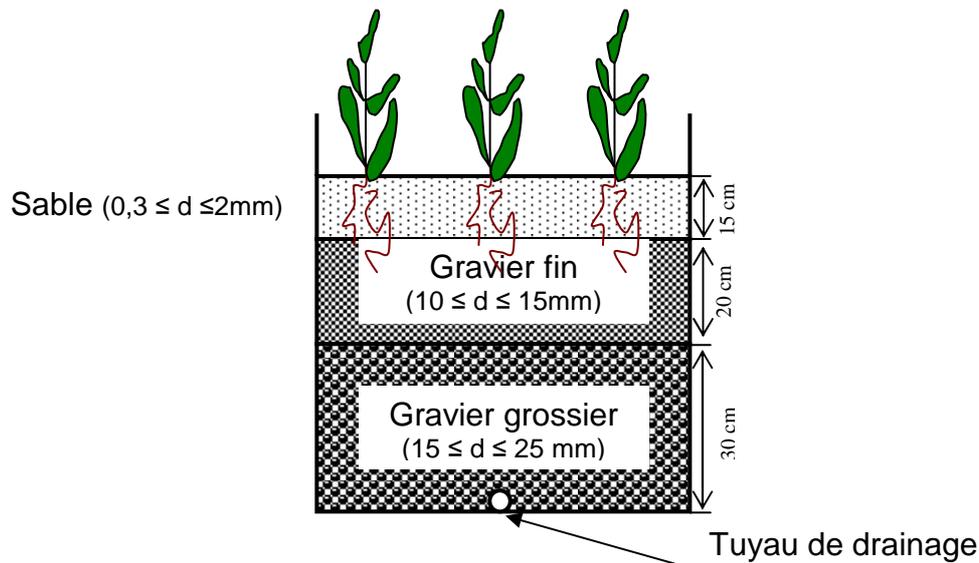


Figure 3 : Vue en coupe d'un bassin pilote lit de séchage planté (Troesch, 2005)

Les 6 lits de séchages sont alimentés une et deux fois par semaines (selon les conditions pluviométriques) à des taux de matières fécales constants. Pour chaque type de plante, il existe 3 concentrations : 100, 200 et 300 kg de matière totale solide/m<sup>2</sup>/an. Les matières fécales collectées proviennent de fosses septiques, de latrines traditionnelles et de toilettes publiques de Yaoundé. Les paramètres physico-chimiques et la croissance des plantes ainsi que leur processus d'épuration sont des paramètres qui ont été suivis chaque semaine.



Photo 4 : Vue d'ensemble des pilotes de traitement des boues de vidange (Troesch, 2005)

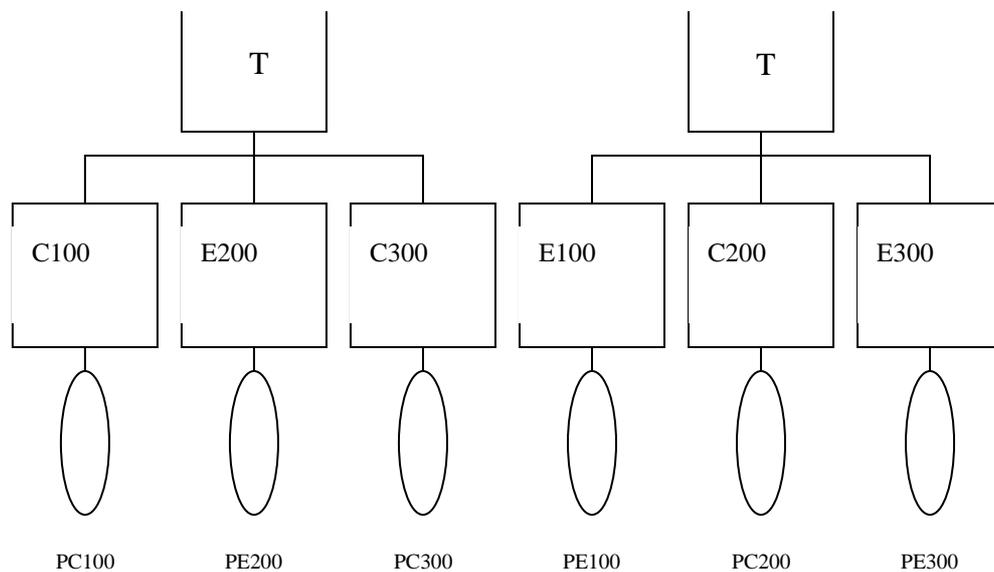


Figure 4: dessin du dispositif expérimental d'épuration des boues de vidange par système de lit de séchage planté à l'Université Yaoundé 1 (Kengne,2007).

T : tank de stockage; C : lits planté avec *C. Papyrus* ; E : lits plantés avec *E. pyramidalis* ; PC,PE : tank de percolation ; 100,200,300 : taux nominal de charge solide de 100, 200 et 300 kg de solide total/ m<sup>2</sup>/an

Pour chaque application, les boues et les percolats de chaque lit (unité) ont été analysés selon les paramètres physico-chimiques suivant : pH, conductivité, matière sèche, matière volatile en suspension, matière en suspension, Dose chimique en oxygène (DCO) et azote de Kjeldahl (Kengne, 2007)

D'après Aalbers (1999), les boues issues de ce système d'épuration nécessitent un traitement ultérieur. Heinss *et al.* (1998) (cit. Aalbers, 1999) suggère de purifier les boues par co-compostage avec des déchets organiques, ou après séchage, de les utiliser directement en agriculture. Ainsi, les boues issues du système par lit de séchage à macrophyte nécessitent un traitement postérieur car en général, le degré de pollution (DCO) rejeté dans le percola est encore trop élevé pour être rejeté dans le milieu extérieur (eaux de surfaces). Les boues de Yaoundé sont proches au niveau de leur composition de celles récoltées au Ghana. Or au Ghana, le traitement épuratoire sur lit de séchage est complété par une série de bassins de traitement. L'alternative d'utilisation après séchage, en agriculture est aussi intéressante. La raison empêchant de libérer directement le percola du système d'épuration dans le milieu extérieur est son degré trop élevé en éléments pathogènes.

### I.1.3 Système des latrines ECOSAN



Photo 5: latrine écologique ECOSAN construite par le CREPA, 2007 (Fink)

#### I.1.3 a- Le principe ECOSAN

Le CREPA a entrepris en 2001 un projet pilote de recherche sur l'assainissement écologique. Ce projet a été mis en place au Burkina Faso, à une vingtaine de kilomètre au nord de Ouagadougou. Cette recherche est supervisée par le siège et poursuit son avancée dans les antennes des différents pays du réseau CREPA.

Le programme de recherche en assainissement écologique du réseau CREPA, vise à tester et à promouvoir l'approche ECOSAN et les technologies d'assainissement écologique dans le contexte subsaharien particulièrement. En effet le principe d'assainissement écologique a déjà eu du succès dans de nombreux autres pays, mais il reste à percevoir s'il est adaptable aux pays subsahariens sur le plan socioculturel et climatique. ECOSAN signifie « assainissement écologique » (provenant de l'anglais : « ecological sanitation »). En plus de l'assainissement classique, ECOSAN met l'accent sur la protection de l'environnement.

ECOSAN facilite le traitement et la réutilisation des déchets à travers les processus suivants :

- stockage et assèchement
- compostage des déchets dans les fosses bien étanches
- stockage séparé des urines dans les bidons fermés
- élévation de la température et du pH
- réutilisation des sous-produits hygiénisés en agriculture. (CREPA, 2006)

Figure 5 : Les principes majeurs de la méthode d'assainissement écologique (ECOSAN)



Ainsi, plus qu'une construction et une méthode d'assainissement, ECOSAN est un concept permettant un assainissement durable.

### I.1.3 b- Le fonctionnement de la latrine écologique

Les latrines écologiques (latrines ECOSAN) ont une structure permettant alors de séparer les urines et les fèces qui subissent un traitement naturel (minéralisation) afin de les réutiliser postérieurement.

Le principe de l'assainissement écologique étant basé sur la protection de l'environnement, les fosses des latrines ECOSAN sont étanches afin d'éviter tout contact des déchets avec le sol. Sur ce point elles diffèrent des latrines VIP qui autorisent l'infiltration des liquides dans le sol. Ainsi on évite aussi toute pollution des eaux souterraines. La latrine est surélevée de 40cm d'une part pour faciliter la vidange manuelle une fois les boues stabilisées, et d'autre part pour éviter toute infiltration ou contact avec les eaux de ruissellement.

Les fosses ont une forme standard de  $0,4m^3$  chacune, calculée sur la base de 6mois à 1an d'accumulation de boues pour un ménage de 10 personnes. Elles sont équipées de tuyaux de

ventilation envoyant directement les odeurs en dehors de la superstructure. La fosse comporte deux petites fenêtres verticales de 40cm×40cm permettant de faire la vidange.

Le contenu des fosses doit être sec et ne comporter que les excréments donc il est interdit d'y mettre de l'eau, les urines et le papier hygiénique. De plus, de la cendre doit être ajoutée après chaque utilisation de la fosse. La cendre absorbe l'humidité, neutralise les mauvaises odeurs, et empêche les mouches de se poser sur les selles. Elle contribue aussi à assécher plus rapidement les selles afin d'accélérer leur hygiénisation (6mois à 1an après la fermeture de la fosse) (CREPA, 2006). L'application des cendres sur les fèces constitue le traitement primaire.

Les urines sont en effet déviées dans un bidon installé à l'extérieur de la superstructure et à côté de la fosse. La déviation s'obtient par la configuration du dispositif. Le trou de défécation est circulaire de 19cm de diamètre et la pente de la dalle doit drainer les urines vers un tuyau reliant au bidon de stockage. Cette séparation fèces/urine permet d'appliquer à l'urine un traitement simple basé sur le stockage qui conduit à l'autodestruction des germes.

Il est recommandé deux bidons par latrines pour respecter le temps d'hygiénisation avant réutilisation (au moins 45jours).

La superstructure est construite sur des dalles de la couverture des fosses. Elle est généralement couverte pour éviter les eaux de pluie. Un siège peut y être installé pour plus de confort. L'accès à la superstructure se fait par quelques marches (qui peuvent devenir une difficulté supplémentaire pour les personnes âgées ou handicapées).

Une des contraintes majeures de l'entretien de la latrine vient de l'application de cendres (20cl) après chaque usage, du lavage de la dalle pour lequel l'eau ne doit pas entrer dans le trou mais suivre l'écoulement des urines.

Lorsque la fosse est remplie au 2/3 il convient de niveler le contenu à l'aide d'un bâton, et de recouvrir la fosse jusqu'au bord avec de la terre sèche émietlée puis de la sceller. Le dispositif est constitué de deux fosses utilisées alternativement.

L'utilisation des latrines écologiques demande une certaine discipline. En effet, le papier hygiénique doit être jeté dans une poubelle annexe où il sera brûlé postérieurement. D'autre part, la toilette anale n'est pas non plus autorisée ce qui rend le dispositif inconfortable.

## **I.2. Caractéristiques des méthodes de traitement**

Nous avons choisi de présenter deux systèmes de traitement des boues très différents. Après avoir présenté leur principe, nous allons présenter leur mode d'épuration afin de comprendre ce qui les différencie et les spécifie. Pour cela nous allons analyser le type d'intrants et leurs caractéristiques, puis nous décrirons successivement les processus d'épurations agissant au sein des deux stations.

### *I.2.1 Caractéristiques de l'effluent à traiter*

Les deux processus d'épuration ont en commun d'épurer les matières fécales. Cependant selon le procédé de traitement l'effluent considéré n'est pas identique. En effet, le processus de traitement sur lit de sable à macrophyte utilise des boues de vidange dont la composition et la consistance sont très variables mais d'aspect plutôt liquide et où l'urine et les fèces sont mélangés ; alors que pour les latrines écologiques l'urine et les fèces sont dissociés pour subir deux traitements distincts. Nous présenterons successivement les boues, les urines et les fèces. Nous analyserons leur composition afin de mieux comprendre l'adaptation du traitement qui leur est assimilé.

### I.2.1 a- Les boues

Les boues de vidanges sont un mélange de matières fécales et d'urine de consistance et composition variable, collecté de des systèmes d'assainissement non raccordés au réseau d'égout (latrines traditionnelles, fosses septique, toilette publique)

Heins et al. (1998) distinguent deux types de boues de vidanges :

- type A : les boues concentrées, stockées quelques jours ou semaines. Biochimiquement instables, elles proviennent des toilettes publiques ou de grandes surfaces (hôtel, hôpitaux...)
- type B : les boues faiblement concentrées, stockées depuis plusieurs années partiellement stables (car partiellement minéralisées par digestion anaérobie partielle) et provenant des dispositifs d'assainissement individuel des ménages (latrines, fosse septique...)

Les méthodes de traitement doivent être appropriées en fonction du produit à purifier. En effet les boues de vidanges issues de Yaoundé proviennent des fosses septiques, de latrines traditionnelles et de toilettes publiques. La grande variabilité de fonctionnement de ces divers systèmes a une influence sur la composition des boues récoltées qui sont plus ou moins concentrées et plus ou moins minéralisées. Il est impossible d'établir une moyenne de la composition des boues récoltées à Yaoundé à cause du caractère trop variables de ces dernières. Cependant, dans son analyse le Professeur KENGNE établi les caractéristiques des boues utilisées sur le prototype.

Les boues issues des camions de vidange de Yaoundé présentent des concentrations élevées en solides, matières organiques et salinité. Cependant, les teneur trouvées sont similaires à celles des autres pays sub-sahariens tels que le Burkina-Faso ou le Ghana (Koné et Strauss, 2004 ; cit. Kengne, 2007).

Tableau 1 : Caractéristiques des boues appliquées sur les lits de séchage plantés (Kengne, 2007)

Paramètre	n	<b>moyenne</b>	médiane	minimum	Maximum
pH	35	<b>7.6</b>	7.5	6.6	9.3
Conductivité (mS/cm)	35	<b>3.0</b>	2.2	0.7	15.1
Matière sèche (g/L)	35	<b>33.4</b>	29.0	3.3	130
Matière sèche (%)	34	<b>3.3</b>	2.9	0.36	12.68
Matière volatile en suspension (%)	34	<b>62.6</b>	67.4	31.1	90.7
MES (g/L)	32	<b>33.4</b>	21.6	2.5	226
N (kjeldahl) (g/L)	33	<b>1.2</b>	0.9	0.3	3.9
DCO (g/L)	33	<b>29.9</b>	29.7	10.8	68.4

n= nombre d'échantillon

La matière sèche correspond aux résidus après évapotranspiration à 103 °C.

On peut effectuer une rapide comparaison des boues récoltées à Yaoundé avec celles récoltées à Douala. Les résultats suivant ont été obtenus suite à une étude menée par le Competing Bet, un cabinet d'expertise de Douala. Le tableau présente les analyses réalisées en fonction du type d'assainissement. Nous avons effectué nous même les moyennes et relevé uniquement les valeurs comparables à celles trouvées par KENGNE.

Tableau 2 : caractéristiques des boues de la Communauté urbaine de Douala (étude du cabinet Competing-Bet, 2007)

Paramètre	FS	LT	TP	P	Moyenne	Concentration moyenne des eaux usées tropicales
pH	7,0	7,0	6,6	6,7	<b>6,825</b>	6,5-8
Conductivité à 25°C (mS/cm)	3,718	4,075	3,795	1,026	<b>3,1535</b>	<1,5
Matière volatile en suspension(g/L)	15,9	13,8	22,4	1,2	<b>13,325</b>	-
Matière sèche (%)	2,8	2,4	4,0	0,2	<b>2,35</b>	<0,1%
Matière volatile en suspension(%)	56,8	57,5	56	60	<b>57,575</b>	-
MES (g/L)						
N (kjeldahl) (g/L)	0,861	1,686	1,046	0,122	<b>0,92875</b>	<0,1
DCO (g/L)	9	12	11	3	<b>8,75</b>	0,5-2,5

FS : fosse septique

LT : latrine traditionnelle

TP : toilettes publiques

P : puisard

Si nous comparons ces deux tableaux nous constatons que les boues sont similaires pour plusieurs paramètres tels que le pH, la conductivité qui reste élevée, le taux de matière sèche (légèrement plus élevé pour Yaoundé) et l'Azote de Kjeldahl (lui aussi légèrement plus élevé pour Yaoundé). Précisons, que l'Azote de Kjeldahl correspond à celui qui se trouve sous la forme de composés azotés organiques et d'ammonium (NH<sub>4</sub>). Il ne comprend pas les composés oxydés de l'azote tels que les nitrates et nitrites, ni certaines autres formes (oximes, hydrazines, hétérocycles). L'azote organique regroupe les formes protéiques, les polypeptides, l'urée et les acides aminés. (Définitions données par le guide « contrôle et suivi de la qualité des eaux usées », CREPA, 2007).

On note toutefois comme grande divergence dans la composition de ces boues, la concentration de DCO. En effet ce paramètre est nettement plus élevé pour les boues de Yaoundé. La DCO (Demande Chimique en Oxygène) est un indicateur de pollution dans un effluent. En effet la dégradation des matières organiques déversées dans un cours d'eau entraîne une consommation de l'oxygène dissous dans l'eau. Cela se fait au détriment des organismes vivants et peut entraîner l'asphyxie du milieu. La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Ainsi, par la mesure de la DCO, on peut évaluer la charge polluante d'une eau usée en matière organique avant et après un traitement physique, chimique ou biologique afin de contrôler l'efficacité du traitement épuratoire (CREPA, 2007). Ainsi, la charge polluante des boues de vidange de Yaoundé est nettement plus élevée qu'à Douala. La moyenne trouvée pour la DCO des eaux usées dans diverses villes du monde s'élève environ à 30g/L (Metcalf & Eddy, Inc. (1991), cit. A Doku Isaac, 2003). Donc Yaoundé est plus proche de cette moyenne.

D'autre part, si nous comparons les valeurs physico-chimiques des boues avec les valeurs moyennes des eaux usées, nous constatons que les boues ont encore des taux beaucoup trop élevés. Un taux trop élevé pour la conductivité ou pour l'azote, engendre des modifications de l'écosystème bactérien et a une influence aussi sur la survie de la faune et de la flore du milieu aquatique. Par exemple, une conductivité trop élevée provoque le flétrissement des plantes, provoqué probablement par un dysfonctionnement des pompes ioniques permettant à

la plante, en temps normal, d'absorber les ions. De plus, une trop forte teneur en DCO et MES provoque une diminution de la disponibilité en oxygène du milieu et donc une asphyxie du système. Les êtres vivants aérobies se trouvent alors confrontés à des conditions de vie difficiles.

Ainsi, les boues contiennent des éléments que l'on retrouve dans les fertilisants. Cependant si certaines doses ne sont pas respectées il peut y avoir l'effet contraire (dépérissement des plantes) et aussi une transmission de maladies.

C'est pourquoi il semble nécessaire, au vu de ces résultats, de prendre en compte le degré de pollution des matières fécales et d'effectuer un traitement pour éviter leur déversement à l'état brut dans l'environnement et éviter de ce fait une pollution nocive aux populations et aux écosystèmes.

#### I.2.1 b- Les urines

Dans le principe de latrines ECOSAN, les fèces et urines sont dissociés pour subir deux types de traitements distincts.

Un humain produit environ 400 litres d'urines par année, cette quantité d'urine étant composée de (le reste étant principalement de l'eau) (CREPA, 2006)

- 4kg d'azote
- 0,4 kg de phosphore
- 0,9 kg de phosphate.

L'urine contient des taux intéressants d'éléments nutritifs. Cependant il est nécessaire de s'assurer qu'elle est indemne de germes pouvant être transmis aux cultures.

Les urines dissociées des fèces vont subir une phase d'hygiénisation avant d'être réutilisées comme fertilisant dans l'agriculture.

#### I.2.1 c- Les fèces

Dans le système des latrines ECOSAN, les fèces subissent aussi un traitement à part. D'après les données des fiches techniques du CREPA (CREPA, 2006), un humain produit environ 25 à 50 kg de selles annuellement. Cette quantité de selles contient notamment :

- 0,55kg d'azote
- 0,18kg de phosphore
- 0,37 kg de potasse

Les fèces contiennent de nombreux autres éléments en petites quantités (chlorure, manganèse bore...). Leur constitution leur donne un haut pouvoir fertilisant.

Il nous semble intéressant de préciser qu'une fois que le corps humain a achevé sa croissance, la quantité de nutriments végétaux excrétés correspond essentiellement à celle qui a été consommée (EcoSanRes, 2004). C'est aussi par ce principe que la réutilisation des excréta dans la fertilisation agricole prend son sens dans la durabilité de préservation du système agricole (qualité du sol, rendement...). En effet, la quantité de nutriments consommés est environ la même que la quantité rejetée dans les excréta et donc peut être réutilisée pour produire la même quantité de nourriture consommée. Il y a alors une boucle qui est créée et permet la réutilisation durable des nutriments à travers diverses formes.

Les fèces sont composés de matière non digérée par l'organisme. Ainsi il est possible de retrouver des éléments polluants tels que les métaux lourds dans les excréta. D'après l'étude d'EcoSanRes, les concentrations de substances chimiques contenues dans les fèces sont inférieures à celles contenues dans les engrais chimiques (cadmium) ou le fumier (chrome ou plomb).

Les urines et les fèces sont des engrais complets à haut potentiel fertilisant et de contamination inférieurs aux métaux lourds. Les urines sont riches en azote, alors que les fèces sont plus riches en phosphore, en potassium et en matière organique.

Les trois types d'effluents à traiter ont donc une consistance et une composition très différente. Ils présentent des taux élevés en substances organiques pour les boues et fèces et de manière générale, de fort taux en azote, phosphore et potassium. Ce sont ces aspects qualitatifs qui leur donnent une importance et un potentiel de réutilisation. Nous allons à présent analyser quels traitement subissent ces matières fécales au cours des deux types de traitement.

### *1.2.2 Processus épuratoire par lit de séchage planté*

Les lits de séchage plantés sont définis comme étant des couches stratifiées de matériel granulaire (gravier/sable) sur lesquelles croissent des plantes émergées (roseaux...). Nous allons présenter dans cette partie le processus d'épuration du système, d'une part grâce à l'absorption par les plantes des nutriments nécessaires à leur croissance et présenterons de ce fait les interactions de symbiose existantes avec les microorganismes présents, d'autre part grâce à la succession de trois lits de matière poreuse (à porosité variable).

#### *1.2.2 a- l'absorption des nutriments par les plantes*

Les facteurs permettant la bonne croissance d'une plante sont l'eau, la lumière, un support racinaire et un apport nutritif suffisant. Il existe des facteurs limitants de croissance. Ses facteurs peuvent être soit au niveau des nutriments, dans ce cas il suffit de connaître l'élément qui fait défaut et d'en rajouter, soit il s'agit de facteurs tels que l'eau, le pH, la salinité, la lumière ou la température et dans ce cas aucun apport nutritif complémentaire n'améliorera le rendement, la croissance ou les développement de la plante.

Un nutriment est défini comme étant un élément essentiel dans la croissance de la plante. Ils sont de nature très différente. Les nutriments utilisés en plus grande quantité sont les éléments non minéraux c'est-à-dire le carbone, l'hydrogène et l'oxygène. La plante les assimile principalement sous la forme de CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone) dans l'air, et H<sub>2</sub>O (l'eau).

Dans les nutriments, on distingue les macronutriments et les micronutriments. Les macronutriments sont assimilés à une quantité 100fois plus élevées que les micronutriments. Les six éléments normalement classifiés en macronutriments sont : l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le soufre (S), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg). La plante assimile ces derniers principalement dans le sol sous forme ionique (EcoSanRes, 2004)

#### Azote :

L'azote est le principal facteur de croissance des végétaux (production globale de Matière sèche). Il est directement assimilable sous forme NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (nitrate) ou sous forme organique après minéralisation. La forme ammoniacale (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) se fixe sur le complexe absorbant, une partie se volatilise (NH<sub>3</sub>). Les principales sources naturelles d'azote assimilable par la plante sont la dégradation de la matière organique dans le sol et la fixation de l'azote par les microorganismes vivant en symbiose avec les racines de légumineuses (cas du haricot).

Une surconsommation d'azote provoque une trop forte croissance de la plante ce qui a pour conséquence d'augmenter sa sensibilité aux maladies et de diminuer la qualité de sa conservation.

#### Phosphate :

Il est disponible sous forme d'ions phosphoriques ( $H_2PO_4^-$ ,  $HPO_4^{2-}$ ) dans les complexes argilo humiques (forme diffusible agrégat avec les formes calciques et magnésiennes)

Il peut être immobilisé dans les sols acides sous forme d'hydroxydes d'aluminium et de fer sa libération se fait par chaulage et apport d'humus.

Le phosphate est un facteur de croissance et du développement racinaire, il favorise la fécondation, la maturation et la migration des réserves (Sopkam, 1990). L'approvisionnement naturel en Phosphate assimilable par la plante provient de la dissolution des phosphates solubles dans le sol et de la minéralisation de la matière organique (EcoSanRes, 2004).

#### Potassium :

En solution dans l'eau il est directement assimilable par la plante. En complexe argilo humique il est libéré ou échangé dans la solution du sol. Le potassium est très soluble dans l'eau. C'est pourquoi la plante a en général un bon approvisionnement en K. Cependant certaines cultures telles que les légumes ont en général des besoins assez élevés en cet élément, c'est pourquoi une fertilisation en K est parfois nécessaire.

Il améliore le transit de l'eau, diminue la transpiration, donne à la plante une résistance à la sécheresse, améliore la qualité des parois cellulaires (fermeté) et augmente la résistance aux maladies (Sopkam, 1990)

D'autre part, les micronutriments, même s'ils sont assimilés en quantités très inférieures sont aussi essentiels dans la croissance de la plante. Les éléments considérés comme micronutriments sont le bore, le cuivre, le fer, le chlorure, le manganèse, le molybdène et le zinc (Frausto da Silva & Williams, 1997 ; Marschner, 1997 ; cit. EcoSanRes, 2004). La majeure partie des micronutriments est nécessaire à la formation des enzymes. Normalement ils se trouvent en quantité suffisante dans le sol. D'après l'étude d'EcoSanRes, le risque d'insuffisance de ces microéléments reste assez rare est se trouve nettement minimisé par l'utilisation de d'excrétas humains qui contiennent tous les microéléments nécessaires et en quantité suffisantes pour la croissance des plantes.

#### I.2.2 b- Rôle des macrophytes

Les macrophytes peuvent croître grâce à l'absorption de nutriments présents dans les fèces comme nous l'avons vu ci-dessus. Les plantes ont un rôle dans l'élimination des polluants. Il y a en effet filtration par les racines et les tiges entremêlées, absorption des sels, diminution des rayons solaires, transfert de gaz et chaleur de l'eau à l'air. La plante est intéressante seulement si sa croissance est régulière et continue, si elle absorbe une grande quantité de nutriments et si les paramètres mesurés sont facilement contrôlables. Nous avons vu aussi que l'effluent à traiter par les macrophytes a une conductivité élevée. La plante doit aussi être résistante à cette conductivité et au fort taux de nutriment. En effet dans certains processus expérimentaux, les plantes se flétrissent et n'assurent plus un bon rendement épuratoire. C'est pourquoi la quantité de boues déversées doit être contrôlée afin de déterminer les seuils optimum de rendement de *Cyperus papyrus* et *Echinochloa pyramidalis*. Les macrophytes épurent la matière fécale en diminuant le taux d'éléments nutritifs tels que l'azote, le phosphate et le potassium mais aussi de quelques métaux lourds et en favorisant l'activité microbiologique qui permet de transformer la matière fécale en humus par les

processus de minéralisation. Il existe en effet une symbiose entre les plantes et les microorganismes présents dans le système. Les éléments absorbés par les macrophytes sont soit directement disponibles dans les boues soit sont issus de processus de décomposition effectué par les microorganismes présents dans le milieu.

La récolte des macrophyte est nécessaire pour maintenir un bon rendement épuratoire et éviter l'asphyxie du système.

#### I.2.2 c- Rôles des microorganismes

Les fèces contiennent de nombreux microorganismes qui contribuent à la minéralisation de la matière organique si les conditions d'activité (humidité, oxygénation, température...) leur sont favorables. Les microorganismes dégradent la matière organique, produisent de l'énergie et rejettent dans le milieu  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ . Ces éléments contenus dans l'effluent sont absorbés par les plantes (Reddy, 1983 ; Debusk et Reddy, 1987 ; cit. Sopkam, 1990). Les nutriments non directement absorbables par la plante sont ainsi transformés par les microorganismes au cours de réactions chimiques et acquièrent ce caractère absorbable ou soluble dans l'eau.

Il est alors nécessaire, pour entretenir, le bon fonctionnement de l'écosystème, de maintenir les conditions du milieu optimales pour ces microorganismes. Pour cela il serait intéressant de connaître la composition exacte des fèces en microorganismes et d'établir les conditions optimales de leur activité. Toutefois, nous savons qu'une symbiose entre microorganisme et macrophyte existe et améliore les conditions de l'écosystème.

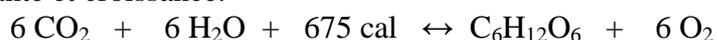
#### I.2.2 d- Symbiose entre microorganismes et macrophytes

La coopération qui s'effectue entre les microorganismes et les plantes est nécessaire pour le bon fonctionnement épuratoire du système. D'une part il y a une dégradation et une minéralisation des matières organiques par les microorganismes et d'autre part une absorption de nutriments minéraux par les plantes.

Une grande partie de la matière organique des boues est minéralisée par les décomposeurs (bactéries et champignons). C'est décomposeurs ont déjà effectué une minéralisation partielle des boues lors du stockage dans la fosse. Une partie peut-être directement assimilable par certains animaux (proto et métazoaires aussi présents dans les boues.). La digestion et la décomposition de cette matière carbonée sont sources de production de  $\text{CO}_2$ . Les organismes hétérotrophes (animaux et bactéries aérobies), capables de synthétiser la matière organique à partir de matière organique préexistante, utilisent cette matière carbonée pour synthétiser leur propre matière organique. Ce processus est consommateur de  $\text{O}_2$ . Les organismes autotrophes (plantes), c'est-à-dire capables de synthétiser la matière organique à partir de composés minéraux, assimilent le  $\text{CO}_2$  présent dans le milieu grâce au processus photosynthétique. La journée (phase photosynthétique) ces organismes autotrophes rejettent du  $\text{O}_2$  et font augmenter le pH, et durant la nuit (phase non phototsynthétique) ils rejettent du  $\text{CO}_2$  et font ainsi diminuer le PH, c'est la respiration. Ces réactions se font selon les réactions suivantes :

Phase photosynthétique :

Durant la phase photosynthétique, il y a consommation de  $\text{CO}_2$  permettant l'assimilation de carbone utilisé dans la synthèse de matière carbonée. Il y a alors augmentation de matière sèche de la plante et croissance.



La consommation de CO<sub>2</sub> diminue la formation d'acide carbonique (cf réaction ci-dessous) et ainsi la quantité d'ions H<sup>+</sup> (facteur d'acidité) ce qui a pour conséquence d'augmenter le pH.

Phase non photosynthétique :

La nuit, les algues consomment de l'oxygène dissous et libèrent du CO<sub>2</sub>; c'est la respiration.



La transformation successive pendant la phase non photosynthétique du dioxyde de carbone en acide carbonique puis en carbonate a pour conséquence une augmentation d'ions H<sup>+</sup> ce qui a pour effet de diminuer le pH.

L'oxygène dissous suit un cycle où il augmente le jour et diminue la nuit. Si cet oxygène est totalement consommé la nuit et arrive à zéro, tous les microorganismes aérobies vont mourir et le cycle ne pourra pas redémarrer. C'est le phénomène d'eutrophisation, les eaux ne sont plus épurées, les transformations deviennent anaérobies et développent des mauvaises odeurs (H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub> ... et dérivés).

Les éléments nutritifs issus de la matière organique se présentent sous la forme soluble, colloïdale et particulaire. Incorporés par les plantes en présence de lumière et de CO<sub>2</sub>, il y a production de matière végétale. La principale source d'énergie est le rayonnement solaire (photosynthèse). C'est aussi le processus photosynthétique qui fournit l'O<sub>2</sub> nécessaire aux bactéries aérobies. Ainsi, l'écosystème est régulé.

Il est nécessaire de contrôler régulièrement le bon fonctionnement du système épuratoire. Il existe des risques de colmatage, et de toxicité pour les plantes dû à la qualité de l'effluent.

En effet, une accumulation trop rapide des boues risque d'empêcher le développement normal des végétaux. C'est à dire que l'application d'une charge organique trop importante et à intervalles de temps trop courts en phase de démarrage risque d'engendrer des conditions d'anaérobiose propices au flétrissement des plantes.

En effet, des études (Armstrong *et al.*, 1990 ; Brix et Schierup, 1990 ; cit. Troesch, 2005) ont montré que les roseaux (comme la plupart des végétaux aquatiques se développant dans des sols saturés) excrètent de l'oxygène au niveau de leur racines pour absorber leurs éléments nutritifs sous forme oxydée. Néanmoins, dans un milieu fortement chargé en matière organique fermentescible, les roseaux ne sauraient par eux mêmes, maintenir une présence d'oxygène suffisante pour éviter le développement de conditions anaérobies. Celles-ci exerceraient alors une toxicité compromettant le développement des plantes et par voie de conséquence la pérennité du processus épuratoire.

Il est important de noter, que d'autres organismes bénéficient de l'apport de dioxygène par les plantes. Il s'agit des agents pathogènes entrant en concurrence avec les microorganismes minéralisateurs. En effet, sur des expérimentations pilotes (Troesch, 2005) il a été détecté des dysfonctionnements dus à une contamination des macrophytes par des œufs d'helminthes. Il est donc aussi nécessaire de contrôler le niveau d'infestation des boues déversées dans la station.

### I.2.2 e- Epuration par filtration sur lits à granulométrie variable

Le filtre est constitué de 3 lits de sable à granulométrie différente. Le choix de la dimension et de la qualité des filtres est déterminant vis-à-vis de la qualité et de l'efficacité du traitement épuratoire. La 1<sup>ère</sup> couche filtrante, le sable, doit avoir une perméabilité initiale suffisante pour garantir une vitesse d'infiltration adaptée, après colonisation par la biomasse épuratoire. Si la qualité du 1<sup>er</sup> filtre est mauvaise, les risques de colmatage sont élevés. C'est pourquoi il est avantageux que le taux de MES de l'effluent soit le plus faible possible pour éviter les risques d'obstruction et de colmatage. D'autre part, on considère que le pouvoir de rétention d'eau de la couche de gravier grossier est nul dans la mesure où celle-ci ne fait que drainer l'effluent et ne le retient en aucun cas.

Les porosités des différentes couches sont celles du substrat vierge, et diminuera au cours du temps selon l'accumulation de la matière organique, le développement de rhizome...

Ainsi, la succession de plusieurs couches à granulométrie variable, permet une bonne séparation des phases liquides et solides de l'effluent.

Le lit de séchage planté est donc un système présentant divers procédés permettant d'épurer l'effluent. Il s'agit avant tout d'un système permettant de séparer la phase liquide de la phase solide constituant les boues de vidanges. C'est au cours de cette séparation que s'effectuent les différents traitements d'épuration. L'avantage des lits de séchage plantés par rapport aux lits non plantés réside dans le fait que le système de racines des roseaux crée une structure poreuse dans les filtres et permet ainsi de maintenir leur capacité à déshydrater les boues durant plusieurs années. Il est prévu de retirer les boues seulement après 5 à 6 ans d'exploitation.

Nous avons vu que les boues de vidanges sont riches en éléments utilisables par la plante. Ces nutriments sont soit directement utilisables, soit ils sont transformés par les microorganismes présents dans le système (minéralisation et nitrification principalement). Ces microorganismes ont un métabolisme aérobie et l'oxygène qui leur est nécessaire, leur est fourni par les macrophytes. L'écosystème doit cependant être rigoureusement contrôlé afin qu'il ne se dérègle pas et ne soit pas atteint de dysfonctionnements dus à une conductivité trop élevée entraînant la mort des macrophytes, ou à une infection par des agents pathogènes. Les faibles coûts d'exploitation et de maintenance représentent également un point positif de ce système de traitement notamment pour les pays des régions subsaharienne.

Nous verrons dans la partie suivante si les sous produits issus de ce système d'épuration sont sains afin de les réutiliser immédiatement dans divers domaines.

### *1.2.3 Processus épuratoire des latrines ECOSAN*

Le principe d'assainissement ECOSAN est une méthode qui intègre les excréta humains dans le cycle naturel des nutriments pour en faire bénéficier les humains et l'environnement en général. Il est basé sur le principe du développement durable qui consiste à répondre aux besoins présents sans compromettre les besoins de générations futures.

#### *1.2.3 a- La composition des urines lors du traitement et à l'utilisation*

##### Azote :

L'urine recueillie dans les bidons des latrines ECOSAN n'a subi aucun traitement. A son excrétion elle a un pH d'environ 6 (mais qui peut varier entre 4,5-8,2) (Lentner et al., 1981 ; cit. EcoSanRes, 2004). 75-90% de l'azote est excrété sous forme d'urée et le reste principalement sous forme d'ammonium et de créatinine (Lentner et al., 1981 ; cit.

EcoSanRes, 2004). L'urée est un composé que l'on retrouve souvent dans les engrais azotés importés. En présence d'uréase (enzyme dégradant l'urée), présente dans le sol, l'urée est dégradée en ammonium selon la réaction suivante :



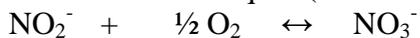
L'ammonium est directement utilisable par la plante et est de ce fait un très bon engrais azoté.

Certaines cultures utilisent préférentiellement les nitrates. Ceci ne pose pas de problème si l'activité microbienne du sol le permet. La transformation et l'utilisation demandent cependant plus de temps. Les deux formes bactériennes présentant cette capacité de transformer l'ammonium en nitrate sont l'action cumulée de Nitrosomonas et Nitrobacter.

- Les bactéries nitreuses (Nitrosomonas, Nitrococcus) effectuent la nitrification : elles oxydent l'ammoniaque en nitrites (SOPKAM, 1990)



Les bactéries nitriques (Nitrobacter) : elles oxydent les nitrites en nitrates (SOPKAM, 1990)



- La transformation cumulée :



Lors de la phase séparant l'excrétion de l'urine et son utilisation, il existe une phase de latence d'environ 45 jours. Durant cette période, l'urine est stockée dans un bidon. Elle subit alors une autoépuration surtout au niveau des germes bactériens. Ces derniers ont une durée de vie limitée surtout si la température est élevée dans le bidon (à cause du soleil) et si les conditions sont anaérobies. Cependant l'urine rejetée peut être réutilisable directement pour la fertilisation des cultures car elle contient soit de l'ammonium directement utilisable par la plante ou qui peut être transformé en nitrate par des bactéries du sol, soit de l'urée qui est dégradé en ammonium.

#### Phosphate :

Le phosphate contenu dans l'urine est à 95-100% inorganique et excrété sous la forme d'ions phosphates (Lentner et al., 1981, cit. EcoSanRes, 2004). Ces ions sont directement réutilisables par la plante. Ainsi, l'urine est un très bon fertilisant pour l'élément phosphate.

#### Potassium :

Il est excrété dans l'urine sous forme d'ions et est directement utilisable par la plante. Il s'agit de la même forme que celle fournie par les engrais chimiques.

Les urines possèdent un grand pouvoir fertilisant car très riche en azote (principalement sous forme d'urée) disponible immédiatement ( $\text{NH}_4^+$ ) ou après une transformation enzymatique ou bactérienne, et donc assimilable par la plante. Le phosphate et le potassium sont eux aussi disponible immédiatement car sous forme ionique et donc soluble dans l'eau.

D'autre part, les urines proviennent d'un processus de filtration par les reins et ne présente généralement pas de possibilité de contamination (sauf s'il y a infection des voies urinaires).

#### I.2.3 b- La minéralisation à sec des fèces

Les fèces nécessitent souvent un traitement primaire suivi d'un traitement secondaire avant une quelconque réutilisation. La distinction entre ces deux traitements est souvent diffuse.

Le traitement primaire est celui survenant lors de la collecte. Dans les systèmes secs comme le principe de la latrine écologique, cela survient sous la toilette pendant la période de collecte des fèces. Le traitement primaire a plusieurs objectifs :

- diminuer les risques d'odeurs
- diminuer les risques de prolifération des mouches
- diminuer les risques hygiéniques (c'est-à-dire le nombre d'agents pathogènes dans les fèces)

Dans un système sec, le traitement primaire correspond par exemple à l'ajout de cendres après chaque utilisation. C'est le cas des latrines écologiques.

Le traitement secondaire se produit quand la période de collecte est terminée. Il peut avoir lieu dans les toilettes (fosses) par exemple. L'objectif de ce traitement consiste à transformer le mélange de fèces en un état où il est inodore et visuellement non répulsif. Cela signifie qu'il ne serait plus possible de distinguer les morceaux de fèces.

Les fèces contiennent aussi des nutriments. Cependant contrairement aux urines qui présentent des nutriments sous forme hydrosoluble, les nutriments contenus dans les fèces sont pour une partie aussi hydrosoluble mais pour la plupart les nutriments sont combinés à de grandes particules non solubles dans l'eau. Seul 50% de l'azote et une grande majorité du K sont hydrosolubles. Le P se trouve principalement sous forme de particules de phosphate de calcium qui ne se solubilisent que lentement dans l'eau (EcoSanRes, 2004).

Ainsi la disponibilité pour la plante des nutriments contenus dans la matière fécale est inférieure et plus lente que pour l'urine. Une grande partie du P et de l'N doivent subir au préalable une transformation dans le sol avant d'être assimilés par les plantes.

L'utilisation de la cendre pour accélérer la dessiccation favorise aussi le processus de minéralisation. Si la cendre utilisée est végétale, alors elle est riche en K, P et calcium. L'ajout de cendre permet aussi d'élever le pH de la fosse et contribue à la régulation de la dégradation biologique qui s'effectue dans la fosse, permettant ainsi de minimiser les pertes de matières organiques et d'azote du mélange fécal.

Lors du processus de séchage, la majeure partie des nutriments et de la matière organique sont conservés. Seul l'azote se perd sous forme d'ammoniaque. Certaines matières organiques se dégradent très facilement et se perdent sous forme de dioxyde de carbone et d'eau. Cependant si le séchage de la fosse est rapide, les pertes sont relativement faibles car l'activité biologique ralentit et cesse lorsque le niveau d'humidité est trop faible. Dans ce cas, c'est uniquement une partie des produits organiques et de l'azote hydrosoluble (soit environ 50% de l'azote total du début) qui risque de se perdre (Trémolières et al., 1961 ; cit. EcoSanRes, 2004). Si le séchage est plus lent, il se produit plus de dégradation biologique et les pertes des produits organiques et d'azote sont plus grandes.

La minéralisation de la MO grâce aux microorganismes du sol (bactéries, protozoaires, champignons...) est plus ou moins rapide en fonction de la température, de l'humidité... Il y a alors formation d'humus stable et une libération progressive de tous les composés minéraux ou gazeux ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ...) dans l'eau interstitielle. La disponibilité pour les plantes des éléments fertilisants de la matière organique (N, phosphore ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) potasse ( $\text{K}_2\text{O}$ ) oligo-éléments (fer, manganèse, bore, amine...)) est retardée et se fait alors de manière progressive

Dans les fosses, il existe aussi des insectes tels que les cafards ou vers qui se nourrissent de la matière fécale et contribuent grandement à sa minéralisation.

Il est à noter que le processus des latrines ECOSAN est déjà mis en place dans des pays du réseau CREPA et ont prouvé leur efficacité. Elles présentent certes des avantages et inconvénients mais en conclusion, sont plus adaptées à traiter les déchets fécaux de groupes (familles) en zones rurales où le système récolte des boues par camion de vidange est inexistant.

### **I.3. Sous produits après traitement**

Après avoir étudié les processus de deux types de traitement nous allons identifier les sous-produits à leur sortie et déterminer leur potentiel de réutilisation. Nous procéderons alors à une analyse physico-chimique, voir bactériologique des sous-produits d'après les données disponibles afin de déterminer leur composition.

Nous évaluerons aussi les limites probables des dispositifs de traitement présentés.

#### *I.3.1 Station d'épuration par lit de séchage planté*

##### **I.3.1 a- Les sous-produits du traitement**

D'après le fonctionnement du traitement d'épuration par lit de séchage à macrophytes, nous pouvons déterminer l'existence de divers sous-produits. En effet, du produit de départ (boues de vidange) trois composants peuvent être potentiellement réutilisés. Il s'agit :

- de l'eau du percola récoltée dans les barils de 220L
- des rejets végétaux (macrophyte)
- des boues formant une croûte à la surface des bassins.

A partir du fonctionnement du système d'épuration et données bibliographiques nous allons essayer d'analyser la composition de ces rejets afin de savoir s'il peuvent être réutiliser postérieurement à ce traitement.

##### **I.3.1 b- Composition des sous-produits**

###### Caractéristiques du percola :

Le percola est l'effluent récolté à la sortie du système dans les barils de 220L. Il résulte de la séparation de la phase liquide et solide contenue dans les boues. L'effluent provient du passage de la phase liquide par gravité à travers le système de filtration sur gravier et il y subit alors une épuration en se libérant des grosses particules en suspension mais aussi grâce à l'action des végétaux qui prélèvent une partie de nutriments solubles qu'il contient.

Dans son étude, Kengne établit les caractéristiques du percola pour les paramètres (pH, conductivité, MS, MVS, MES, Nkjeldahl, DCO) pour chaque baril (cf. [tableau...](#))

Les résultats obtenus sont, pour une même espèce, sensiblement égaux, donc la charge de boues déversée dans l'unité d'épuration n'a que peu d'influence. Nous remarquons toutefois que le taux de MS contenu dans le percola diminue lorsque la charge déversée augmente. Il en est de même pour les MVS et MES. Nous avons calculé une moyenne pour chaque espèce et une moyenne générale. Il faut noter que les chiffres ainsi obtenus ne tiennent pas compte de la charge de boues que reçoivent les différents pilotes (cf. [tableau 3](#)).

Tableau 3 : Caractéristique du percola (Kengne, 2007)

Paramètres	C . papyrus			E. pyramidalis		
	C100	C200	C300	E100	E200	E300
pH	6.87±1.02 (5.03-9.02)	6.98±0.95 (5.65-9.35)	6.98±0.93 (5.56-9.00)	6.99±1.05 (6.88-9.87)	6.84±1.07 (6.65-9.39)	7.36±0.93 (6.17-9.45)
Conductivité (mS/cm)	2.0±1.5 (0.4-7.4)	2.0±2.0 (0.3-7.7)	2.1±2.2 (0.4-10.1)	2.2±2.0 (0.3-9.5)	2.4±2.2 (0.5-8.6)	2.2±2.4 (0.5-10.5)
MS (g/L)	3.3±1.8 (0.2-7.1)	2.4±2.0 (0.4-9.8)	2.9±4.1 (1.6-20.1)	4.4±1.1 (1.6-8.1)	4.0±2.2 (0.6-8.1)	2.7±2.7 (0.3-13.0)
MVS (g/L)	1.5±0.7 (0.3-3.1)	1.2±1.3 (0.1-6.4)	1.0±0.9 (0.3-3.0)	2.0±1.0 (0.3-4.4)	1.5±1.1 (0.1-5.3)	0.9±0.7 (0.1-2.7)
MES (g/L)	0.4±0.7 (0.05-3.7)	0.2±0.2 (0.02-0.8)	0.1±0.1 (0.008-0.8)	0.2±0.2 (0.02-0.7)	0.3±0.5 (0.009-2.2)	0.2±0.3 (0.01-1.5)
N (kjeldahl) (g/L)	0.2±0.2 (0.03-0.9)	0.2±0.2 (0.03-0.9)	0.3±0.4 (0.04-1.8)	0.3±0.4 (0.02-1.6)	0.3±0.3 (0.04-1.3)	0.3±0.5 (0.05-2.1)
DCO (g/L)	0.8±0.6 (0.08-2.1)	0.6±0.5 (0.1-1.7)	0.5±0.5 (0.1-2.0)	0.7±0.4 (0.1-1.7)	0.8±1.1 (0.1-6.3)	0.8±1.5 (0.1-7.4)

Tableau 4 : Moyennes des tables caractéristiques du percola (d'après les résultats de Kengne, 2007)

PARAMETRES	C PAPYRUS	E.PYRAMIDALIS	MOYENNE TOTALE
Ph	6,94	7,06	<b>7,00</b>
Conductivité (mS/cm)	2,03	2,27	<b>2,15</b>
MS (g/L)	2,87	3,7	<b>3,28</b>
MSV (g/L)	1,23	1,47	<b>1,35</b>
MES (g/L)	0,23	0,23	<b>0,23</b>
Nk (g/L)	0,23	0,3	<b>0,27</b>
DCO (g/L)	0,63	0,77	<b>0,7</b>

D'autre part, la DCO, initialement à 29,9g/L est passée pour tous les percolas à un taux inférieur à 0,9 g/L. Entre l'effluent entrant et l'effluent sortant, il y a donc eu une diminution importante des concentrations solides, minérales et organiques et ceci indépendamment du type de plante et de la charge à laquelle étaient soumises les unités. Ainsi, le système a permis une bonne diminution de la pollution de l'effluent.

#### Caractéristiques des plantes :

Il n'existe pas précisément d'analyses faites sur les espèces *Echinochloa* et *Cyperus* lors de leur incorporation dans une station d'épuration de type lit de séchage à macrophyte. Il nous est donc impossible de faire une quelconque distinction dans les caractéristiques de ces deux espèces à l'issue du traitement. Troesch (2005) note seulement que *E. pyramidalis* semble mieux s'adapter lors de la phase d'acclimatation que *C. papyrus*. Ceci se traduit par une plus grande colonisation des unités de séchage. La capacité d'évapotranspiration de *E. pyramidalis* est plus importante ce qui accentue la siccité de la boue. Nous avons vu les capacités d'absorption des nutriments par les plantes en général, et nous estimons que ces observations s'appliquent aussi à ces deux espèces.

Les macrophytes du système absorbent une partie des nutriments et une infime partie des métaux lourds pouvant être présents dans les boues. Elles diminuent ainsi principalement les taux d'azote et de phosphates principaux agents d'eutrophisation des milieux. Cette absorption de matière leur permet d'assurer leur croissance si les conditions du milieu (humidité, lumière, température...) ne sont pas des facteurs limitants. Leur développement se caractérise par l'apparition de nouveaux organes tels que des racines ou des feuilles. Leur croissance s'observe par un agrandissement des organes (système racinaire, tige ou feuilles). Le développement du système foliaire améliore la photosynthèse et aussi l'évapotranspiration, ce qui permet une accélération progressive de l'assèchement des boues déversées en substrat. De plus, le développement du système racinaire augmente, lui, les échanges eau/air/nutriments avec les microorganismes augmentant ainsi le processus d'épuration et d'autre part participe beaucoup au processus de filtration, empêchant ainsi le colmatage. L'ensemble de ces facteurs augmente la capacité d'épuration de la station. Notons toutefois que des facteurs limitants entrent en compte. Nous verrons ultérieurement les limites d'épuration en fonction de la densité ou de l'accroissement des plantes par exemple.

Les plantes nécessitent cependant un temps d'adaptation aux taux de nutriments contenus dans les boues. Cette adaptation doit être progressive et sélective afin d'adopter les plantes les plus résistantes pour les utiliser dans la station. En effet, nous avons vu qu'une trop forte conductivité et un taux de matière azotée trop élevé, diminuaient la résistance aux maladies des plantes. De même, nous avons vu qu'il existe une dose de nutriment à ne pas dépasser pour ne pas intoxiquer la plante. Certaines infections par des agents pathogènes (bactéries, virus, helminthes) peuvent endommager les plantes et diminuer leur efficacité épuratoire. Grâce à l'élaboration de lits comportant des charges de boues différentes il est possible d'établir des taux de charge optimums afin de créer un écosystème le plus adapté possible aux exigences de fonctionnement des plantes mais en répondant toutefois aux exigences épuratoires fixées.

#### Caractéristique des boues :

Les boues résultantes se distinguent des boues déversées par leur composition différente. Elles forment une croûte à la surface du lit et peuvent présenter selon les conditions de la station un craquèlement. Nous n'avons trouvé aucune bibliographie donnant la composition des boues après épuration. Cependant selon ce que nous connaissons des rendements épuratoires du percola et de l'action des plantes nous pouvons déterminer approximativement l'état des boues à l'issue de ce traitement. Elles se caractérisent par leur aspect plus sec et plus minéralisé. En effet par l'action des microorganismes et des plantes, la matière carbonée contenue dans les boues subit une dégradation. Les deux principaux systèmes de dégradation de la matière carbonée sont la sédimentation suivie de la minéralisation par des bactéries hétérotrophe dont l'oxygène est apporté par symbiose avec les macrophytes. Les boues sont en effet riches en microorganismes capables de dégrader et réutiliser la matière organique. Ils participent au processus d'humification. Si les boues sont correctement dégradées, elles ne produisent pas d'odeur et adoptent l'aspect d'un terreau.

La composition des boues à la sortie de la station est aussi très variable étant donné que la charge appliquée aux lits de séchage diffère. Troesch estime une siccité des boues à environ 35%.

Nous verrons que les boues peuvent limiter les performances épuratoires de la station et d'autre part, qu'il existe des paramètres limitant la réutilisation des boues.

### I.3.1 c- Rendement épuratoire

#### Le rendement épuratoire de la station :

Nous observons certes une diminution de pollution de l'effluent mais nous pouvons aussi déterminer le taux du rendement épuratoire de la station en fonction du type de macrophyte et de la charge des unités pilotes. Le tableau suivant présente les pourcentages d'abattements des stations pilotes de l'étude de Kengne (2007).

Tableau 5: le pourcentage d'abattement des différents pilotes (minimum maximum) (Kengne, 2007)

Paramètres	C. papyrus			E. pyramidalis		
	C100	C200	C300	E100	E200	E300
MS (%)	91.3 (66.2-99.7)	92.6 (74.4-99.8)	94.0 (62.6-99.9)	88.3 (47.4-98.7)	90.8 (60.8-99.8)	91.0 (64.6-99.9)
MES (%)	99.2 (96.1-99.9)	99.4 (98.0-99.9)	99.5 (95.2-99.9)	99.0 (95.2-99.9)	98.6 (78.5-99.9)	98.2 (78.6-99.9)
N (kjedahl) (%)	88.4 (59.6-99.5)	86.0 (-14.7-99.6)	86.9 (32.1-99.9)	89.2 (56.5-99.2)	87.8 (29.8-99.9)	89.1 (75.2-99.8)
DCO (%)	97.8 (82.2-99.9)	98.7 (92.1-99.9)	98.7 (96.7-99.9)	98.7 (96.7-99.9)	97.9 (73.4-99.9)	97.8 (78.0-99.9)

Malgré les taux de charge polluante élevés, le tableau montre des rendements épuratoires élevés : les rendements épuratoires sont supérieurs à 88% pour les MS, 92% pour les MES et à 98% pour la DCO. Les taux d'abattements basés sur les différences des flux entrants et sortants montrent que plus de 85% des solides et des matières organique ont été retenues par le système. Ils sont très satisfaisants, et le flux sortant a alors une composition beaucoup moins polluante. Nous verrons dans la partie suivante si ces taux d'abattement sont suffisants pour dire que le percola peut être réutiliser sans autre traitement.

#### L'évolution du rendement épuratoire et durée de vie de la station :

Cependant ces rendements épuratoires sont susceptibles de fluctuer en fonction de la durée de vie du système d'épuration. L'étude de Troesch (2005) s'est faite sur la mise en place des mêmes pilotes que ceux sur lesquels travail Kengne. L'analyse des variations des rendements épuratoires pour les 3 premiers mois de mise en place de la station nous donne une estimation de la durabilité du fonctionnement du système (cf. annexe 4).

Troesch (2005) confirme l'efficacité du traitement pour les matières en suspension (entre 91,3 et 99%) et pour la DCO (entre 92,7 et 99,4%).

Les performances en DCO augmentent en fonction du temps et donc selon la charge appliquée et l'épaisseur de la couche de boue résiduelle.

Au contraire, les performances d'épuration en NH<sub>4</sub> observées par Troesch (2005) se situent entre 70,8 et 99,1% pour l'ensemble des pilotes. Ses résultats montrent une baisse de la performance épuratoire dans l'élimination de la matière azotée. Il observe en parallèle une diminution du potentiel redox au sein du filtre ce qui implique la présence de conditions d'anaérobies. Ainsi, le mécanisme de nitrification, principal mécanisme de dégradation de l'azote par les bactéries autotrophes, se trouve fortement diminué en zone anaérobie.

Il s'agirait de mieux aérer le système par la mise en place de drains et de cheminées de ventilations comme il en existe déjà sur le dispositif en fonctionnement à Bangkok.

### Les facteurs influençant la performance épuratoire du système.

#### ➤ Effet du colmatage et charge déversée

Le colmatage est l'effet d'obstruction des pores permettant l'écoulement d'un effluent. Il est une limite au bon fonctionnement du système. Dans le cas de la station, les raisons de colmatage sont diverses. Elles peuvent résulter d'une trop forte concentration des boues en MES, d'une charge d'application des boues sur les unités de séchage trop grande, d'une obstruction des pores par un système racinaire trop développé,...

On distingue trois types de colmatages :

- Un colmatage physique, dû à l'accumulation de MES,
- Un colmatage biologique induit par la croissance de la flore bactérienne dégradant la matière organique
- Un colmatage végétal, accentué par le développement de rhizomes

D'après les résultats donnés par Kengne, la charge de boues de 100kg de MS/m<sup>2</sup>/an correspond au plus faible taux de charge hydraulique et donc à un effet de colmatage très rare. En effet, 91% des lits constitués de *C.papyrus* et 97% des lits constitués de *E.pyramidalis* n'ont pas subi de colmatage à ce taux de charge. La fréquence de colmatage augmente avec le taux de charge en boues. En effet, à un taux de charge de 300kg de MS/m<sup>2</sup>/an, les résultats donnés par Kengne montrent que plus de 24% et 15% des unités de séchage, respectivement pour *C.papyrus* et *E.pyramidalis*, on subit un fort colmatage. A ce taux de charge très élevé, l'effet du colmatage a pour conséquence le développement d'algues, mouches et mauvaises odeurs.

Ainsi, le système le plus approprié pour la séparation solide/liquide des boues, du fait qu'il présente le taux le moins fort de colmatage, est le système doté d'une charge de boues de 100kg de MS/m<sup>2</sup>/an quelque soit l'espèce de macrophyte.

#### ➤ Type et densité de plantes

Les deux types de plantes semblent bien s'être acclimatés à la charge de boues. On observe une légère facilité d'adaptation pour l'espèce *E.pyramidalis*, avec un passage de 11 individus à plus de 100 par m<sup>2</sup> pendant le premier mois de l'expérimentation (Troesch, (2005) ; Kengne, (2007)). Une trop forte densité de plante diminue l'accès des rayons solaires sur les boues et a tendance à conserver une atmosphère humide dans l'unité de séchage, et diminue ainsi la rapidité de séchage des boues. D'autre part si le système racinaire devient trop dense il contribue alors au colmatage.

Il est nécessaire d'entretenir les lits de séchage en maintenant une population de macrophytes autour de 100 individus.

Les deux critères indicateurs du moment de récolte des macrophytes sont la chute des feuilles et l'apparition de plantules sur le système aérien et non à partir des rhizomes (Kengne, 2007). Il est alors nécessaire de diminuer la densité de plantes présentes dans l'unité de séchage.

#### ➤ Pourcentage de matière sèche en fonction de la charge et du type de plante

D'après les résultats de Kengne (2007), le taux de charge influence la quantité de matière sèche finale des boues. En effet, avec un taux de charge de 100kg de MS/m<sup>2</sup>/an, l'épuration des boues a été la plus efficace avec un taux de matière sèche supérieur à 30%. Le processus d'épuration semble plus efficace avec l'espèce *E.pyramidalis*. Cette différence serait due au plus faible taux d'évapotranspiration de *C.papyrus*, pour des raisons morphologiques. La forte évapotranspiration de *E.pyramidalis* assure un bon rendement épuratoire et accentue le craquèlement de la croûte superficielle de boues.

➤ L'effet de l'accumulation des boues :

Les lits constitués de l'espèce *E.pyramidalis* présentent une plus faible accumulation des boues que ceux constitués de *C.papyrus* (Kengne, 2007)

Les résultats observés donnent des hauteurs approximatives de boues de 40cm pour les lits C100, E100 et E200, contre 80cm pour C200 et E300 et plus de 110cm pour C300.

Pour éviter cette accumulation des boues dans les lits il est nécessaire non seulement de contrôler régulièrement le colmatage et le bon fonctionnement général du système, mais aussi de comptabiliser des périodes de repos pour laisser le temps à l'épuration de se faire, donc ne pas surcharger le système d'épuration.

Ainsi, nous avons vu que le rendement de la station d'épuration à macrophyte peut être diminué à cause de plusieurs paramètres tous liés entre eux (colmatage, densité de végétation...). S'il y a un mauvais entretien de la station d'épuration il y a un enrayement du système d'épuration et une diminution de la qualité des sous-produits issus du traitement.

Il est nécessaire d'assurer le fonctionnement du système d'épuration pour pérenniser son action et son efficacité. En effet, une telle station a une durée de vie de plusieurs dizaines d'années voir beaucoup plus si l'on considère les écosystèmes d'épuration naturels en zones humides.

### *1.3.2 système des latrines ECOSAN*

Le système des latrines écologiques est très différent car il n'implique pas de traitement spécifique aux produits. En effet dès leur excrétion les produits sont séparés liquides/solides (urine/fèces) et stockés dans des réservoirs appropriés. Les produits effectivement récoltés sont l'urine d'une part et les fèces d'autre part. ils subissent indépendamment une transformation qui est beaucoup moins importante que dans le cas de la station d'épuration sur lit de séchage planté.

L'urine est riche en urée et azote ammoniacal. Nous avons vu qu'en présence de l'enzyme uréase une réaction se produit et il en résulte la formation d'ammonium.

Au niveau des fèces il s'effectue un processus de minéralisation autonome. Seul un peu de cendre accélère le processus en asséchant les fèces et diminue ainsi les pertes possibles d'azote. Les fèces issus des fosses sont encore riches en éléments nutritifs et matière organique car ils ne sont pas totalement dégradés.

Cependant aucune étude n'a été menée pour connaître la composition de ces deux éléments après un stockage suffisamment long.

On considère, d'après les références d'EcoSanRes (2004) que le temps de séjour des urines est d'environ 45jours et 6mois à 1an pour les fèces, avant leur réutilisation.

La ville de Yaoundé ne dispose aujourd'hui d'aucune station d'épuration fonctionnelle permettant de traiter dans une conscience écologique le problème sanitaire des boues de vidanges. La communauté ferme les yeux sur le déversement de boues sauvage à Nomayos, mais ferme aussi les yeux sur sa responsabilité dans la diminution de l'état salubre des

villages environnant et des dégâts de pollutions causés au niveau des populations. Il s'agit de trouver un consensus afin de construire une station à faible coût et répondant aux exigences de la ville. Nous avons choisi deux systèmes d'épuration. Le système des latrines écologiques ECOSAN pourrait être construit dans les quartiers difficiles d'accès, alors qu'une station d'épuration par lit de séchage planté permettrait de traiter une grande partie des boues de la ville. Les systèmes d'épuration permettent d'obtenir des produits stabilisés à la sortie. Les boues étant un constituant riche en nutriments N, P, K, les produits sortant en comportent encore une forte dose. Nous analyserons dans la partie suivante si les produits de sortie répondent aux normes et s'ils peuvent être valorisés, ou rejetés dans l'environnement sans conséquences négatives pour ce dernier.

## II. PROPOSITIONS DE VALORISATION, SELON LES NORMES ADMISES, DES SOUS PRODUITS DES TRAITEMENTS EPURATOIRES PAR LITS DE SECHAGE PLANTE ET LATRINE ECOLOGIQUE

Après avoir analysé la composition des produits sortant des processus d'épuration des lits de séchage planté et des latrines écologiques ECOSAN, nous allons déterminer les possibilités de valorisation des produits selon le type de produit. Des normes d'utilisation des effluents de station d'épuration sont mises en vigueur dans la plupart des pays. Il s'agit en général de prouver la qualité du produit, son innocuité envers l'environnement, et d'assurer sa qualité sanitaire. Dans les pays industrialisés ces lois relatives à la pollution sont de plus en plus sévères, ce qui amène à établir des processus perfectionnés et coûteux pour répondre aux exigences de qualité. Pour les pays ne disposant pas de ces moyens, une approche progressive est préconisée pour ce qui concerne la sévérité des normes et les constituants à contrôler (indicateurs de pollution). En effet les exigences de normes doivent être adaptées aux conditions techniques, économiques et financières du pays pour assurer une viabilité du système épuratoire. Les normes doivent d'autre part être établies en fonction du devenir du produit. Si l'on prévoit de déverser le produit de traitement dans l'environnement, les paramètres importants à réguler sont la DCO, DBO et  $\text{NH}_4$  et  $\text{PO}_4^{3-}$  qui sont des indicateurs de pollution et d'eutrophisation du milieu naturel. Si les sous produits peuvent avoir une fonction fertilisante (en agriculture, aquaculture foresterie...) alors il est nécessaire de mettre l'accent sur les paramètres relatifs à l'hygiène (œuf d'helminthes ou coliformes fécaux) et sur le taux d'azote (principal élément fertilisant).

Pour les deux types de processus épuratoire nous distinguons trois catégories de sous produits :

- les rejets végétaux uniquement issus du processus d'épuration par lit de séchage planté et se présente sous la forme de macrophytes
- les liquides rejetés par les deux stations, d'une par l'urine provenant des latrines écologiques et d'autre part le percola issus de la séparation solide/liquide par lit de séchage et encore riche en matière organique
- les boues ou matières fécales plus ou moins décomposées selon le processus.

Selon les normes en vigueur nous déterminerons à quelles utilisations peuvent être destinés ces sous produits de traitement.

### II.1 Les macrophytes : une réutilisation privilégiée dans le compostage

Des espèces végétales de nature variée sont utilisées dans le système d'épuration par lit de séchage planté. Pour assurer la pérennisation du système épuratoire il est nécessaire de récolter les macrophytes afin d'éviter une densité trop importante qui nuirait au processus d'épuration et à son efficacité. Les plantes des lits sont donc récoltées. Nous cherchons à savoir quelles sont les possibilités de réutiliser ce matériel végétal, alors riche en fibres, en carbone, et en éléments nutritifs absorbés (N,P,K).

La figure ci-dessous issue du rapport de Aalbers, 1999 permet de constater l'ampleur des réutilisations possibles des végétaux aquatiques. Nous ne nous intéresserons uniquement à la valorisation des macrophytes en compost car le compost est le moyen de transformation le plus effectif, pratique et le plus utilisé à Yaoundé.

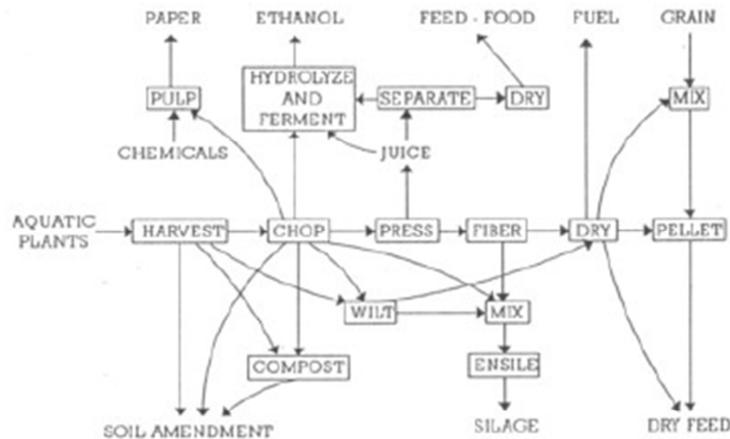


Figure 6: les différents produits finaux de la récolte des végétaux immergés (Poh-eng & Polpraser, 1996, cit. Aalbers, 1999)

### II.1.1 Critère de qualité du compost

La matière végétale détient une place privilégiée pour le compostage. On peut ainsi obtenir par les processus de décomposition aérobies, une matière riche en matière carbonée, et en divers éléments nutritifs. Nous n'avons pas de données exactes sur la composition des macrophytes utilisées pour le lit de séchage. Il est alors difficile d'établir une comparaison avec les normes présentées ultérieurement. Notons toutefois que pour le compost, les normes sont relativement souples étant donné la diversité des végétaux utilisés pour le compostage. Il existe certains critères permettant de définir la qualité d'un compost au niveau de sa texture, de son odeur, et de ses composantes en éléments fertilisants.

On distingue différents stades de maturité d'un compost :

- le compost frais (40j de fermentation) est encore constitué de débris continuant leur processus de dégradation, il peut être utilisé sur les plantations telles que les bananiers plantains, les arbres fruitiers, les cacaoyers, les caféiers...
- le compost semi-mûr (60j de fermentation), où les débris sont en partie minéralisés et dégradés mais pas en totalité, il peut être utilisé sur les plantes à tubercule (manioc, pommes de terres, ignames...)
- le compost presque mûr (80j de fermentation) peut être utilisé après la pousse de certaines plantes comme les pastèques
- le compost mûr (120j de fermentation), où le processus de décomposition est totalement achevé, il est utilisé pour le maraîchage et jardinage.

Un compost trop jeune est phytotoxique car contient des acides organiques et de l'ammoniac en proportion supérieures au seuil de toxicité, et peut brûler la plante. Il est donc important de bien déterminer le degré de maturité du compost (Abogo, 1995).

La maturation d'un compost se reconnaît à différents critères : (GICCOKO)

- l'aspect : le tas ressemble à la terre noire
- le toucher : au toucher, le compost ne salit pas la main
- le test du rapport C/N : le rapport carbone sur azote est situé entre 12 et 15.
- Elasticité : en montant sur un tas de compost, on a une impression de ressort

La qualité du compost se détermine par le fait qu'il ne salit pas les maïs (ce qui signifie que les composants sont minéralisés), il ne dégage pas d'odeur nauséabonde mais plutôt de terreau, il ne moisit pas au stockage, il présente un taux d'humidité d'environ 35%.

Pour obtenir un bon compost, il est nécessaire de surveiller les étapes du compostage, d'assurer une bonne oxygénation du système, de contrôler la volatilisation des composants (azote par exemple), la température, le pH, le taux d'humidité, l'activité des microorganismes animaux et végétaux...

### II.1.2 Les composants du compost

Le GIC des composteurs de Kouogouo-Bafoussam (GICCOKO) a déterminé dans son fascicule la composition chimique recommandée du compost.

Tableau 6 : recommandation de la composition du compost (GICCOKO)

Eléments	proportion	Quantité dans 50kg de compost
Mo	50-60%	25-30 kg
Teneur en eau	30-35%	15-17.5 kg
Azote (N)	0.8-1.5%	0.4-0.75 kg
Phosphore (P)	0.8%	0.3-0.65 kg
Potassium (K)	0.7%	0.2-0.55 kg
Magnésium (Mg)	0.7%	0.2-0.5 kg
Calcium (Ca)	3.5%	1-2.5 kg

Le compost doit avoir une teneur élevée en matières organiques, une teneur en eau d'environ 35% et des taux en éléments fertilisants (N,P,K) proches de 1%.

Dans son étude du CRDI, Farinet donne des normes pour l'acceptabilité des teneurs en métaux lourds dans les composts. En effet, si les aliments consommés sont contaminés et contiennent des métaux lourds, alors une partie va se retrouver dans les plantes épurant les boues et donc dans le compost il y a alors un risque de toxicité. Les microorganismes dégradent mal ces composants. Quand ils sont présents en faible quantité, les métaux lourds sont favorables à la croissance de certaines plantes. Le cuivre permet notamment de fixer certains ions mais devient toxique s'il est présent en trop grande quantité.

Cependant, Farinet ne donne pas d'indications sur les différences entre les catégories de compost (« type extra », « catégorie I », « catégorie II »). Ainsi ces valeurs sont données plutôt à titre indicatif.

	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn
Propositions de l'Union européenne selon le type de compost						
- type extra	0,7	70	40	80	70	250
- catégorie I	1,5	100	50	150	100	750
- catégorie II	1,5	150	75	150	200	750
France	8	-	200	800	-	-
Danemark (compost à usage agricole)	0,8	-	30	120	-	-
Pays-Bas	1	70	20	120	90	280
Suisse	1	100	30	120	100	400

Tableau 7 : Teneurs limites en métaux lourds dans les composts (en mg/kg MST) (Farinet)

Nous remarquons qu'il y a dans ces normes une très grande différence entre la tolérance au Cadmium (Cd) qui est au maximum de 1,5 mg/kg MST par rapport à la tolérance au Zinc (Zn) qui est de 750 mg/kg MST.

Ces normes peuvent être très variables d'un pays à un autre ce qui montre une certaine laxité. Au niveau de l'union européenne il ne s'agit que de « proposition » de valeurs limites et non de normes. La France montre une très grande tolérance au plomb par exemple.

Dans les composants à maîtriser lors du compostage notamment des produits issus des boues de vidange, il faut citer les agents pathogènes. En effet, les boues contiennent en grande partie ces agents responsables de contaminations. Ils peuvent être présents sur les plantes et les infester (œufs d'helminthes). Selon le type d'agent pathogène présent, une durée d'exposition à une température donnée est préconisée, afin de minimiser les risques de survie de l'agent dans le compost et diminuer les risques d'infection qu'il représente.

Tableau 8 : Normes d'élimination des agents pathogènes par compostage : (PS eau, rapport A09 ; source : Tchobanoglous et al. 1993)

Microorganisme	Durée nécessaire pour une inactivation thermique
Escherichia Coli	Mort après 1h à 55°C et à 15-20min à 60°C
Salmonella sp.	La croissance est stoppée à 46°C, mort à 30 min à 55-60°C et à 20min à 60°C
Entamoeba histolytica cysts	Mort après quelques minutes à 45°C et après quelques secondes à 55°C
Taenia saginata	Mort après quelques minutes à 55°C
Œufs d'Ascaris lumbricoides	Mort en moins d'1h à des températures >50°C

La règle générale à appliquer pour éliminer un maximum d'éléments pathogènes et de maintenir le processus de compostage entre 55 et 60°C pendant 3 jours consécutifs (Tchobanoglous et al., 1993 ; cit. PS eau rapport A09)

### II.1.3 Comparaison compost et engrais minéraux et propriétés du compost

Le compost est un matériel pouvant, de par ses propriétés être réutilisé non seulement en agriculture, et plus généralement dans la fertilisation mais il s'agit aussi d'un produit agissant de manière durable sur le potentiel des sols en leur apportant une stabilité au niveau structural. Nous allons aborder les différents aspects qui différencient une fertilisation à l'aide de compost et une fertilisation strictement par engrais minéraux. Les différences entre le compost et les engrais minéraux sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9 : Quelle différence y a-t-il entre le compost et les engrais minéraux classiques (NPK) ? (GICCOKO)

<b>compost</b>	<b>Engrais minéral (NPK)</b>
Très riche en matière organique	Ne contient pas de matières organiques
Nourrit le sol et les cultures	Nourrit uniquement les cultures
Produit local	Produit importé
Riche en NPK (azote, phosphore, potassium)	Très riche en NPK
Agit lentement et pendant longtemps dans le sol	Agit rapidement et pendant un temps très bref dans le sol
Nécessite l'utilisation de grandes quantités	Nécessite l'utilisation de faibles quantités

Difficulté de transport accentué	Difficultés de transport non accentué
Améliore la structure du sol et sa perméabilité (lutte contre l'érosion)	Dégrade la structure du sol et sa perméabilité (ne participa pas à la lutte contre l'érosion)
Difficilement lessivé	Régulièrement lessivé
Contient le calcium, le magnésium et les oligo-éléments, indispensables à la croissance des plantes	Ne contient ni calcium, ni magnésium et n'apporte pas d'oligo-élément aux plantes
Favorise la vie du sol (micro-organisme)	Pas d'action en faveur de la vie du sol
Issus de produits naturels	Utilisation de produits de synthèse (chimiques) pour leur fabrication
Maintient l'humidité du sol autour de la plante en saison sèche	Est directement assimilé par la plante et ne dure pas au sol

Ainsi, en plus d'avoir un bon potentiel fertilisant (s'il est de bonne qualité), le compost permet de structurer le sol et de le préserver de l'érosion, du lessivage, de la compaction, de la diminution de perméabilité et donc de manière plus générale, évite son appauvrissement. Les éléments nutritifs sont libérés progressivement et donc le compost a un impact à long terme sur le sol. En ayant une structure aérée, grâce au compost, l'activité des microorganismes du sol est intensifiée. La symbiose avec les plantes y est d'autant plus grande. Citons quelques avantages du compost :

- il améliore la structure du sol, sa porosité, et crée de ce fait un meilleur environnement pour les racines.
- Il augmente l'infiltration et la perméabilité de sols en réduisant l'érosion et la compaction
- Il améliore la capacité de rétention de l'eau en évitant les pertes et le lessivage
- Il approvisionne une variété de macro et micronutriments
- Il améliore la capacité d'échange de cations des sols et le processus de croissance des plantes en améliorant leur capacité d'absorption par les plantes.
- Il approvisionne les microorganismes bénéfiques au sol et les moyen de croissance
- Il augmente et stabilise le pH
- Il peut lier et dégrader des polluants spécifiques.

Ces capacités physico-chimiques lui donnent des propriétés à plus grande échelle c'est-à-dire, augmenter le rendement des cultures et stabiliser la structure du sol, donc le rendre exploitable à plus long terme.

#### II.1.4 L'utilisation du compost

Nous allons à présent expliciter les domaines d'utilisation du compost. De part son caractère fertilisant et sa capacité à stabiliser le sol, le compost est très utilisé en agriculture pour augmenter les rendements. Le PRSSE a élaboré une fiche technique sur le compostage en milieu urbain au sein de laquelle il présente les doses recommandables à utiliser sur diverses cultures :

Tableau 10 : indication sur les doses d'application pour quelques cultures (fiche PRSSE, 2007)

Culture	Densité (plants/ha)	Doses de compost utilisable
Maïs	50 000	0,4-1,2 kg/poquet
Igname	10 000	1-3 kg/trou

Pomme de terre	30 000-40 000	0,25 kg/plant
Palmier à huile	146	2,5-3 kg/plant
Bananier plantain	1111	2-3 kg/ trou
Tomate	22 000	1 kg/plant
Pépinières	-	3 kg/m <sup>2</sup>
Fruitiers divers	variable	2,5-3 kg/plant

Le compost est utilisable sur une grande variété de cultures. Il doit cependant être utilisé en de grandes quantités ce qui peut poser certains problèmes au niveau du coût, du transport... le compost peut toutefois être utilisé en association avec les engrais organiques. Son application doit toutefois précéder l'application de l'engrais minéral afin que ce dernier soit plus facilement assimilé. Cette combinaison de deux effets fertilisants est recommandée par le PRSSE (fiche PRSSE, 2007).

Les macrophytes riches en éléments fertilisants absorbés lors de l'épuration, sont un substrat idéal pour la formation de compost. Le compost est un produit ayant de grandes qualités agronomiques et ayant un bon impact écologique et géologique au niveau du sol. Les matériaux mettent toutefois 4 à 6 mois pour se décomposer. Le compost peut valablement remplacer les engrais minéraux cependant il doit être utilisé en quantité considérables soit 20 à 25t/ha. Ceci constitue une des principales limites de l'utilisation du compost et pose des problèmes au niveau du transport. Il est nécessaire d'utiliser des camions entiers, et pour les femmes et les enfants il est difficile de transporter ces sacs jusqu'aux champs.

Il est aussi nécessaire de noter l'importance de l'aspect sanitaire des macrophytes. Bien que lors du compostage les substances subissent des températures élevées censées détruire les germes pathogènes, il est nécessaire d'observer la plus grande vigilance surtout si le compost est réutilisé pour fertiliser des produits destinés à la consommation humaine ou animale. Le compost peut aussi, dans une autre mesure, être utilisé dans la fertilisation de plantes ornementales ou pour la foresterie. Une autre possibilité de réutilisation des macrophytes serait dans la confection de pâte à papier. Ce concept est d'autant plus intéressant puisqu'il y aurait un projet de mise en place d'usine de pâte à papier aux environs de Yaoundé. Dans ce cas précis, les normes seraient moins strictes puisqu'il ne s'agit pas de produits destinés à la consommation alimentaire.

Les autres possibilités de valorisation ne doivent pas être mises à l'écart mais au contraire être exploitées afin de multiplier les possibilités de valorisation et ne pas se reposer sur une seule alternative.

## **II.2 Les divers liquides rejetés : un panel varié d'utilisations entravé par les normes**

Au sein des deux systèmes épuratoires les liquides tels que le percola et l'urine respectivement pour les lits de séchage plantés et les latrines écologiques, sont rejetés hors des stations. Les liquides sortant de stations d'épurations peuvent, suivant le traitement qu'ils ont subi, être réutilisés pour l'eau potable, l'irrigation, la pisciculture, comme engrais, ou déversés dans l'environnement dans des cours d'eau ou des bassins pour l'eau de baignade. La destinée du sous-produit est déterminée en fonction de sa composition physico chimique et bactériologique. Nous allons voir, d'après leur composition respective, à quels usages ils peuvent être réellement destinés et selon quelles normes.

Nous analyserons séparément le cas du percola et le cas de l'urine qui sont deux composés très différents et donc certainement pas destinés aux mêmes ré-utilisations.

### II.2.1 La valorisation du percola

Le percola, comme nous l'avons vu dans la partie précédente, a une conductivité encore élevée, de même qu'un taux de matière sèche et de matière en suspension. Nous avons vu que les rendements épuratoires de la station, sont très bons (cf. tableau 11). D'après les résultats de Kengne (2007) présentés en partie I, nous avons calculé les pourcentages d'abattements moyens pour les divers paramètres.

Tableau 11 : Moyenne des pourcentages d'abattement et comparaison aux normes européennes

Paramètres	C.papyrus	E.pyramidalis	moyenne	Normes CEE
MS (%)	92,63333333	90,03333333	91,33333333	
MES (%)	99,36666667	98,6	98,98333334	90
Nk (%)	87,1	88,7	87,9	70-80
DCO (%)	98,4	98,13333333	98,26666667	75

Nous remarquons, que tous les pourcentages d'abattement des divers paramètres sont inférieurs aux valeurs seuils données par la CEE. Ainsi, le rendement épuratoire de la station est très efficace. Cependant est-il suffisant pour que le percola soit réutilisé sans traitement supplémentaire ?

#### II.2.1 a- Détermination de l'utilisation du percola selon les normes physico chimiques de rejet dans les divers milieux

Afin de répondre à cette question, nous comparerons les concentrations des différentes substances du percola avec les normes admises. Nous avons regroupé les résultats des comparaisons dans le tableau ci-dessous. Les moyennes du percola sont comparées aux normes (en lisant le tableau de gauche à droite) permettant de déterminer si l'eau est :

- apte à être potable avec ou sans traitements,
- apte à être rejetée dans l'environnement (en zones protégées ou non),
- apte à être mélangées à des eaux de diverses qualités (normes Françaises) devant suivre un traitement supplémentaire plus ou moins intense pour obtenir un caractère potable, adaptée à l'irrigation, à la pisciculture ou à la navigation
- comparable aux eaux usées de la CEE
- comparable aux eaux usées des pays tropicaux.

## Valorisation des boues de vidange, CREPA, Cameroun

Paramètres	Moyenne des percolats (KENGNE)	Comparaison Normes qualité des eaux destinées à la prod d'eau potable (CEE)	Comparaison normes rejet des effluents (ministère enviro)	Comparaison normes guides classes d'eau en France	Comparaison normes rejet des eaux usées CEE	Concentration moyenne des eaux usées tropicales
Ph	7.0	Ok :A1, A2, A3	n.c	Ok :1A ,1B, 2, 3	n.c	ok
Conductivité (µS/cm)	2150	Trop élevé	n.c	3	n.c	Trop élevé
MS (mg/L)	3283.3	n.c	n.c	n.c	n.c	Trop élevé
MSV (mg/L)	1350.0	n.c	n.c	n.c	n.c	-
MES (mg/L)	233.3	Trop élevé	Trop élevé	Trop élevé	Trop élevé	-
Nk (mg/L)	266.7	Trop élevé	Trop élevé	Trop élevé	Trop élevé	Trop élevé
DCO (mg/L)	700	Trop élevé	Trop élevé	Trop élevé	Trop élevé	Seuil limite

Tableau 12 : comparaison du percola aux normes de divers milieux, tableau récapitulatif  
n.c : non connu

L'ensemble des tableaux complets des normes auxquelles est comparé le percola se trouve en annexe 5.

Au vu des résultats obtenus lors de la comparaison des différents paramètres physico-chimiques du percola issu des lits de séchage plantés avec les normes applicables aux eaux, on remarque que le seul paramètre acceptable pour la qualité des eaux est le PH.

La conductivité est plus élevée que la conductivité des eaux usées tropicales. Ceci est dû au fait que les boues contiennent de nombreuses substances minéralisées non organiques (ions) qui augmentent considérablement la conductivité. Ces ions de faible poids moléculaire et très hydrosolubles passent facilement à travers les couches de sable sans être filtrés entièrement pas les végétaux. L'eau ne peut être utilisée que pour un usage piscicole ou destinée à la navigation mais elle est impropre à la consommation humaine. Les autres paramètres tel que le taux de matière en suspension, l'azote total de kjedahl ou la DCO sont trop élevées pour n'importe quelle utilisation de l'eau. La DCO a cependant le seuil limite acceptable en comparaison à la DCO des eaux usées. Le percola ne répond même pas aux normes des eaux usées tropicales.

Pour déterminer si elles sont acceptables au niveau des eaux de baignades, il est nécessaire de connaître les paramètres bactériologiques, le taux de coliformes fécaux et streptocoques présents dans 100ml.

Tableau 13: Normes des eaux de baignade

(Source : directive de la Communauté Européenne, journal officiel N° L31/5 du 05/02/76)

Paramètres	Limites
Coliformes totaux (N/100ml)	<10000
Coliformes fécaux (N/100ml)	<2000
Streptocoques fécaux	-
Salmonelle	0
pH	6-9
Coloration	Pas de changement anormal de couleur
Huiles minérales	Pas de film visible à la surface de l'eau et absence d'odeur
Phénol	Aucune odeur 0,05

Aucune étude n'a été faite pour déterminer la présence ou non d'agents infectants de la matière fécale (coliformes, streptocoques, salmonelle) dans le percola des stations sur lit de séchage planté de Yaoundé. Or d'après l'étude PSeau au Ghana (rapport final A09, 2003) le percola obtenu est totalement exempt d'œufs d'helminthes. Cependant, les coliformes et streptocoques sont de plus petite taille et donc peuvent passer plus facilement avec le percola au travers des filtres de sables, surtout si ils s'associent particules en suspension (MES). Il est donc impossible de déterminer si le percola est utilisable pour des eaux de baignade.

L'eau ne peut pas non plus être rejetée sans traitement dans la nature du fait de son taux trop important en DCO et Azote (cf. annexe 5). Il y aurait un effet eutrophisant.

Les paramètres restant unanimement trop élevés dans le percola sont le taux de MES, d'azote et la DCO. Les percolas sont encore trop pollués. On peut conclure de ces résultats qu'il paraît ainsi nécessaire d'effectuer un traitement supplémentaire pour l'eau des percolas issus des lits de séchages plantés.

## II.2.1 b- Valorisation du percola en tant qu'engrais

Nous pouvons trouver toutefois une autre alternative, en considérant une utilisation potentielle comme engrais en agriculture. Le percola permettrait grâce à son taux d'azote élevé une bonne fertilisation, et le taux de MES se retrouverait dans le sol et pourrait être dégradé par les bactéries et microorganismes du sol.

Le tableau ci-dessous (Montangero, 2000) contient les normes de qualité relatives aux produits du traitement des boues de vidange (effluent liquide et solides) suggérées pour quelques paramètres choisis.

Tableau 14 : Normes suggérées pour les produits (liquides et solides) des stations de traitement des boues de vidange (Heinss et al., 1998, cit. Montangero et al., 2000)

**Tableau 1 Normes suggérées pour les produits (liquides et solides) des stations de traitement des boues de vidange. Source : Heinss et al., 1998**

	DBO [mg/l]		NH4-N [mg/l]	Oeufs d'helminthes [no./litre]	CF [mg/l]
	totale	filtrée			
<b>A: Effluent liquide</b>					
<b>1. Déversement dans les cours d'eau :</b>					
Ruisseau saisonnier ou estuaire	100-200	30-60	10-30	≤ 2-5 p. litre	≤ 10 <sup>4</sup>
Rivière permanente ou mer	200-300	60-90	20-50	≤ 10 p. litre	≤ 10 <sup>5</sup>
<b>2. Réutilisation:</b>					
Irrigation restreinte	n.c.		1)	≤ 1 p. litre	≤ 10 <sup>5</sup>
Irrigation des cultures de plantes comestibles	n.c.		1)	≤ 1 p. litre	≤ 10 <sup>3</sup>
<b>B: Boues traitées</b>					
Utilisation en agriculture	n.c.		n.c.	≤ 3-8/ g MS 2)	3)
1) ≤ Besoin des cultures en azote (100 - 200 kg N/ha-année)					
2) Basé sur la charge d'œufs de nématodes par unité de surface (OMS, 1989) et un apport d'engrais de 2-3 tonnes de matières sèches /ha année (Xanthoulis et Strauss, 1991)					
3) Niveau sûr si la norme des oeufs est respectée <span style="float: right;">n.c. - non critique</span>					

Nous avons vu que le percola ne peut être déversé dans les cours d'eau en raison de son trop fort taux de pollution. Les valeurs qui nous intéressent sont celles de l'effluent liquide pour la réutilisation en irrigation. Le taux d'azote contenu dans l'effluent doit être inférieur au besoin des cultures (soit, de manière générale 100-200 kg N/ha. Année). La DBO n'est pas un facteur critique à l'utilisation de l'effluent en tant qu'engrais.

Les seuls facteurs limitants sont au niveau de l'aspect hygiénique (œufs d'helminthes et coliformes fécaux). Pour déterminer leur présence des analyses microbiologiques doivent être menées sur le percola

Ainsi, il existe un potentiel de réutilisation des percolas en agriculture sans utilisation de traitement supplémentaire, à conditions que les normes sanitaires soient respectées.

Si on compare les taux d'abattement des pilotes aux normes admises par la Communauté Européenne pour les taux d'abattement des stations d'épuration, on remarque que tous les taux d'abattement des lits de sable à macrophytes sont supérieurs aux normes admises, il y a donc une très bonne filtration des boues par ce système. Mais d'après la composition du percola, ce dernier ne peut pas être réutilisé d'après les normes à la sortie pour une alimentation humaine, une utilisation piscicole ou un déversement dans le milieu ambiant. Il doit subir un traitement supplémentaire permettant d'abaisser encore le taux de MES, d'azote et la DCO. La seule possibilité de réutilisation du percola est en tant qu'engrais. Il est toutefois nécessaire de contrôler le taux d'azote, voir de diluer le percola avec de l'eau d'irrigation. Notons toutefois que les paramètres étudiés sont des paramètres physico-chimiques, il y aurait une étude complémentaire à faire sur les paramètres bactériologiques, seuls 100% des œufs d'helminthes sont retenus, on ne connaît pas l'efficacité de rétention des autres agents contaminants de la matière fécale. Lors de l'utilisation des percolas pour l'irrigation de cultures il est nécessaire d'être prudent surtout s'il s'agit de cultures dont les produits sont destinés à la consommation humaine ou animale. Dans un autre cas, le percola peut être utilisé dans l'irrigation de pépinières forestières.

D'autres traitements complémentaires peuvent contribuer à épurer le percola, par exemple le système de lagunage pourrait être complémentaire et il est d'autant plus adaptés à des effluents liquides (plutôt que des boues solides).

### *II.2.2 La valorisation de l'urine*

L'urine, unique sous produit liquide issu des latrines écologiques, a une composition particulièrement riche en azote (urée et  $\text{NH}_4$ ). L'azote est le principal élément fertilisant et contribuant à la croissance et au développement des végétaux. La réutilisation de cet effluent s'oriente donc vers son potentiel de fertilisation notamment en agriculture.

#### **II.2.2 a- L'urine, un produit fertilisant**

L'urine est depuis longtemps utilisée en agriculture comme fertilisant pour améliorer la croissance des plantes et notamment a une grande efficacité sur les légumes à feuille.

Tableau 15: l'équivalent de fertilisation des excréta humains. (PSeau, rapport final A09, 2003)

<i>Nutrient</i>	<b>Nutrient in kg / cap·year</b>			<b>Required for 250 kg of cereals <sup>1</sup></b>
	<b>In urine (500 l/year)</b>	<b>In faeces (50 l/year)</b>	<b>Total</b>	
<i>Nitrogen (as N)</i>	4.0	0.5	4.5	5.6
<b>Phosphorus (as P)</b>	0.4	0.2	0.6	0.7
<b>Potassium (as K)</b>	0.9	0.3	1.2	1.2
<b>Carbon (as C) <sup>2</sup></b>	2.9	8.8	11.7	

<sup>1</sup> = the yearly food equivalent required for one person  
<sup>2</sup> = indicative of the potential for soil conditioning, normally not designated a nutrient

Source: after Drangert 1998

Le tableau ci-dessus présente le potentiel de fertilisation de l'urine. Nous pouvons constater qu'avec l'application de 500L/an les quantités d'éléments fertilisants nécessaires assimilées par 250kg de céréales sont quasiment couvertes.

#### II.2.2 b- Les doses conseillées d'application

Pour les normes d'application d'urine en agriculture, elles sont inexistantes. Cependant il suffirait de se baser sur les taux d'urée et d'ammonium, recommandés par les engrais chimiques selon le type de culture.

Les recommandations d'utilisation préconisée par EcoSanRes sont d'appliquer l'urine produite par une personne en 24h, à 1m<sup>2</sup> de terre par saison agricole. Ainsi il est possible de fertiliser 300-400m<sup>2</sup> de culture pour une personne en 1an. Pour qu'il y ai un risque de toxicité due à un trop fort dosage d'azote, il faudrait quadrupler ce dosage.

Pour éviter les odeurs, la perte d'ammoniaque et les brûlures foliaires, l'urine doit être appliquée directement au sol afin d'être très vite incorporés. D'autre part son efficacité diminue si elle est utiolisée sur un sol à faible teneur en matières organiques. Il est alors intéressant de combiner l'utilisation d'urines avec les fèces qui ont la propriété de stabiliser le sol.

L'urine est un bon fertilisant dont les nutriments sont mieux utilisés quand ils sont appliqués avant la semence jusqu'aux deux-tiers de la période entre l'ensemencement et la moisson. (ECOSANRES)

D'après l'étude d'EcoSanRes, si l'on augmente la quantité d'urine utilisée pour fertiliser jusqu'à un certain taux X1, alors le rendement augmente linéairement. Au-delà du taux X1, le rendement augmente toujours mais plus faiblement avec l'application d'engrais (urine) ce phénomène a un taux limite X2. Au-delà de ce taux X2, l'application additionnelle d'engrais (urine) devient toxique pour la culture.

Il est évident que ces taux X1 et X2 varient selon les cultures et leurs besoins en N. Cependant l'étude définit une norme pour ces deux taux. La préconisation pour le taux X1 est de 40-110kg N/ha (ce qui correspond à l'application des urines d'une personne pendant une journée par mètre carré, soit 1,5L d'urine/m<sup>2</sup>). Pour le taux X2, la préconisation vaut environ

4fois le taux X1, soit 160-440 kg N/ha, ce qui équivaut à appliquer les urines excrétées durant une journée d'une personne sur une aire de 0,25m<sup>2</sup>.

Au dessus de ces taux, l'engrais appliqué devient toxique.

Ainsi, l'urine issue des latrines écologiques n'est pas soumise à des normes. Elle requière une qualité hygiénique suffisante pour être utilisée directement en agriculture sans traitement supplémentaire. Il est cependant nécessaire de connaître les intrants en azote demandés par la culture. Ces préconisations sont les mêmes pour les domaines horticoles et forestiers. L'azote contenu dans l'urine lui confère un grand pouvoir fertilisant.

Cependant un il existe un seuil limite à ne pas dépasser pour ne pas intoxiquer les cultures. Le taux limite est de 160 à 440 kg N/ha.

Les effluents issus des deux procédés épuratoires sont très différents dans leur composition. Il en résulte à la sortie cependant qu'ils peuvent être tous deux utilisés principalement dans l'irrigation et sous forme d'engrais pour l'agriculture.

Le percola n'est pas assez épuré pour être rejeté directement dans le milieu naturel. Il doit subir d'autres traitements comme par exemple être complété par une épuration par système de lagunage à micro ou macrophytes pour éliminer la fraction encore trop élevée de MES et diminuer les taux de DCO et DBO, ainsi qu'en éléments eutrophisants tels que l'azote ou le phosphate.

L'urée doit être utilisée selon certains seuils en fonction du type de culture afin de ne pas brûler la plante.

Ce potentiel fertilisant des sous produits liquides pourra trouver une utilisation en agriculture. Il suffit toutefois de savoir comment l'acheminer jusqu'aux cultures, et de former les agriculteurs sur les taux d'utilisation.

Nous verrons aussi ultérieurement qu'il est nécessaire que ces fertilisants soient indemnes de germes pathogènes.

### **II.3 Les boues : un produit à haut potentiel fertilisant, trop peu utilisé**

Les boues issues du traitement ont un aspect plus sec car une partie de l'eau a été absorbé par les plantes et une autre partie s'est infiltrée dans les couches de sable. Nous allons déterminer quelles sont les possibilités de valorisation des boues.

#### *II.3.1 Le potentiel fertilisant des boues selon leur composition*

Les boues sont aussi des sous produits des stations d'épuration. Bien entendu, elles n'ont pas la même composition lorsqu'elles arrivent à la station et lorsqu'elles en ressortent. Leur composition est généralement plus minéralisée. Pour les lits de séchage à macrophyte elles ressortent moins riche en azote, en phosphate et en potassium car ces nutriments ont été absorbés par les plantes et une partie est passée dans le percola. Pour le système des latrines écologiques, le traitement se faisant en système fermé (clôture de la fosse après un certain temps d'utilisation), les valeurs en nutriments et en composant varient peu.

Le tableau suivant présente la valeur fertilisante des fèces. Bien que moins riche que l'urine au niveau des valeurs pour les nutriments, il est à prendre en compte, que les fèces sont excrétés en moins grande quantité (50L/an). Ils présentent donc un caractère plus concentré. Nous notons toutefois que les fèces sont nettement plus riche en carbone, ceci provenant du fait qu'ils contiennent plus de matière organique que l'urine. Cette particularité leur ajoute la capacité de stabilisation du sol, facteur non pris en compte dans la colonne « nutriments

requis pour 250 kg de céréales ». or ce facteur stabilisant est très important car il a aussi un impact sur le développement racinaire, le bon fonctionnement des microorganismes du sol et contribue alors aussi fortement au développement et à la croissance des végétaux.

Tableau 16: l'équivalent de fertilisation des excréta humains. (PSeau, rapport final A09, 2003)

<i>Nutrient</i>	<b>Nutrient in kg / cap<sub>a</sub>year</b>			<b>Required for 250 kg of cereals <sup>1</sup></b>
	<b>In urine (500 l/year)</b>	<b>In faeces (50 l/year)</b>	<b>Total</b>	
<i>Nitrogen (as N)</i>	4.0	0.5	4.5	5.6
<b>Phosphorus (as P)</b>	0.4	0.2	0.6	0.7
<b>Potassium (as K)</b>	0.9	0.3	1.2	1.2
<b>Carbon (as C) <sup>2</sup></b>	2.9	8.8	11.7	

<sup>1</sup> = the yearly food equivalent required for one person  
<sup>2</sup> = indicative of the potential for soil conditioning, normally not designated a nutrient

Source: after Drangert 1998

De par leur structure et leur composition riche en matière nutritives, les boues possèdent un bon potentiel d'engrais, utilisable pour la fertilisation en agriculture, foresterie ou horticulture.

D'autre part, Aalbers (1999) propose une réutilisation en aquaculture. Les poissons consommeraient les excréta présent en fine particules dans les bassins. Il est supposé que l'alimentation des poisson se fait à partir du zooplancton et phytoplancton qui se nourrissent, eux, des nutriments des excréta. Sur cet aspect les recherches se contredisent encore. Cependant, il est évident que la fertilisation des basins aquacoles avec des excréta humains a des effets positives sur la production piscicole (Aalbers, 1999). Par exemple à Taiwan, ce système est utilisé avec une production de carpes et Tilapia.

La région du Centre étant une région peu piscicole, nous nous concentrerons plus particulièrement sur la réutilisation des boues en tant que fertilisant terrestre. La proposition pourrait être retenue si le système de transport s'étend à la région de l'Est, vers Bertoua.

Nous allons alors déterminer s'il existe des normes régulant l'utilisation des boues. Et si les boues issues des deux systèmes d'épuration cités nécessitent des traitements supplémentaires.

Il existe de nombreux exemples d'utilisation des boues en agricultures mais très peu de comptes rendus précis comportant des analyses, des dosages... de manière générale on peut conclure à une réelle efficacité de l'augmentation de rendement lors de l'utilisation de boues comme fertilisant.

### II.3.2 Qualité sanitaire des boues

Les seules normes trouvées dans la bibliographie sont regroupées dans le tableau suivant. Il n'existe pas de seuils critiques pour la DBO et l'ammoniaque, seuls les taux en agents pathogènes sont restrictifs.

Tableau 17: Normes suggérées pour les produits (liquides et solides) des stations de traitement des boues de vidange (Heinss et al., 1998, cit. Montangero et al., 2000)

Tableau 1 Normes suggérées pour les produits (liquides et solides) des stations de traitement des boues de vidange. Source : Heinss et al., 1998

	DBO [mg/l]		NH4-N [mg/l]	Oeufs d'helminthes [no./litre]	CF [mg/l]
	totale	filtrée			
<b>A: Effluent liquide</b>					
<b>1. Déversement dans les cours d'eau :</b>					
Ruisseau saisonnier ou estuaire	100-200	30-60	10-30	≤ 2-5 p. litre	≤ 10 <sup>4</sup>
Rivière permanente ou mer	200-300	60-90	20-50	≤ 10 p. litre	≤ 10 <sup>5</sup>
<b>2. Réutilisation:</b>					
Irrigation restreinte	n.c.		1)	≤ 1 p. litre	≤ 10 <sup>5</sup>
Irrigation des cultures de plantes comestibles	n.c.		1)	≤ 1 p. litre	≤ 10 <sup>3</sup>
<b>B: Boues traitées</b>					
Utilisation en agriculture	n.c.		n.c.	≤ 3-8/ g MS 2)	3)
1) ≤ Besoin des cultures en azote (100 - 200 kg N/ha·année)					
2) Basé sur la charge d'oeufs de nématodes par unité de surface (OMS, 1989) et un apport d'engrais de 2-3 tonnes de matières sèches /ha année (Xanthoulis et Strauss, 1991)					
3) Niveau sûr si la norme des oeufs est respectée <span style="float: right;">n.c. - non critique</span>					

Nous pouvons donc constater que les normes d'utilisation des boues de vidange en agriculture ont peut de critères restrictifs. Les fèces possèdent de bons taux en P et K nécessaires dans la croissance et le développement racinaires. Grâce à sont taux en matières organique, il contribue fortement à maintenir l'écosystème et l'activité du sol. En effet, il nourrit d'une part les microorganismes en macro et micronutriments, mais augmente aussi la capacité de rétention de l'eau dans le sol et le pouvoir tampon ionique du sol (EcoSanRes, 2004)

Les boues issues des lits de séchage est très probablement riche en agents pathogènes car ceux-ci ne se retrouvent pas ou peu dans le percola. Ils sont donc retenus dans les boues. Un traitement supplémentaire serait l'incinération ou le compostage (thermophile ou à basse température).

Les boues issues des latrines écologiques doivent en général subir un traitement secondaire car elles n'ont pas subit une entière dégradation. Dans le procédé décrit la phase de stockage (traitement secondaire) est comprise dans le traitement. Les boues ne sont utilisées qu'après cette phase.

Il existe aussi la méthode du co-compostage qui permet d'associer les boues avec des débris végétaux ou de déchets ménagers. Nous avons privilégié les processus aérobie car ils nécessitent moins d'installations complexes que les procédés anaérobies.

### II.3.3 Les traitements secondaires complémentaires de l'épuration primaire

Nous allons donc décrire successivement les traitements secondaires à appliquer aux boues issues des traitements :

- le procédé d'incinération
- les procédés de compostage (thermophile et à basse température)
- le procédé de stockage
- le procédé de co-compostage

Nous établirons ainsi quels sont les procédés les plus utilisables dans le cas des boues de Yaoundé.

Notons qu'il existe d'autres procédés notamment anaérobie (digestion anaérobie) qui produisent des biogaz (se référer à l'étude du Competing-Bet), ou l'ajout d'adjuvants chimiques (EcoSanRes, 2004)

### II.3.3 a- le procédé d'incinération

Il s'agit d'un processus aérobie avec une dégradation complète de la matière organique. L'azote et le soufre contenus dans les fèces passent essentiellement sous forme de gaz, au contraire, le phosphate et le potassium restent dans la cendre. Ce procédé assure une qualité hygiénique totale mais le produit en résultant ne possède plus la qualité de fertilisation, car ayant eu une grande réduction du taux d'azote.

### II.3.3 b- les procédés de compostage :

#### Le compostage thermophile :

Il s'agit aussi d'un processus aérobie fondé sur la chaleur de la matière organique en dégradation pour atteindre des températures dépassant les 50°C. Ces températures sont maintenues un certain nombre de jours (normalement 3 jours) afin de réduire au maximum les microbes pathogènes. Pour atteindre de telles températures, l'oxygénation doit être optimale et le poids total de l'air exigé est souvent plusieurs fois supérieur à celui du substrat (Haug, 1993 ; cit. EcoSanRes, 2004). On note une élévation du pH (passant de 5 à 8-9) (Eklind & Kirchmann, 2000 ; Beck-Friis et al., 2001, 2003 ; cit. EcoSanRes, 2004) en raison de l'ammoniaque formé issu de l'azote organique des protéines dégradées et transformées (Haug, 1993 ; Beck-Friis et al., 2003 ; cit. EcoSanRes, 2004).

La combinaison de l'ammoniaque, l'élévation de la température, du pH et une forte oxygénation contribue à l'élimination de l'azote sous forme ammoniacale. Ces pertes peuvent s'élever entre 10 et 50%. L'azote contenu dans le compost final est en grande partie (90-95%) de l'azote organique. Il n'est utilisable par la plante qu'une fois dégradé dans le sol. Seuls 5 à 10% de l'azote restant sont directement assimilables par la plante. Le K et P sont très disponibles à condition qu'ils n'aient pas subi une lixiviation pendant ou après le processus de compostage (EcoSanRes, 2004).

L'utilisation uniquement de fèces ne permet que difficilement d'atteindre de telles températures. Pour faciliter le traitement, il est souvent ajouté des déchets industriels biodégradables ou alimentaires. Toutefois ce procédé doit être rigoureusement suivi afin d'assurer sa réussite. Le produit récolté est malgré tout bien moins riche en éléments nutritifs

#### Le compostage à basse température :

Il s'agit du même procédé de compostage mais à une température plus faible. Les produits obtenus sont de même nature. La perte d'azote y est tout aussi importante. Les seules différences sont dans l'hygiénisation qui y est moins bonne, et dans l'ajout de substrat additionnel facilement dégradable qui y est diminué. D'autre part les coûts de l'opération et son entretien sont moins élevés (EcoSanRes, 2004)

Ainsi, les procédés de compostages diminuent fortement la teneur en azote disponible pour la plante et donc la qualité des boues en tant que fertilisant. Le compostage thermophile présente le grand avantage d'obtenir un produit exempt d'agents pathogènes mais est coûteux et demande un contrôle particulier, alors que le compostage mésophile est moins efficace dans la diminution des germes mais moins coûteux.

### II.3.3 c- le procédé de stockage

On stocke les fèces dans la fosse à un état sec, favorisé par l'utilisation de cendres, et à température ambiante ou légèrement plus élevée. La réduction des germes pathogènes augmente avec l'élévation de la température. Si le niveau d'humidité est maintenu à un taux assez faible (<20%) pendant le stockage, alors la dégradation est faible de même que les pertes d'azote et de matière organique. Ces substances sont conservées et après incorporation dans le sol et humidification, elles se dégradent bien. Comme il se fait l'application directe dans un sol moite et planté, on élimine presque toute perte d'ammoniacque ou le phénomène de lixiviation (EcoSanRes, 2004).

Le processus de stockage est intéressant par le fait qu'il demande peu d'entretien. D'autre part, le produit récolté reste riche en éléments nutritifs. Le seul problème reste la moins grande fiabilité d'hygiénisation du processus contre les éléments pathogènes.

### II.3.3 d-le procédé de co-compostage

Comme pour le procédé de co-compostage des macrophytes, il s'agit ici d'associer les boues récoltées avec des déchets solides biodégradables (déchets ménagers...). Les étapes du processus en fonction au Mali sont décrites dans l'annexe 6 (PS eau, rapport A09). Il est difficile d'établir la composition finale du produit car ce dernier dépend des produits ajoutés en complément des boues pour le co-compostage. Les ratios à utiliser se déterminent en fonction de la composition des deux composés (taux de matière sèche, taux de carbone, taux d'azote...). Le processus décrit par Montangero et Strauss (cf.annexe 6), semble relativement complexe. Il demande certaines installations tels que des lits de séchages, un granulateur... De plus il n'est pas précisé si la sécurité sanitaire du produit récolté est bonne, ni si les réactions ayant lieu altèrent la qualité et la quantité des nutriments contenus au départ dans les boues. Ainsi, certaines précisions sur ce procédé restent à éclairer.

Les processus de traitement supplémentaires proposés présentent chacun des avantages et des inconvénients. Ils répondent plus ou moins au caractère hygiénique du produit sortant, au critère de dégradation de la matière produite, mais diffèrent sur la qualité nutritive et les coûts mis en œuvre.

Ne disposant pas des analyses nécessaires il nous est impossible de connaître exactement la constitution des boues à la sortie des stations d'épurations choisies. Cependant il est évident que les risques de contamination fécale sont à prendre en compte ainsi que les valeurs de nutriments. Il n'existe pas de normes régulant proprement la qualité des boues et leur utilisation dans divers domaines. Les boues issues des stations de traitement méritent un traitement supplémentaire, pour plus de sûreté et pour une qualité hygiénique et un taux de décomposition acceptable, respectivement pour les boues issues des lits de séchage planté et des latrines écologiques.

Ainsi, après avoir décrit différents processus de traitement complémentaire des boues certains ressortent comme étant plus adapté à l'un des systèmes étudiés. En effet, les boues ou plutôt matières fécales issues des latrines écologiques semblent particulièrement appropriées à suivre le traitement de stockage aérobie dans la fosse. La mise en place et l'entretien de ce système sont peu coûteux et nécessitent peu d'espace, et donc ce procédé semble d'autant plus appropriés aux localités à faibles revenus (bas-fonds de Yaoundé ou zones rurales). Au contraire, il est plus difficile de se déterminer sur un traitement pour les boues issues des lits de séchage plantés. Le processus choisi doit répondre aux critères d'hygiène, de conservation

de la qualité nutritive du produit (taux d'azote notamment), et présenter un aspect pratique et peu coûteux. Comme il s'agirait de mettre en place ce traitement au niveau des installations pour la ville de Yaoundé, les moyens mis à disposition seraient un peu plus aisés. Pour pouvoir faire un choix, il serait approprié de connaître plus les installations nécessaires à un compostage thermophile et les réactions s'effectuant dans le procédé de co-compostage présenté par Montangero au Mali.

Le procédé de co-compostage pourrait toutefois s'effectuer étant donné qu'il existe déjà un système de collecte par la société camerounaise Hysacam. Il serait intéressant d'associer ces deux procédés afin de répondre aux exigences d'hygiène et de développement de la ville.

#### **II.4. Risques sanitaires à maîtriser pour la réutilisation hygiénique des sous-produits**

La manipulation des déchets pose le problème de sécurité sanitaire. En effet la transformation d'un produit issu de déchet présente un risque potentiel d'hygiène à la fois pour ceux qui le manipulent dans notre cas il s'agit des agriculteurs ou sylviculteurs, et pour ceux qui le consomment, ainsi que pour les populations se situant à proximité du site d'utilisation du produit. Au vu des conclusions précédentes, nous constatons qu'il nous manque les analyses bactériologiques nécessaires pour déterminer si les divers sous-produits peuvent être réutilisés immédiatement ou s'ils doivent suivre un traitement complémentaire. Dans cette partie nous caractériserons la diversité des agents pathogènes responsables de nombreuses maladies infectieuses et verrons plus particulièrement le cas des alentours de Yaoundé dans la région du site de déversement des boues à Nomayos, nous aborderons aussi les risques de contamination auxquels sont soumis les individus selon leur fonction et s'il y a une prise de conscience face à ces risques.

Les boues de vidanges déversées sans traitement préalable dans le milieu naturel présentent un impact sur le milieu physique et biologique. En effet, on observe une augmentation des paramètres nuisibles à l'environnement (N, P, K, DCO, DBO, pH) et une eutrophisation des milieux.

D'autre part, les boues contiennent en général une grande quantité de germes pathogènes divers. Les virus, bactéries, protozoaires et œufs d'helminthes, peuvent survivre dans le milieu ambiant pendant quelques jours. Dans son étude sur le dépotage des boues de vidange à Nomayos, Nkili décompte 3000 UFC de coliformes fécaux dans 100ml, et 400 UFC de streptocoques fécaux dans 100ml.

En étant déversées à proximité des habitations, ces boues peuvent contaminer les populations avoisinantes et causer de nombreuses maladies.

##### *II.4.1 présentation des divers microorganismes pathogènes des excréta*

###### II.4.1 a- les principaux agents pathogènes

###### **LES BACTERIES PATHOGENES :**

Les bactéries sont des microorganismes procaryotes appartenant au règne des protistes. Leur reproduction se fait par scissiparité c'est-à-dire par division cellulaire.

Les matières fécales d'une personne en bonne santé contiennent un très grand nombre de germes et d'espèces bactériennes : un gramme de fèces humide contient en moyenne  $10^{10}$  à  $10^{12}$  cellules bactériennes vivantes (Bakary, 2000). La flore intestinale du tube digestif humain est très riche mais les bactéries présentent n'ont pas toutes un caractère pathogène. En

effet, la quantité et la diversité des espèces bactériennes intestinales varient en fonction de l'état de santé de l'individu.

Les bactéries présentant des caractéristiques pathogènes sont responsables de la plupart des maladies infectieuses qui sévissent en Afrique sub-tropicale : Choléra, fièvre typhoïde, dysentérie, gastro-entérite, maladie diarrhéiques, etc. Le tableau suivant présente les relations entre différents types de bactéries et les maladies transmises.

Tableau 18 : Les principaux agents bactériens pathogènes présents dans les fèces et les maladies transmises (Bakary, 2000)

Famille	Genre	Espèce	Maladie
Entérobacteriaceae	Salmonella	Salmonella typhi Salmonella paratyphi Autres salmonella	Fièvre typhoïde Fièvre paratyphoïde Salmonellose (entérites)
Enterobacterioceae	Shigella	Shigella dysenteriae Autres shigella	Dysenterie bacillaire Gastro-entérite Diarrhée
Vibrionaceae	Vibrio	Vibrio cholerae Autres vibrios	Cholera Gastro-entérite Diarrhée
Entérobactériaceae	Escherichia	Echerichia Coli (types pathogènes)	Gastro-entérites Diarrhée

Ces bactéries présentes dans les fèces sont transmises d'un individu à l'autre si les conditions d'hygiène alimentaires (lavage des mains avant de manger...) ne sont pas respectées ou lorsque les aliments ne sont pas sanitaires consommables (eau ou aliments contaminés). La contamination peut avoir lieu notamment si l'eau utilisée pour l'irrigation est contaminée en amont par des rejets des eaux vannes dans les cours d'eau, ou aussi si les éléments de fertilisation issus de fèces contiennent un taux élevé de bactéries actives.

#### LES VIRUS :

Les virus sont des microorganismes parasites car ils nécessitent une cellule hôte vivante pour se reproduire. De nombreux virus peuvent infecter une personne et être transmis à de nouveaux hôtes par l'intermédiaire des fèces. En effet, le virus peut se reproduire seulement une fois qu'il a infecté une cellule hôte. Il reste en phase de latence (infection silencieuse) jusqu'à ce que les conditions du milieu environnant soient favorables à sa prolifération. Le tableau suivant donne la durée de persistance et la concentration virale en fonction du type de virus.

Tableau 19 : Excrétion virale dans les fèces (Nicand et al., 1998, cit. Schwartzbrod, 2000, cit. Nkili, 2006)

Virus	Durée moyenne d'excrétion fécale	Concentration virale par gramme de selles
Rotavirus	10 jours	$10^{10}$
Norwalk-like et Sapporo-like virus	3 jours	$>10^6$
Astrovirus	12 jours	$>10^6$
Entérovirus	1 mois	$10^3-10^6$
Virus de l'hépatite A	3 semaines	$10^9$
Virus de l'hépatite E	2 semaines	$10^9$
Adénovirus	10 jours	$>10^6$

D'après les données de ce tableau, on remarque que la durée d'excrétion virale pour les divers virus est relativement longue et donc suffisante pour que les selles d'une personne infectée contaminent l'environnement si elles sont rejetées directement dans le milieu naturel. De plus les concentrations virales par gramme de selles sont très élevées. Ainsi, ces deux facteurs réunis, on en conclut que le pouvoir contaminant viral des selles d'une personne infectée est très important.

La présence de ces divers virus provoque de graves troubles et infections chez l'individu comme nous le présente le tableau suivant :

Tableau 20: Principaux groupes de virus excrétés dans les fèces et maladies transmises (Bakary, 2000)

Virus	Maladie
Adénovirus	Affections respiratoires, infections oculaires
Entérovirus	
Poliovirus	Poliomyélite, méningite, fièvre
Virus Coxsakie	Méningite, fièvre, maladie respiratoires, myocardite
Echovirus	Méningite, encéphalite, affections respiratoires, fièvre
Virus Hépatite A	Hépatite infectieuse
Rota virus	Vomissement et diarrhées
Réovirus	Diarrhées

On constate que les troubles provoqués peuvent être très variés et plus ou moins graves selon le type de virus mais aussi selon le temps d'exposition de l'individu au virus, et de sa résistance. Cependant ces maladies sont fréquentes en Afrique et sont responsables de nombreux décès notamment chez les jeunes sujets.

#### LES PROTOZOAIRES :

Les protozoaires sont des microorganismes unicellulaires eucaryotes appartenant au règne des protistes. Ils se multiplient par mitose ou reproduction semée. Les formes infectantes des protozoaires passent souvent sous formes de kystes dans les matières fécales et sont transmises à de nouveaux hôtes par voie digestive. L'espèce pathogène la plus fréquente en Afrique tropicale, est *Entamoeba histolytica* et provoque la dysentérie amibienne (Bakary, 2000).

#### LES HELMINTHES :

Les Helminthes sont des vers parasites pluricellulaires eucaryotes. Les espèces pathogènes prouvant être prises en considération sont le plus souvent des nématodes responsables de diverses maladies parasitaires (ascariose, oxyurose, tricocéphalose, etc...) elles sont généralement transmises par voies digestives par l'intermédiaire des œufs embryonnaires et kystes que l'on peut retrouver dans une alimentation qui aurait été irriguée avec de l'eau mal épurée ou des eaux usées.

Ainsi, nous avons vu qu'il existe des formes variées d'agents pathogènes présentes dans les excréta humains. Ces agents pathogènes ont une certaine capacité à être transmis et infecter d'autres individus. Ceci se fait notamment en fonction de la quantité présente, de leur pouvoir infectant et de leur résistance au milieu ambiant

#### II.4.1 b-les maladies transmises, pouvoir infectant et résistances au milieu ambiant

Le tableau ci-dessous résume les quantités moyennes des divers agents pathogènes présents dans les eaux usées. Ces valeurs sont très variables en fonction de la localisation, du contexte socio-économique, et de l'état sanitaire de la population. Mais on peut néanmoins avoir une idée du risque auquel sont exposées les populations côtoyant les excréta.

Valorisation des boues de vidange, CREPA, Cameroun

Organisme	Maladies	Nombre par litre
<b>Virus pathogènes</b>		
Adenovirus	Maladies respiratoires, infections oculaires, vomissements, diarrhée	182-492 000
Enterovirus (polio)	Paralysies, méningite, fièvre	Non reporté
Virus Hépatite A	Hépatite infectieuse	Non détecté-10 <sup>4</sup>
Virus Norwalk	Vomissement épidémique et diarrhée	400-85 000
Rotavirus	Diarrhée et vomissement	
<b>Bactéries pathogènes</b>		
<i>Salmonella</i>	Thyphoïde, paratyphoïde, salmonellose	20-80 000
<i>Shigella</i>	Dysenterie bacillaire	10-10 000
<i>Campylobacter spp</i>	Gastro-entérite	37 000
<i>Vibrio cholerae</i>	cholera	100-100 000
<b>Protozoaires pathogènes</b>		
<i>Entamoeba histolytica</i>	Dysentérie amibienne	4
<i>Giardia lamblia</i>	Diarrhée, malabsorption	125-200 000
<i>Balantidium coli</i>	Diarrhée modérée, ulcération du colon	28-52
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Diarrhée	0,3-4 000
<b>Helminthes</b>		
<i>Ascaris</i>	Ascariose	5-111
<i>Ancylostoma</i>	Anémie	6-188
<i>Trichuris</i>	Diarrhée, douleurs abdominales	10-41

Tableau 21 : quantité moyenne des divers pathogènes présents dans les eaux usées et maladies/troubles associées. (source Yate et al., 1998, cit. Petterson et al.)

On remarque que ces agents pathogènes sont responsables de nombreux troubles principalement intestinaux pouvant être graves, voir mortels si l'individu est mal soigné. Nkili (2006) précise que les principales voies de transmission se font par voies fécale-orale principalement pour les virus, protozoaires et bactéries, lorsqu'il y a contact entre deux individus, par les aliments ou l'eau qui jouent le rôle de vecteurs. Pour les helminthes, la contamination se fait par de l'eau ou des aliments pollués qui auraient pu être fertilisés ou irrigués avec des eaux résiduaires ou boues fécales.

Le pouvoir infectieux varie en fonction de l'agent pathogène. Cependant on observe des tendances généralisables d'après Nkili (2006), le temps de latence (c'est-à-dire le temps séparant le moment de la contamination du moment d'apparition des premiers symptômes de la maladie) est généralement inexistant ou faible, de même la dose infectieuse (dose minimale déclenchant l'infection) est faible et au contraire la persistance de la maladie est en général importante surtout si l'individu est mal soigné ou s'il s'agit d'un sujet jeune ou particulièrement fragile.

Enfin, la prolifération et la contamination par l'agent pathogène varie aussi en fonction des conditions environnementales auxquelles il est soumis. Les tableaux suivant présentent les paramètres du milieu ambiant permettant l'inactivation de l'agent pathogène. Notons que les possibilités de prolifération n'ont pas été prises en compte.

On distingue deux milieux dans lesquels se trouvent les agents pathogènes « dans les fèces » et « dans le sol ». On expose ces agents à deux températures différentes (4 et 20°C) et on comptabilise le nombre de jours au bout desquels on observe un pourcentage d'inactivation des agents pathogènes atteignant les 90%.

Tableaux 22-23 : survie de divers agents pathogène selon les conditions environnementales (Pettersson & Ashbolt)

a) survie dans les fèces	T <sub>90</sub> (nombre de jours pour 90% d'inactivation)	
	4°C/bas rang de température	20°C/haut rang de température
<b>Organismes</b>		
<u>Organismes indicateurs</u>		
<i>E.Coli</i>	70-100	15-35
Enterococci	100-200	100-200
Bacteriophage	20-200	10-100
<u>Bactéries pathogènes</u>		
<i>Salmonella</i>	10-50	10-50
EHEC	10-30	10-30
<u>Virus</u>		
Rotavirus	100-300	20-100
<u>Protozoaires</u>		
<i>Giardia</i>	15-100	5-50
<i>Cryptosporidium</i>	30-200	20-120
<u>Helminthes</u>		
<i>ascaris</i>	100-400	50-200

Lorsque les agents pathogènes se trouvent dans les fèces, on note que pour la plupart, le nombre de jours d'inactivation à 20°C est moins élevé et on en conclut que la plupart résistent moins longtemps à la température de 20°C. Cependant, pour les Enterococci et les bactéries pathogènes (Salmonella et EHEC) la température ne semble pas influencer sur leur survie.

<b>b) survie dans le sol</b>	<b>T<sub>90</sub> (nombre de jours pour 90% d'inactivation)</b>	
	<b>4°C/bas rang de température</b>	<b>20°C/haut rang de température</b>
<u>Organismes modélisés</u>		
<u>Organismes indicateurs</u>		
<i>E.Coli</i>	20-100	15-70
Enterococci	20-80	15-50
Bacteriophage	10-100	5-50
<u>Bactéries pathogènes</u>		
<i>Salmonella</i>	20-50	15-35
EHEC	10-40	10-40
<u>Virus</u>		
Rotavirus	10-50	5-30
<u>Protozoaires</u>		
<i>Giardia</i>	20-40	5-20
<i>Cryptosporidium</i>	40-950	30-420
<u>Helminthes</u>		
<i>ascaris</i>	250-1000 (dans le sol)	15-100 (sur le sol)

De même que précédemment, on remarque que la plupart des agents pathogènes, résistent moins à la température de 20°C

Si nous comparons ces deux tableaux, nous remarquons que les agents pathogènes sont moins résistants lorsqu'ils se trouvent dans le sol. Les fèces leur assurent une certaine protection par rapport au milieu ambiant. Les Helminthes au contraire sont très persistants dans un sol soumis à une température basse.

De manière générale, le temps de survie des agents pathogènes que ce soit dans les fèces ou dans le sol est important et augmente à faible température. Leur pouvoir contaminant persiste au-delà d'une semaine après leur excrétion, donc ils restent encore actifs dans le milieu et peuvent être à l'origine d'une autre contamination telle que dans l'eau ou sur les plantes.

Nous avons vu la diversité des types d'agents pathogènes ainsi que les troubles dont ils sont responsables. De part leur durée d'activation persistante après excrétion, ils peuvent être à l'origine d'autres contaminations et infecter d'autres individus même après plusieurs semaines.

#### II.4.2 les risques existant dans le cas des boues de Yaoundé

Les boues de Yaoundé sont déversées dans la région de Nomayos par les camions de vidange. Or à proximité du site de déversement vivent des populations qui pratiquent l'agriculture et utilisent le cours d'eau du bas-fond l'Avo'o. Les boues étaient auparavant déversées dans des bacs de bétons or aujourd'hui ils sont déversés directement dans la mangrove. Le site de dépotage se situe dans un marécage donc où la végétation est dense car l'eau y est abondante. Cependant les boues issues des installations de Yaoundé et déversées à Nomayos ont une teneur élevée en de nombreux polluants autant physico-chimiques que biologiques. En étant déversées sans traitement préalable elles polluent fortement le milieu naturel et mettent en danger la santé des habitants des villages à proximité du site de dépotage. Cependant personne n'a de connaissance exacte sur la destination et la transformation des boues après leur déversement. Or d'après NKILI, les boues rejoignent le cours d'eau de la mangrove, l'Avo'o. Ce cours d'eau est utilisé pour laver le linge, et peut-

être se laver, et aussi pour irriguer les cultures qui sont consommées par les habitants. Ainsi, la pollution d'un tel cours d'eau touche directement la population locale.

Dans son étude, Ambassa fait une analyse bactériologique des boues de vidanges à Yaoundé. D'après ses résultats, il observe une variabilité des concentrations parasitaire suivant le type d'ouvrage d'assainissement (latrine, fosse septique...). Le nombre d'œufs d'helminthes varie de 3 866 à 27 633 œufs par litre de boue. La concentration moyenne pour les pays tropicaux est de 4 000 œufs par litre pour les boues des fosses septiques et entre 20 et 60 000 œufs d'helminthes par litre pour les boues de toilettes publiques. De manière générale, on caractérise les boues de toilettes publiques comme étant des boues très concentrées et fraîches, stockées pendant quelques jours ou semaines, alors que les boues de fosses septiques se caractérisent comme étant peu concentrées, généralement stockées pendant plusieurs années, elles sont plus stables que les boues des toilettes publiques car déjà partiellement décomposées. On note que la concentration en œuf d'helminthes dans les eaux usées est d'environ 300 à 2000 œufs par litre (Heins et al., cit Ambassa). Ainsi, la ville de Yaoundé est bien au dessus de cette moyenne, ce qui montre l'importance du problème de contamination fécale. Les deux principaux types d'helminthes retrouvés dans les selles sont Trichuris et Ascaris.

D'après l'étude de Nkili en 2006, les boues déversées à Nomayos contiendraient 300UFC (Unité Formant Colonie) de coliformes fécaux (CF) pour 100ml et 400UFC de streptocoques fécaux pour 100ml (SF). Ces concentrations montrent qu'il y a bien aussi une contamination par des germes fécaux.

Au vu de ces deux analyses, nous pouvons nous interroger sur les possibilités de contamination du milieu aux environs du déversoir des boues surtout qu'il s'agit d'un milieu marécageux. Dans son étude, Nkili (2006) a analysé en différents points de l'Avo'o les concentrations en coliformes fécaux et streptocoques fécaux. Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant.

Tableau 24 : Paramètres bactériologiques des eaux de l'Avo'o (source : Nkili, 2006)

Points de prélèvement	CF (UFC/100ml)	SF (UFC/100ml)
S	8	1
P1	10	5
P3	10	0
P4	1400	410
P5	3800	200

S= prélèvement à la source

Px= prélèvement au point x

Les points de prélèvements sont situés plus où moins loin du site de déversement des boues. P1 est proche de la source alors que P5 est proche du site de déversement. On remarque une augmentation des concentrations des germes quand on s'approche du site de déversement.

Les coliformes thermotolérants ou fécaux varient de 8 dans la source à 3800 UFC/100ml dans le site P5. Les streptocoques fécaux varient de 1 dans la source à 410 à P4. Ces valeurs pics sont à proximité de zones de déversement des boues et sont présentes même dans la source. Ainsi la contamination bactériologique est bien présente aux alentours de la décharge et par le principe de diffusion et selon la circulation des eaux, il y a même une contamination de la source.

Nous pouvons mettre ces résultats en parallèle aux infections rencontrées le plus couramment dans la région de Nomayos :

Tableau 25 : Prévalence des affections dues aux boues de vidange à Nomayos (Nkili, 2006)

Infections	amibiase	Choléra et typhoïde	paludisme	Maladies cutanées
pourcentage	66%	33%	50%	33%

Les maladies infectieuses rencontrées sont dues à des contaminations cutanées ou orales, dues à des agents pathogènes de type bactérie ou virus. Notons que dans les résultats de Nkili, il n'y a pas de prévalence de maladies dues aux helminthes mais l'on peut penser que les contaminations sont aussi importantes.

Cette présence importante de germes pathogène montre qu'il existe un réel risque d'infection pour les populations riveraines, notamment par le vecteur de l'eau. Les végétaux irrigués avec de l'eau contaminée retiennent à leur surface de nombreux virus entériques, d'où un risque sanitaire potentiel pour les consommateurs.

On note plusieurs cas d'hépatite A chez les travailleurs agricoles occupés à répandre les boues sur leurs champs. D'autre part les transmissions des infections à nématodes intestinaux se fait sur les agriculteurs utilisant les eaux usées brutes qui en contiennent une grande quantité, la transmission de maladies entériques (diarrhées, dysenterie, typhoïde et choléra) est plus fréquente chez les consommateurs de ces récoltes. D'après l'étude de Nkili, aucun consommateur de la localité n'a avoué avoir eu des problèmes après consommation des produits issus de ces cultures. En effet une bonne partie de la population étant consciente du danger auquel elle est exposée ne consomme pas ces produits. Les gens redoutent la qualité des produits connaissant leur lieu de culture et leur mode de fertilisation et préfèrent acheter autre part même si cette démarche leur revient plus cher. C'est cet impact sanitaire qui a conduit à l'abandon certaines sources par les populations.

Les enquêtes faites ne permettent pas de dire si oui ou non il y a un effet sur la baignade ou la lessive.

La psychose que cela engendre dans la région pousse les populations à abandonner les champs et même toutes les activités dans les marais à proximité des sites de décharge. Ainsi, la non prise en charge des boues de vidange met en danger les populations situées à proximité de la décharge par contamination de leur source d'eau, il en est de même avec les populations situées en aval du cours d'eau et tout une autre grande partie de la population est mise en danger par la vente de produits pouvant potentiellement être contaminés car étant irrigués ou fertilisés avec des produits non hygiéniques.

#### *II.4.3 les risques encourus par les divers acteurs et normes mises en place*

Nous avons vu que dans la région de Nomayos à proximité de Yaoundé, les risques de contamination et d'infection étaient élevés en raison du site de dépotage des boues. Nous allons voir dans cette partie les normes d'hygiène à respecter au niveau microbiologique lors de la réutilisation de produits issus de boues de vidange ainsi que les différents acteurs exposés suivant leur activité.

La voie de transmission la plus directe est par contact soit orale, soit au toucher. Comme nous l'avons vu, les boues contiennent une quantité importante d'agents pathogènes. Or s'ils sont déchargés dans l'environnement au stade où les larves de vers parasites sont dans leur phase

infectieuse, le phénomène étant accentué s'il s'agit d'un sol humide comme dans le cas des marécages, alors les conditions sont très favorables au développement des microorganismes et la contamination par les parasites se fait par pénétration cutanée. Toute personne mise en contact avec l'eau ou la boue directement est potentiellement soumise au danger d'être infectée.

Dans le cas de l'agriculture, s'il y a un mauvais ou pas de traitement de l'eau ou des boues utilisées comme fertilisants, les organismes pathogènes pénètrent dans le sol qui, comme nous l'avons vu, est capable de préserver les agents pathogène au stade actif pendant un certain temps, et peuvent alors infecter les agriculteurs qui manipulent la terre et qui ne disposent pas toujours d'un équipement adapté. D'autre part, les bactéries et œufs d'helminthes s'attachent aux plantes et infectent les consommateurs car les plantes sont souvent mangées crues ou mal lavées (Kingel et al, cit. Nkili, 2006).

Si les végétaux sont irrigués par une eau contaminée, alors il y a absorption des substances pathogènes et virus entérique à leur surface (Crocchi et al, 1991, cit. Nkili, 2006).

Un autre phénomène important propageant les maladies est la contamination par les moustiques qui se développent dans les eaux contaminée par les boues de vidange et trouvent un milieu ambiant particulièrement adapté dans les marécages.

Certaines directives de l'OMS (1989) imposent des quotas du nombre d'helminthes et de coliformes fécaux suivant les risques auxquels sont exposés les divers acteurs. Le tableau ci-dessous présente les directives :

Tableau 26. Directives concernant la qualité microbiologique des eaux usées utilisées dans l'agriculture, d'après Oms (1989).

Catégories Conditions de réutilisation	Groupe exposé	Coliformes fécaux (nombre/ 100 ml)	Helminthes (nombre d'œufs/l)	Procédé de traitement
A Irrigation de cultures destinées à être consommées crues	Ouvriers agricoles, consommateurs	≤ 1 000	≤ 1	Série de bassins de stabilisation
B Irrigation de cultures céréalières, agricoles industrielles et fourragères, pâturages et des plantations d'arbres	Ouvriers norme	Aucune	≤ 1	Rétention en bassins de stabilisation de 8 à 10 jours
C Irrigation localisée des cultures de la catégorie B, si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Néant	Sans objet	Sans objet	Traitement préalable en fonction de la technique d'irrigation

Les cultures les plus réglementées sont celles pouvant être consommées crues. Ce sont aussi celles pouvant infecter le plus grand nombre d'acteur (ouvriers agricoles et consommateurs). Dans le cas de Nomayos, nous rappelons que le nombre de coliformes fécaux recensé par Nkili au point de prélèvement le plus proche de la décharge s'élevait à 3800 UFC pour 100ml, c'est-à-dire que le nombre de coliformes fécaux pour 100ml est encore nettement plus élevé que les normes admises par l'OMS. Pour les œufs d'helminthes, Ambassa estimait entre 3 866 à 27 633 œufs par litre de boue donc la concentration se trouve diminuée si la boue est

dissoute dans l'eau d'irrigation cependant ce nombre d'œuf est très probablement supérieur à 1 pour 100ml, donc aussi au-dessus des normes de l'OMS. On se rend ainsi compte, même sans faire d'analyse, que la probabilité que les aliments cultivés avec l'eau d'irrigation soient impropres à la consommation est forte. Ce cas ne s'applique pas uniquement aux habitants de Nomayos mais aussi à tous les habitants des bas-fonds de Yaoundé pratiquant l'irrigation à partir d'une eau de ruisseau polluée de Yaoundé.

D'autre part, l'eau de l'Avo'o ou des cours d'eau en contact avec les boues de vidange peut être utilisée comme eau de baignade ou pour laver le linge. Il existe des directives de la Communauté Européenne (journal officiel N° L31/5 du 05/02/76) qui donne un quota limite de coliformes fécaux devant être inférieur à 2000 coliformes pour 100ml. Or, ici encore, l'eau de l'Avo'o est impropre à la baignade pour ce paramètre.

Le tableau ci-après présente les menaces sanitaires que représentent les divers agents pathogènes pour les différents groupes d'acteur étant potentiellement exposés.

Tableau 27 : Résumé des risques sanitaires associés à l'usage d'eau usée pour l'irrigation en agriculture (source : Carr et al., 2004)

Groupe exposé	Menace sanitaire		
	nématode	Bactérie/virus	Protozoaire
Consommateur	Risques significatifs d'infection par <i>Ascaris</i> pour adultes et enfants si utilisation d'eau usée non traitée ; pas de risque excessif si eau usée traitée à seuil <1œuf de nématode/litre (hors prise en compte de survie et de développement de l'œuf)	Choléra, thyphoïde et shigellose épidémiques de part l'utilisation d'eau usée non traitée, réponse séropositive à <i>Helicobacter pylori</i> , augmentation de diarrhée non spécifique si la qualité de l'eau dépasse 10 <sup>4</sup> CF/100ml	Mise en évidence de la présence de protozoaires trouvés sur les surfaces de végétaux irrigués par des eaux usées mais pas de mise en lien directe avec une transmission de maladies
Agriculteurs, ouvriers agricoles et leurs familles	Risques significatifs d'infection par <i>Ascaris</i> pour adultes et enfants au contact d'eau usée non traitée, risque persistant particulièrement pour les enfants si l'eau usée est traitée au seuil <1œuf de nématode/litre, augmentation du risque d'infection d'ankylostome pour les travailleurs	Augmentation des risques de diarrhée chez les jeunes enfants au contact d'eaux usées si la qualité excède 10 <sup>4</sup> CF/100ml, risque élevé d'infection par <i>Salmonella</i> pour les enfants mis au contact d'eaux usées non traitées, séroréponse élevée à Norovirus chez les adultes exposés à une eau usée partiellement traitée	Risque d'infection par <i>Giardia intestinalis</i> significatives que l'eau usée soit traitée ou non, augmentation de risques « d'amoebiasis » observé au contact d'eau usée non traitée
Populations riveraines	Pas de transmission d' <i>Ascaris</i> observée lors	Une irrigation par arroseur à jet tournant	Pas de données pour les transmissions

	de l'irrigation par un arroseur à jet tournant mais résultats identiques aux cas ci-dessus si irrigation par inondation ou par rainure	avec une qualité d'eau $10^{6-8}$ CT/100ml et une exposition aux aérosol importante sont associés à une augmentation des taux d'infection, une utilisation d'eau partiellement traitée $10^{4-5}$ CF/100ml ou moins pour l'irrigation par arroseur à jet tournant n'est pas associé à une augmentation des taux d'infection	d'infections causées par des protozoaires pour l'irrigation par arroseur à jet tournant avec des eaux usées
--	--	---	---

(Source: Blumenthal and Peasey (2002) ; Blumenthal et al.(2000a) ; Armon et al.(2002), cit. Carr et al. (2004))

D'après ce tableau, nous constatons que les groupes les plus exposés sont les agriculteurs et les consommateurs. Les premiers sont soumis à un risque élevé dû au contact avec l'eau et le sol pouvant contenir de nombreux germes pathogènes. Les consommateurs, eux, sont directement exposés aux risques par ingestion d'aliments pouvant être contaminés. Les maladies développées sont souvent graves, surtout si elles sont mal traitées notamment chez les jeunes sujets. Notons aussi que les techniques d'irrigation ont une influence sur le mode de contamination des aliments et de propagation des maladies.

Ainsi, nous avons vu qu'il existe trois catégories d'individus exposés aux risques de contamination : les ouvriers agricoles et leurs familles, les consommateurs, et les populations environnantes aux champs. Selon leur contact avec les plantes ils sont plus ou moins exposés à ces contaminations. Les consommateurs sont les plus directement exposés car la contamination se fait par ingestion. Les agriculteurs et ouvriers agricoles sont les plus fréquemment exposés et la contamination se fait le plus souvent par contact. Enfin, les populations alentour sont souvent exposées aussi au risque de contamination mais la mise en évidence d'un lien entre leur proximité des champs et les maladies contractées est difficile à établir. De plus les normes établies par l'OMS pour les eaux d'irrigation ne sont pas respectées pour le cours d'eau de l'Avo'o et probablement pas non plus pour les autres irrigations se faisant dans les bas-fonds insalubres de la ville de Yaoundé. Seule l'agriculture en périphérie de la ville peut bénéficier d'une eau d'irrigation acceptable si le cours d'eau se situe en aval de la ville ou de toute autre source de pollution.

Malgré les normes non respectées nous avons vu que le mode d'irrigation peut diminuer les risques de contamination. Nous allons alors nous intéresser aux méthodes permettant de diminuer ses risques d'infection et de contamination par les agents pathogènes.

#### *II.4.4 les mesures de sécurité sanitaire permettant de diminuer les risques d'infection*

Certaines méthodes existent pour permettre de diminuer les risques d'infection et de contamination des individus lors de l'utilisation d'eau usée non traitée ou lors de l'utilisation de produits issus des boues comme fertilisant.

#### II.4.4 a- la restriction des cultures

Lorsque l'eau utilisée n'a pas eu de traitement suffisamment efficace pour répondre aux normes bactériologiques, et met en danger le consommateur, alors il s'agirait de ne l'utiliser que pour irriguer les cultures n'étant pas destinées à la consommation d'aliments crus (pomme de terre, taro et tubercules divers...) ou alors pour irriguer des cultures non destinées à la consommation telles que le coton, le bois... L'eau distribuée à la plante et assimilée par cette dernière subit alors les conditions de cuisson qui détruisent un grand nombre de germes pathogènes. Cette méthode permettrait de réduire les risques de contamination auprès du consommateur mais ne réduit pas du tout les risques de contamination auprès des ouvriers agricoles et de leur famille car ceux-ci restent en contact avec l'eau de mauvaise qualité sanitaire. Dans la province du Centre cette eau impropre à l'irrigation et actuellement régulièrement utilisée pourrait servir à irriguer les plantations de maïs, de bananier plantains, de palmiers, les plants des tubercules et les pépinières de foresterie. Cependant, dans les bas-fonds de Yaoundé, les cultures qui sont très présentes et utilisent beaucoup le principe d'irrigation sont les cultures maraîchères. Pour ces dernières d'autres mesures doivent alors être prises.

#### II.4.4 b- la méthode d'irrigation

Lors de l'utilisation de produits dérivés de déchets fécaux, la protection sanitaire des agriculteurs, consommateurs et populations alentour doit être accrue. L'utilisation notamment de l'irrigation par aspersoir ou vaporisation, avec une eau usée augmente les risques de contamination pour les populations alentours. Il serait nécessaire de mettre en place une zone tampon c'est-à-dire établir une bande de 50 à 100m séparant maisons et routes avec les champs irrigués. Ceci afin de réduire les risques de contact entre communautés locales et zones contaminées.

Cependant avec l'utilisation de l'irrigation par inondation ou rainure, les ouvriers agricoles et leur famille restent très exposés aux risques de contamination. En effet dans la plupart des cas, les agriculteurs ne portent pas d'habits de protection réglementaires (bottes, pantalons épais...) et manipulent la terre contaminée à mains nues. En utilisant une irrigation de type goutte à goutte, alors l'eau usée est directement appliquée sur la plante ce qui diminue le contact entre les travailleurs et l'eau usée. Cependant, ces modes d'irrigation sont encore très souvent trop coûteux et restent inaccessibles à la plupart des agriculteurs.

D'autre part Vaz da Costa Vargas (1996) (cit. Carr et al.) a montré qu'un arrêt de l'irrigation durant une à deux semaines réduisait les risques de contamination. En effet en diminuant l'humidité, les conditions du milieu sont moins favorables à la survie des agents pathogènes. Cependant cette technique reste difficilement applicable au Cameroun surtout en saison sèche et l'arrêt de l'irrigation, si elle est mal contrôlée, peut réduire la qualité commerciale des produits car les bonnes conditions de croissance sont diminuées. Par exemple il est difficile d'utiliser cette technique sur les cultures maraîchères.

#### II.4.4 c- la protection vestimentaire

La protection vestimentaire chez les ouvriers agricoles est très limitée. Les terrains humides (surtout s'il y a irrigation) favorisent la prolifération des parasites et agents pathogènes. Or le port de vêtement approprié au travail effectué diminuerait de beaucoup le risque de contamination par contact. En effet le port de bottes, de pantalon résistant et de gants permettrait d'augmenter la barrière de sécurité sanitaire pour les travailleurs. D'autre part, l'utilisation d'ustensiles permettrait de diminuer aussi la manipulation de la terre étant

potentiellement contaminée. A ces mesures devrait s'ajouter un programme de sensibilisation aux conditions d'hygiènes.

#### II.4.4 d- l'amélioration des gestes d'hygiène programme d'éducation à l'hygiène

Bien souvent les conditions de sécurité hygiéniques ne sont pas respectées même si d'autres mesures sont prises. Une campagne de sensibilisation à l'hygiène doit être régulièrement menée afin de sensibiliser autant les adultes que les enfants, ainsi que les différents acteurs de la filière (agriculteurs, récolteurs, vendeurs, consommateurs). Par exemple, une condition simple d'hygiène serait d'utiliser régulièrement un savon pour se laver les mains lorsqu'on a touché la terre ou des plantes. On élimine ainsi une grande partie des agents pathogène pouvant être présents. Certaines condition d'hygiène alimentaires méritent d'être rappelées telles que laver des produits avec de l'eau propre, boire de l'eau potable (non infectée) et rejeter tout type d'aliment (surtout la viande) ayant un aspect « pas frais ».

En respectant ces conditions, les populations diminueraient les risques d'infection.

#### II.4.4 e- les soins médicaux

Lorsqu'on constate une infection, la meilleure stratégie est de se soigner afin d'éviter la contaminations aux proches et du milieu extérieur (notamment pas les selles). Certaines infections peuvent être contrôlées par des traitements médicaux de type vaccins (typhoïde, hépatite A...) et d'autre par des traitements thérapeutiques (diarrhée) mais une immunité totale ne peut être acquise. Il s'agit alors de prendre soin des individus les plus sensibles (enfants, personnes âgées ou affaiblies) et de les traiter médicalement aux premiers symptômes. Cependant très souvent les populations les plus exposées (agriculteurs et leur famille), quand ce n'est pas pour raison financière, ne disposent pas des connaissances nécessaires ni des infrastructures leur permettant d'avoir un traitement approprié à leur maladie. Elles restent donc très exposées au danger.

Ainsi, on a vu que diverses méthodes permettent de réduire les risques d'infection et de propagation des maladies parasitaires dues à l'utilisation de produits issus de déchets. Cependant malgré ces techniques il n'existe pas de solution permettant d'éradiquer le problème. La meilleur solution, la plus accessible à tous et la moins coûteuse, reste d'appliquer des conditions d'hygiènes simple telle que laver ses aliments, se laver les mains et rejeter tout aliment pouvant être gâté.

Les analyses faites aux alentours des stations de déversement des ordures montrent qu'il existe un réel danger de contamination de la population. Les agents pathogènes vecteurs des maladies sont variés (virus, bactéries, protozoaires ou helminthes). Trois catégories d'individus sont particulièrement exposées à ces risques d'infection, il s'agit des agriculteurs, ouvriers agricoles et leurs familles, des consommateurs et des populations environnantes. Les plus fréquemment exposés sont les agriculteurs, qui sont souvent sujet à des contaminations dues au contact de l'eau usée ou des boues. Les consommateurs sont sensibles à des maladies dues à l'ingestion de produits contaminés, cependant il est difficile d'établir un lien entre les infections des populations environnantes et leur relation aux éléments infectieux.

Des mesures d'hygiènes peuvent être mises en place afin de diminuer les risques d'infection. La plus accessible et efficace étant le respect des conditions élémentaires d'hygiène lors de la manipulation d'éléments contaminé ou de leur ingestion.

Nous avons effectué la comparaison des normes en vigueur et des divers produits issus des traitements épuratoires par lit de séchage planté et latrine écologique sur des critères principalement physico-chimiques.

Il nous a été parfois difficile de regrouper les informations à cause de la diversité des études au niveau temporel (les résultats changent d'une année à l'autre), au niveau des méthodes et des unités utilisées. D'autre part, il manque généralement des études bactériologique qui nous ont empêché de conclure sur certains aspect et nous contraignent de rester dans des hypothèses.

Il ressort en premier lieu que beaucoup de ces normes sont basées sur des critères européens et très peu sur des critères appartenant aux pays subsahariens. Il y aurait un premier pas à franchir afin de déterminer des normes appropriées aux conditions de vie et du milieu environnant dans lequel se trouve le Cameroun.

Enfin des conclusions que nous avons pu tirer il en ressort que :

- les macrophytes constituent une bonne source de matière pour le compostage. Les plantes sont riches en matières carbonées et en nutriments qui une fois dégradés se retrouvent dans le compost. Nous avons vu que l'utilisation de compost a une action bénéfique sur la structure du sol ; et permet la pérennisation de son exploitation. Un complément de minéraux peut être apporté afin d'assurer une croissance immédiate des cultures étant donné que le compost ne libère que progressivement une partie de ses nutriments.
- Les liquides issus des stations sont le percola et l'urine. Bien que de composition très différentes ils ont une même destinée : être réutilisés en tant qu'engrais. En effet ils sont tous les deux riches en éléments nutritifs (notamment l'urine qui est très riche en azote). L'urine peut être utilisée directement sur les cultures (après toutefois un temps de stockage). Il faut toutefois respecter des doses d'utilisations afin d'éviter la toxicité du produit pour la plante. Des essais dans de nombreux pays ont déjà été prouvés. Le percola ne peut ni être déversé dans le milieu naturel, ni réutilisé pour l'alimentation ou la pisciculture en raison de son caractère pollué encore supérieur à la pollution rencontrée dans les eaux usées. Pour pouvoir être rejeté dans les milieux naturels, le percola pourrait être traité par un système de lagunage macrophyte. Il peut cependant être directement utilisé sur les cultures à conditions que des études prouvent son caractère hygiénique (ces études n'ont pas encore été faites).
- Les boues issues des stations sont très riches en nutriments ce qui les oriente aussi vers une réutilisation pour la fertilisation. Les fèces issues des latrines peuvent être réutilisées après un stockage qui assure leur minéralisation. Ce procédé est adapté au système et a l'avantage d'être peu coûteux et de préserver la richesse en nutriments. Cependant la qualité hygiénique est un peu mise en défaut. Pour les boues issues des lits de séchage plantés, les boues doivent nécessairement subir un traitement supplémentaire notamment à cause des probabilités de contamination par des germes pathogènes. Le processus que nous préconiserons est le co-compostage car il permettrait de valoriser aussi les déchets solides récoltés par la société Hysacam à Yaoundé. Ces installations demanderaient un certain coût et une main d'œuvre. Il serait toutefois intéressant de valoriser les déchets avec le soutien de la communauté urbaine et du gouvernement pour l'image de sa capitale.

Ainsi les produits issus des stations d'épuration ont un grand potentiel au niveau de la fertilisation. C'est pourquoi nous nous pencherons à présent sur les possibilités de valorisation en tant qu'engrais dans trois domaines différents : l'agriculture, l'horticulture, et la foresterie.

### III. ETUDE SOCIO ECONOMIQUE DE LA VALORISATION DES PRODUITS ISSUS DES STATIONS D'EPURATION, A DIFFERENTES ECHELLES ET DANS DES SECTEURS VARIÉS

Les produits issus des stations d'épuration par lits de séchage planté et latrines écologique présentent des valeurs élevées en nutriments (N,P,K), en carbone et en matière organique. Ces caractéristiques leur confèrent un potentiel élevé de fertilisation. Ces produits cités sont les urines, les fèces, les boues, les macrophytes et le percola.

Le Cameroun possède une richesse en tant que pays producteur de denrées alimentaires et de bois, principalement exporté. D'autre part le pays subit une pression de production due à une augmentation en envolée de la population. Afin assurer ses fonctions de production, nourrir sa population et réduire sa pauvreté, le Cameroun se voit dans l'obligation d'assurer le développement économique du pays. Il est de rigueur de maintenir sa compétitivité sur les marchés mondiaux. Nous verrons dans le secteur des engrais l'importance du Cameroun sur le plan des échanges internationaux. Cette dépendance permet-elle au pays d'assurer sa croissance ? Existe-t-il un moyen de rentabiliser les activités nationales dans des secteurs variés au moyen des engrais ? Les sous produits issus des traitements d'épuration, ayant un haut potentiel fertilisant, offrent-ils une alternative pour les utilisateurs d'engrais ?

Nous traiterons tout d'abord de la présence du Cameroun sur le marché de l'engrais, présenterons ensuite les secteurs forestiers et agricoles utilisateurs d'engrais et traiterons pour chacun d'eux les possibilités d'acceptation des sous produits en tant que fertilisant. Au vu des entretiens réalisés auprès des acteurs concernés nous listerons les facteurs limitant l'utilisation des produits innovants. Enfin, nous élaborerons certaines propositions permettant de favoriser la mise en place du procédé de valorisation.

#### **III.1 la puissance du marché de l'engrais chimique au Cameroun**

Pour un pays qui regorge de richesses au niveau de la diversité de ses fruits, qui dispose sur une grande partie de son territoire d'un climat chaud et humide propice au développement des végétaux, on peut se demander pourquoi et comment le marché des engrais prend-t-il de l'ampleur au Cameroun ?

##### *III.1.1 Organisation de la filière*

###### III.1.1 a- Pourquoi ?

Face à l'explosion démographique, le Cameroun, comme de nombreux pays d'Afrique doivent réagir pour subvenir à ses besoins quotidiens et ce d'autant que la production agricole doit augmenter en combattant la baisse de fertilité des sols voir leur épuisement. La fertilisation des terres devient nécessaire même pour des régions gâtées par un climat propice au développement des plantes comme dans certaines provinces du Cameroun.

Les engrais mettent en œuvre de enjeux important au niveau du continent africain. Le magazine « Terres Fertiles » du PRSSE parle de la « révolution verte africaine » qui consiste à résoudre la crise africaine des engrais c'est-à-dire nourrir la population et lutter contre la pauvreté.

C'est pourquoi les producteurs africains prennent peu à peu conscience qu'ils doivent passer de pratiques agricoles extensives à faibles rendements, à des pratiques plus intensives avec une plus forte utilisation de semences améliorées, d'engrais et de l'irrigation.

La montée en puissance de cette prise de conscience ainsi que l'engouement progressif de l'utilisation d'engrais dans les cultures à amené, début 2005 au déroulement du Sommet sur les Engrais au Nigeria, avec la réunion des chefs d'Etat africains.

Les décisions prises étaient les suivantes :

- Une augmentation de l'utilisation d'engrais pour passer de 8kg d'éléments nutritifs/ha à au moins 50kg d'ici 2015.
- Une réduction des coûts d'achat des engrais. Harmoniser les politiques et les réglementations pour permettre la circulation des engrais hors douanes et hors taxes entre régions, et un développement du contrôle de qualité. Il faut éliminer les taxes et tarifs sur les engrais et matières premières pour leur fabrication.
- Une amélioration de l'accès des agriculteurs aux engrais, développer les réseaux de distribution
- Une amélioration de l'accès aux engrais grâce aux subventions.
- Un développement du secteur de transports/approvisionnement des engrais

(magazine Terre fertile n°004, juillet 2006)

Ainsi, le continent africain, pour mener à bien son développement, juge nécessaire de diminuer la pauvreté encore majoritaire, que ce soit dans les grandes villes ou dans des zones enclavées, et l'un des axes d'action se porte sur l'agriculture afin d'apporter une alimentation quotidienne élémentaire à chaque habitant. Les engrais ayant fait leurs preuves dans les pays développés, le Cameroun, de même que d'autres pays, portent leurs objectifs de développement sur ces derniers. On peut alors se demander comment définit-on un engrais, et comment se structure cette filière au Cameroun.

### III.1.1 b- C'est quoi ?

La filière engrais est déjà relativement bien implantée au Cameroun. Elle dispose d'une administration au sein du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MINADER). La loi n°2003/007 du 10 juillet 2003 régit les activités du Sous-secteur Engrais.

Article 1 : (1) « la présente loi régit le sous-secteur engrais au Cameroun. A ce titre elle vise :

- l'augmentation de la productivité des exploitations et l'accroissement de la production agricole ;
- la gestion durable des ressources naturelles. » (loi n°2003/007 du 10 juillet 2003)

Cette loi porte sur les activités de production, d'importation, d'exportation, de conditionnement, de distribution et d'utilisation des engrais. Elle concerne toutes les sortes d'engrais « notamment les engrais minéraux, organiques, et biologiques »

La loi définit l' « engrais » comme « toute substance ou matière contenant un ou plusieurs éléments nutritifs des plantes reconnus et utilisés comme tels dans le but de favoriser la croissance et la production des plantes ». (loi n°2003/007 du 10 juillet 2003)

Elle définit le « sous-secteur engrais » comme étant le « domaine du secteur agricole où s'exercent les activités de recherche, d'encadrement et de réglementation en matière de fertilité et de fertilisation des sols, de production, d'importation, d'exportation, de conditionnement, de distribution et d'utilisation des fertilisants où interfèrent des acteurs qui contribuent à asseoir une meilleure productivité des sols dans le cadre d'une gestion durable. » (loi n°2003/007 du 10 juillet 2003)

La loi fait référence à 3 types d'engrais : les engrais minéraux, organiques et biologiques mais ne définit pas plus précisément ces termes.

Or en agriculture, on définit deux types d'engrais :

- les engrais organiques (compost ou fumure)
- les engrais chimiques (de type urée, NPK...)

Le responsable du PRSSE, Mr FONE Samuel, donne les définitions suivantes, en accord avec celles données par les agriculteurs :

-les engrais organiques sont fabriqués par les producteurs eux-mêmes à partir des rejets de leur production en y associant parfois les déchets ménagers organiques ou des fientes de poules. Cette méthode de fertilisation est très répandue dans toutes les provinces du Cameroun et quelque soit le type de production.

-les engrais chimiques sont des produits importés de différents pays (urée, NPK, sulfate d'ammonium). (Entretien avec Mr Samuel FONE, du PRSSE )

Cependant il faut être attentif car de nombreux agriculteurs ne considèrent comme engrais que les engrais importés et non la fumure ou le compost. D'autre part, les engrais biologiques sont souvent définis comme les engrais organiques, car issus de la décomposition de matière organique/biologique mais il n'existe pas de normes « bio » semblables aux normes européennes, pour définir ce type de produit. Au Cameroun, de nombreuses cultures sont « bio » !

Ainsi, les engrais entrent dans le code juridique et leur utilisation est cadrée. L'organisme chargé de la gestion de ce secteur appartient au MINADER, il s'agit du PRSSE (Programme de Réforme du Sous-Secteur Engrais). Cet entité travail en coopération avec d'autres ministères (Ministère de l'Agriculture et le Ministère de la Faune et des Forêts) et des organismes tels que l'OMEC (Observatoire du Marché des Engrais au Cameroun). Comment le PRSSE gère-t-il la filière engrais ?

### III.1.1 c- Quelles structures d'appui ?

La cellule Programme de Réforme du Sous-Secteur Engrais (PRSSE), qui gère la promotion de l'engrais et sa filière, et basée au Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Le but de cette cellule est la mise en place d'un système durable et efficace pour l'importation, la distribution, le financement et l'utilisation des engrais.

Elle finance en partie le commerce des engrais, gère le suivi du marché des engrais au Cameroun, coordonne les aspects politiques et de recherche scientifique en matière d'engrais, et appuie les acteurs du sous-secteur engrais.

Le PRSSE apporte un soutien informatif aux agriculteurs en mettant en place des guides d'utilisation des différents types d'engrais (surtout minéraux) selon le type de culture, ceci dans le but d'améliorer les rendements, tout en utilisant de manière raisonnée les sols et les intrants agricoles dans l'optique d'une agriculture durable. Ces techniques sont alors abordables pour les agriculteurs.

Le PRSSE agit en facilitant les financement d'investissement dans le sous-secteur engrais au moyen de :

- Facilités de Prêts à Moyen Terme (FPMT), qui facilite l'accès au financement à moyen terme des opérateurs économiques privés et promeut l'investissement fixe dans le sous-secteur engrais en vue de contribuer à l'accroissement de la valeur ajoutée sur les fertilisants importés par les opérateurs privés.

- Durée du crédit de 6 ans, avec un taux d'intérêt payable par l'investisseur de 4,25% par an.
- Le Fonds de Crédit Renouvelable (FCR), qui facilite l'accès au financement à court terme des opérateurs économiques privés à l'importation et à la distribution des engrais d'une part, et pour promouvoir un système privé viable de commercialisation des engrais d'autre part.
- Durée du crédit 6mois, avec un taux d'intérêt payé par l'importateur ou le distributeur de 4,5% par an.

Le marché de l'engrais n'est pas subventionné par l'Etat. Or pour certaines productions (le maraîchage par exemple), les engrais chimie sont nécessaire pour obtenir un bon rendement. Ces engrais chimiques étant importés, la structure permet donc aux opérateurs économiques privés d'investir, à court ou moyen terme, grâce à des facilités de prêts avec de faibles taux de remboursement, et de revendre les engrais aux agriculteurs.

Ceci permet ainsi à un plus grand nombre d'agriculteurs d'accéder au marché de l'engrais chimie, sachant que les petits agriculteurs ne peuvent pas se permettre d'y accéder, pour des raisons financières le plus souvent. (Entretien avec Mr Samuel FONE, du programme PRSSE )

Ainsi le PRSSE s'occupe de la promotion de l'engrais et supervise le marché de l'engrais. Ce marché comporte d'autres acteurs notamment les importateurs, qui fournissent la totalité des engrais chimiques au pays et une infime partie du fumier et compost. Comment s'organise le marché des importations d'engrais ?

### *III.1.2. Organisation des importations d'engrais*

#### *III.1.2. a- Marché national de la consommation d'engrais*

Le marché national d'importation d'engrais a connu une hausse de 20% entre 2000 et 2004. Par rapport à l'année 2003, le marché de l'importation a connu une hausse de tonnage de 64%. Notons toutefois que les importations de 2003 étaient inférieures aux années passées ce qui explique une hausse si importante. Les fluctuations de l'importation des engrais sont principalement dues aux importations faites par la SODECOTON, société des cotonculteurs, grosse consommatrice d'engrais car elle utilise à elle seule plus de 45% du tonnage d'engrais importés au Cameroun. Entre 2003-2004 la SODECOTON a augmenté sa consommation de 52%. (source : Terres fertiles n°004)

#### *III.1.2. b- Evolution du marché*

L'augmentation de la consommation d'engrais est remarquable entre 2000 et 2005, bien qu'elle se soit faite en dents de scie. En effet les superficies mises en culture sont d'environ 7 160 000ha (chiffres FAO, 2004, Terres fertiles n°004). Le taux de la consommation d'engrais au Cameroun est estimé à 22 kg/ha en 2004. Ce taux est très bas en comparaison avec d'autres pays Africains et d'autant plus si on le compare à un pays comme la France dont la consommation d'engrais est estimée à 200 kg/ha. Malgré la faible consommation d'engrais le Cameroun subsiste à ses besoins grâce au grand potentiel fertile de son sol. Mais le Cameroun est un pays qui possède encore une grande potentialité de consommer d'avantage des fumures minérales qui peuvent augmenter les rendements agricoles.

Si on redynamise les coopératives et les Groupements d'Initiative Communes (GIC), qu'on facilite l'accès aux crédits, qu'on améliore les réseaux de transport et de distribution, qu'on diversifie les productions et qu'encourage les producteurs et consommateurs dans le but de mieux consommer, alors l'augmentation de consommation des engrais aura tendance à persister.

Cependant, sur le total de ses importations nous pouvons nous demander quelle est la part d'engrais chimique et la part d'engrais organiques.

Tableau 28 : présentation l'évolution entre 2000 et 2004 des tonnages importés par type d'engrais (Terres fertiles, 2006)

Désignation	2000	2001	2002	2003	2004	TOTAL
Engrais azotés	49 481,81	41 673,48	45 839,15	35 892,10	72 079,49	244 966,03
Engrais composés	48 935,57	30 193,85	16 964,29	11 711,48	24 295,10	132 100,30
Engrais phosphatés	13 123,64	15 920,57	16 623,61	22 147,73	26 782,01	94 597,55
Engrais potassiques	19 894,22	17 927,85	41 731,43	26 424,08	34 634,29	140 611,87
Fumiers et composts	0,20	0,80	0,01	5,55	0,70	7,25
<b>TOTAL</b>	<b>131 435,43</b>	<b>105 716,54</b>	<b>121 158,49</b>	<b>96 180,93</b>	<b>157 791,59</b>	<b>612 282,98</b>

Source : base de données Douanes, Terres Fertiles n°004

La désignation des engrais se décompose principalement comme suit :

Engrais azotés : Urée, Sulfure d'Ammonium (SA)

Engrais composés : NPK (N : azote, P : phosphate, K : potassium)

Engrais phosphatés : Phosphate Diammonique (DAP)

Engrais potassiques : Chlorure de Potassium (KCl)

La tendance en 2004 prône principalement l'importation d'engrais azotés, phosphatés et potassiques, à défaut des engrais composés. En effet les principaux importateurs utilisent les engrais simples pour préparer localement différents engrais composés afin de satisfaire au mieux les besoins de cultures spécifiques, on nomme alors ces engrais « engrais spécifiques » utilisés pour les cultures telles que l'ananas, le café, le maïs, le maraîchage... Les sociétés d'assemblage des engrais sont basées dans la province de l'Ouest.

On constate que l'importation d'engrais azotés a augmenté de 46% alors que la part des engrais composés a baissé de 50%. Les engrais phosphatés ont connus la plus grande augmentation (104%) d'autant plus qu'elle est la seule à être progressive (les autres étant en dents de scie) et les engrais potassiques ont augmentés de 74%. (magazine Terre fertile n°004, juillet 2006)

On constate donc que les engrais importés sont de nature diverse mais il s'agit, en très grande majorité, d'engrais chimiques. En effet, les engrais organiques peuvent être produits sur place en quantités suffisantes et d'autre part leur transport est coûteux car ils présentent un poids et un volume important. De plus l'importation d'engrais suit une tendance générale à la hausse, ceci étant en accord avec la politique et les mesures prises par le gouvernement.

Toutefois ce n'est pas le gouvernement qui importe mais d'autres acteurs sont impliqués dans cette filière. Comment sont gérées les importations, et par qui ?

### III.1.2. c- D'où vient l'engrais ?

Les engrais importés ont des origines très diverses. Le pays principal exportateur d'engrais au Cameroun est l'Ex-URSS, avec 33 023 tonnes d'engrais exportés au Cameroun en 2004 pour un capital de 4 264 millions de FCFA (magazine Terre fertile n°004, juillet 2006). D'après les tableaux donnés dans ce même magazine, Terres Fertiles, la provenance et l'origine des engrais importés relativement pour chaque pays différent et ceci pour presque

## Valorisation des boues de vidange, CREPA, Cameroun

tous les pays. Les engrais importés proviennent de 18 pays en 2004, principalement de l'Ex-URSS, d'Europe de l'Est et des Etats-Unis. D'autre part la Côte d'Ivoire, le Gabon et la Guinée Equatoriale font aussi parti de ces pays.

Si l'on analyse la provenance selon le type d'engrais, on constate que l'Urée provient principalement de l'Ex-URSS et d'Ukraine, le Sulfate d'ammonium de la Pologne et le NPK de la Belgique.(magazine Terre fertile n°004, juillet 2006)

L'importation des engrais se fait selon trois grands opérateurs : les distributeurs, les sociétés de plantations et les centres de recherche agricoles. Les principaux importateurs au Cameroun en 2004 sont présentés dans le tableau suivant.

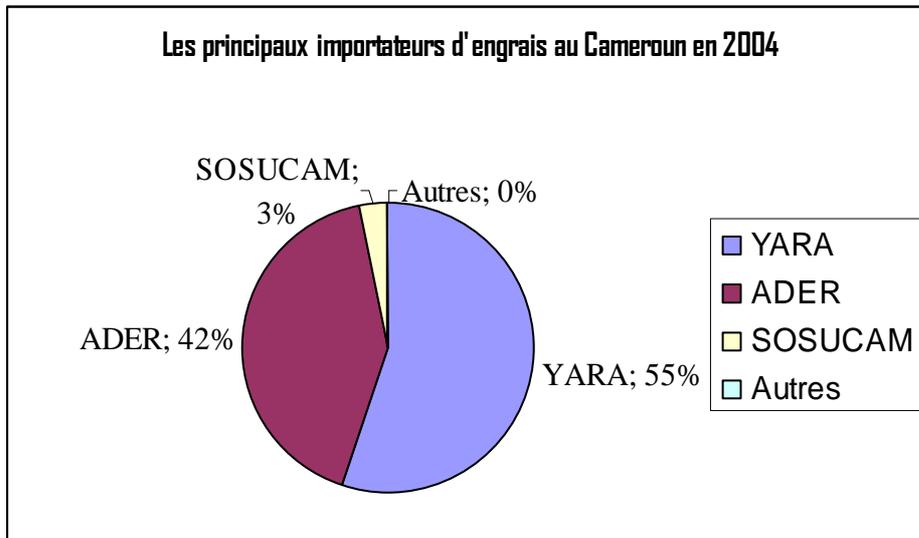
Tableau29 : présentation des importateurs d'engrais en 2004

Opérateurs	tonnage	Valeur (millions de FCFA)
<i><u>Distributeurs</u></i>		
YARA CAMEROUN	87 140,44	11 214,42
ADER CAMEROUN	66 041,12	8 521,64
JACO SA	17,30	11,91
FIMEX INTERNATIONAL SARL	9,06	19,63
PHYTOGRAINES CAMEROUN SARL	8,57	16,55
Autres	2,64	3,56
<i><u>Plantations agroindustrielles</u></i>		
SOCIETE SUCRERIE DU CAMEROUN (SOSUCAM)	4 559,15	763,04
CAMEROON DEVELOPMENT CORPORATION (CDC)	13,00	17,73
HEVEA CAMEROUN	0,21	2,07
<i><u>Centres de recherche agricole</u></i>		
CENTRE AFRICAIN DE RECHERCHE SUR LES BANANIERS PLANTAINS (CARBAP)	0,06	0,04
IRAD/ICRAF	0,00	0,01
<i>Total</i>	157 791,55	20 570,06

(source : magazine Terre fertile n°004, juillet 2006 d'après base de données des Douanes)

En parallèle, on peut établir le graphique suivant :

Graphique : les principaux importateurs d'engrais au Cameroun en 2004



D'après ces graphiques, les firmes telles que YARA et ADER se partagent presque tout le marché des importations d'engrais. Ces deux grosses entreprises ont leurs sièges à Douala, afin de bénéficier du Port maritime. Il faut noter que ces dernières approvisionnent notamment des industries comme la SODECOTON, alors que la SOSUCAM (entreprise de production de sucre à partir de canne à sucre) se procure elle-même les engrais sans passer par un intermédiaire.

Cependant d'après le tableau suivant, ces trois principaux importateurs n'importent pas les mêmes types d'engrais ni en même quantités.

Tableau 30 : Récapitulatif des importations par type d'engrais par les 3 principaux importateurs en 2004

Société	KCl	NPK	DAP	Sul.Am.	Urée	MAP	TSP	Nitr.cal et amm.	autres	TOTAL (en t)
YARA	5 970	4 210	24 343	24 348	28 245			24		<b>87 140</b>
ADER	27 886	20 046		2 801	13 260	445	194		1 409	<b>66 041</b>
SOSUCAM			1 169		3 390					<b>4 559</b>
Autres	1	39		3					9	<b>52</b>
<b>Total (en t)</b>	<b>33 857</b>	<b>24 295</b>	<b>27 152</b>	<b>27 152</b>	<b>44 895</b>	<b>445</b>	<b>194</b>	<b>24</b>	<b>1 418</b>	<b>157 792</b>

Source : base de données des Douanes

Les principaux engrais importés sont dans l'ordre décroissant, l'urée (29% des importations), le chlorure de potassium (22%), le DAP et sulfate d'ammonium (17%) et le NPK (15%). On remarque que YARA et ADER sont très polyvalents dans les types d'engrais importés, alors que la SOSUCAM se spécifie dans deux types d'engrais. Il ressort aussi de ce tableau que l'Urée et le Sulfate d'ammonium ont été importés en grandes quantités par YARA, alors que le NPK et le Chlorure de Potassium sont majoritairement importés par ADER. Il existe donc une certaine complémentarité entre les deux grandes firmes.

Pour la province du centre, les importateurs comme YARA et ADER possèdent 30 distributeurs aux environs de Yaoundé. Cependant, les agriculteurs interrogés disent se fournir plus chez JACO plus ou moins directement.

Dans la province du Centre, la SOSUCAM est le plus gros consommateur d'engrais avec 1200t de consommation annuelle+3000t de stock.

Une fois ces grandes quantités d'engrais acquises par les firmes, elles sont redistribuées selon la demande dans tout le pays. Il existe 7 réseaux provinciaux ou régionaux distributeurs d'engrais :

- REDEL (Réseau de distribution d'engrais du Littoral (le Sud-Ouest est inclus)
- REDIAC (Réseau de distribution d'intrants agricoles du Centre (Sud et Est inclus)
- DIAN (Distributions des Intrants Agricole du Nord)
- N.WUFD (Nord West Union of Fertilizers Distributors)
- REDIEN-GIE (réseau des distributeurs d'intrants de l'extrême nord)
- RDEPA-GIE (réseau de distribution d'engrais de la province de l'Adamaoua)

Ces réseaux de distributions fournissent l'engrais aux grandes exploitations agricoles qui l'achètent en quantités considérables (plusieurs tonnes) et l'autre partie va aux revendeurs chez qui viennent s'approvisionner la plupart des agriculteurs car ces derniers n'utilisent que de petites quantités (sacs de 50kg).

Ainsi le marché de l'engrais permet de sceller des accords internationaux, ceci au profit souvent des grandes firmes. Cependant les petites exploitations bénéficient des coûts de transport plus faibles en raison des grandes quantités dont nécessitent les grandes entreprises ce qui leur permet d'accéder à des coûts plus faibles aux engrais chimiques. De plus la demande est en pleine expansion car elle va de paire avec l'augmentation des superficies cultivées et surtout l'intensification des pratiques agricoles.

Cependant cette demande croissante d'engrais n'est pas accessible à tous. En effet, les engrais restent pour de nombreux exploitants un produit de luxe qu'il faut savoir se procurer à bon prix et économiser. Le principal problème des engrais est leurs prix encore trop élevés et ceci est d'autant plus valable pour les engrais importés, qui passent par de nombreux intermédiaires et dont le transport élève encore les prix. Quel est le prix des engrais sur le marché ?

### III.1.2. d- Quel est son coût ?

Le coût des engrais est très variable. En effet si l'on considère les engrais organiques tels que le compost fabriqué par un agriculteur lui-même à partir des rejets de ses cultures, les coûts sont très faibles voir nuls. Au contraire, les coûts pour se procurer des engrais chimique est beaucoup plus élevé, surtout en proportion à ce que gagnent les agriculteurs. De plus les petits exploitants utilisent de petites quantités et ne bénéficient donc pas des prix de la vente en gros au contraire, leurs engrais sont même surtaxés à cause d'un éventuel reconditionnement qu'impose la vente en détail.

En 2006 on estime la tonne d'engrais à 182 500FCFA, soit TTC 270 000 FCFA (magazine Terre fertile n°005, juillet 2006).

Le tableau ci-dessous donne une idée des prix des engrais importés dans différentes localités du Cameroun.

Tableau 31 :Prix de vente au détail (FCFA/sac) dans quelques localités du Cameroun

Type engrais	Yaoundé	Douala	Bafoussam
Urée	13500	12800	14500
NPK complexe 20.10.10	13500	13000	13000
NPK (Bulk) 20.10.10	12250	11000	11000
Sulfate d'ammonium	10500	9500	9000

(source Terre fertiles n°004)

Nous pouvons remarquer que les coûts varient d'une localité à l'autre. Globalement les engrais vendus à Douala sont moins chers, ceci peut s'expliquer pas le fait que toutes les marchandises arrivent au port. Le prix des engrais augmente avec la quantité et la distance. Cependant les distances Douala-Yaoundé et Douala-Bafoussam sont relativement égales alors que les engrais à Yaoundé sont plus chers. On peut émettre des hypothèses sur cette augmentation, notamment par le fait que souvent les prix de la capitale sont plus élevés, mais surtout que les quantités transportées vers Yaoundé sont moins importantes vers Bafoussam étant donné que Bafoussam se situe dans la province de l'Ouest où l'agriculture est très développée ainsi que la consommation d'engrais. Ainsi, on constate que les prix de vente des engrais n'est pas fixé par l'état mais résulte plus d'un arrangement entre négociant.

Le principal facteur influençant le prix des engrais est le transport. En effet ce coût s'élève selon diverses raisons :

- le monopole des transports ferroviaires
- le mauvais état réseau routier national
- le délai passage portuaire des marchandises
- la limitation du tonnage des navires (faible profondeur du chenal du port autonome de Douala)
- les nombreux contrôles routiers
- l'insécurité

Le magazine « Terres fertiles » calcule les frais de transports des engrais pour un producteur basé à Yaoundé de la manière suivante :

Distance Douala-Yaoundé : 263km

Moyen de transport : ferroviaire par la CARMAIL

Estimation des Coûts :

Frais de transport :33,65 FCFA/t/km (principal)

+200F pour déclaration d'exportation

+1000F timbre fiscal

+TVA (19,25%\*(principal+200))

Sachant que le tonnage minimum pour affréter des engrais importés est de 50t, on va considérer les coûts impliqués pour acheminer le tonnage minimum accepté.

Ainsi, pour 50tonnes :

Calcul du principal :  $50t * 33,65FCFA * 263km$

= 442 498 FCFA

Calcul TVA:  $(442 498+200) * 19,25\%$

= 85 220 FCFA

Total:  $442 498+85 220+1000=526 718FCFA$

(magazine Terre fertile n°005, juillet 2006)

Ainsi, pour acheminer une dose minimale d'engrais, l'agriculteur doit payer 526 718FCFA ce qui représente un coût considérable pour une exploitation, et un tonnage excessif étant donné que de nombreuses exploitations ont une superficie dépassant rarement les 2ha. D'autre part le stockage des engrais est difficile étant donné l'humidité de l'air et les variations de température qui risquent de gâter leur qualité.

C'est alors que l'organisation en GIC prend une grande importance car les paysans peuvent alors partager les frais et commander de plus grandes quantités d'engrais. Mais ces prix restent relativement élevés pour certains agriculteurs qui vivent dans des endroits enclavés et payent encore en supplément le transport pour chercher leur engrais.

Ainsi, le Cameroun est bien fourni en engrais et grâce à de grandes firmes telles que YARA ou ADER qui se fournissent auprès de pays étrangers. L'acheminement d'engrais se fait à Douala puis ils sont distribués dans tout le pays principalement par voie routière. La structure gérant le secteur engrais au niveau administratif est le PRSSE dépendant du MINADER. *Les provinces les plus consommatrices d'engrais sont le Nord avec la SODECOTON et l'Ouest avec sa diversité de culture.* Les transports sont le principal frein au marché de l'engrais en raison des difficultés d'acheminement et des coûts qui augmentent avec le poids et la distance à parcourir. Ces coûts grimpent rapidement et ne deviennent alors accessibles qu'aux grandes exploitations de type industrielles. Pour pallier à ce problème l'Etat encourage la mise en place de GIC et ouvre des possibilités d'investissement à court ou moyen terme afin de faciliter l'accès des engrais aux petits agriculteurs. Ces dispositions prises par les différents acteurs sont en accord avec les objectifs de développement que s'est fixé le pays.

## **III.2 Le secteur agricole, premier consommateur d'engrais**

### *III.2.1 Présentation du secteur agricole, son organisation, son contexte, ses acteurs*

#### III.2.1 a- Approche au niveau national

Le Cameroun bénéficie sur son territoire d'une grande diversité climatique et au niveau de la composition des sols. C'est cette diversité qui permet une implantation de l'agriculture sur tout le territoire camerounais. Elle est la base de l'économie du pays, en employant une grande partie de la population, en assurant l'autosuffisance alimentaire et en représentant 40% des recettes des exportations. La tendance est celle de la culture des produits vivriers tels que le manioc, l'igname, le plantain, le macabo, le taro, le maïs, la patate douce, le mil, le sorgho, l'arachide, les céréales, le riz... Ce qui a tendance à faire régresser les productions de rente telles que le café, le cacao, la banane, le palmier à huile, l'hévéas (pour produire du caoutchouc), le coton, le tabac et le thé. Ces cultures permettent de faire fonctionner de grandes industries basées pour la plupart à Douala et qui exportent à l'international.

Le secteur agricole souffre toutefois des difficultés de communication, notamment à cause du réseau routier qui rend difficile l'acheminement des produits de récolte et des intrants, souffre du manque de crédits pouvant être administrés aux petites exploitations et souffre aussi de l'inexistence d'un contrôle de qualité sur les marchandises.

Le Cameroun est reconnu mondialement pour sa production de bananes qui est l'une des principales exportations hors pétrole et après le bois. Sur le territoire français elle concurrence la banane antillaise. Les principaux producteurs de bananes sont regroupés dans une association nommée l'ASSOBACAM (Association Bananière du Cameroun), ce qui permet de maintenir la compétitivité de la banane camerounaise sur le marché mondial. Une autre grande production située dans l'extrême Nord du Cameroun est la production cotonnière. Cette filière emploie plusieurs milliers de planteurs, adhérant pour la plupart à la SODECOTON. Le coton est utilisé pour sa fibre et sa grain (huile) mais la production reste toutefois très artisanale. Un des objectifs de la SODECOTON est de moderniser les installations et d'améliorer les rendements. Nous verrons que la Sodecoton a une très grande importance dans l'utilisation d'engrais.

Les céréales du Nord sont principalement le Sorgho et le mil, mais la céréale omniprésente et en expansion au Cameroun est le maïs. En effet, cette plante est particulièrement cultivée à l'Ouest, où l'on produit plus de la moitié de la production nationale. Elle est toutefois bien implantée dans d'autres régions telles que l'Adamaoua, le Centre et le Nord. Le maïs est une culture qui demande un sol riche et nécessite de nombreux intrants, c'est pourquoi le développement de nouvelles variétés résistantes aux maladies et au climat est encouragé, et a pour conséquences d'améliorer le rendement.

On retrouve aussi la culture de café de la variété Robusta (dans l'Est, le Sud, le Littoral et l'Ouest) et Arabica (dans l'Ouest essentiellement). Les cultivateurs de l'Ouest sont regroupés dans une coopérative agricole, l'UCCAO (Union Centrale des Coopératives Agricoles de l'Ouest). Les camerounais consomment très peu de café, et donc quasi toute la production est exportée vers l'Europe.

La cacaoculture est aussi bien répandue au Cameroun, même si le cacao a connu une grave crise.

Chaque province a sa spécificité de culture, même si la province de l'Ouest (province des Bamiléké) est considérée comme le grenier à vivres du Cameroun notamment pour les cultures vivrières, et la province du Sud produit beaucoup de cultures de rente telle le palmier à huile ou le bananier plantain.

Aspect organisationnel :

Depuis 1990, une loi autorise les producteurs à s'associer.

On distingue plusieurs niveaux de regroupements :

Les GIC : regroupements de paysans dont un ou plusieurs intérêts sont partagés.

Les Unions : regroupement de GIC

Les fédérations : regroupement d'Unions

Les confédérations : regroupement des fédérations.

Par exemple FORCE est une confédération pour la culture de cacao.

Les points importants pour le bon fonctionnement des regroupements paysans sont :

- la prise de conscience directe par les paysans de l'importance de la structure
- l'implication directe des agriculteurs au niveau des décisions de la structure.
- une bonne entente et une bonne organisation au sein du groupement

Les limites de ces organisations au niveau administratif sont les difficultés de communication verticale entre les diverses échelles de regroupement, entre les organisations et les paysans. De plus, les groupements fonctionnent souvent mal car il n'existe pas de leader dans les villages ou bien, des leaders incompetents en qui les agriculteurs n'ont pas confiance. Ainsi la mauvaise gérance, et la mauvaise organisation des groupes ne permettent pas toujours une bonne coordination.

C'est pour résoudre ce problème, que le gouvernement ou des ONG interviennent, grâce à des formations et la mise en place de cellules par exemple telles que PROMOPA avec le

programme PARI (Professionnalisation agricole et renforcement institutionnel), mis en place par le MINADER, et dont les objectifs sont de renforcer les capacités des organisations paysannes et des organismes impliqués dans le développement agricole, ainsi que de faciliter et accompagner les initiatives de concertation entre les acteurs afin de favoriser les prises de décisions pour un développement durable de l'agriculture centrées sur les intérêts directs de l'agriculteur.

Il existe d'autre part des aides organisationnelles telles que les COOPEC (Coopératives d'Épargne et de Crédit) qui sont des coopératives financières, et les coopératives agricoles qui gèrent plus le volet économique du devenir des produits. (entretien avec Mr MBOK)

### III.2.1 b- Approche dans la province du Centre

La production agricole dans la région du Centre du Cameroun est très diversifiée. Bien que moins abondante que dans les provinces de l'Ouest, l'agriculture au Centre est soumise à un climat équatorial chaud et humide la plupart de l'année avec alternance de saisons sèches et humides et de fortes pluies notamment pendant les mois d'août et septembre.

Jusque dans les années 1990, les principales cultures de la province du Centre étaient le café et le cacao, car étant les cultures les plus rentables. Depuis les années 90 le cacao connaît une crise sévère et les cours chutent. C'est pourquoi aujourd'hui une alternative a été trouvée avec la culture du palmier à huile, qui entre alors en concurrence au niveau des sols avec le cacao.

Cependant il existe une volonté de relance de l'exploitation de cacao par les cacaoculteurs et le gouvernement. La cacaoculture est notamment très présente dans les départements du Lékoumou et du Mbam. Des organisations paysannes sont mises en places et subventionnées par l'Etat. Les principaux objectifs de ces regroupements sont de s'approvisionner en intrants à des coûts moindres. Les limites techniques du système sont dues aux difficultés des familles cacaocultures de subvenir à leurs besoins. Certaines sont dans l'obligation d'effectuer leur récolte avant la récolte de l'ensemble du groupement et de vendre leurs produits à part.

Ces organisations paysannes représentent moins de 20% des agriculteurs actifs de la province du Centre et moins de 30% des cacaoculteurs. (entretien avec Mr MBOK)

Mais la crise de ces deux cultures, le cacao et le café on obligé à une réorganisation de l'agriculture de Centre. Le maraîchage a alors trouvé un endroit propice pour se développer.

Aujourd'hui, les principales productions végétales sont le cacao, la goyave, l'huile de palme, le maïs, le palmier plantain, l'ananas (culture saisonnière), un peu de café et surtout le maraîchage, qui détient la part la plus importante au niveau de l'agriculture urbaine et péri-urbaine à Yaoundé.

Les agriculteurs sont en général de petits propriétaires terriens sauf pour les grandes exploitations (palmier plantain, palmier à huile...). Les cultures des zones rurales du Centre sont extensives, donc cultivées sur de petites surfaces 0,5 à 1 ha, rarement plus. On compte environ 100 000 actifs agricoles. Ils disposent en général de moyens matériels sommaires.

#### Les exploitation urbaines et péri urbaines :

Les agriculteurs situés à proximité des villes sont de plus en plus soumis à la pression foncière et à la promiscuité, dues à l'accroissement des villes (cas de Yaoundé) et voient leurs activités mises en péril. Aussi bien dans la ville qu'aux alentours de Yaoundé, l'agriculture se fait principalement dans les bas-fonds, c'est-à-dire dans les zones marécageuses, inondées lors de la saison des pluies mais qui sont très fertiles grâce aux dépôts de limons en période pluvieuse. Cependant ces zones des bas fonds se voient colonisées par des habitations sommaires dans les quartiers spontanés. Il s'y pose alors le problème des conditions

hygiéniques de cultures car ces bas fonds récoltent toutes les ordures et boues en périodes pluvieuses.

L'eau est abondante dans la région du centre en raison des nombreux cours d'eau existants. La plupart des affluents se déversent dans le Mfoundi, principal cours d'eau qui traverse Yaoundé.

Le Mfoundi est aussi principalement utilisé pour l'irrigation des cultures aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de la ville. Cependant ce cours d'eau est très pollué car il reçoit les eaux de pluie de la ville, ce qui provoque son débordement, et souvent il s'y fait des déversements de boues de vidange, de nombreuses ordures ménagères et les rejets de certaines industries de la ville. Ainsi le Mfoundi pose un grand problème au niveau de sa salubrité. L'eau qui en est tirée est fort probablement porteuse de nombreux germes pathogènes et même si aucune analyse ne permet de prouver le lien direct entre l'état d'insalubrité de ce cours d'eau et le développement de maladies le plus souvent entériques, la relation entre les deux facteurs peut être relativement facile à concevoir. (entretien avec Mr MAHAMAT Abakar et Mr NDJE –AYEHA Jacques Robert)

#### Les exploitations rurales :

Les fermes agricoles du Centre, sont principalement des exploitations familiales où chaque membre de la famille trouve un rôle à tenir. Les techniques culturales restent traditionnelles et basées sur la technique des cultures sur brûlis. Ainsi, avant d'implanter une culture, on déboise et brûle le sol pour détruire les adventices mais cette technique a aussi pour effet non désiré de l'appauvrir. C'est pourquoi après ce procédé, les terres ne sont cultivables qu'à court terme, soit 2 à 3 ans puis sont mises en jachère. Ce procédé de culture est dévastateur car contribue, même à une moindre échelle que l'exploitation non rationnelle du bois, à la déforestation et l'appauvrissement du sol. Le problème vient du manque d'information dont disposent les agriculteurs. D'autre part ce système cultural est issu de pratiques anciennes qui perdurent sans qu'il n'y ait de prise de conscience, et les mentalités n'évoluent pas. Cependant il n'est pas suffisant de sensibiliser, il est aussi nécessaire de donner des mesures alternatives et d'encourager notamment par des fertilisations raisonnées du sol et des formations à d'autres pratiques culturales (entretien avec Mr MBOK).

Dans les zones rurales, les cultures vivrières sont nécessaires à la survie des ménages en conditions difficiles. La quasi-totalité de la production va à l'autoconsommation. Seule la surproduction se retrouve sur le marché (manioc, plantain, macabo, maïs...)

Valorisation des boues de vidange, CREPA, Cameroun

	totale		Province Centre				05	pourcentage de la production du Centre par rapport à la production totale (en %)	répartition des productions du Centre (en %)	tonnage de la culture x du rapport au tonnage de l'ensemble des cultures du Centre (en %)
	superficie (en ha)	05 Production (en tonne)	04 superficie (en ha)	04 Production (en tonne)	04 Production (en tonne)	05 Centre par rapport à la production totale (en %)				
cultures										
ananas	3509	49925	1602	11154	11500	23	5,5	0,6		
arachide	307777	233620	68375	58408	60452	26	6,2	3,3		
banane douce	84505	855974	12791	197345	211751	25	6,0	11,5		
banane plantain	253826	1355660	47063	400190	412595	30	7,2	22,4		
concombre	108541	127747	32577	32808	33532	26	6,2	1,8		
gingembre	1433	8284					0,0	0,0		
gombo	51555	36636	889	1851	1894	5	1,2	0,1		
haricot	232478	206663	1339	1525	1576	4	1,0	0,1		
huile de palme	38059	182369	2002	29782	31570	17	4,1	1,7		
igname	210035	292796	8023	64593	66015	23	5,5	3,6		
macabo/taro	549883	1152361	203506	193144	197393	17	4,1	10,7		
maïs	345155	1023106	78906	100753	106702	10	2,4	5,8		
manioc	11134	2138804	68501	535487	547269	26	6,2	29,8		
melon	541408	40351	351	4868	5019	12	2,9	0,3		
mil/sorgho	116191	523484					0,0	0,0		
niébé	11037	100024					0,0	0,0		
oignon	2137	75487	?	?	?		0,0			
pastèque	38728	32206	824	17336	17873	56	13,4	1,0		
patate douce	7426	194253	9248	31837	32536	17	4,1	1,8		
piment	51665	9436	561	3842	4185	44	10,5	0,2		
pomme de terre	40615	145540					0,0	0,0		
riz	30083	52905	187	132	139	0,3	0,1	0,0		
sésame	11635	3500	844	631	654	19	4,5	0,0		
soja	50576	6979	?	1063	1100	16	3,8	0,1		
tomate	13956	217857	9329	92969	95197	23	5,5	5,2		
voandzou		10041	?	?	?					
total		9076008			1838952	419,3				
pourcentage						20,3				

Tableau 32 : synthèse des cultures agricole de la province du centre (d'après chiffres de l'annuaire des statistiques du secteur agricole, campagne 2004-2005)

Exploitation des données :

Notons que dans la province du Centre certaines cultures sont absentes, c'est le cas du mil, sorgho, niébé et gingembre. D'autres cultures n'ont pas pu être évaluées pour la province de Centre, il s'agit du voandzou et de l'oignon.

La province du Centre détient un rôle important dans la production nationale de certaines cultures comme la pastèque (56%) ou le piment (44%) mais aussi l'ananas, l'arachide, la banane douce, la banane plantain, l'igname, le manioc et la tomate avec une production dépassant les 20%. La plupart de ces cultures sont des cultures vivrières. Ces produits sont vendus principalement sur les grands marchés de Yaoundé.

Au niveau du tableau ci-dessus, la dernière colonne est peu exploitable car elle compare la production en tonnage des différentes productions. Or les aliments produits n'ont pas le même poids et donc on ne peut pas comparer la quantité produite sur la base du tonnage de récolte de chaque produit.

L'avant dernière colonne donne alors la part de la production de l'aliment x dans le Centre par rapport aux autres productions du Centre. Ces chiffres sont calculés de la manière suivante :

Exemple de la pastèque :

Total des « pourcentages de la production du Centre par rapport à la production totale » = 419,3

La production de la pastèque dans le Centre représente 56% de la production nationale de pastèque

On fait un tableau de proportionnalité :

419,3	100%
56	13%

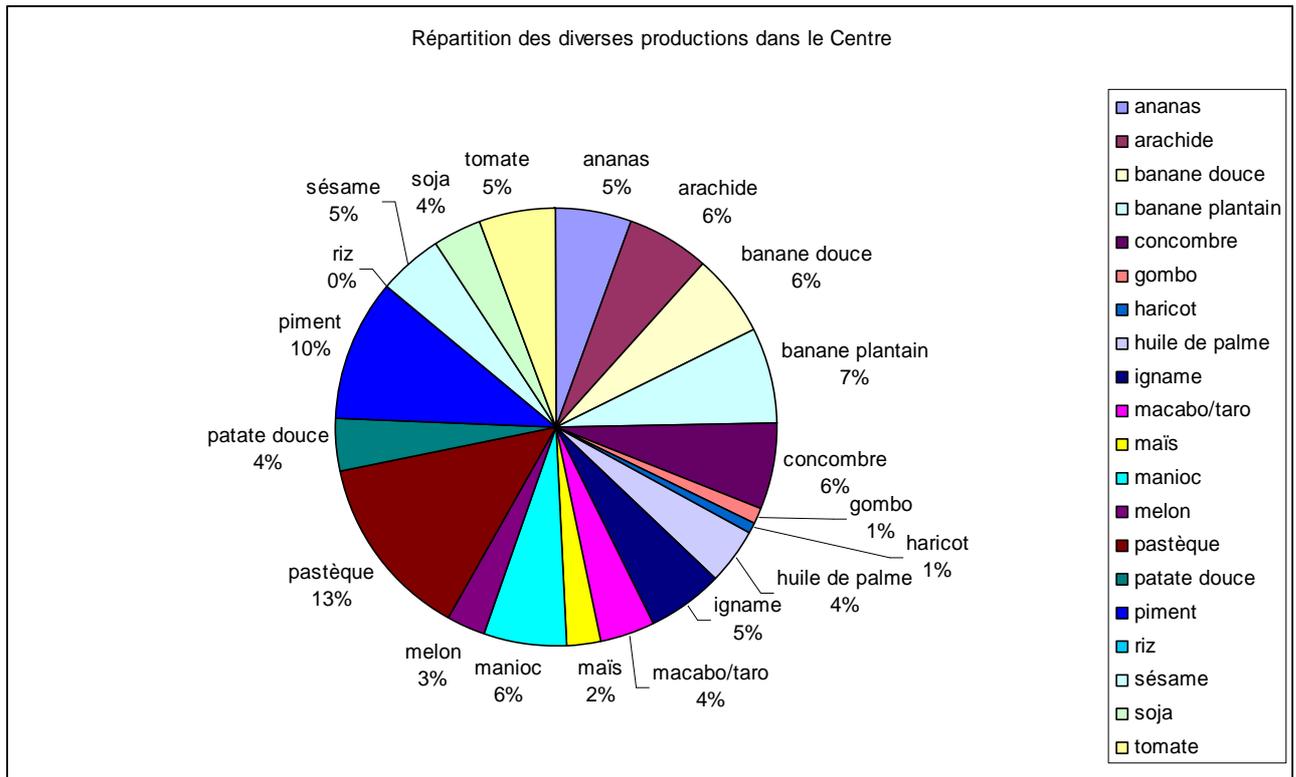
Ainsi, la part de la production de pastèque dans le Centre par rapport aux autres cultures du Centre est de 13%.

Autrement dit, 56% des pastèques au Cameroun sont produites dans la province du Centre, et ces 56% représentent 13% de la production du Centre par rapport aux autres cultures, par rapport à leurs productions nationales respectives.

Si on compare la part de production de cet aliment aux autres aliments on constate que la pastèque est une culture relativement typique de la province du Centre.

On établit le graphique suivant :

Figure 8 : répartition des diverses productions agricoles dans le Centre



Ainsi, on remarque que le Centre a une part importante dans la production de Pastèque, de piment, bananes plantains pour les trois principaux.

Par exemple, 13 % des productions du Centre sont des pastèques. Cette proportion est calculée relativement au pourcentage de production de l'aliment dans la province du Centre (et non au tonnage), c'est-à-dire aussi relativement à la production de l'aliment dans les autres régions.

On remarque donc que le Centre a un panel de productions très diversifiées et a une grande importance dans la production de produits maraîchers (piment, concombre, tomate, sésame, gombo...) et de tubercules (manioc, igname, macabo, taro...).

D'autres productions sont en essor telles que l'huile de palme et la banane plantain, mais les proportions restent faibles car la région Centre est encore loin de la production des régions du Littoral, du Sud-Ouest ou du Sud.

Pour avoir une meilleure idée de l'organisation et répartition spatiales des cultures du Centre il aurait fallu sectorialiser la zone, mais pour cela disposer de plus de temps, et d'un moyen de transport.

### III.3.1 c- Approche dans la ville de Yaoundé

Yaoundé est la capitale administrative du Cameroun, la capitale économique étant Douala située dans la province du Littoral. Yaoundé est appelée la ville aux sept collines du fait du relief montagneux qui l'entoure. Elle présente un aspect verdoyant avec plusieurs lacs, des parcs municipaux et des espaces verts abondants. Yaoundé présente la particularité d'être une capitale où l'agriculture est très développée. En effet, de nombreuses zones ne sont pas construites mais exploitées en tant que terres agricoles. Ces zones pour la plupart marécageuses sont nommées les « bas-fonds ». elles présentent souvent un caractère insalubre du fait d'être dans des zones enclavées, où la population ne dispose que de très peu de moyens

financiers, et les conditions d'hygiène y sont médiocres en raison des cours d'eau pollués qui les sillonnent et des quantités de moustiques qui y règnent.

Cette agriculture urbaine existe depuis les années 1780. A l'époque il s'agissait de jardins ménagers (Ngapayi, 1999 ; cit. Sotamenou, 2004)

D'après l'étude faite par Sotamenou (2004), nous allons préciser le contexte régnant à Yaoundé dans le secteur de l'agriculture. Nous définirons l'agriculture urbaine, les zones où elle est pratiquée et le type de production, les différents acteurs, les problèmes rencontrés et en ressortirons la problématique liée à Yaoundé.

#### Qu'est ce que l'agriculture urbaine, définition :

L'agriculture urbaine se définit comme l'ensemble des activités regroupant la culture ou l'élevage de produits destinés à la consommation alimentaire, au traitement et à la commercialisation de ces produits dans les zones urbaines (agriculture intra-urbaine) et en périphérie de la ville (agriculture péri-urbaine).

Les cultures regroupent des productions alimentaires (tubercules, légumes, herbes aromatiques ou médicinales, fruits, arbres fruitiers) et ornementales. L'élevage à Yaoundé est varié, il peut s'agir de tout type d'animaux (poulets de chair, porcs, chèvre, mouton, canard, pigeon, voir bovins)

#### Où est pratiquée l'agriculture urbaine et périurbaine (AUP)?

L'agriculture urbaine et périurbaine se retrouve partout à Yaoundé, c'est-à-dire dans chaque quartier, il est possible de trouver une parcelle où poussent des bananiers plantains (le plus fréquent), du maïs, des tubercules... certaines de ces cultures ne sont pas vraiment entretenues, ceci du fait que la terre du Centre est très fertile et le climat y est approprié. Les cultures sont juste récoltées.

Nous analyserons plus précisément trois secteurs agricoles situés plus ou moins loin du centre ville. Nous nous baserons sur l'étude de Sotamenou (2004). Il s'agit des sites d'Ekozoa, Etoug-Ebe, et Nkolondom situées respectivement au centre de la ville, à 10 km et à 8-9 km du centre ville.

Ekozoa : situé en plein centre ville le quartier d'Ekozoa doit son nom à un affluent du Mfoundi qui le traverse et porte le même nom. Le site est réputé pour son activité intense en horticulture et aux eucalyptus plantés par l'Etat. Du maïs et un peu de légume y sont aussi cultivés.

Les horticulteurs sont friants d'engrais chimiques mais utilisent aussi des fientes de poules, des déchets végétaux et la « terre noire » qui est aussi riche que du compost et donc utilisée en grande quantité. Il s'agit en fait de fumier provenant d'anciennes parcelles cultivées.

La zone d'Ekozoa est située entre deux communes de Yaoundé et donc est soumise à des enjeux politiques non négligeables. Il est à souligner l'existence aussi d'une complicité entre les mairies et les horticulteurs.

Les agriculteurs présents dans la zone sont menacés de marginalisation face à l'activité horticole, et à l'aménagement de jardins publics prévus par la CUY.

Etoug-Ebe : ce quartier situé à la périphérie de la ville est considéré comme la mamelle nourricière de l'arrondissement de Yaoundé VI. Il s'agit d'une zone péri-urbaine accidentée difficile d'accès et caractérisée par des bas-fonds marécageux. La constitution marécageuse naturelle du quartier a encouragé ses habitants à pratiquer l'agriculture. Il y est cultivé la tomate, les légumes (Folon, Zoom, Morelle noire...), le maïs, le haricot, le taro, le macabo, la banane plantain, les arbres fruitiers... Il existe des confrontations fortes entre les

agriculteurs et la mairie qui veut assainir la zone avec la plantation d'eucalyptus dans les bas-fonds.

Les agriculteurs rencontrent des problèmes tels que des menaces d'inondation de leurs parcelles, des menaces d'expropriation et du fait qu'ils soient relativement enclavé ont difficilement accès aux engrais.

Les agriculteurs sont cependant soucieux du respect des normes sanitaires de leurs productions agricoles, et les maraîchers d'Etoug-Ebe ont mis en place un bon système de drainage des eaux. Ces eaux proviennent de puits creusés dans leurs parcelles. Les latrines sont éloignées de leurs parcelles.

Les agriculteurs, en raison du très grand taux de maraîchage, utilisent un fort taux d'engrais notamment chimique mais aussi biologique avec des fientes de poules, du compost, du lisier de porc, des déchets de cuisine... Ils n'utilisent pas de compost en raison du coût du transport qui augmente avec la quantité à transporter.

Nkolondom : est une banlieue de Yaoundé situé à environ 8km du centre ville. Elle est réputée pour ses productions maraîchères qui y sont les plus développées de la ville. Les cultures rencontrées sont le céleri, le persil, le basilique, la salade, les amarantes, le piment le concombre et les légumes.

Les agriculteurs utilisent les engrais chimiques mais aussi, les fientes de poules, le lisier de porc, les déchets de cuisine, mais très peu de compost car comme à Etoug-Ebe, le coût de transport est trop élevé.

Les exploitants sont menacés d'expropriation à cause de l'urbanisation, croissante et voient la productivité de leurs terres diminuer. Ils déplorent d'autant plus le manque d'encadrement et le manque de soutien politique.

Nous avons fait des entretiens dans ces quartiers, nous les détaillerons dans la suite de notre étude. Ces entretiens ont été réalisés plus dans le but de confirmer les résultats obtenus par Sotamenou (2004) à propos de l'acceptation d'utiliser les déchets dans l'agriculture urbaine, que d'effectuer une nouvelle enquête. Ils n'ont pas été suivis d'exploitation statistique car ce n'était pas la portée de l'étude.

### Qui sont les acteurs du secteur agricole ?

On distingue plusieurs acteurs du secteur agricole :

- les producteurs (agriculteurs professionnels) : l'agriculture constitue pour eux la principale source de revenu.
- Les ouvriers agricoles : ils fournissent une main d'œuvre constante auprès de l'agriculteur
- Les agriculteurs occasionnels : ils pratiquent l'agriculture comme seconde activité
- Les horticulteurs : ils ont une activité différente des agriculteurs car produisent et vendent des fleurs, des plantes d'ornement, des arbres fruitiers de toute sorte. Ils sont basés partout en ville mais principalement au quartier d'Ekozoa vers le carrefour Warda.
- Les producteurs de matériel végétal : ils fournissent les producteurs en semences, en plants greffés...
- Les fournisseurs d'intrants agricoles : ils sont organisés en réseau. Il existe les grandes firmes, les commerçants grossistes, les demi grossistes et les détaillants. Ils vendent les pesticides, engrais chimiques, semences et petit matériel agricole.
- Les revendeurs : qui achètent les produits agricoles chez les producteurs et les revendent au détail

- Les consommateurs : ils viennent s'approvisionner sur les multiples marchés de Yaoundé.

Les agriculteurs n'ont donc pas forcément l'agriculture comme formation ou profession principale. Ce défaut de connaissances technique se remarque dans la diversité des pratiques culturales d'un quartier à l'autre et conduit parfois à une mauvaise gestion de la culture.

#### Quels problèmes rencontre l'agriculture urbaine et périurbaine ?

L'AUP se développe principalement dans les bas-fonds marécageux appartenant au domaine public et donc il s'agit de zones susceptibles d'être la propriété de l'état. Ce dernier est dans le droit de leur demander d'abandonner leurs activités pour quelque raison que ce soit. Il y a donc un problème de propriétaire et les délimitations de terrains se font souvent à l'amiable entre exploitants.

Yaoundé est une ville en pleine expansion. Elle connaît un essor démographique très important et voit des quartiers se construire en quelques décennies. Ces quartiers spontanés sont constitués de maisons peu solides et il y règne un climat d'insalubrité dû à l'entassement et au manque d'hygiène de la population. Le plus souvent ce sont les bas-fonds qui pâtissent de ce développement non raisonné. L'AUP est alors soumise à des problèmes d'ordre fonciers et socio-économiques. Il s'installe aussi une concurrence sur l'usage des sols entre activités agricoles et non-agricoles. L'accès à la terre devient précaire et met en danger la pérennité de l'activité agricole de Yaoundé.

#### Problématique spécifique à Yaoundé:

L'agriculture très présente à Yaoundé assure une grande partie des ressources alimentaires de la capitale, que ce soit pour l'approvisionnement des marchés ou pour l'autoconsommation dans les ménages les plus pauvres. Elle assure alors un emploi et un revenu aux familles les plus défavorisées. Elle contribue aussi à l'aspect « vert » de la ville et au maintien d'un aménagement paysager agréable. Cependant elle présente aussi des aspects négatifs, comme la contamination de certains aliments en raison d'une mauvaise gestion sanitaire, une pollution des sols en raison d'une mauvaise gestion des intrants... De plus, à Yaoundé, il n'y a pas de lien entre la gestion des déchets urbains et l'agriculture.

L'agriculture a toujours été très présente au Cameroun quelles que soient les provinces, les ethnies. Le Cameroun est d'ailleurs très réputé pour ses mets culinaires. Cette diversité de produits est due à une diversité des climats dont bénéficie le pays. Le secteur agricole permet l'emploi d'une grande partie de la population, ainsi que l'apport d'une alimentation élémentaire.

La province du Centre qui nous intéresse plus particulièrement bénéficie d'un climat favorable au développement des cultures. On y cultive des productions très variées mais les cultures maraîchères y ont tout de même une place privilégiée et même plus largement, les cultures vivrières. On voit d'autre part une évolution des pratiques de culture avec le remplacement de certaines cacaoyères par des productions de palmier à huile ou de bananiers plantain.

Cependant, le Cameroun se trouve confronté à une population toujours en croissance ce qui signifie de nouvelles bouches à nourrir, et augmenter les rendements pour pallier à la pauvreté. Il n'y a pas de solution miracle mais une solution envisagée est l'utilisation d'engrais.

### III.2.2 L'utilisation actuelle des engrais en agriculture

#### III.2.2 a- utilisation dans l'agriculture Camerounaise

Le Cameroun présente une grande diversité des types de cultures agricoles. Ces cultures sont très différentes suivant la région géographique considérée. En effet, alors que dans la plupart des provinces du Cameroun, la principale céréale cultivée est le maïs, dans les provinces du Nord et de l'extrême Nord, nous trouvons partout du mil. Cette diversité est d'une part due aux climats spécifiques aux régions et d'autre part à la diversité ethnique que possède le pays. L'utilisation d'engrais se fait sur quasiment toutes les cultures.

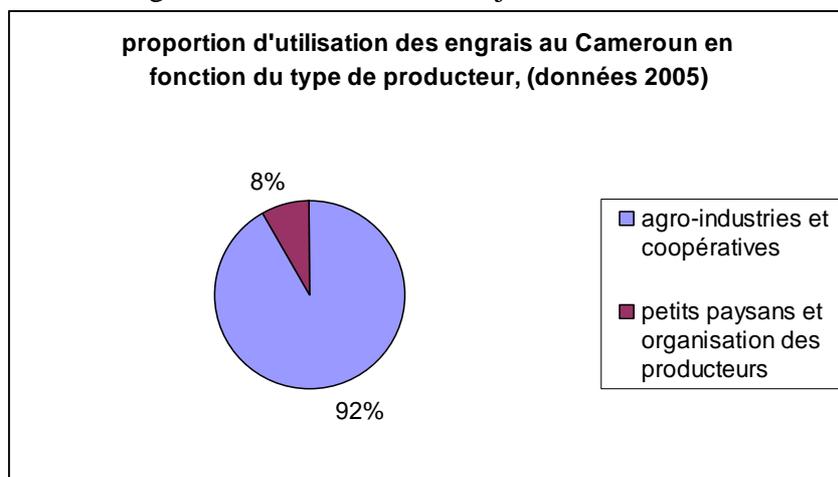
Les engrais ne sont pas utilisés de façon unanime que ce soit sur le choix du produit ou sur l'itinéraire technique suivi. La principale cause d'utilisation de l'engrais et de la détermination du type d'engrais utilisé est financière.

Mais il existe des différences d'utilisation d'engrais selon divers critères.

#### Variation d'utilisation en fonction du type d'entreprise :

Le Cameroun regorge de petits producteurs qui ne disposent que d'une petite parcelle pour cultiver. Il existe aussi des regroupements en coopérative ou pour les agro-industries. Le graphique ci-dessous présente les proportions d'utilisation des engrais au Cameroun en fonction du type de producteur.

Figure 7 : Proportion d'utilisation des engrais au Cameroun selon le type de producteurs, 2005  
source : magazine Terre fertile n°005, juillet 2006



92% des engrais sont utilisés lorsqu'il s'agit d'agro-industries ou de coopératives. En effet, ces engrais provenant le plus souvent de produits importés, ils sont souvent chers. Les petits producteurs disposent de revenus trop faibles pour s'approvisionner en engrais. C'est pourquoi, le regroupement en coopérative est intéressant car il donne accès plus facilement à l'engrais. Les commandes peuvent être groupées et les sacs peuvent être partagés s'ils ne sont pas utilisés en totalité.

#### Variation d'utilisation en fonction du type de production :

Le Cameroun possède de grosses productions de cultures spécifiques à quelques régions. La production de coton se fait au Nord, extrême Nord, et Adamaoua. La production est estimée à 230 000ha et utilise 36 522tonnes d'engrais (sous entendu chimique). Il s'agit de la plus grosse production en surface et la plus consommatrice d'engrais. Nous avons vu que les

engrais utilisés sont des engrais chimiques donc importés dans leur totalité. Les producteurs sont regroupés pour sous l'agro-industrie SOSUCAM ce qui leur confère l'avantage de disposer plus facilement des fertilisants (cf. figure 7). La production de canne à sucre, quant à elle, est estimée à 21000 ha. Avec l'utilisation de 14 000 tonnes elle est la deuxième culture la plus consommatrice d'engrais et se fait principalement par la société SOSUCAM. Le tableau ci-dessous présente de manière décroissante les cultures les plus utilisatrices d'engrais.

Tableau 33 : typologie d'utilisation d'engrais par culture au Cameroun, enquête UDIA

Type de culture	Tonne d'engrais utilisé pour la production
Coton	36522
Reste (maraîchage, céréales)	23412
Canne à sucre	14047
Banane	8428
Palmier à huile	7492
Ananas	1873
Hévéas	1873
Tonnage total	93646

Nous pouvons remarquer que les cultures les plus consommatrices sont aussi celles qui nécessitent des surfaces de cultures élevées. Ces cultures dépendent la plupart du temps de grandes coopératives ou agro-industries.

Il est à noter que les tonnes d'engrais utilisées sont le tonnage effectif et non optimum. En effet, certaines cultures pourraient être encore plus consommatrices d'engrais.

Une étude publiée dans le magazine « Terres Fertiles » n°004 permet de donner une idée de la proportion d'engrais utilisés selon le type de culture. Notons que les cultures suivantes sont destinées à la commercialisation et l'exportation.

Tableau 34: Utilisation de l'engrais sur cultures commerciales et cultures destinées à l'exportation

Type de culture	Pourcentage d'engrais utilisé
Coton	39%
Maraîchage (tomate, chou, pastèque)	25%
Canne à sucre	15%
banane	9%
palmier	8%
reste	4%
total	100%

(source Terre fertiles n°004)

D'après ces données, la culture la plus consommatrice d'engrais est la cotonculture. En effet, la SODECOTON a une part très importante dans l'importation des engrais au Cameroun. Ceci est dû en partie au climat aride des régions de culture, qui rend plus difficile l'exploitation des sols. En deuxième place vient alors le maraîchage. En effet, les cultures maraîchères ont des cycles courts et sont cultivées sur de petites parcelles. Pour avoir un rendement suffisant les agriculteurs se trouvent dans la nécessité d'utiliser beaucoup d'engrais. Ils veulent des résultats à court terme.

Au contraire sur des cultures comme la banane ou le palmier à huile les agriculteurs utilisent peu d'engrais, alors qu'il s'agit pour la plupart d'exploitations disposant d'une grande superficie. Ces deux dernières cultures utilisent alors plus des engrais organiques disposés au

ped des plants et issus de la décomposition des résidus de la culture (herbes, feuilles...). Il s'agit aussi d'une habitude dans les pratiques culturales. Sur certaines cultures, on utilisera de l'engrais ou non suivant dans quelle province on se trouve. Mais ces habitudes de techniques culturales évoluent.

Le PRSSE préconise une complémentarité des deux types d'engrais, sachant que les engrais chimiques sont efficaces au niveau de la croissance et de la productivité à cours terme, alors que les engrais organiques sont efficaces à long terme car diffusent lentement et maintiennent la structure du sol, et prolonge la durée d'exploitabilité du sol.

L'utilisation d'engrais au Cameroun est modeste et est très en deçà des besoins réels des cultures. A titre d'exemple, les besoins potentiels du palmier à huile sont de 140000t contre 7500t utilisées actuellement.

Les besoins totaux potentiels sont estimés à 1million de tonne d'engrais, toutes cultures confondues (Terre Fertile, 2006)

#### Variation d'utilisation du type d'engrais en fonction du type de culture :

Les engrais exposés ici sont les engrais chimiques cependant ils se trouvent sous de natures différentes. En fonction de leur composition ils ont des utilisations dans des cultures diverses.

Le DAP est utilisé pour la canne à sucre, et constitue le composé primaire dans la formulation des engrais composés utilisés dans d'autres cultures.

Le SA est utilisé dans la culture du palmier à huile et dans le maraîchage.

L'urée et NPK sont des engrais « passe-partout », ils sont utilisés dans presque toutes les cultures de rente. (magazine Terre fertile n°005, juillet 2006)

#### Variation de l'utilisation en fonction de la province.

En raison de leur climat, de leur activité agricole ou du type de culture présent les régions n'ont pas les mêmes consommations d'engrais. Le tableau ci-dessous nous présente les quantités d'engrais utilisées en fonction de la province.

Tableau 35: Tonnage d'engrais utilisés dans les différentes provinces du Cameroun, 2005

Province	Tonnage des engrais consommés
Nord	32595,0
Extrême Nord	17229,2
Littoral	16803,0
Centre	12898,0
Ouest	5157,0
Sud-ouest	5077,2
Sud	2319,2
Nord-ouest	853,0
Est	367,0
Adamaoua	348,0
Total	93646,5

Source enquête PRSSE

La province Du Nord est la plus consommatrice d'engrais étant donné l'activité de la cotonculture dans le secteur ceci est facilement justifiable. Au contraire la province de l'Est consomme très peu d'engrais, ceci étant dû au fait que dans cette zone l'agriculture est faible. On y pratique plus la pisciculture mais il s'agit avant tout d'une province d'exploitation forestière. La province de l'Ouest consomme peu d'engrais en raison de ses terres réputées pour être très fertiles.

Nous constatons que la province du Centre est la 4<sup>ème</sup> à être la plus consommatrice d'engrais. Le centre est une province de moyenne consommation.

Utilisation des différents engrais dans les cultures :

DAP : canne à sucre, et composé primaire dans la formulation des engrais composés utilisés dans d'autres cultures.

SA : utilisé dans la culture du palmier à huile et dans le maraîchage.

Urée et NPK : ce sont des engrais « passe-partout », ils sont utilisés dans presque toutes les cultures de rente (magazine Terre fertile n°005, juillet 2006).

L'agriculture camerounaise est une très grande ressource pour le pays et les familles. Pour maintenir une agriculture à des rendements acceptables, les agriculteurs utilisent les engrais chimiques qui montrent une augmentation de rendement de 300% sur les cultures de grandes surfaces. Les engrais chimiques sont faciles à utiliser et peuvent être assez facilement transportés. Les régions les plus consommatrices sont celles du Nord et de l'extrême Nord, ce caractère se justifiant avec par la culture de coton très présente dans ces régions et en raison du climat, très consommatrices d'engrais. Nous constatons que certaines cultures sont plus demandeuses d'engrais que d'autres. Les cultures les plus demandeuses sont en fait les cultures maraîchères mais elles sont cultivées en petites surfaces. La quantité d'engrais utilisée varie d'une province à l'autre en fonction du type de sol, du climat et des cultures présentes. La province de l'Est est très peu consommatrice d'engrais car il s'agit principalement d'une zone d'exploitation forestière. Nous remarquons aussi que l'accès à l'utilisation d'engrais est facilité pour les agriculteurs appartenant à des groupements ou des agro-industrie, en comparaison avec les petits producteurs.

### III.2.2 b- utilisation des engrais dans l'agriculture du Centre

La région du Centre est considérée comme moyennement consommatrice d'engrais. Les cultures produites sont variées. Il s'agit toutefois essentiellement de cultures maraîchères très consommatrices d'engrais mais qui contrairement à la cotonculture sont produites sur de petites surfaces. D'autres cultures présentes dans le Centre, comme le palmier plantain, utilisent peu d'engrais chimiques et utilisent le plus souvent les rejets de la production en compost pour fertiliser le sol. Ce mode de fonctionnement est probablement lié à la taille de l'exploitation qui est de quelques hectares sans toutefois dépasser les 5ha.

Les cultures du Centre :

- sont principalement maraîchères (tomates, gombos...) et utilisent de nombreux engrais chimiques
- le cacao qui n'utilise pas d'engrais mais des pesticides
- le palmier nécessite de l'engrais
- le maïs principalement cultivé dans le MBAM nécessite beaucoup d'engrais
- le macabo ne bénéficie d'aucun engrais.
- L'ananas et bananeraie vers Bafia dont les superficies des cultures sont comprises entre 30 et 50ha, nécessitent beaucoup d'engrais. Ananas cultivés dans les régions de MEFOU AKONO et MBAM ET INOUBOU.

Pour la production de palmiers à huile les exploitants utilisent très souvent des engrais chimiques. Les exploitations ont des superficies variant de 1 à 10 ha. Pour le maïs aussi les fertilisants chimiques sont très prisés (entretien avec Mr MAHAMAT Abakar et Mr NDJE – AYEHA Jacques Robert). Les engrais les plus demandés sont l'urée, NPK (20.10.10), KCL et les engrais spécifiques aux cultures d'ananas, plantain, palmier à huile, maïs et maraîchage (Entretien avec Mr Samuel FONE, du programme PRSSE ).

La cellule PRSSE crée des fiches techniques permettant aux agriculteurs de mieux gérer la fertilisation de leurs cultures autant sur le plant du choix des produits que de l'itinéraire technique. (Entretien avec Mr Samuel FONE, du programme PRSSE )

Des parcelles de démonstration se situent aux alentours de la ville de Yaoundé au niveau de l'institut de l'IRAD et des formations aux agriculteurs ont été mises en place dans les régions du Centre, du Sud-Ouest, du Littoral et de l'Ouest.

### III.2.2 c- utilisation des engrais à Yaoundé

Au niveau du département du Mfoundi, où se trouve aussi la ville de Yaoundé, les principaux types d'agriculture sont les cultures maraîchères (tomates, piments, condiments...) on y trouve aussi des cultures de bananes plantain, de palmiers à huile, d'ananas et de maïs. Les structures GIC ont pris naissance en 1992 grâce à une loi permettant le droit de s'associer. En général, les agriculteurs du département du Mfoundi n'utilisent pas d'engrais chimiques. Cependant ils rencontrent les problèmes liés à l'altération des sols et le coût de l'engrais. La plupart des maraîchers utilisent du fumier et des déjections de poules mais celles-ci deviennent rares et se font cher. Les autres achètent principalement leurs engrais auprès de grands importateurs comme JACO basé au centre ville ou auprès de revendeurs. Aux alentours de Yaoundé on trouve beaucoup d'agriculture maraîchère, vivrière (tubercules, maïs...), au sein de Yaoundé il s'agit de champs de bananier plantain, maïs et parcelles maraîchères.

Ainsi, la province du centre est consommatrice d'engrais cependant pas en grande quantité en raison de ses cultures maraîchères qui n'en consomment pas en très grande quantité mais plutôt fréquemment. Le fait que les parcelles soient de petites taille (généralement 2 à 3ha) n'arrange pas les producteurs, lors de l'achat d'un sac entier d'engrais. Il ne peuvent pas l'utiliser en une fois et doivent donc le stocker au risque qu'il se gâte.

### *III.2.3 Discussion sur la valeur à attribuer au nouveau produit/ Potentiel d'utilisation des produits de rejet*

La province du Centre possède une richesse au niveau de la diversité de ses productions. Nous avons vu que les cultures nécessitent des intrants mais qu'ils ne peuvent pas toujours être couverts. Nous supposons qu'une des principales raisons est financière et une autre est l'accessibilité. Pour connaître mieux le fonctionnement de ces exploitations je me suis rendue sur le terrain accompagnée de Mme AVA, responsable de la délégation départementale de l'agriculture du Mfoundi. Nous allons expliciter les méthodes utilisées pour ces entretiens, les points qui y ont été abordés avec les agriculteurs et les conclusions qui en ressortent. Nous discuterons principalement de la valeur à attribuer aux sous produits issus des stations d'épuration appelés pour plus de facilité produits innovants. A l'issue de ces analyses nous conclurons sur les possibilités d'acceptation d'utilisation de ces produits innovants en agriculture.

### III.2.3 a- Méthodologie des entretiens

Nous avons réalisé quelques entretiens auprès d'agriculteurs (cf. annexe 9) qui ont une activité plus ou moins loin du centre de Yaoundé. Ils font tous partie de la zone de Nkolondom dans l'arrondissement de Yaoundé 1<sup>er</sup>. Nous précisons que ces entretiens avaient

pour but de recueillir des impressions qualitatives et nous quantitatives sur les activités agricoles.

Les entretiens se sont déroulés selon la succession de plusieurs thèmes.

Il s'agissait tout d'abord de comprendre l'organisation générale de l'exploitation, si elle appartient à un GIC, connaître les types de cultures présentes sur l'exploitation, l'organisation de la récolte. Puis d'aborder le thème de l'utilisation des engrais. Nous cherchions à savoir quels sont les choix de l'agriculteur pour ses techniques culturales, ce qui dirige ses choix, s'il utilise des engrais, quel type d'engrais, sur quelles cultures, en quelle quantité, avec quelle fréquence. Ceci afin de définir les modes d'utilisation des engrais.

Puis nous nous sommes interrogés sur les destinations des produits après récolte (vente et /ou autoconsommation).

Enfin nous nous sommes entretenus sur les possibilités d'utilisations de produits issus de traitements de déchets en abordant les aspects qualitatifs des engrais proposés sur le plan de leurs performances techniques, de leur aspect sanitaire et de leur mise à disposition (transport, et aspect financier)

### III.2.3 b- But des entretiens

Ces entretiens nous ont permis tout d'abord de descendre sur le terrain pour voir l'organisation de quelques exploitations agricoles, de leur étendue. En prenant en considération les aspects environnementaux qui englobent le contexte de l'exploitation agricole (par exemple si elle est enclavée ou non), il est alors plus facile de comprendre son fonctionnement. D'autre part le contact avec les agriculteurs est important car lors de la discussion on se rend compte des points importants qu'ils ont envie de dénoncer et de leurs attentes.

Il est vrai qu'une enquête faite auprès de plusieurs dizaines de producteurs aurait été intéressante dans le sens où elle aurait donné une vision plus précise de l'organisation des exploitations agricoles aux alentours de Yaoundé et de rendre compte en détails et avec des chiffres des types de cultures produites, du types et des quantités d'engrais utilisés... Cependant il aurait fallu disposer de plus de temps mais surtout de moyen de locomotion pour se rendre dans ces zones parfois difficiles d'accès.

Il aurait aussi été intéressant d'élargir les entretiens aux zones éloignées de plusieurs dizaines de kilomètres de Yaoundé afin de parcourir une zone plus large pour bien définir le contexte dans lequel pourrait évoluer la mise sur le marché des produits innovants.

### III.2.3 c- Exploitation des résultats

#### Contexte :

On compte environ 11000 agriculteurs au sein de l'arrondissement de Yaoundé 1<sup>er</sup>. Cependant seul 1/3 des ces personnes sont considérés comme producteurs (une seule activité) et 1100 maraîchers ne vivent que de cette activité (entretien avec Mme AVA).

Le maraîchage est l'activité agricole principale de Yaoundé 1<sup>er</sup>. L'élevage y est aussi développé tel que l'aviculture, l'élevage porcin et l'aulacode (élevage de hérisson) mais ce dernier n'est encore qu'au stade d'introduction. Il y a aussi l'élevage de petits ruminants tels que des ovins ou caprins. Ces derniers restent rares car sont symboles de produits de luxe et ne sont consommés que lors d'événements importants.

Les exploitations restent de petite taille (2,5 ha en moyenne) surtout en zone urbaine et péri-urbaine où la pression foncière est très grande. Ces tailles varient en fonction du type de culture.

Les produits de ces élevages sont en très grande majorité destinés à la vente, car représentent une bonne ressource financière il y a très peu d'autoconsommation. Il existe aussi une part de pisciculture vers Nkolondom, tout au nord de l'arrondissement, où un élevage a récemment été mis en place dans un bassin de 600m<sup>2</sup>.

#### Regroupement, organisation, et finances :

Dans l'agriculture rurale du Centre relativement peu d'agriculteurs se regroupent. En effet, lorsqu'ils se trouvent dans des zones enclavées loin de Yaoundé il est plus difficile d'organiser des regroupements. Au niveau de l'agriculture urbaine et péri-urbaine, l'existence de structures facilite le regroupement. Au niveau du maraîchage, les producteurs sont organisés en GIC. Pour éviter la concurrence sur les marchés, ils établissent un plan qui détermine quel secteur de l'arrondissement va au marché tel jour, et les secteurs alternent pour conserver une équité.

Les GIC reçoivent un appui notamment du MINADER pour certaines cultures telles que le maïs, et ce soutien peut être financier ou matériel. Cependant depuis quelque peu, les aides parviennent préférentiellement sous forme matérielle (sac d'engrais par exemple) plutôt que financière car ces dernières peuvent ne pas être intégralement utilisées pour le secteur agricole et être sujettes à des détournements. Cependant le problème se pose lorsque l'agriculteur souhaite payer une personne tierce qu'il emploie notamment pour la récolte. En effet cette personne souhaite être payée en monnaie après avoir rendu ses services. Notons qu'un appui technique pourrait aussi être donné sous forme de formation, ce procédé étant encore très peu répandu.

Sotamenou (2004) présente dans son étude les résultats des conditions financières des exploitations des bas-fonds de Yaoundé. Il estime que 42% des bas-fonds de Yaoundé ont un revenu agricole mensuel qui se situe entre 45 000 et 100 000 FCFA, 26% perçoivent entre 25 000 et 45 000 FCFA, 19% gagnent moins de 26 000 FCFA et seuls 13% ont un revenu mensuel supérieur à 100 000 FCFA. L'étude présente en outre que 90% des producteurs dépensent moins de 10 000 FCFA dans l'approvisionnement d'intrants (engrais et traitements phytosanitaires), les 10% restant dépensent entre 10 000 et 33 000 FCFA.

#### Types d'engrais utilisés :

Les engrais chimiques sont très utilisés sur les cultures maraîchères notamment. Il s'agit essentiellement de composants N,P,K et d'urée. Le compost est aussi très utilisé mais en général, les agriculteurs le produisent eux-mêmes car il est lourd et présente des inconvénients au niveau du transport et de son coût. Le lisier de porc et les fientes de poules sont un amendement organique précieux mais dont les prix augmentent fortement en raison de la demande et en parallèle de la baisse de production. Les déchets ménagers sont rarement utilisés. Et les boues ou produits issus des excréments humains ne sont pas du tout utilisés. Il existe souvent des confusions dans les esprits des agriculteurs pour l'utilisation des engrais. L'information sur les doses, ou la période d'application des engrais sont très floues.

#### Achat d'engrais :

Il est estimé que 68% des exploitants contre 32% achètent leurs déchets qu'ils vont valoriser en tant qu'engrais (Sotamenou, 2004). Les principaux déchets utilisés sont les fientes de poules. Le problème qui se pose est issu du déclin de l'élevage avicole au sein de la ville de Yaoundé. Les fientes de poules, servant de fertilisants reviennent ainsi très cher et voient leurs prix grimper de 500 à 1500 pour un sac de 40kg, alors que le prix de revient au champ n'excède pas les 1800 FCFA. Certains agriculteurs vont jusqu'à Soa situé à 50 km de Yaoundé pour aller chercher leur engrais sous forme de fientes de poule.

Le maraîchage se fait en culture traditionnelle or les cycles de cultures sont très longs s'ils ne sont pas accélérés par un apport d'engrais. Les cultures maraîchères ont besoin d'une importante fertilisation pour avoir un rendement honorable.

Les engrais utilisés dans les cultures maraîchères sont des engrais chimiques. Cependant le prix d'un sac de 50 kg revient entre 12000 et 16000FCFA. L'urée est à peu près à 13000 FCFA. Le sac de fumier de 50kg est estimé à 2000 FCFA. Le bilan est que se procurer des engrais devient inaccessible pour certains producteurs d'autant plus qu'ils n'utilisent pas tout le contenu et que l'engrais peut perdre de ses propriétés fertilisantes s'il est stocké. C'est pourquoi, il existe des opérateurs qui reconditionnent les engrais, donc au lieu d'acheter des sacs de 50kg, les agriculteurs achètent des sacs de 10kg bien plus appropriés à leur activité. Le même processus s'effectue pour les produits phytosanitaires. Cependant il existe de nombreux cas de fraude. Par exemple, pour les engrais chimiques le poids du sac peut être tronqué et pour les produits phytosanitaires et les engrais organiques, la qualité peut aussi être diminuée s'il y a mélange avec d'autres substances de même apparence.

Ainsi, la problématique du rendement agricole et de la pauvreté des agriculteurs est en très grande partie liée au coût des sacs d'engrais qui sont trop élevés pour les revenus dont ils disposent.

Il semble donc approprié de trouver un moyen de substitution des ces engrais qui deviennent coûteux. Si les produits innovants répondent aux critères attendus, alors il semble intéressant de les réutiliser dans cette agriculture urbaine.

Mise en valeur des produits et circuit de vente :

Une grande partie des produits cultivés sont destinés à l'autoconsommation. Les produits non autoconsommés sont vendus sur les marchés, très nombreux à Yaoundé ou au bords des routes (revendeurs). 68% des producteurs (Sotamenou, 2004) vendent eux-même leurs produits.

Utilisation des déchets en agriculture :

Il existe une sectorialisation des types de déchets utilisés en agriculture selon les trois sites étudiés (Sotamenou, 2004). Les déchets végétaux (déchets de cuisine frais et décomposés + résidus des cultures) sont les principaux utilisés dans les quartiers de Nkolondom et Etoug-Ebe. Dans ces zones le second fertilisant sont les déchets animaux (fientes de poules, lisiers de porc). Pour le cas d'Ekozoa, en plus de ces deux types de déchets, la terre noire est le principal élément réutilisé.

Influence de critères socio-économiques dans l'utilisation d'engrais issus à partir de déchets :

Nous constatons d'après diverses études et entretiens réalisés que des critères socio-économiques ont une influence sur l'utilisation ou non de déchets ayant un potentiel fertilisant.

- le niveau et domaine des études : Les élites telles que les agronomes ayant suivi des études dans le domaine, utilisent de l'engrais et des techniques culturales appropriées à l'inverse de nombreux autres exploitants.
- Le niveau organisationnel : le fait d'appartenir à un GIC a une influence positive sur l'adoption de ces produits innovants. Ces adhérents semblent souvent mieux informés
- Le type de culture : s'il s'agit de production maraîchère consommatrices d'engrais, alors l'utilisation de déchets à moindre coût plutôt que d'engrais chimique est très prisée.
- Le circuit de vente : en général, il apparaît que les agriculteurs vendant leurs propres productions sont peu ouverts à l'utilisation des déchets car ils ont peur de la diminution de la valeur de leur produit sur le marché.

Sotanemou (2004) définit deux grandes catégories de facteurs déterminant l'adoption ou non d'une innovation. Il s'agit tout d'abord de la nature de l'innovation et des caractères sociaux économiques qui lui sont reliés.

En effet, la première catégorie relève du principe que l'innovation doit aider à lever les contraintes au producteur, stabiliser ses revenus et donner de meilleurs résultats. La seconde catégorie définit que l'adoption de l'innovation est liée au revenu et taille de l'exploitation, à l'accès au crédit et à l'information, au niveau d'instruction, à l'âge et au goût pour les innovations.

Les producteurs bénéficient d'un appui, des informations sont dispensées par les agents du ministère. Cependant il s'agit pour la plupart d'information techniques et non forcément sur les innovations. Cependant les agriculteurs avouent ne pas toujours appliquer ses conseils ou les adapter en fonction de leur bon vouloir.

### III.2.3 d- Discussion sur la mise en place de ces produits innovants, point de vue des agriculteurs

La mise sur le marché d'un engrais produit à partir de fèces permettrait d'élargir le panel des produits, il suffit de montrer ses valeurs nutritives et de prouver son innocuité. Nous allons tout d'abord déterminer les critères donnés par les agriculteurs pour définir leurs attentes envers les engrais.

#### Comment définit-on un « bon engrais » ?

La description d'un « bon » engrais est tout d'abord une substance permettant d'augmenter significativement et visiblement le rendement de la culture. L'accent est mis sur l'efficacité que doit avoir l'engrais. En effet si les rendements sont augmentés, alors le revenu financier est assuré. D'autre part, l'engrais devient particulièrement intéressant s'il est efficace et que son coût est faible. En effet cette procédure réduit en grande partie les coûts des intrants et assure la pérennité de l'exploitation.

Nous pouvons remarquer que d'après les entretiens effectués, à aucun moment les critères de pérennisation de la qualité du sol n'ont été abordés pour la qualification d'un bon engrais. Cela ne signifie pas que cet aspect n'est pas pris en compte, mais plutôt qu'il n'apparaît pas comme une priorité ce qui démontre le souci de survie au quotidien de l'exploitation agricole et la précarité du système.

L'engrais est bien défini comme un produit permettant l'élévation du revenu et l'amélioration des conditions de vie et de travail de l'agriculteur.

#### Comment est perçue l'innovation ?

Lors de l'explication du procédé de mise sur le marché d'engrais issus d'excrétas humains les réactions sont globalement en adhésion, cependant avec de nombreuses conditions à remplir.

La proposition semble intéressante aux producteurs. Certaines conditions doivent être remplies pour qu'ils adhèrent à l'utilisation du produit innovant :

- le produit doit avoir fait preuve d'efficacité, les producteurs demandent à « voir » des résultats et avoir un compte rendu palpable de l'expérience avant d'adhérer. Les critères sont une augmentation de rendement, voir un rendement supérieur aux engrais chimiques
- ils demandent à ce qu'une sensibilisation soit faite auprès des agriculteurs d'une part, afin de savoir comment utiliser le produit et auprès de consommateurs d'autre part pour qu'ils adhèrent à l'achat du produit.
- Ils demandent à ce que l'utilisation de cette innovation ne diminuent pas la valeur marchande de leur produits surtout si ceux-ci sont destinés à la consommation.

- Compte tenu de l'origine du produit, ils demandent une preuve que ce produit soit totalement hygiénique

Ainsi les conditions d'acceptation du produit se tournent autour des aspects agronomiques de rendement, et financiers. Tout tourne autour de ce dernier aspect car l'engrais doit assurer la pérennité et les conditions de vie de son utilisateur.

Au premier abord les agriculteurs avouent cependant qu'ils ne seraient pas forcément les premiers à consommer des produits fertilisés avec des excréta humain. Mais les avis évoluent quand on expose le cas de la fertilisation par les fientes de poules ou le lisier de porc. En effet il s'agit aussi d'excréta mais provenant d'animaux. Il s'agit d'une évolution de mentalité à mettre en place. En effet, lors de la mise sur le marché, les fientes de poules n'ont obtenu aucun succès et ont fait jaser. Or, aujourd'hui elles sont très communément utilisées et ont prouvé maintes fois leur efficacité.

Au final, les engrais doivent surtout augmenter les rendements des cultures et être abordables au niveau du prix. Ils doivent respecter aussi les valeurs agronomiques, économiques, sanitaires et environnementales. L'adoption d'un nouveau produit se fait plus ou moins facilement et rapidement mais toujours par une évolution de mentalité.

L'agriculture est une très grande consommatrice d'engrais au Cameroun et bien que la région du Centre soit encore considérée comme une zone moyennement consommatrice d'engrais, elle est en pleine évolution et remaniement. En effet, dans la périphérie et au centre de Yaoundé la pression foncière demande de cultiver toujours plus sur des terrains de plus en plus petits. Au niveau des zones rurales, l'utilisation massive d'engrais tend à diminuer la fertilité des sols. Or nous avons vu que les produits innovants ont la capacité de stabiliser le sol, de maintenir ses activités microorganiques et ainsi de pérenniser son exploitation dans le temps. Les nouveaux produits ont alors un potentiel agronomique de fertilisation des cultures. Les engrais innovants sont d'autre part adaptés aux cultures de la province du Centre. Elles sont en effet principalement maraîchères et notamment les légumes sont de grands consommateurs d'engrais azotés.

Cependant selon les critiques dégagées par les agriculteurs, ils doivent respecter de nombreux critères. Les agriculteurs demandent des coûts faibles, des rendements élevés et un risque sanitaire nul. Ainsi il pourra être accepté.

D'autres problèmes n'ont pas encore été abordés au sujet de ces produits innovants, il s'agit de l'approvisionnement (gestion), des coûts supplémentaires engendrés (transport) et de la gestion entre l'offre et la demande. Nous listerons et évaluerons l'impact que peuvent avoir ces facteurs limitants dans l'utilisation des produits innovants.

### **III.3 le secteur forestier, agroforestier et horticole, un potentiel à exploiter**

#### *III.3.1 Constat général du secteur forestier camerounais*

##### III.3.1 a- Etat des lieux de la ressource forestière

###### Au niveau du Cameroun:

La ressource forestière camerounaise est très importante tant sur le plan de la superficie que sur le plan de la ressource. Le Cameroun a une superficie de 475 000km<sup>2</sup> dont 225 000km<sup>2</sup> de forêts et 175 000km<sup>2</sup> de forêts de production (Forest Monitor, 2001).

La forêt camerounaise occupe une surface importante du territoire, soit environ 45%. Ceci n'a jamais facilité ni l'implantation de l'agriculture, ni d'un bon réseau de communication ce qui a tendance à enclaver certaines zones. Les forêts du Cameroun sont estimées à 23% de forêts primaires et 80% de forêts secondaires. Cette forêt constitue l'un des six territoires du bassin forestier du Congo, qui couvre une superficie de 660 000km<sup>2</sup> (superficie supérieure au territoire français métropolitain) et constitue la 2<sup>ème</sup> réserve d'oxygène de la planète après l'Amazonie.

Les principales régions qui possèdent une très grande richesse forestière sont les provinces de l'Est et du Sud principalement mais aussi du Sud-Ouest, du Centre et du Nord-Ouest. Notamment dans les forêts de l'Est et du Sud, le peuple pygmée encore présent garde un fort patrimoine ethnique et culturel dans sa cohabitation en harmonie avec la forêt. Mais ce peuple est soumis à de graves difficultés de survie à cause du développement et de l'exploitation des milieux naturels.

###### Pour la région du Cameroun

La province du Centre est située dans une zone de forêt humide à pluviométrie bimodale. La végétation qui en résulte est dense et verdoyante. Avec ce climat chaud et humide, la végétation n'a aucune difficulté à prendre sa place. On y observe une forêt dense et une végétation variée. La région possède un peu de relief montagneux notamment autour de Yaoundé. Cependant la région du Centre n'a pas la renommée des forêts de l'Est ou du Sud.

##### III.3.1 b- Etat des lieux de l'exploitation forestière

###### L'exploitation forestière au Cameroun

Le bois est la deuxième matière première exploitée au Cameroun après le pétrole. (Forest Monitor, 2001) Ce secteur est en plein essor. En effet, au cours des 10 dernières années, on note que la production de bois a triplé au Cameroun. Cependant, cette ressource est bénéfique à une infime portion de la population, car seules trois grandes entreprises se partagent 30% des ressources forestières. L'exploitation des forêts permanentes se fait principalement par les grandes industries. Les produits pétroliers mis à part, le secteur forestier emploie plus de 30 000 personnes et fournit près de 40% de revenus à l'exportation. (Petit futé, 2007) Cependant, les pays européens et asiatiques participent grandement à l'épuisement de cette ressource en s'approvisionnant au Cameroun. (Petit futé, 2007)

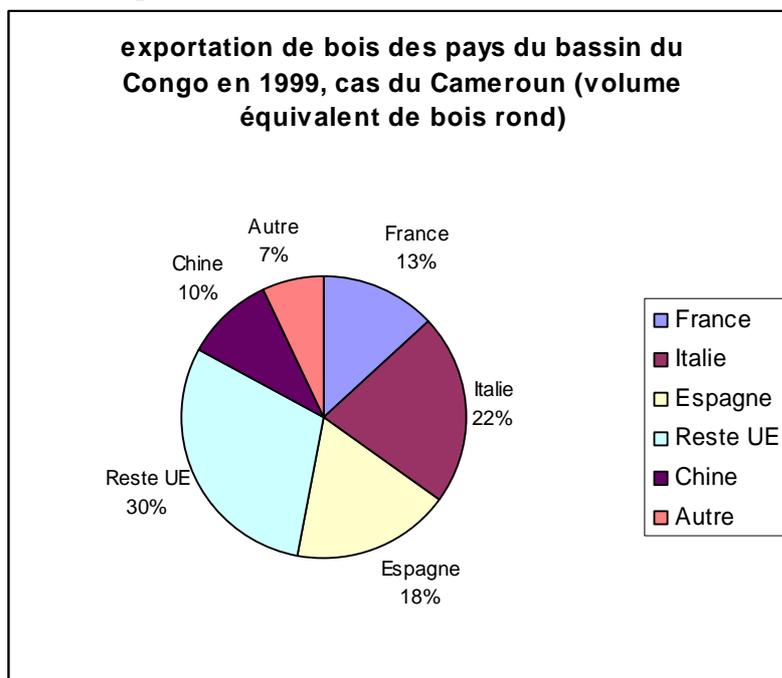
La déforestation prend de plus en plus d'ampleur au Cameroun. Dans les années 1960, elle a pris une sérieuse importance afin de favoriser le développement d'une agriculture adaptée au sol et au climat. De nombreux villages agricoles se sont implantés et au fil du temps, de grandes exploitations agricoles sont nées. On estime qu'au cours des 20 dernières années, 10% de la surface forestière a été transformée en terrain agricole. Le déboisement au

Cameroun est l'un des plus important d'Afrique. La FAO estime la déforestation à 200 000ha/an. (Petit futé,2007)

Malgré les avertissements écologiques et la politique camerounaise en faveur de la protection des forêts, l'exploitation de ce potentiel forestier ne semble pas ralentir pour les prochaines années.

En effet, le bois camerounais connaît une renommée internationale, et donc une forte exportation. Or le bassin du Congo est la deuxième ressource en oxygène et en biodiversité de la planète. Il regroupe les forêts du Cameroun, de la République Centre Africaine, du Congo, de la République Démocratique du Congo, de la Guinée Equatoriale et du Gabon. Les grumiers, transportent les troncs à travers le pays jusqu'aux scieries de Yaoundé ou Douala.

Figure 9: Exportation de bois des pays du bassin du Congo en 1999, cas du Cameroun (volume équivalent de bois rond)



(D'après source Forest Monitor)

On note que l'Europe a une part très important dans l'exploitation du bois donc dans la gestion forestière et la déforestation. Tout particulièrement, la France emploie de nombreuses filiales pour exploiter les ressources forestières camerounaises (cf doc exploitations forestières européennes ayant des filiales au Cameroun). Ainsi, le Cameroun représente une grande richesse pour les pays européens en matière sylvicole. Les filiales souvent peu scrupuleuses des conditions de vie des populations locales et de l'environnement exploitent excessivement ces forêts et épuisent les richesses, tout ceci en grande illégalité.

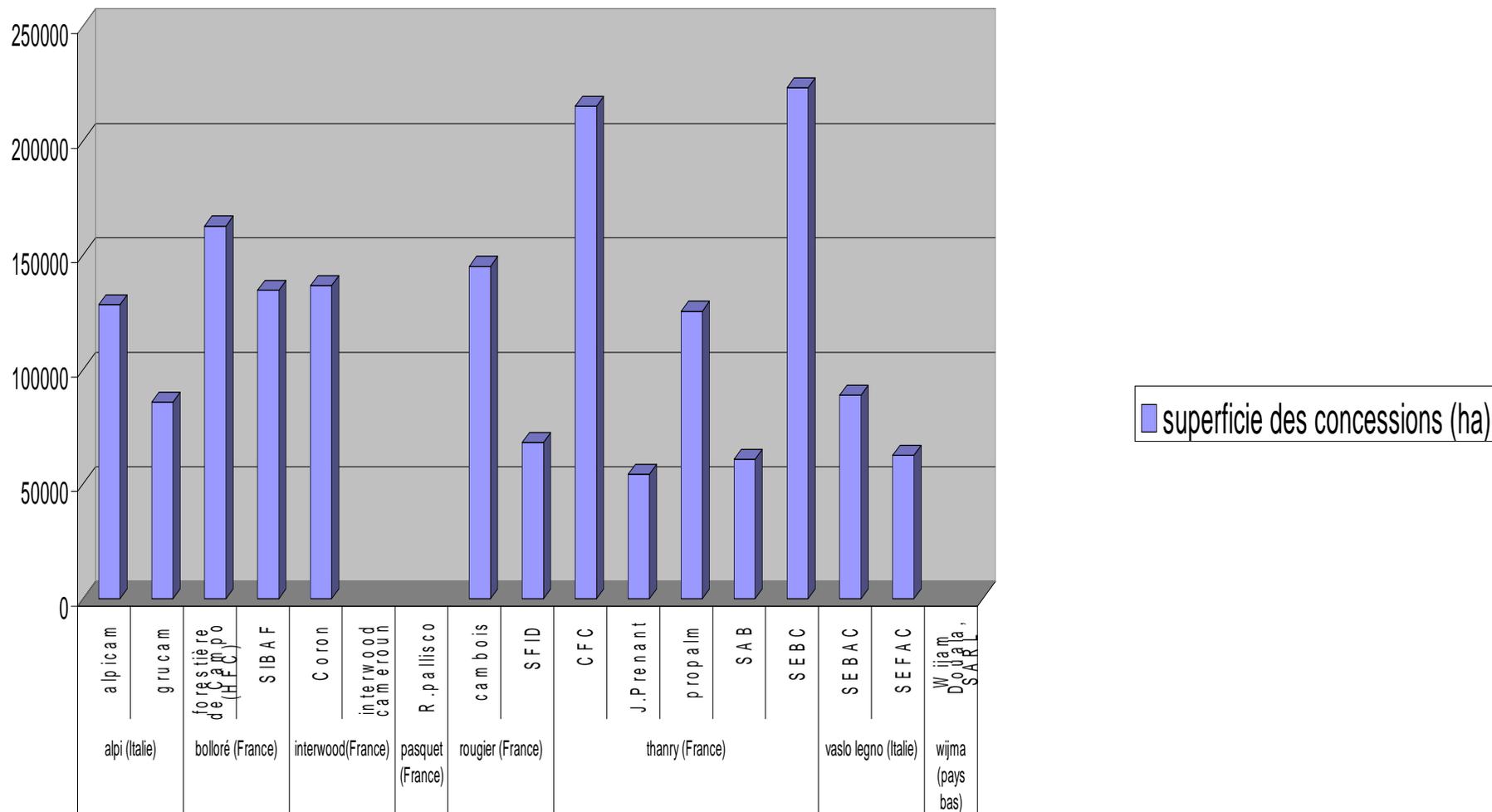
En 2000 les entreprises européennes ont subies des sanctions (amendes, suspension de droit d'activité...) pour cause d'exploitation illégale de la forêt. Le MINEF a en effet pris des mesures contre les sociétés qui agissent de façon illégale en dressant des procès verbaux et en les excluant des appels d'offres pour l'attribution des UFA (Unité Forestière d'Aménagement, équivalent à une concession). Cependant les mesures prises sont inefficaces car les amendes sont peu élevées pour les entreprises et les sociétés exclues des appels d'offres ne sont souvent pas intéressées par les UFA soumises à l'appel d'offre. Ainsi, l'impact de sanction est négligeable jusqu'à maintenant.

En plus de l'exploitation étrangère, un des principaux problèmes de la mauvaise gestion des ressources forestières est le problème de la corruption. Une étude faite par une organisation internationale « Transparency International » qui mesure la corruption au niveau des pays (mais non des entreprises) montre dans ses résultats que le Cameroun apparaît comme le pays le plus corrompu au monde (Forest Monitor, 2001).

Le domaine forestier est soumis à une forte implication de l'armée et de hauts fonctionnaires d'Etat au niveau des propriétés d'exploitation. De part leur pouvoir et leur autorité conférés par leurs rangs, l'application des lois sur leurs propriétés est difficile. Ils restent sourds aux exigences environnementales et exploitent leurs parcelles privées de façon intensive et illégale.

C'est aussi ce type de processus qui entrave profondément le développement du pays et de ses populations.

## Exploitants forestiers européens ayant des filiales au Cameroun



### L'exploitation forestière au Centre

L'exploitation forestière est très importante dans les provinces du Sud et surtout de l'Est. Au sein des forêts, quand elles ne sont pas utilisées que dans la production de bois, les populations locales y font de l'agroforesterie. La production de bois tel que l'Eucalyptus est très peu répandu voir inexistant dans la province du Centre. Elle est réservée au secteur de la région du Sud, Littoral et Sud-Ouest.

Cependant la région du Centre regroupe de nombreuses forêts communautaires. Elle en compte cependant moins que dans la région de l'Est.

L'ICRAF est notamment chargé d'un programme de soutien à ces populations. Il s'agit d'une action des paysans et populations locales pour la domestication des ressources forestières. Cette production se fait principalement autour des essences productrices à haute valeur commerciale. Ceci dans le but d'améliorer les revenus et les conditions de vie des populations paysannes locales. Les moyens utilisés sont l'initiation aux méthodes de production améliorées telles que le bouturage, le marcottage... L'arboriculture fruitière n'est pas particulièrement préconisée en raison des itinéraires techniques à suivre qui sont plus complexes. La reconnaissance des espèces forestière permet ainsi un recensement des essences et d'améliorer la gestion de l'exploitation en vue de préserver les ressources. Les essences cultivées sont principalement des plantes médicinales, alimentaires (garcinière Cola, bita Cola, des fruits sauvages...). Notamment le Gnetum est produit dans la région du centre et exporté au Nigeria.

A une autre échelle, celle de la ville, l'exploitation du bois est aussi présente. On trouve sur les marchés, entre autre celui de Nkolondom dans Yaoundé I, des vendeurs de bois de chauffage. D'autre part il existe des pépinières situées dans les bas-fonds de Yaoundé. En général ce sont de petits producteurs qui produisent des fleurs et des plantes ornementales. Cette activités est très répandue car source de revenus pour les plus démunis. Or les bas-fonds de Yaoundé se prêtent particulièrement bien à cette activité car ils sont suffisamment humides disposent d'une bonne terre et d'espaces ombragés par les eucalyptus présents, et l'on dispose d'un espace suffisant.

De plus, la planification du reboisement urbain et péri-urbain permet aussi la création de petits emplois (entretien, NJIP NTEP Dieudonné).

Cependant l'utilisation du bois souhaite trouver un autre débouché avec la création dans les environs de Yaoundé d'une usine de pâte à papier.

Cette dernière perspective semble très intéressante pour la réutilisation des boues de vidanges. En effet, le nombre d'horticulteurs présents dans la ville et la périphérie de Yaoundé ne semble pas assez important pour réutiliser en assez grande quantité les sous-produits des stations d'épuration. Au contraire, une utilisation potentielle en foresterie en tant que fertilisant pour une grande surface donnée permettrait d'optimiser leur valorisation (entretien, NJIP NTEP Dieudonné).

### *III.3.2 L'organisation institutionnelle des acteurs du secteur forestier et de l'exploitation forestière*

#### III.3.2 a- Rôle des institutions

Dans les années 90, une volonté de créer un cadre politique et institutionnel responsable de la gestion durable des ressources forestières a engagé le Cameroun sur une nouvelle voie avec la création du Ministère de l'environnement et des forêts (MINEF) en

1992, la publication du document de politique forestière en 1993 (revu en 1995) et la promulgation d'une législation forestière en janvier 1994 (loi n° 94/01) qui porte sur les forêts, la faune et la pêche. Le décret n° 95/531/PM du 20 août 1995 fixe les modalités d'application du régime des forêts. Et une autre loi (n°90/053 du 19 décembre 1990) porte sur les libertés d'association notamment en groupement de paysans ou GIC (FAO, 2003).

Ceci montre bien la préoccupation de l'état camerounais au sujet de la préservation de ses forêts. En 1997, un plan de zonage du Cameroun méridional a été mis en place. Le MINEF est chargé d'établir un guide sur l'exploitation des ressources forestières du domaine permanent. Les plans d'aménagement des ressources forestières suivent les normes de ce guide. Ces plans d'aménagement doivent toutefois être approuvés par l'administration en charge des forêts.

Le MINEF est chargé de concevoir et de mettre en œuvre la politique forestière de l'Etat, de procurer l'assistance technique aux populations, et est responsable de l'aménagement forestier. Il a sous sa tutelle l'Office national de développement des forêts (ONADEF), chargé de l'exécution des tâches techniques. Notons que d'après le décret 2002/155 du 18 juin 2002 l'ONADEF est devenu l'ANAFOR. Des structures privées se mettent en place depuis quelques années, et sont commanditées par des concessionnaires ou d'autres opérateurs économiques privés du secteur forestier.

### III.3.2 b- Organisation structurale du domaine forestier

Le secteur forestier est réparti en UTO (unités techniques opérationnelles). Ce sont elles qui ont sous leur responsabilité la gestion de massifs forestiers. Il s'agit d'une structure technique décentralisée du MINEF.

Les UTO peuvent être subdivisées en plusieurs sous secteurs : Les parcs Nationaux, les forêts de production (UFA : Unités forestière d'aménagement) et les zones à utilisation multiple (jouant le rôle de zone tampon)

- Les zones à utilisation multiples sont dédiées aux activités villageoises, aux propriétés privées et aux plantations agroindustrielles, cette zone appartient au domaine non permanent.

- Le domaine forestier permanent privé de l'Etat, fait référence à des terres définitivement affectées à la forêt ou à l'habitat de la faune. Ce domaine permanent est subdivisé en forêts communales et domaniales, comprenant des aires de protection et des concessions d'exploitation forestières (UFA, Unité Forestière d'Aménagement). Ces zones sont alors destinées définitivement à la conservation des ressources ou à la production durable de la matière ligneuse. Chaque forêt permanente est soumise à un plan d'aménagement.

On estime qu'entre 170 et 200 000 ha de forêt sont exploités pour la production et de façon permanente (entretien, NJIP NTEP Dieudonné).

D'après la loi de 1994, le Cameroun a pour objectif de classer dans le domaine permanent 30% de la superficie du territoire national (Amsallem I. et al., 2003)

Au sein d'une UTO, le plan de travail annuel est examiné et approuvé par le comité de gestion de l'UTO c'est-à-dire, l'Etat, les exploitants forestiers et les populations riveraines. Ce comité de gestion est chargé de la planification, du suivi, et de l'évaluation des activités de l'UTO.

Les projets de gestion et de préservation des ressources forestières sont appuyés par des organismes internationaux tels que WWF, UICN, PNUD, FAO, GTZ...

Domaine à vocation multiple :

La mise en place de *forêts communautaires* qui appartiennent au domaine à vocations multiple, est particulièrement développée au Cameroun. Le concept de foresterie communautaire est apparu avec n°94/01 du 20 janvier 1994, qui porte sur le régime de la faune et de la pêche (FAO, 2003). Le but est d'octroyer des parts de forêt pour les populations locales. Cette démarche vise un développement durable des forêts basé sur l'aspect participatif. En effet, la création des forêts communautaires implique la participation active des populations locales dans les plans d'aménagements et de gestion des ressources forestières, cette politique a pour but d'améliorer les conditions de vie des acteurs locaux en leur apportant une répartition plus équitable des retombées (surtout financières) dues aux activités forestières. Cette politique de gestion leur permet aussi d'acquérir de l'autonomie dans leurs activités au lieu de dépendre de filiales d'exploitation qui bradent les prix, ce qui ne contribue aucunement à aider les populations à s'en sortir.

La gestion des forêts communautaires : le processus d'aménagement des forêts communautaires vise des utilisations multiples (protection et exploitation). Il est basé sur un plan d'aménagement simple, qui comprend le programme d'action quinquennal, le plan d'opération annuel et la planification de microprojets de développement communautaire. (Amsallem I. et al., 2003)

Les zones agroforestières, faisant partie des zones à vocation multiples, sont dédiées aux activités humaines comme par exemple l'implantation de plantations industrielles. Ces industries doivent toutefois prendre conscience et agir dans le respect des zones écologiques. L'usine SOCAPALM, qui produit de l'huile de palme est soucieuse de sa production et va rajeunir ses plantations prochainement. Elle est intéressée à fournir un appui technique aux petits planteurs locaux et d'acheter leurs productions. Elle a aussi élaboré un élevage bovin qui pâture sous les plantations et participe ainsi au nettoyage ainsi qu'au transport des régimes de fruits. De plus les bêtes sont abattues afin de nourrir en partie les ouvriers. Les potentialités de ces plantations industrielles sont la création d'emploi, l'élevage sous plantation, la constitution d'un marché à proximité des villages. La stratégie d'intervention de ces exploitations est d'impliquer les populations villageoises avec un appui technique des industriels. Il faut toutefois préserver le milieu de vie des populations et faire en sorte que les entreprises s'engagent à contrôler parfaitement leur pollution et leur impact sur le milieu naturel.

Les zones villageoises sont aussi présentes dans la zone à utilisations multiples. Les cases se trouvent souvent au milieu de jardin et de cultures de rentes (souvent des bananiers). Le système de l'agriculture sur brûlis est très répandu. Les potentialités de la zone villageoise sont notamment l'existence de marchés en mesure d'absorber les produits agricoles locaux, la possibilité d'exploitation des forêts communautaires... toutefois le développement de cette zone consistera à contribuer à l'organisation de la population en développant des outils de gestion des ressources, à son désenclavement, et à la création de forêts et de zones de chasse communautaires. (FAO, 2003)

Domaine permanent :

Gestion des *parcs nationaux* :

La gestion du parc et de ses ressources se fait par l'élaboration et la mise en place d'un plan d'aménagement, d'une structure légale de gestion du parc national, du renforcement des structures du MINEF afin de contrôler efficacement les actions, aussi par l'implication des exploitants forestiers et industriels dans la gestion de la biodiversité au sein des concessions

limitrophes au parc, par la promotion de l'écotourisme, par la mise en place de zones de chasse communautaires à l'extérieur du parc, et par la sensibilisation et l'éducation des populations de l'UTO (FAO,2003).

#### *Les Unités forestières d'aménagement*

Les UFA sont attribuées à un exploitant par une convention provisoire de trois ans. Durant cette période, le concessionnaire a l'obligation d'élaborer un plan d'aménagement pour 30 ans. Ce dernier doit être approuvé par l'administration forestière. Si le plan a été approuvé, une convention d'exploitation d'une durée de 15 ans (renouvelable) est signée entre le concessionnaire et le MINEF.

Souvent une étude d'impact environnementale est effectuée avant la mise en exploitation d'une UFA.

Les potentialités des UFA sont nombreuses, hormis l'exploitation et la productions de produits ligneux et non ligneux, on trouve la certification, la création d'emploi, la perception de taxes par l'état et les redevances versées à la population, la séquestration du carbone, etc.

La mise en place des UFA permet un rapprochement étroit entre les exploitants forestier, le MINEF, la population locale et les ONG actives le domaine.

Les concessionnaires sont fortement encouragés à acquérir la certification de leur UFA.

Toutefois, le ministère doit conserver une fonction de suivi et de contrôle efficace. De plus l'implication des populations locales dans l'établissement des plans d'aménagement doit être mise en avant afin de permettre leur développement assuré notamment au moyen de redevances forestières.

Prenons l'exemple de la forêt de Lokoundjé-Nyong appelée avant forêt d'EDEA, pour sa structure administrative. La forêt dense et humide de Lokoundje-Nyong a une superficie de 125 568 ha et s'étend sur les provinces du Sud, du Littoral et du Centre du Cameroun, elle est enregistrée comme concession forestière (UFA). Le massif forestier est sous la responsabilité d'une UTO, créée en 1999. Elle peut s'étendre sur plusieurs unités administratives mais n'est dirigée que par un seul conservateur. Cette UTO relève administrativement de la délégation provinciale du Sud et techniquement de la Direction des forêts. Le conservateur est appuyé sur le terrain par des chefs de poste forestiers. Le concessionnaire est chargé de l'application des mesures d'aménagement. Il participe aux œuvres sociales par le paiement de la redevance forestière annuelle et par la réalisation des activités convenues avec les populations.

Les partenariats avec les populations locales dans le cadre d'aménagements forestiers se fait à travers des CPF (Comités Paysans Forêts). Les CPF jouent le rôle d'intermédiaires entre l'administration forestière, le concessionnaire et les villageois. Les 8 membres élus par le village, qui composent le CPF, sont chargés de l'information, de l'animation, de la formation et de la participation des villageois à l'aménagement. De plus, une aide au financement de ces plans d'aménagements est fournie par des organismes internationaux comme la coopération canadienne ou d'autres ONG.

Des mesures particulières sont prises pour la conservation et la protection des zones sensibles, notamment au niveau de la cueillette, qui y est restreinte, et l'exploitation forestière, la récolte du bois de service et l'agriculture y sont interdites. Il existe aussi des normes régissant les interventions en milieu forestier. Les inventaires floristiques et faunistiques y sont fait mais ne sont pas normatifs et il n'existe pas de base de donnée regroupant toutes les informations. Les droits d'usage sont reconnus aux populations locales en vue d'une utilisation domestique du bois.

Des mesures particulières sont prises dans le plan d'aménagement pour les produits forestiers non ligneux.

Ainsi, les décisions prises dans les plans d'aménagement incorporent de nombreux acteurs qui ont comme même but de tirer profit de la ressource forestière tout en la préservant afin de pérenniser leurs intérêts.

### III.3.2 c- Organisation de la gestion du domaine forestier

Les *plans d'aménagements* sont mis en place par des bureaux d'études et sont approuvés par l'administration forestière.

Dans les localités reculées, on met en place un « plan simple de gestion ». Il s'agit d'un plan d'aménagement simplifié pour être accessible et adapté aux populations locales, dont le but est la gestion rationnelle des ressources forestières. Ce dispositif encourage les populations locales à gérer leurs propres ressources en fonction de leurs propres intérêts.

Le principal problème de ce système relève de la représentativité de ces forêts communautaires auprès de l'Etat pour justifier leurs actions. En effet, trop souvent il s'agit d'une prise en otage des parcelles forestières par les élites pour assouvir leurs intérêts personnels. C'est pourquoi une représentation des population par des GIC et encadrée par l'Etat semble appropriée (entretien, NJIP NTEP Dieudonné).

La gestion des *forêts communautaires* et *gestion ethnique* des forêts.

Trois parties principales sont impliquées dans la gestion de forêts : les autorités traditionnelles (chefs de villages ou d'ethnie), les communautés locales (groupes d'utilisateurs) et le gouvernement (MINEF). Les autorités traditionnelles ont pour rôle de coordonner les activités des groupes d'utilisateurs et de résoudre les conflits. Les comités villageois sont étroitement liés aux chefferies traditionnelles qui exercent le pouvoir coutumier. Le gouvernement joue aussi ces rôles en plus de celui de créer l'environnement législatif et technique adéquat pour la foresterie communautaire.

Les UTO représentant l'administration forestière procurent l'assistance technique aux populations et sont chargée de gérer la conservation des zones, de surveiller la mise en œuvre de Plans Simples de Gestion (PSG) par les communautés et revoir périodiquement les accords de gestion.

Au niveau de la gestion des forêts communautaires, les négociations sur les limites accordées aux utilisations prennent en compte les objectifs de conservation établies par le MINEF, et ceux d'usages des populations locales.

Tout plan simple de gestion des forêts communautaires individuelles intègre les règlements décidés par les trois parties, MINEF, autorités traditionnelles et représentants des communautés.

Les bénéfices issus de la gestion forestière incitent les populations à s'impliquer entièrement. Cependant des entraves à la bonne réalisation des travaux, notamment au niveau de la corruption des élites et officiels qui ont des intérêts à protéger, rendent impuissantes ces communautés qui se retrouvent sans recours pour influencer ces autorités.

### III.3.3 les agrosystèmes et domaine forestier du Centre et l'utilisation d'engrais en foresterie

#### III.3.3 a- activités horticoles à Yaoundé

Nous avons vu qu'au sein et aux alentours de Yaoundé, la production horticole est relativement importante. En général, ces systèmes de production (pépinières, horticulture et plantes d'ornement) utilisent des fertilisants de type fumure, fumier, et compost (entretien, NJIP NTEP Dieudonné).

Nous sommes allées interroger plusieurs horticulteurs travaillant sur les jardins situés derrière la radio, face au centre diocésain des Œuvres à Yaoundé (cf. annexe 8). Les plantes sont exposées en bordure de route ce qui a pour effet d'embellir l'endroit et de signaler leur activité horticole. Les pépinières se situent sur un terrain pentu en contrebas de la route, et donnent sur le bas-fond de la Briqueterie où se situent un cours d'eau moyennement entretenu et sur l'autre berge, quelques plantations. L'ensemble du site est ombragé par de grands eucalyptus.

Les horticulteurs sont encouragés dans leur activité par la communauté urbaine qui les prime du titre de « plus beau jardin » afin de valoriser la profession.

Les horticulteurs ont en général des installations spontanées mais il existe toutefois des regroupements d'horticulteurs.

Ils disposent d'un espace restreint car installés de manière spontanée en bordure de route. D'autre par, leur activité ne leur fait pas bénéficier d'un revenu quotidien. Leurs dépenses de production sont importantes en raison de l'utilisation d'engrais. Ces engrais leur reviennent cher pour diverses raisons :

-l'achat de conditionnement en petites quantités, ils ne bénéficient pas de prix abaissés pour les grosses commandes. De plus l'organisation des horticulteurs en GIC est encore peu répandue.

-l'achat en ville où les prix sont plus élevés que l'achat en brousse pour les engrais organiques

-la nécessité de s'approvisionner par camion s'il y a achat d'engrais organique car ceux-ci s'utilisent en grandes quantités.

-l'augmentation générale des prix des engrais chimiques

-la nécessité d'utilisation d'engrais pour rester compétitif sur le marché.

#### III.3.3 b- activité cacaoyère : agrosystèmes en périphérie de Yaoundé

D'autre part, dans la province Centre et surtout dans les zones limitrophes aux provinces de l'Est et du Sud, on trouve des systèmes agroforestiers à base de cacao.

Les systèmes cacaoyers font partie d'un écosystème complexe. Issus de savoirs cultures anciens, ils sont propices aux conditions écologiques des régions du Centre et du Sud du Cameroun. L'exploitation de ces cultures de manière durable est dans l'intérêt des cacaoculteurs.



Photo : MISS

Photo 6: cacaoyère du NYOM en périphérie de Yaoundé

Le cacao est une culture de rente c'est-à-dire qui a un potentiel de commercialisation. La durée d'exploitation est d'environ 25 ans. Ces systèmes agroforestiers permettent de conserver une biodiversité importante notamment avec la

conservation de grands arbres (le cacaoyer étant une plante ombrophile) souvent des arbres médicinaux ou des produits non ligneux (safou par exemple).

Il s'agit d'une activité importante dans les provinces du Centre et du Sud. En 1991, elle occupait 139 651 ha (Amsallem I., 2003).

La gestion de ces systèmes se fait par des cadres de gestion planifiés. Dans les années 80, la mise en place de cacaoyère bénéficiait d'un suivi rigoureux par l'Etat (par les coopératives d'Etat). Jusqu'en 1990, l'Etat contrôlait en effet depuis la mise en place des cultures jusqu'au système d'exploitation du produit (consommation, transformation...). Il fixait aussi les prix. Cette supervision des activités agricole a permis de mettre en place, un « plan global de mise en exploitation des parcelles ». L'Etat donnait des subventions aux agriculteurs notamment sous forme de semences ou d'intrants. En échange du soutien apporté, la production devait entièrement être reversée à l'Etat pour qu'il puisse gérer le devenir des produits dont la commercialisation et le stockage en cas de pénurie alimentaire.

Avec la libéralisation, les systèmes cacaoyers ont connu un suivi moins rigoureux. Et aujourd'hui les agriculteurs n'ont pas conservé les itinéraires techniques enseignés (entretien avec Mr MBOK).

Depuis la libéralisation des systèmes cacaoyers il y a une dizaine d'année, ce sont les marchés mondiaux qui fixent les prix. Le cacao a connu et connaît encore une grave crise. Son cours a chuté de 50% depuis 10 ans, ce qui a eu un impact terrible sur les cultures mais surtout pour les cultivateurs. La production a chuté de 130 000t à 95 000t ces dix dernières années, ce qui a eut pour conséquence d'abaisser le Cameroun au 8<sup>ème</sup> rang de producteur mondial alors qu'il était au 5<sup>ème</sup> rang. La réorganisation au niveau du matériel et des techniques culturales s'effectue petit à petit mais les producteurs, qui ne possèdent souvent pas plus d'1ha, craignent que le cours chute encore ou que de grandes industries le fassent tourner à leurs avantages.

Les industries de cacao (Chococam pour la plus connue), basées à Douala, transforment le cacao en beurre, pâte à tartiner, ou en poudre destiné à produire du chocolat à boire ou à croquer. Mais comme la totalité de la production camerounaise peut-être exportée, ces entreprises sont obligées de se fournir à l'étranger.

Ainsi la filière commerciale du Cacao est très complexe et ne favorise pas les petits exploitants.

Les agroforêts cacaoyères se situent en zone de forêt dense humide et appartiennent à l'Etat camerounais. Elles couvrent une superficie de 140 000 ha dans la province du Centre et du Sud Cameroun. Elles peuvent être considérées comme des productions forestières du fait qu'elles côtoient les formations forestières et leur sont semblables de part leur structure complexe et leur diversité spécifique importante. Elles diffèrent de cacaoyères strictes car en plus des cacaoyers elles sont composées d'espèces fournissant des produits forestiers non ligneux (*Dacryodes edulis*, *Irvingia gabonensis*, *Elaeis guinensis*, etc...), et des espèces de bois d'œuvres de haute valeur (*Terminalia superba*, *Chlorophora excelsa*, etc) de fruitiers exotiques de consommation courante (*Persea americana*, *Mangifera indica*, *Citrus spp*) de plantes médicinales (*Alstonia boonei*). La multitude d'agroforêt alterne avec d'autres systèmes de culture et d'occupation des sols. Cette mosaïque complexe d'écosystèmes permet de satisfaire les besoins ou en partie les besoins des populations des zones forestières.

La particularité des systèmes cacaoyer est l'importante biodiversité qu'ils constituent en étant associés à d'autres espèces. La gestion des cacaoyères n'obéit pas au schéma classique de gestion des gros projets de foresterie, ni d'une agriculture pure. En effet, pour mettre en place une cacaoyère on procède à diverses étapes. Après l'abattage des arbres, le planteur installe des cultures vivrières pendant 3 ans. L'association de ces plantes avec le

cacao peut se faire dès la première année. De plus certaines espèces sont gardées sur la parcelle afin de procurer un ombrage aux jeunes plants de cacao.

L'autogestion écologique du système cacaoyer est très bien organisée. La cacaoyère a un double emploi à la fois la production de cacao et la production de produits forestiers non ligneux. Pour que l'écosystème perdure il faut éviter la contamination par la pourriture brune à laquelle sont sensibles les cacaoyers. Pour cela la mesure à prendre est l'usage d'écorce d'arbre ou la modification de la densité d'arbres. Ainsi, certaines écorces d'arbre sont utilisées (*Guiboutia tessmannii*, *Erythrophleum ivorens*, etc) contre la pourriture brune et évitent ainsi les coûts financiers et écologiques qu'impliqueraient l'usage de pesticides. La présence d'ombre durant les premières années réduit la quantité de mauvaises herbes. D'autre part la fertilisation se fait principalement par la chute des feuilles de cacao et des arbres associés. La régénération se fait généralement par replantation (remplacement). Ce système reste financièrement rentable malgré la crise cacaoyère. Le bois d'œuvre aussi présent dans la plantation est utilisé pour la construction des cases et fournit le marché local en bois d'œuvre. D'autre part, la complexité de ces systèmes permet au paysan de ne pas être dépendant d'un seul type de production en cas de maladie phytosanitaire spécifique, et peut ainsi survenir de façon minimale à ses besoins. Le système ne dépend pas alors d'une seule ressource. Les revenus issus de ces plantations permettent ainsi de subvenir aux besoins élémentaires de nombreuses familles (Amsallem I. et al. ,2003).

Dans un contexte où la dégradation des ressources naturelles ne fait qu'augmenter, l'Etat camerounais préconise l'implication des populations paysannes dans la gestion des ressources forestières. En effet, une législation a été mise en place. Elle tient compte de la participation des populations rurales à la gestion forestières et aux bénéfices issus de la forêt. En effet, aujourd'hui les pratiques agroforestières représente une des principales sources de revenus des paysans. Des lois ont été mises en place pour permettre aux paysans de se regrouper au sein de nombreuses associations paysannes (OP), des groupements d'initiatives communes (GIC), des associations ou des confédérations. Ainsi ils peuvent comparer et discuter de leurs expériences et faire face à des difficultés de gestion des agroforêts.

Les agroforêts appartiennent au domaine des forêts non permanentes car on peut y pratiquer des spéculations agricoles (par exemple la culture de cacao). Deux ministères sont directement impliqués dans la gestion de ces systèmes, il s'agit du Ministère de l'agriculture (MINAGRI) qui s'occupe de la gestion de la fonction de production, et le Ministère de l'environnement et des forêts (MINEF) qui s'occupe des essences forestières.

L'importance de la culture de cacao a aidé à la création de projets de développement par l'Etat par exemple la SODECAO, en 1997. Cette société de production de cacao est chargée du développement des plantations dont la gestion est de plus en plus déléguée au paysan. Dans son souci de préserver les ressources naturelles et de favoriser un développement durable des cultures, l'Etat encourage les paysans à ce type de culture, notamment avec la mise en place de regroupements permettant aux agriculteurs de confronter leurs problèmes (Amsallem I. et al. ,2003).

La baisse du prix du cacao et la loi favorisant la création de coopératives ont favorisé les mouvements associatifs notamment pour l'achat d'intrants et/ou la commercialisation. L'association en GIC permet aux paysans de confronter leurs expériences et leurs activités, et négocier des partenariats pour obtenir un appui financier.

Une des plus grande association de paysan cacaoyer est FORCE (Confédération des organisations rurales pour le Cameroun économique) qui couvre une superficie cacaoyère de 350 000ha et regroupe 300 GIC et environ 20 000 planteurs (FAO, 2003). Son rôle est d'organiser

un calendrier des marchés et de garantir ainsi un prix minimum de vente ce qui facilite l'évacuation des produits.

La culture de cacao est donc peu coûteuse en intrants car le système s'autorégule, notamment avec la production d'humus par la décomposition des feuilles mortes. La culture de cacao, en elle-même ne permet pas à elle seule de valoriser les sous-produits issus de fèces.

### III.3.3 c- exploitation forestière dans la province de Centre (forêts de SA'A)

Nous n'avons pas de données précises sur l'exploitation forestière dans la province du Centre. Cependant, dans la zone de SA'A à l'est de Bafia, on note une importante exploitation de bois, de même que dans les zones limitrophes à la province de l'Est. Les bois sont transportés par des Grumiers sous forme d'énormes troncs d'arbres. Les sols sont constitués de terre rouge qui devient très glissante à la moindre pluie. Les routes existantes dans ces zones sont le plus souvent très fortement dégradées en raison aussi du trafic routier. Les systèmes forestier alternent entre des forêts d'arbres immenses, très denses et des forêts plus clairsemées où poussent des cacaoyers et des bananiers.

L'exploitation de la forêt de SA'A ne fait l'objet d'aucune utilisation d'engrais.

Les forêts ne semblent pas non plus soumises à des programmes de régénération ou de préservation de la biodiversité. Cependant ce point reste à éclaircir. L'exploitation forestière ne semble pas être une activité en lien avec le secteur engrais, du moins au niveau de son exploitation. Pour ce qui est de la régénération, il est possible que des politiques se mettent en place.

Bien que n'étant pas une région à dominance d'exploitation forestière, la province du Centre possède un climat propice au développement de forêts denses et donc aussi à la production de bois. La région au nord ouest (vers Bafia) a connu est connaît toujours une importante culture cacaoyère. Ces systèmes cependant ne sont pas des systèmes consommateurs d'engrais. Pour le moment, la politique environnementale de gestion durable des forêts n'est pas une priorité face à l'exploitation du bois. D'autre part, le système cacaoyer, de par sa biodiversité constitue un système durable. Il est toutefois important de noter qu'avec l'intensification des cultures et des activités d'exploitation forestière, les systèmes vont être soumis à des conditions pouvant mettre en péril leur auto régénération. Cette année, les systèmes cacaoyers de Sa'a ont connu un retard dans la récolte dû à des conditions climatiques trop sèches. D'autre part il est probable que les cultures ne se soient pas non plus développées au maximum, malgré la pénurie en eau, à cause de nutriments jouant les facteurs limitants de croissance. La demande de « produire toujours plus, toujours plus vite » va contraindre les systèmes cacaoyers et leurs exploitants à des conditions difficiles. L'utilisation d'engrais pourrait être une solution ou une alternative pour permettre la durabilité du système.

D'autre part, l'activité horticole spécifique à la ville de Yaoundé, est, elle, consommatrice d'engrais divers. Elle contribue à l'embellissement de la ville et à l'épuration naturelle de l'air.

Le potentiel d'utilisation des engrais dans ces trois domaines est peu connu. Nous avons effectué des entretiens auprès de différents acteurs de la filière pour obtenir une impression sur la probabilité d'étendre l'utilisation des produits innovants non seulement à l'agriculture, mais aussi à la foresterie, les systèmes agroforestiers et l'horticulture.

### III.3.4 *discussion du potentiel d'utilisation du de rejet dans les secteurs forestiers, agroforestiers et horticoles*

La province du Centre possède un potentiel non négligeable d'exploitation forestière car elle possède des forêts denses sur le pourtour de la délimitation provinciale. L'activité cacaoyère, qui se remet encore difficilement de la crise est très présente dans la partie nord ouest. Et enfin, une forte activité horticole est à noter dans la ville même de Yaoundé. Dans l'optique des politiques de gestion durables environnementales, nous nous sommes intéressés à ces trois domaines afin de connaître s'ils seraient des secteurs d'utilisation éventuelle des produits issus des stations d'épuration.

#### III.3.4 a- Méthodologie des entretiens

Dans le cadre de mes recherches, j'ai effectué des entretiens auprès d'un exploitant cacaoyer, auprès des horticulteurs situés dans la zone d'Ekooza (cf annexe 10), et dans les bas-fonds du quartier Elig-Essono dans la zone où coule l'effluent Djoungolo. Je me suis aussi entretenue avec Mr MBARGA Narcisse Lambert, chargé d'étude en charge de la coopération à l'ANAFOR et avec Mr NJIP NTEP Dieudonné, chef de la cellule de suivi de la régénération, du reboisement et de vulgarisation sylvicole au MINEF au sujet de l'exploitation sylvicole aux environs de Yaoundé et sur les préoccupations de régénération des forêts et l'utilisation d'engrais.

#### III.3.4 b- But des entretiens

Ces entretiens, comme ceux menés pour le domaine agricole, doivent nous donner une première approche de terrain. Ils nous permettent de rencontrer quelques acteurs des trois secteurs et de définir l'organisation de ses secteur, leur accessibilité, et de savoir s'il seraient potentiellement intéressés à utiliser des engrais issus de déchets fécaux pour leurs activités.

#### III.3.4 c- Exploitation des résultats

##### Contexte de l'activité :

Nous allons différencier les secteurs d'activité pour les trois types d'exploitation :

- foresterie : il s'agit d'un domaine peu accessible car les exploitants sont de grandes filiales basés dans les secteurs forestiers et donc pas sur Yaoundé. D'autre part avec la décentralisation, ces entreprises ont une grande autonomie et il est donc difficile de rencontrer un responsable.
- Cacaoculture : les systèmes cacaoyers sont situés à l'extérieur de Yaoundé souvent dans des zones enclavées, elles sont difficiles d'accès. Les exploitants souffrent encore de la crise que subit le cacao. Il s'agit de systèmes agroforestiers car ils possèdent une (et même plusieurs) fonction de production alimentaire et à la fois forestière. Il s'agit d'écosystèmes complexes qui ne demandent pas d'intrants en tant que fertilisant
- L'horticulture : il s'agit d'une activité qui fait la particularité de Yaoundé. Les horticulteurs se situent sur les côtés de la route pour vendre leurs produits.

Pour ces trois types d'activités, il existe des formes de regroupement en GIC, sauf pour le système forestier qui, quand il est géré par une grande filiale est très indépendant dans son système de gestion.

Destination du produit :

Les produits du secteur forestiers sont très divers en passant de la consommation, à l'ornement et à la production de meubles. Les produits issus de l'exploitation forestière sont pour la plupart exportés. Le cacao passe par une initiative de regroupement (SODECAO) alors que les horticulteurs gèrent eux même la production et la vente de leurs produits.

Utilisation d'engrais :

Nous avons vu que les secteurs forestiers et cacaoyers ne sont pas consommateurs d'engrais. Toutefois ils montrent un potentiel à exploiter du fait du phénomène d'intensification de cultures et exploitation. D'autre par en pépinière les jeunes plants sont souvent consommateurs d'engrais. Par exemple, l'ANAFOR possède une pépinière où s'effectuent aussi des recherches sur les plantes, située derrière le CHU. Aux alentours de Yaoundé le bois est aussi exploité en tant que bois de chauffe. Afin de palier à la déforestation des colines de Yaoundé des systèmes de régénération de parcelles sont mises en place. Ces procédés sont aussi consommateurs d'engrais.

Les horticulteurs utilisent de grandes quantités d'engrais minéraux et organiques souvent associés aux copeaux de bois. Les engrais chimiques sont achetés chez Jaco, ils utilisent des fientes de poules, du fumier et de la terre noire qui a une composition particulière. Les quantités utilisées sont de 10kg/mois pour les engrais chimiques et la paille peut revenir à 14t/mois (2x16 000FCFA, coût du camion et de la paille). Le coût des intrants revient très cher. Il serait intéressant de proposer un produit dont l'approvisionnement est moins loin et aussi moins cher.

III.3.4 d- Discussion sur la mise en place de ces produits innovants, point de vue des différents acteurs

Nous n'avons pas pu interroger directement des acteurs de l'exploitation forestière mais Mr Mbarga de l'ANAFOR, soutient que si le processus de développement des activités persévère, alors, une politique d'intensification et de régénération se verra mise en place, ceci dans l'intérêt d'utiliser les produits innovants.

L'utilisation d'un tel type d'engrais est moins contraignant dans ces domaines. Il en ressort principalement des exigences au niveau :

- de l'efficacité du traitement, qui doit montrer des rendements de croissance tout aussi bons que les autres types d'engrais. Et aussi montrer une efficacité dans le fait de structurer le sol.
- Du financement : Le coût doit être très bas. En effet, il s'agit de secteurs qui n'utilisent que peu d'intrants donc si l'on souhaite qu'il y ai adhésion, il est nécessaire de susciter un intérêt notamment économique
- De la formation : l'utilisation d'un nouveau produit nécessite d'être accompagné d'une méthode permettant son utilisation.

Au final, les acteurs des différents secteurs semblent d'accord pour adopter ce nouveau système de fertilisation sous certaines conditions.

Ainsi, bien qu'il ne s'agisse pas de secteurs très demandeurs ils constituent toutefois un potentiel et les acteurs semblent prêts à les utiliser à condition que certaines conditions soient respectées. Ces conditions sont toutefois moins nombreuses que pour des produits destinés à la consommation sans transformation.

Le domaine forestier a une part très importante au Cameroun notamment sur les marchés internationaux avec la production de bois et l'exportation de cacao. Ce secteur bien que jusqu'à présent ne montrant pas de lien particulier avec l'utilisation d'engrais se révèle détenir un potentiel. En effet si les politiques menées dans le pays préconisent la croissance économique, il est préférable d'y associer un développement durable, c'est-à-dire trouver des systèmes de production qui prennent en compte la régénération de la ressource naturelle.

Nous ne disposons pas d'autant d'informations dans ce secteur que pour le secteur agricole. En effet, l'utilisation de produits d'épuration en agriculture est plus répandue que pour le secteur horticole et forestier. De plus le fait que ses activités se trouvent dans des zones enclavées ne facilite pas la mise en place du procédé, bien que celui-ci permettrait d'améliorer les activités.

Cependant, les acteurs des différents domaines semblent ouverts pour accepter ces nouveaux produits de fertilisation. Il a l'avantage d'augmenter le rendement des activités tout en apportant une structuration au sol. C'est cet aspect de pérennisation de l'activité qui est recherchée.

Ces secteurs ont l'avantage de ne pas produire d'éléments destinés à la consommation sans transformation. Ainsi, les normes sanitaires seraient plus souples pour la réutilisation des produits issus de stations d'épuration.

L'utilisation d'engrais en foresterie permettrait de combattre la déforestation en favorisant la mise en place de pépinières, l'engrais pourrait contribuer à la relance de la production cacaoyère et enfin il pourrait diminuer le coût des intrants pour les horticulteurs et améliorer les conditions de vie de ces derniers.

## CONCLUSION GENERALE :

Yaoundé représente la politique de développement du Cameroun. Elle est une ville en pleine expansion, à la fois démographique, sociale et économique. La capitale connaît une croissance qui l'amène à rester compétitives avec la capitale économique du Cameroun, Douala. Cependant dans son développement la ville aux sept collines ne doit pas omettre de préserver son environnement. La politique soutenue par le pays a pour l'un de ses objectifs de réduire la pauvreté de ses habitants tout en restant compétitifs sur le plan national et international. Or Yaoundé comporte de nombreux bas-fonds et quartiers construits de manière spontanée où règne la misère. Ces quartiers présentent d'autre part un aspect insalubre du fait d'être laissés à l'abandon. Les déchets jonchent les cours d'eau, les déchets ménagers sont déversés dans les bas côtés et dégagent des odeurs nauséabondes et les boues ou eaux vannes sont déversées dans la ruelle. Dans ces décombres de déchets, les enfants jouent, l'eau de la SNEC coule dans les tuyaux parfois perforés qui traversent un tas de déchet... les risques de maladies infectieuses dues à de mauvaises conditions d'hygiène sont répandues. La société Hysacam est chargée de collecter les déchets solides. La collecte des boues se fait par des vidangeurs quand le quartier est accessible, ce qui n'est pas toujours le cas. Cependant les vidangeurs ne disposent pas d'autres moyens que de déverser les produits de vidanges à Nomayos, situé à l'extérieur de Yaoundé. Ce déversement sauvage est source d'une grande pollution des cours d'eau et donc des cultures pour les villages voisins. Auparavant, plusieurs stations d'épuration ont été construites dans divers quartiers de Yaoundé. Or, elles ne sont plus en fonctionnement depuis longtemps. Les principales raisons évoquées par les administrations responsables sont le manque de financement. La plupart des stations présentaient le processus des boues activées ce qui relève d'installations relativement complexe et demande une main d'œuvre qualifiée dans le domaine. Cette maintenance n'étant pas assurée les installations se trouvent dans un état de dégradation avancée.

Notre étude s'intéresse aux alternatives de systèmes épuratoires existant et déjà en fonctionnement dans d'autres pays (Burkina Faso, Mali, Inde...) qui ont des coûts d'installation et de fonctionnement moindres. Des recherches sont effectuées pour adapter ses systèmes à la ville de Yaoundé.

Nous nous sommes penché particulièrement sur les systèmes des latrines écologiques adaptés aux zones enclavées et zones rurales difficiles d'accès pour la vidange, et au système d'épuration par lit de séchage planté qui répond plus aux exigences des grandes villes car peut gérer une quantité importante de boue.

Notre étude a montré la diversité des produits issus de ces deux systèmes. Ils sont sous forme liquide pour l'urine et le percola, ou sous forme solide pour les macrophytes récoltées et les boues en partie épurées. Les analyses physico-chimiques montrent que ces effluents sont riches en nutriments N, P, K caractéristiques des engrais.

A la lumière de notre étude, nous pouvons affirmer qu'il existe une valorisation possible de ses éléments en tant que fertilisants. Les seuls pouvant être directement utilisés sont les produits de la latrine écologique ECOSAN. L'urine et les fèces présentent des taux de minéralisation et une qualité sanitaire acceptables pour être directement utilisés sur les cultures.

Le percola, des lits de séchage planté semble aussi directement utilisable en tant qu'engrais. Cependant, les boues et les macrophytes nécessitent un traitement supplémentaire pour augmenter la minéralisation et surtout présenter une qualité d'hygiène exempte d'agent pathogène.

Ces produits peuvent être valorisés alors comme fertilisant dans l'agriculture, l'horticulture ou la foresterie. Les systèmes forestiers ne sont pas aujourd'hui des consommateurs d'engrais, cependant, si le pays entend pérenniser son activité d'exportation

du bois, il semble nécessaire de préserver ses ressources qui sont en proie à une grande déforestation. La mise en place de pépinière et l'utilisation de fertilisant permettraient une régénération plus rapide des parcelles exploitées. Il s'agit d'orienter la production vers une conscience d'exploitation raisonnée.

A plus petite échelle, l'utilisation de ses engrais en horticulture permettrait de développer l'activité alors très présente à Yaoundé. Elle conserve les espaces verts de la ville et contribue à l'aménagement agréable du paysage, sans compter les aspects environnementaux de préservation de la biodiversité, d'épuration d l'air, et de conservation d'un climat frais dans la ville.

Les utilisateurs potentiels sont principalement les agriculteurs. En effet ils se voient contraint de produire toujours plus sur des parcelles restreintes pour conserver des conditions de vie acceptables. Les revenus sont faibles et l'épuisement des sols augmente d'années en années. Ils sont contraints à utiliser toujours plus d'engrais qui appauvrit leurs terres. C'est pourquoi, la mise sur le marché de ces nouveaux engrais serait propice. En effet, ils ont un haut potentiel fertilisant et ont l'avantage de préserver la structure du sol. Leur seul inconvénient spécifique est que ces produits sont élaborés à partir d'excrétas humains. Il se profile une connotation péjorative et des problèmes d'éthiques font surface, surtout chez les consommateurs.

Pour remédier à ce problème une campagne de démonstration sur parcelle et de sensibilisation tant auprès des producteurs qu'auprès des consommateurs devront être effectués.

Il est d'autant plus nécessaire que les producteurs bénéficient d'un soutien constant de la part des organismes responsables du projet, pour leur assurer une confiance dans le procédé et pérenniser ainsi ce dernier. Il est aussi nécessaire de mettre en place un système efficace de mise à disposition de ses engrais afin de faciliter leur utilisation.

Ce processus d'utilisation des sous produits issus des stations d'épuration permettrait de rembourser d'une par les crédits libérés lors de la mise en place des procédés épuratoires et d'autre part, et d'autre part de financer le système de collecte des boues de vidange pas les camions et améliorer ce système de collecte.

L'assainissement est un problème commun à tous, il doit se baser sur une action participative de nombreux individus appartenant à diverses institutions et à divers domaines. Pour assurer le fonctionnement du projet, une coordination entre acteurs est nécessaire ainsi qu'une réelle volonté de garder une ville, une province, un pays propres. Si le projet montre un succès, il sera pris comme modèle ambassadeur pour de nombreuses autres villes aussi confrontées aux problèmes d'insalubrité.

L'amélioration, voir la résolution des problèmes d'insalubrité permettrait d'assurer des conditions de vie sanitaires correctes à la population Yaoundéenne, et favoriserait ainsi son essor social et donc économique.

## ANNEXES

### Table des annexes :

- ANNEXE 1 : présentation de la réalité d'une pollution des boues rendant les quartiers insalubres.
- ANNEXE 2 : état des lieux en photos des stations d'épuration de Yaoundé
- ANNEXE 3 : principe d'épuration sur lit de séchage planté.
- ANNEXE 4 : caractéristiques du lit de filtration et des 3 couches utilisées pour le lit de séchage planté
- ANNEXE 5 : caractéristiques des boues de vidanges de Yaoundé selon le type d'assainissement
- ANNEXE 6 : présentation de l'évolution des rendements épuratoires de la station d'épuration par lits de séchage planté pendant les 3 premiers mois de mise en place
- ANNEXE 7 : comparaison aux normes pour les sous produits de traitement
- ANNEXE 8 : processus de co-compostage des boues fécales : au Mali
- ANNEXE 9: questionnaire agriculteurs
- ANNEXE 10 : questionnaire horticulteurs

ANNEXE 1 : présentation de la réalité d'une pollution des boues rendant les quartiers insalubres.



Photo 1-2-3-4 :  
Etat d'insalubrité du quartier de  
Biyeme-Assi à Yaoundé.

1. vidange des boues dans les ruisseaux
2. contamination des eaux appotées par le SNEC
3. latrine
4. vue générale du quartier



5-6 : Vidange sauvage à  
Nomayos:

5. déversement des boues d'un camion de vidange
6. etat du milieu sauvage après déversement.

ANNEXE 2 : Etat des lieux en photo des stations d'épuration de Yaoundé



Variété de consistance des boues de vidange



Station de lagunage à macrophytes de Biyem-Assi.



Station à boues activées de Biyem-Assi

Etat : HORS SERVICE



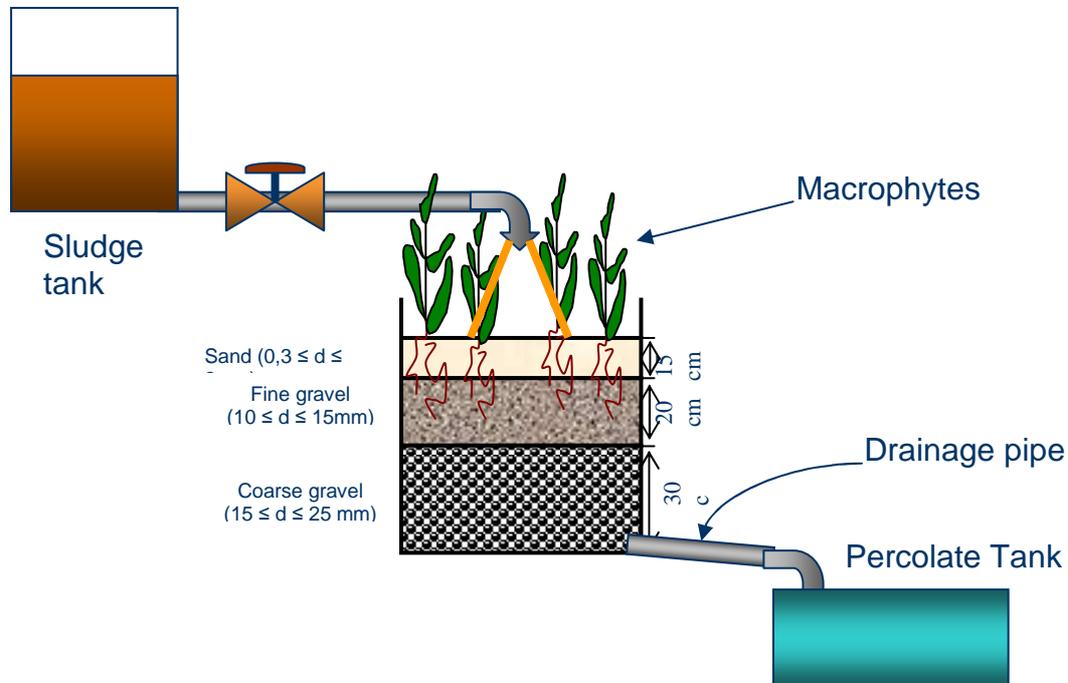
Station d'épuration à boues activées de la cité verte

Etat : HORS SERVICE



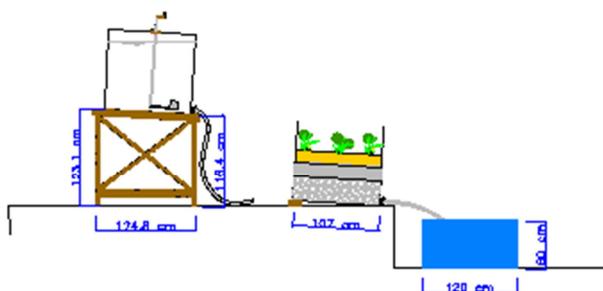
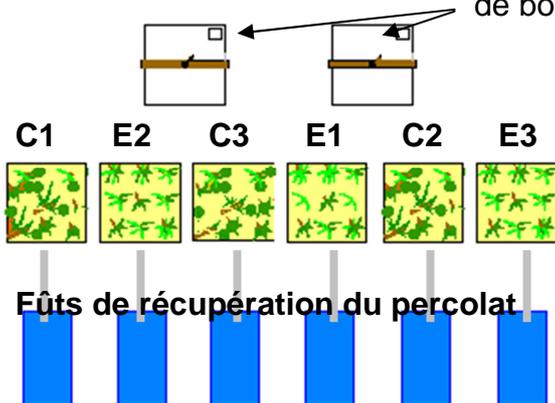
**Annexe 3 : principe d'épuration sur lit de séchage planté.**

Schéma de principe (Troesch, 2005)



Configuration des pilotes

Reservoirs de boues



#### **ANNEXE 4. caractéristiques du lit de filtration et des 3 couches utilisées pour le lit de séchage planté.**

Caractéristique granulométrique du sable utilisé.

Cette perméabilité est gouvernée essentiellement par le d10, la teneur en fines et le coefficient d'uniformité.

Ainsi, la caractérisation granulométrique occupe une place prépondérante dans l'étude car elle permet de définir ces paramètres déterminants du sable :

- le d10 ; diamètre de maille laissant passer 10% de la masse du sable, en mm.
- le d60 ; diamètre de maille laissant passer 60% de la masse du sable, en mm
- et le coefficient d'uniformité (CU) ; rapport d60/d10, adimensionnel.

Milieu	Epaisseur	d10	d60	Cu	Porosité
Sable	15	0.333	1.182	3.55	40.30
Gravier fin	20	7.625	12.727	1.67	47.73
Gravier grossier	30	17.045	23.077	1.35	50.00

Dans son étude, Troesch préconise pour le sable :  $0.25 < d_{10} < 0.40$  mm. Le coefficient d'uniformité préconisé doit également être compris entre les valeurs guides de  $3 < CU < 6$ .

Le sable utilisé répond donc aux critères de dimensionnements pour une utilisation en infiltration-percolation pour **effluents domestiques**.

Cependant, il n'existe actuellement aucune préconisation sur les caractéristiques granulométriques de matériaux filtrants dans le cas de lits de séchages pour le traitement des boues.

Aussi, la nature et la qualité de la matrice filtrante à utiliser pour la déshydratation des boues demeure encore à déterminer et l'utilisation du sable dans cette étude n'exclue pas le risque de colmatage

La porosité :

La porosité ( $\epsilon$ ) constitue un indice du volume des vides dans le substrat et est définie comme le rapport du volume des vides au volume total de sol.

(cf tableau)

Les porosités des différentes couches sont celle du substrat vierge, et diminuera au cours du temps selon l'accumulation de matière organique, développement des rhizomes, etc....

**Annexe 5:Caractéristique des boues de vidanges de Yaoundé selon le type d’assainissement.**

Résultats donnés par l’étude de Troesch en 2005

D’après l’étude faite par Troesch en 2005, les boues issues de Yaoundé sont peu biodégradables avec un rapport DBO/DCO de 0,18 pour Yaoundé.

Les résultats présentés dans le tableau ci-après doivent être considérés avec prudence. En effet, ils ont été établis sur un très petit nombre d’échantillon.

On note toutefois quelques valeurs étranges. Soulignons que la valeur en MVS des latrines et toilettes publiques est plus faible (33%) que celle pour les fosses septiques (41%). Les boues des latrines et des toilettes publiques sont sensées être les moins stables. Il semble anormal qu’elle présentent un caractère plus digéré et plus minéralisé que celles des fosses septiques.

D’autre part les boues de latrines et des toilettes présentent un fort taux de  $N-NH_4^+$  dû aux urines et matières fécales mélangées. Elles sont aussi fortement chargées en sels dissous ce que Troesch considère comme une explication de ces résultats.

On note une conductivité très élevée dans les deux cas (bien que très nettement plus élevée pour l’assainissement par latrines traditionnelles et toilettes publiques)

Cette conductivité si elle avoisine un seuil de 3 mS/cm devient dangereuse pour la plante et provoque son flétrissement.

**Tableau Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.-1: Caractéristiques des boues de vidange selon le type d’ouvrage dans la ville de Yaoundé (Cameroun) (troesch, 2005)**

Paramètres	Yaoundé (Cameroun)	Yaoundé (Cameroun)
Type de boues (nbre échantillon(s))	Fosses septiques (moyenne, extrema) 4 échantillons	Latrine traditionnelle (1 échantillon), toilettes publiques (1 échantillon) (moyenne, extrema)
pH	7,9 (7,2-9,3)	7,7 (7,3-8,1)
Conductivité (mS / cm)	2,8 (1,150-3,560)	8,9 (3,55-14,34)
MS (g/L)	47,025 (4,700 – 129,750)	21,225 (13,450 – 29,000)
MS (%)	5,0 (0,5-12,7)	2,1 (1,4-2,9)
MVS (% de MS)	41	33
MES (g/L)	26,5	14,8
DCOnf (g/L)	41,100 (10,830 – 68,400)	26,375 (22,800 – 30,000)
DCOf (g/L)	3,35 (0,9-6,1)	6,850 (5,4-8,3)
o-PO4 (g/L)	0,827 (0,34-1,68)	0,525 (0,170-0,880)
N-NH <sub>4</sub> (mg/L)	610 (215 – 1,280)	1,320 (880 – 1,760)

nf : échantillon non filtré, f : échantillon filtré

**ANNEXE 6 : Présentation de l'évolution des rendements épuratoires de la station d'épuration par lits de séchage planté pendant les 3 premiers mois de mise en place.**  
(résultats de l'étude de Troesch, 2005)

Tableau : performances épuratoires MES (phase de démarrage), moyenne de 3 charges

<b>MES (mg/L)</b>			
date alim.	entrée	sortie	
		<i>Cyperus</i>	<i>Echinochloa</i>
21-juin-05	2500	60	65
5-juil.-05	14846	10	127
19-juil.-05	5400	61	460
2-août-05	35000	237	279
9-août-05	23700	220	220

Tableau : Performances épuratoires en NH<sub>4</sub> (phase de démarrage), moyenne des 3 charges

<b>NH<sub>4</sub> (mg/L)</b>			
date alim.	entrée	sortie	
		<i>Cyperus</i>	<i>Echinochloa</i>
21-juin-05	690	53	36
5-juil.-05	5380	148	171
19-juil.-05	1020	221	244
2-août-05	510	139	266
9-août-05	700	281	154

Performances épuratoires en DCO (phase de démarrage), moyenne des 3 charges (Troesch, 2005)

<b>DCO (mg/L)</b>			
date alim.	entrée	sortie	
		<i>Cyperus</i>	<i>Echinochloa</i>
21-juin-05	30975	1483	1887
5-juil.-05	22800	1423	777
19-juil.-05	16220	1480	973
2-août-05	19860	912	1126
9-août-05	29100	549	650

**ANNEXE 7 : Comparaisons aux normes pour les sous produits de traitement**

Paramètres	Teneurs dans les différents milieux de rejets	Teneurs dans les différents milieux spécialement protégés
DCO (sur effluent non décanté)	200mg/L	90mg/L
MES totales	40 mg/L	30 mg/L
DBO5 (sur effluent non décanté)	50 mg/L	20 mg/L
Azote total	20 mg/L	10 mg/L
Phosphore total	10 mg/L	5 mg/L
pH	6-9	6-9
Température	30°C	30°C
Hydrocarbures totaux	50 mg/L	20 mg/L
Fluor et composés (en F)	100 mg/L	20 mg/L
Chrome et composés (en Cr3)	1 mg/L	0.50 mg/L
Cuivre et composés (en Cu)	1 mg/L	0.50 mg/L
Arsenic et composés (en As)	1 mg/L	0.50 mg/L
Chrome hexavalent	0.20 mg/L	0.20 mg/L
Cyanures	1 mg/L	0.50 mg/L

Paramètre	A1	A2	A3
Conductivité ( $\mu$ s/cm)	1000	1000	1000
T(°C)	22	22	22
Ph	6,5-8,5	5,5-9	5,5-9
Sulfate (mg/L)	150	150	150
MES (mg/L)	25	-	-
DBO5 (mg/L)	0-3	3-5	5-7
DCO (mg/L)	-	-	30
Nitrates (mg/L)	25	50	50
Ammoniaque (mg/L)	0,05	1	2
Coliformes fécaux (UFC/100ml)	50	5000	50000
Streptocoques fécaux (UFC/100ml)	20	1000	10000
Salmonelles	Abs dans 5L	Abs dans 1L	-

Catégories de traitement des eaux destinées à la production d'eau potable

A1 : traitement physique simple et désinfection (filtration et désinfection)

A2 : traitement normal physique, chimique et désinfection (préchloration, coagulation, floculation, décantation, filtration, désinfection)

A3 : traitement physique, chimique poussé, affinage désinfection (chloration, coagulation, floculation, décantation, filtration, affinage, désinfection, ozone et chloration finale)

**Normes guides pour la définition des différentes classes des eaux en France**  
(source : Nkili, 2007)

Critère de qualité	Valeur des paramètres			
	1A	1B	2	3
Conductivité en $\mu\text{S/cm}$ à 20°C	<400	400 à 750	750 à 1500	1500 à 3000
Température	<20	20 à 22	22 à 25	25 à 30
pH	6.5 à 8.5	5 à 7	6 à 9	5.5 à 9.5
MES (mg/L)	<30	70 à 90	<30	30 à 70
O2 dissous (mg/L)	>7	3 à 5	3 à 5	Anaérobie
O2 dissous en % de saturation	>90	3 à 5	50 à 70	Permanent
DBO (mg/L)	<3	20 à 25	5 à 10	
Oxydabilité (mg/L)	<3		5 à 8	10 à 25
DCO (mg/L)	<20		25 à 40	40 à 80
Odeurs	Non perceptible	Non perceptible	Non perceptible	Non perce
Fe (mg/L)	<0.5	0.5 à 1	1 à 1.5	
Mn (mg/L)	<0.1	0.1 à 0.25	0.25 à 0.50	
F (mg/L)	<0.7	0.7 à 1.7	0.7 à 1.7	>1.7
Cu (mg/L)	<0.02	0.02 à 0.05	0.05 à 1	>1
Zn	<0.05	0.5 à 1	1 à 5	>5
As	<0.01	<0.01	0.01 à 0.05	<0.05
Cd	<0.001	>0.001	>0.01	>0.001
Cr	<0.05	<0.05	<0.05	>0.05
CN	<0.05	<0.05	<0.05	>0.05
Pb	<0.05	<0.05	<0.05	>0.05
Se	<0.01	<0.01	<0.01	>0.01
Hg	<0.0006	<0.0005	<0.0006	>0.0005
Phenols	<0.2	<0.001	0.001 à 0.05	0.05 à 0.5
Detergent	<0.2	<0.2	0.5 à 1	>0.5
S.E.C	<0.1	0.2 à 0.5	0.5 à 2	>1
NH4		0.1 à 0.5	<44	
NO3	<1	1 à 2	2 à 3	
N total K (Kjeldahl)	<10	10 à 20	20 à 40	
Couleur (Pt/l)			5000 à 50 000	
Coliforme (no/100ml)	<50	50 à 5000	2000 à 20 000	
Esch. Coli (no/100ml)	<20	20 à 2000	1000 à 10 000	
Streptocoques (no/100ml)				
Ecart de l'indice biotique par Rapport à l'indice normal	1	2 ou 3	4 ou 5	6 ou 7

Les eaux de qualité 1A et 1B sont celles qui possèdent les propriétés requises pour la vie et la reproduction des poissons ainsi que pour l'alimentation humaine après épuration normale.

Les eaux de qualité 2 possèdent des propriétés requises pour la vie piscicole mais la reproduction est aléatoire. Elles peuvent être destinées à l'alimentation humaine après épuration poussée et stérilisation.

Les eaux de qualité 3 quant à elles sont impropres à l'alimentation humaine, mais la vie piscicole subsiste. Elle convient à l'irrigation et à la navigation

*Normes de rejet des eaux usées*

## Valorisation des boues de vidange, CREPA, Cameroun

Source : journal officiel de la Communauté Européenne N°L 194/30 du 27/07/75

Paramètres	Concentrations max	Rendement min
DBO5	25mg/L	90%
DCO	125 mg/L	85%
MES	35 mg/L	95%
Azote global	15 mg/L	80%
Phosphore total	2 mg/L	90%

### Concentration moyenne des eaux usées tropicales

Source : étude traitement des boues vidangées avec production d'électricité à Ngombè-douala. (étude competing-bet)

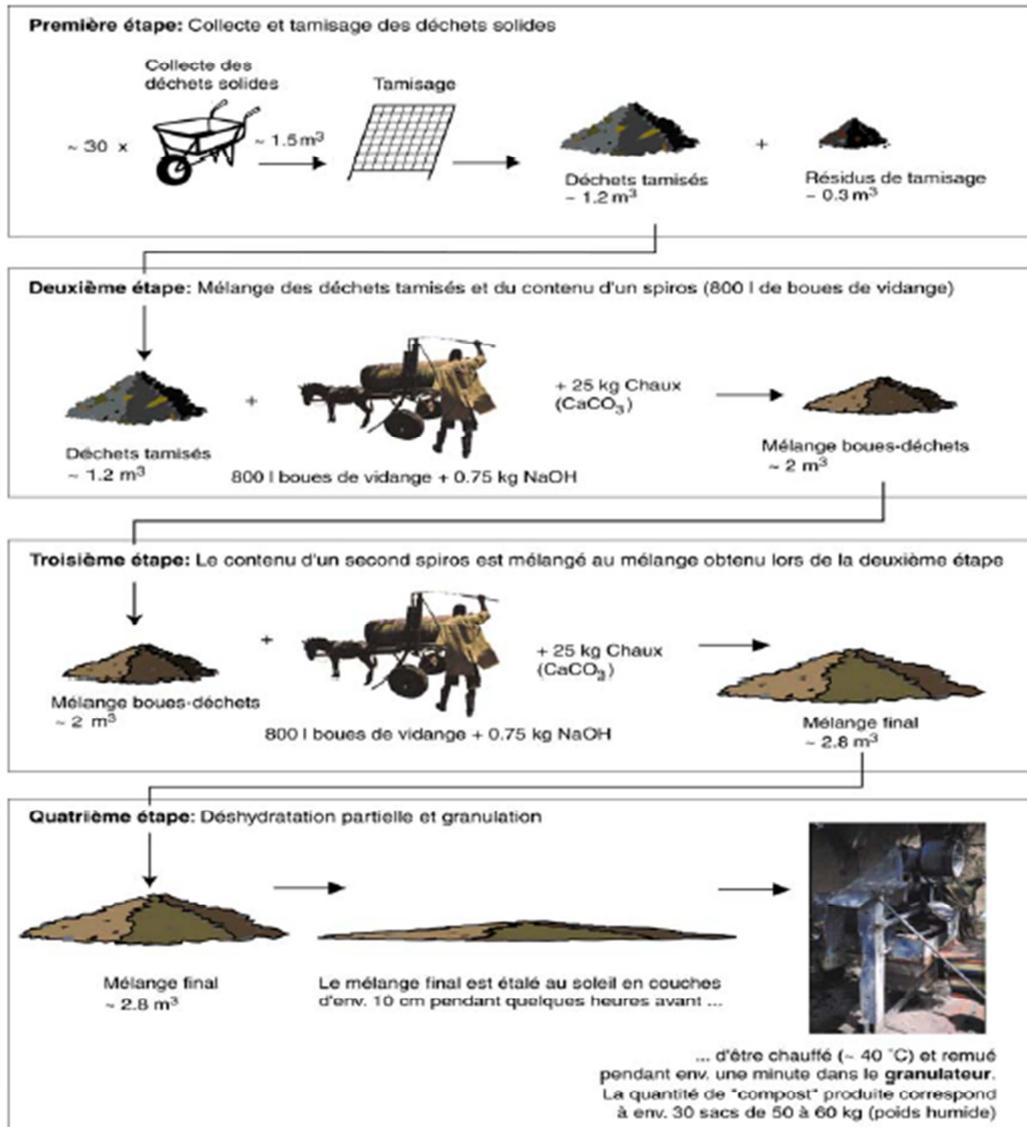
Paramètres	Concentration moyenne des eaux usées tropicales
Température (en °C)	<30°C
pH	6,5<PH<8
Conductivité (à 25°C) (en µS/cm)	<1500
Matière sèche (en %)	<0,1%
DCO (mg/L)	500-2500
DBO (mg/L)	300-700
Nkjeldahl (mg/L)	<100
Potassium (mg/L)	≈0
Ammonium (mg/L)	30-70
Coliformes fécaux	10 <sup>6</sup>
Streptocoques fécaux	10 <sup>6</sup>

### Normes des eaux de baignade

Source : directive de la Communauté Européenne, journal officiel N° L31/5 du 05/02/76

Paramètres	Limites
Coliformes totaux (N/100ml)	<10000
Coliformes fécaux (N/100ml)	<2000
Streptocoques fécaux	-
Salmonelle	0
pH	6-9
Coloration	Pas de changement anormal de couleur
Huiles minérales	Pas de film visible à la surface de l'eau et absence d'odeur
Phénol	Aucune odeur 0,05

**ANNEXE 8 : Processus de co-compostage de boues fécales : au Mali (rapport PSeau 09)**



Source: Montangero and Strauss 1999

**ANNEXE 9 :**  
**QUESTIONNAIRE AGRICULTEURS :**

Type d'exploitation :

- combien de personnes travaillent au sein de l'exploitation ?
- quelle est la superficie de l'exploitation ?
- quel est le mode de faire valoir ?
- quelles sont les cultures cultivées, depuis quand, et quels sont les antécédents ?
- la terre est cultivée depuis combien d'années?
- au cours de ces années y a-t-il eu des variations de productivité ? Et de production ?

Degré d'organisation :

- appartenez-vous à un groupement ? Pourquoi ? Est-ce utile ?
- obtenez vous du soutien ? De qui ? Sur quel(s) aspect(s) ?

Technique culturale :

- utilisez-vous l'irrigation ? Quelle est la provenance de l'eau ? Est-elle soumise à des pollutions ?
- utilisez-vous de l'engrais ? si oui lequel (lesquels), en quelle quantité, quel est le type d'épandage, à quelle période, avec quelle fréquence ?
- observez-vous de variations lorsque vous l'utilisez ?
- quelle est la provenance de votre engrais ?
- avez-vous utilisé d'autres engrais ?
- utilisez-vous des produits phytosanitaires (insecticides, fongicides, herbicides...) ?
- avez-vous des problèmes avec les parasites ou les adventices ?
- suivez-vous des formations sur l'utilisation de certains engrais, et techniques de traitements/fertilisation ?
- l'information délivrée vous semble-t-elle suffisante ?
- quels sont d'après vous les critères pour définir un « bon » engrais ?

Le devenir et la commercialisation des produits :

- où et comment se fait la vente des cultures ?
- qui sont les acheteurs ?
- quelle opinion avez-vous sur les prix, la disponibilité et la qualité de l'engrais ?

Innovation :

- Seriez-vous prêt à utiliser un engrais/fertilisant produit à partir des déjections humaines ?
- Sous quelles conditions ? Quelles sont vos critiques ?

Exploitation d'élevage (1)

Mr OMGBA Jean Dieu

*Contexte de l'activité :*

L'exploitation se situe sur un coteau en pente, face à une vallée, dans le village de Nkolondom dans le département de YaoundéI. La surface de l'exploitation est de 1,5ha autour de la maison plus un autre terrain qui est peu cultivé car il faut utiliser la voiture et le carburant coûte cher.



Mr OMGBA est exploitant et propriétaire du terrain, il reçoit de l'aide de sa famille (femme et enfants).

L'exploitant, Mr OMGBA fait partie du GIC « main dans la main ».

- L'élevage :

Mr OMGBA fait de l'élevage d'aulacode et de porc. Dans cette zone rurale et au pourtour, notons que Mr OMGBA est le seul à faire l'élevage d'aulacode.

A coté de son foyer, un petit bâtiment de brique et de bois, renferme son élevage. Il possède 4cages où vivent successivement 3 cobayes, 2 aulacodes, 1 aulacode et ses 4petits et un rat de palmiste. Le rat palmiste est pris comme essais car au départ il y en avait 4 mais 3 d'entre eux n'ont pas survécus. Dans l'année l'élevage de ces rongeurs peut s'élever au total à 50, selon la place existante dans les cages, et les mises bas.

Les rongeurs vivent sur le béton même, ils ont à leur disposition une mangeoire de maïs, des herbes telles que le susongo par exemple. Ils sont aussi nourris au manioc, papaye verte, ananas, ou peau de plantain. Dans la cage la présence d'un os est nécessaire pour l'apport en calcium et pour qu'ils puissent aiguïser leurs dents.

Dans une cage spéciale se trouve un lapin femelle qui a pour nourriture des feuilles de patates, mais souvent il est laissé en liberté. En des périodes plus propices, il y a plus de lapins.

De l'autre côté du foyer, se situe la porcherie. En ce moment il y a 3 cochons (1mâle et deux femelles (11 et 8 mois), la plus âgée étant en gestation). La reproduction s'effectue dès 8mois. La mise bas augmente l'effectif des porc de 8 porcelets au minimum. Mr OMGBA achète des jeunes porc de 45 à 65jours chez un éleveur proche.

L'alimentation des porcs se constitue de laitue, de rejets de cuisine tels que le maïs, le poisson, les feuilles de patates ou autres, mais aussi d'un aliment spéciale, le provende, acheté en provenderies qui sont des magasins spécialisés. Ils sont nourrit deux fois par jour.

Les acheteurs viennent directement à la ferme pour acheter les produits de l'élevage, il s'agit donc d'une clientèle fidèle.

Remarques :

Mr OMGBA dénonce le problème de promiscuité au niveau des cultures lorsque l'exploitation se situe à proximité du centre urbain en perpétuel accroissement. Il se pose alors le problème de rentabilisation des activités. Notamment l'élevage exige des bâtiments sains et assez grands pour accueillir les animaux. L'élevage d'aulacode est, sur ce point, très avantageux car peu exigeant en espace contrairement à l'élevage de porc. Or, pour subvenir à ses besoins, l'exploitant souhaiterait agrandir son élevage porcin.

Il bénéficie cependant de ne pas être en amont d'une autre propriété ou en voisinage trop proche car sa porcherie aurait pu causer une gêne pour le voisinage notamment lors du lavage

du local car le fumier sorti est exposé comme compost dans son champ et les eaux sales se déversent directement en aval sans précaution particulière.

- Les cultures :

Les plantes cultivées sont : le maïs, le manioc, les arachides, le concombre, le melon les pommes de terre et le bananier plantain, ainsi que quelques arbres fruitiers tels que le safoutier, le goyavier et le manguié qui sont à proximité de l'habitat.

En saison sèche, une fois que toutes les récoltes sont faites la terre est brûlée pour la débarrasser des déchets des cultures précédents.

Sur le champ visité, la culture est multiple, on parle de « cultures associées ». On y cultive à la fois le maïs, les arachides et le manioc. La récolte des arachides est bisannuelle (juin-juillet et novembre-décembre). Ainsi, la récolte de maïs venant de se faire ainsi que celle des arachides il ne reste plus que le manioc, qui est plus petit et peut donc ainsi pousser.

Les cultures sont régulièrement soumises à des attaques d'insectes telles que les criquets. Sur la culture de maïs l'exploitant met du furadan contre les borelles mais ceci, de même que tout traitement phytosanitaire ne se fait pas systématiquement mais seulement s'il y a infestation, donc en traitement curatif uniquement.

Aucune irrigation n'est faite, seule l'eau de pluie suffit. Il faut rappeler que le terrain étant en pente ceci présente l'avantage de l'écoulement des eaux lors de grosses pluies et non de sa stagnation, cependant, il y a le fort inconvénient que les produits épandus peuvent être alors facilement lessivés et le sol est soumis par ce même processus à une forte érosion.

*Utilisation d'engrais :*

Pour les légumes et cultures maraîchères, Mr OMGBA utilise des engrais chimiques tels que le NPK 20-10-10, l'urée et le sulfate d'ammoniac, et du compost fait à partir du fumier de ses porcs et des résidus de plantes des cultures précédentes (arachides, maïs). Le sulfate d'ammoniac est préférentiellement utilisé sur les tubercules.

Il utilise un sac de 50kg pour une année.

Les prix d'un sac au marché sont de :

16 000 FCFA pour le NPK 20-10-10

13 500 FCFA pour l'urée

Cependant très souvent tout le sac n'est pas utilisé. Un sac est utilisé pour deux cycles. Les engrais sont achetés dans des magasins spécialisés à la vente en détail.

Ils ont pour résultat un meilleur rendement de la production.

Mr OMGBA suit des séminaires pour l'information sur les engrais et leur utilisation, organisés par les ONG et le ministère. Le suivi dont il bénéficie est uniquement technique.

Il n'estime pas de critère particulier pour un « bon » engrais, ne sachant pas vraiment les différencier.

*Vente des produits :*

La vente de ses produits se fait sur le marché du centre administratif (Mfoundi). Ici s'approvisionnent les habitants de Yaoundé et des alentours, de nombreux revendeurs, mais aussi des Gabonais, des Guinéens et des Nigériens.

*Innovation :*

Mr OMGBA est prêt à utiliser les fertilisants issus de déchets fécaux pourvus qu'ils soient hygiéniques, et que la décomposition est bonne. Cependant il exige une nécessité de formation et de sensibilisation autant pour les producteurs qu'auprès des consommateurs et encore d'autant plus pour ces derniers.

L'agriculteur exige des résultats au niveau de la production mais surtout il ne peut subvenir à ses besoins que si sa culture se vend.

2<sup>ème</sup> exploitant :

Mr KAMENA Laurent

*Contexte de l'activité :*

Mr KAMENA Laurent appartient au GIC des Jeunes Agriculteurs Actifs du NYOM II (GICJAAN) en tant que chef du GIC.

Ce GIC se constitue de 7 agriculteurs actifs et 15 personnes au total.

L'exploitation possède un terrain exploité de 4ha et un terrain relativement en friche de 25ha. L'exploitation est scindée en champs (maïs ou manioc), en parcelles maraîchères, et possède un élevage de poulet



- Les cultures :

Les exploitants y cultivent du basilic, du céleri, du piment, des aubergines, de la morelle, de l'amarante, du tabac (quelques plans) de la menthe, des condiments, du kelen-kelen (ou Corète potagère) sur les petites parcelles et tout autour poussent du plantain, du corossol, de la papaye, du safou, de la casanaga qui en étant des cultures pérennes évitent l'érosion des sols. sur les parcelles on privilégie la multiculture pour rentabiliser le sol. Dans la propriété il y a un grand champ de maïs ainsi que du manioc. Quelques plants de tabac sont implantés car servent d'insecticide pour un certain type d'insecte. Cela fait une dizaine d'années que les exploitants cultivent sur ces terres. Ces terres n'étant pas soumises à la promiscuité puisqu'on se retrouve dans une zone rurale, les exploitants y pratiquent la jachère. Après 2 ou 3 ans d'exploitation, chaque parcelle est mise au repos ou en pépinière. Il s'effectue ainsi une rotation qui permet de garder un certain potentiel en ressource pour le sol. La terre est relativement bien fertile mais nécessite toutefois l'utilisation d'engrais.

- L'élevage :

Dans un bâtiment annexe se trouve l'élevage de poules. Pour le moment il y a 500 poussins en élevage. Dans un autre bâtiment on laisse sécher à l'abri de la pluie, les fientes de poules jusqu'à obtenir une texture presque sablonneuse et non en tas compacts, non odorante. La matière est bien décomposée. C'est ainsi que les fientes sont mises en tant que fertilisant sur les cultures.

Les poulets sont eux aussi vendus sur le marché.

*Utilisation d'engrais :*

Les exploitants utilisent des engrais divers : des fientes de poules qu'ils prélèvent directement de leur élevage, du compost issu directement des déchets des cultures après récolte (maïs et tubercules) et de l'engrais chimique.

Le compost est plus utilisé pour fertiliser les cultures pérennes en étant mis au pied des arbres mais aussi utilisé pour fertiliser les pépinières, alors que les engrais chimiques et les fientes sont très utilisés pour les cultures maraîchères.

Les engrais chimiques sont achetés sur le marché local dans de petits magasins spécialisés. Cependant il s'agit d'engrais importés notamment pas ADER.

Un sac de 50kg d'engrais chimique est acheté pour les cultures maraîchères tous les deux mois.

Le GIC utilise de l'engrais NPK 20-10-10, de l'urée principalement utilisé sur les plantes dont on consomme les feuilles. De l'engrais NPK 30-10-10 et de l'urée sont épandus pour les plans de piment.

L'engrais est épandu en ligne et non sur la plante ou trop proche car cela risquerait de brûler les racines.

Le mode de culture est le suivant :

Prélèvement des jeunes pousses de la pépinière et repiquage, on attend 3 semaines, puis on fertilise et deux mois après on récolte.

L'engrais est considéré comme nécessaire car contribue à une meilleure production notamment une croissance plus rapide.

L'exploitation utilise aussi de l'insecticide car les plants sont régulièrement attaqués par des fourmis, des vers qui pondent leurs œufs sur les feuilles, des pucerons, des mouches dont les œufs font jaunir les feuilles et les rendent inaptes à la consommation

L'eau d'irrigation pour les cultures provient du ruisseau qui contourne le champ. Le débit permet une bonne circulation de l'eau et le cours d'eau ne paraît pas pollué. De plus il circule à travers la forêt et est loin des habitations donc est peu soumis à un risque de pollution.

Le GIC de Mr KAMENA bénéficie d'un soutien technique auprès du ministère de l'agriculture grâce au délégué d'arrondissement.

Pour Mr KAMENA, un « bon » engrais doit être organique et doit apporter de l'azote aux cultures. Il doit toutefois avoir un prix abordable. En effet les engrais sont considérés comme très chers.

#### *Vente des produits :*

Les produits issus du champ sont en partie autoconsommés, notamment le maïs qui est donné en grande partie pour l'élevage de poulet. La grande partie de la production est vendue sur le marché administratif du Mfoundi, notamment géré par les femmes des exploitants.

#### *Innovation :*

Mr KAMENA ne voit pas d'inconvénient techniquement parlant à l'utilisation de l'engrais innovant. Ses critères de choix d'utilisation portent sur la croissance de la plantation soumise à l'engrais. Il considère surtout comme primordiale l'information au consommateur et la formation des agriculteurs pour faire comprendre le système pour que le produit soit vendable.

Le même problème de changement de mentalité s'est déjà posé avec l'utilisation des fientes de poules. Au début les acheteurs évitaient même les produits qui avaient un bel aspect car ils étaient produits à l'aide de fientes de poules. Cette évolution des mentalité a pris du temps mais à présent les consommateurs semblent moins préoccupés par cet aspect.

Une des principales nécessité est de s'assurer de l'innocuité du produit car « les déchets peuvent être infectés surtout s'ils proviennent des déjections car les gens tombent souvent malades ».

Une part important de la mise en place et de sont adoption par les agriculteurs et les consommateurs d'un tel fertilisant sera la sensibilisation.

3<sup>ème</sup> exploitant :  
Maraîchage

*Contexte d'activité :*

Le GIC est constitué de 8 exploitants, chacun avec leur famille. Ils possèdent une surface de 4000m<sup>2</sup>. Les exploitants sont propriétaires des terrains.



*Les cultures :*

Sur ces parcelles maraîchères, les exploitants cultivent du céleri, de la menthe, du poireau, de légumes, de l'oignon vert, du concombre, des poivrons, des tomates, morelle...de manière plus général, tout type de cultures maraîchères. Notons que ces cultures sont souvent associées ce qui permet un gain de place sur les parcelles.

Il y a aussi quelques arbres fruitiers tels que l'avocat, la papaye, le safoutier.

Des pépinières sont mises en places pour initier les repousses, elles sont mises sous abris. De plus, quand la récolte d'une parcelle a été effectuée, alors la parcelle est laissée en friche afin que les plants fructifient et ensemence a nouveau le sol pour une deuxième année.

En général, il y a une alternance des cultures sur les parcelles, tous les 2ans. Cette alternance des cultures permet ainsi de na pas appauvrir trop rapidement le sol, car les plantes cultivées d'une saison à l'autre ont alors des besoins différents. Par exemple, la culture des feuilles de folon a la particularité de fixer l'azote. Les dechets de cette culture pourront être réutilisés pour fertiliser la terre en azote. Au contraire, le céleri nécessite peu d'azote.

En saison des pluies, le terrain devient difficile à travailler car la terre devient très compacte.

*Utilisation d'engrais :*

Les maraîchers utilisent beaucoup d'engrais et surtout de tout type. Ils utilisent le fumier, les engrais chimiques (NPK 20-10-10, l'urée et le sulfure d'ammoniac) et des fientes de poules, ce dernier en très grandes quantités. L'approvisionnement du fumier et des fientes de poules se fait dans les fermes alentours voir directement du compost issu des rejets de cultures. Mais ce compost prend du temps à devenir mûr et les cultures sont très friandes d'engrais.

Les exploitants fabriquent leur compost en associant les rejets des cultures et de l'ammoniac afin d'accélérer le processus de compostage. Le compost se fait à l'air libre.

L'exploitant soulève un problème particulier (mais généralisable sûrement à d'autres exploitations), il s'agit de la diminution de la disponibilité de fientes de poules. En effet, cette diminution de disponibilité a plusieurs origines : une diminution des élevages avicoles surtout en raison des problèmes de grippe aviaires d'une part, et d'autre part une élévation de la demande de ce produit qui a prouvé son efficacité et reste moins cher que les engrais chimiques en cas de difficultés financière et même de façon permanente pour les exploitants.

Ces deux phénomènes sont liés. Cela pose alors un problème pour la pérennisation de l'activité de l'agriculteur.

Les exploitants utilisent aussi les copeaux de bois comme engrais notamment sur les céleris.

L'approvisionnement des engrais chimiques se fait sur le marché, cependant les fraudes sont fréquentes car les vendeurs font croire à une pénurie et vendent les sacs plus chers. Le prix du sac de fumier est de 2000 FCFA (le sac de 50 kg)

L'Etat donne les prix fixés pour les engrais mais le vendeur ordonne les siens.

La quantité d'engrais utilisée n'est pas connue avec précision, cela dépend de la culture et du mode d'épandage.

Les exploitants utilisent des insecticides, mais les produits sont chers. Il faut alors surtout contrôler en amont de l'infestation. Les insecticides sont utilisés en tant que traitement curatif. La vigilance est très importante car si une invasion se fait sur une culture, il est fort probable, étant donné la proximité des cultures, qu'il contamine toutes les parcelles et dévaste toute la récolte.

Les exploitants suivent des formations et conseils techniques surtout avec le délégué du Ministère.

La source pour l'irrigation se situe au milieu du champ. Elle n'est pas considérée comme polluée même si son débit est faible. Il faut toutefois être très attentif à cette source, car les habitations, construites il y a deux ou trois ans au plus, se rapprochent beaucoup ce qui engendre plusieurs problèmes :

- le problème de promiscuité
- le problème de pollution par les rejets des eaux ménagères ou même des eaux vannes (eaux usées)

#### *Vente des produits :*

Les produits se vendent au marché du Mfoundi (centre administratif). Là viennent se ravitailler, les consommateurs, les revendeurs ou bien même les exportateurs.

Une partie de la récolte est utilisée en autoconsommation. La vente des produits se fait par rapport aux intrants qu'ont nécessités les cultures, ceci afin que les agriculteurs parviennent à couvrir leurs charges et subvenir à leurs besoins.

Un constat établit qu'avant la vie était moins dure, ils pouvaient produire toute l'année. A présent la pauvreté grandissante de Yaoundé pousse les gens à cultiver eux-mêmes et donc ils ne consomment plus les produits du marché mais en plus en utilisant eux aussi des engrais ils font augmenter le prix de ces derniers.

#### *Innovation :*

L'exploitant est d'accord si le produit fait ses preuves et s'il ne pose pas de problèmes de santé. Il demeure toutefois septique. En effet, il ne mangerait pas un produit fertilisé avec les fèces humains. Cependant il avoue que le même problème s'est posé lors de la commercialisation des fientes de poules pour fertiliser. Il met l'accent sur une nécessité de sensibiliser les consommateurs. Et aussi les agriculteurs en leur montrant l'efficacité du produit par ces valeurs agronomiques et économiques, voir environnementales. Il faut alors apprendre à l'utiliser.

**ANNEXE 10 :**  
**QUESTIONNAIRE HORTICULTEURS :**



Les horticulteurs interrogés se trouvent sur les jardins situés derrière la radio, face au centre diocésain des Œuvres. Les plantes sont exposées en bordure de route ce qui a pour effet d'embellir l'endroit et de signaler leur activité horticole. Les pépinières se situent sur un terrain pentu en contrebas de la route, et donnent sur le bas-fond de la Briqueterie où se situent un cours d'eau moyennement entretenu et sur l'autre berge, quelques plantations. L'ensemble du site est ombragé par de grands eucalyptus.

Les horticulteurs sont encouragés dans leur activité par la communauté urbaine qui les prime du titre de « plus beau jardin » afin de valoriser la profession.

Les horticulteurs ont en général des installations spontanées mais il existe toutefois des regroupements d'horticulteurs.

1<sup>er</sup> horticulteur :

*Contexte de l'activité :*

La superficie dont il dispose est de 100m sur 40m. Cette surface est utilisée comme pépinière, donc pour y faire grandir de petits plants végétaux. Ces plantes sont pour la plupart importées. L'horticulteur se fournit chez JACO, en achetant des graines ou des repousses.

L'horticulteur s'occupe de la gestion de germoirs et de l'activité de repiquage.

Il possède une quarantaine de variété de plantes.

*Devenir du produit :*

La vente se fait principalement sur le bord de route ou sur certains marchés de Yaoundé. Les plants achetés sont utilisés dans la confection de jardins ou pour l'aménagement d'espaces verts pris en charge par la mairie.

*Utilisation d'engrais :*

L'horticulteur utilise plusieurs engrais : l'urée, le NPK pour les engrais chimiques qu'il achète chez JACO, et des copeaux de bois, du fumier et des fientes pour ce qui est des engrais organiques. Pour ces derniers, il se fournit auprès d'éleveurs situés à proximité.

L'horticulteur se sent obligé d'acheter ces engrais pour avoir une bonne plantation malgré le coût imposé. Cependant il observe de bons résultats au niveau du rendement et de la croissance de ses plants.

Les engrais chimiques sont utilisés à une dose de 10kg/mois. Ils sont achetés en grande quantité puis stockés quelques mois car tout n'est pas utilisé tout de suite.

L'irrigation se fait par des puits creusés au sein même de la plantation. D'autre part un affluent se trouve juste à proximité et permet donc d'arroser aussi les plantations.

*Innovation :*

L'horticulteur ne voit pas d'inconvénient à utiliser le nouveau produit qu'on lui propose. La seule condition qu'il exige pour l'utiliser ce nouveau produit est son efficacité. Il demande aussi à ce qu'il y ait des formations et des séminaires pour qu'il puisse l'utiliser correctement.

2<sup>ème</sup> horticulteur :

*Contexte de l'activité :*

Cet horticulteur, dispose d'une superficie de 800m<sup>2</sup>. Il a fait des études en botaniques et fait aujourd'hui le métier d'horticulteur. Il y cultive une trentaine de variété de plantes autant des angiospermes que des gymnosperme, il possède des fougères et quelques arbustes.

Ses plantes proviennent de graines, ou alors il effectue les techniques de marcottage ou bouturage. Il en achète aussi une partie dans les provinces du Littoral et du Sud-Ouest. D'autre part de nombreuses plantes sont importées.

*Devenir du produit :*

Ses produits sont vendus au bord de la route et il possède une clients sont très variés. Ils peuvent être des société, des groupes religieux (pour décorer les jardins des églises), des mairies (pour la décoration des jardins publics), des individuels (souvent des européens des quartiers Bastos), ou alors des privés tels que des hôtels luxueux. Il fait remarquer que les acheteurs sont soit des locaux qui achètent des plantes pour décorer leurs jardins et les milieux extérieurs, mais les plantes d'intérieur sont plus fréquemment achetées par des étrangers. Au Cameroun en effet les maisons ne s'ornent en général pas de plantes d'intérieur.

*Utilisation d'engrais :*

Cet horticulteur utilise beaucoup d'engrais organique tel que la paille, le gazon ou le compost. Il ne le compose pas lui-même mais l'achète. Ces types d'engrais sont nécessairement utilisés en grande quantité, ce qui revient assez cher, soit 16000 FCFA pour 7tonnes (= 1camion).

La paille lui revient à 8000FCFA ce qui est assez cher et il se la procure à l'extérieur de la ville, donc cela nécessite de louer un camion.

Il utilise d'autre par des fientes de poules. Or la fiente de poule pure est plus chère, elle revient à 1000FCFA (pour un sac de 50kg) en brousse et à 1800 FCFA si on l'achète en ville.

L'horticulteur utilise de préférence un mélange de copeaux de bois et de fientes qui est plus complet en éléments fertilisants et moins chers.

Il utilise toutefois ses engrais en composant lui-même son mélange. En effet, il mélange la paille ou le compost reçu avec de la latérite (terre locale) pour obtenir une meilleure structure et aérer la structure du sol.

S'il utilisait du terreau cela lui reviendrait à 26000FCFA pour 7tonnes soit pour un camion.

La paille est utilisée dans les proportions de 14t/mois (2camions), elle a l'inconvénient d'être très volumineuse et nécessite donc pour son acheminement la location d'un camion, ce qui augmente les coûts de production.

*Innovation :*

L'horticulteur se trouve favorable à l'utilisation d'engrais élaborés à partir des eaux vannes à condition que cela améliore financièrement sa condition. En effet il utilisait déjà les excréments d'animaux (poules et chèvres) dont les élevages étaient à proximité. Il est plus favorable à l'utilisation d'engrais organiques car ils ont l'avantage de donner une bonne structure au sol et ont des effets fertilisants à long terme, alors que les engrais chimiques ont des effets à court terme et donc doivent être utilisés en grandes quantité pour être efficaces.

La condition d'utilisation de l'engrais innovant, serait son coût. L'horticulteur exige qu'il soit moins cher, en effet cet engrais pourrait être disponible en quantité suffisante et à proximité donc diminuer les coûts de transport.

BIBLIOGRAPHIE :

- Forest Monitor (mars 2001) : « Forêts prises en otage, la nécessité de contrôler les sociétés forestières transnationales : une étude européenne »
- Amsallem I., Loyche Wilkie M., Koné P. et Ngandji M. (2003) : « Gestion durable des forêts tropicales en Afrique centrale, recherche d'excellence » ; étude FAO forêt
- MINADER (2007) : « Annuaire des statistiques du secteur agricole campagne 2004 & 2005 » ; direction des enquêtes et statistiques Agricoles, Agri-stat n°013
- Terres Fertiles (juillet 2006) : magazine du PRSSE, n°004, juillet 2006
- CREPA (2007) : « Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées, protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques » ; guide
- A Doku I. (2003): « The potential for the use of upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor for the treatment of faecal sludges in Ghana »; rapport final- février 2003. PS-eau, rapport Assainissement A06, Kumasi, Ghana.
- Montangero A., Strauss M., Dembele A. (2000) : « Gestion des boues de vidange: parent pauvre de l'assainissement et défi à relever » ; département SANDEC/EAWAG/EIER,
- CREPA (2006) : « Technologies d'eau potable et d'assainissement développées ou expérimentées dans le réseau CREPA » ; fiches techniques
- EcoSanRes (2004) : « Directive pour une utilisation des urines et des fèces dans la production agricole » ; SEI (institut de l'environnement de Stockholm), rapport 2004 ([www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org))
- Maluck G. et Seydou N. (2002) : « Epuración des eaux usées et l'agriculture urbaine » ; ENDA, DAKAR, 2002
- Kouadjip Eric M. (2005) : « Etude du comportement hydraulique des filtres plantés à écoulement vertical pour le traitement des boues de vidanges de fosses septiques : cas de Yaoundé » ; Mémoire de fin d'étude ENSPY, 2004-2005
- CEMAGREF (1985) : « Exploitation des lagunages naturels, guide technique à l'usage de petites collectivités »
- COMPETING-BET (complexe d'étude d'ingénierie) (2007): « Etude de faisabilité de la construction d'un équipement de traitement des boues vidangées avec production d'électricité au lieu dit NGOMBE dans la commune de Douala 5<sup>ème</sup> » ; étude demandée par la communauté urbaine de Douala, 2007
- GICCOKO (Groupe d'Initiative Commune des Composteurs de Kouogouo-Bafoussam), « Livret sur le compostage des ordures ménagères », CIPCRE-CAMEROUN
- Abuhngiendo Rollan T. (2004) : « Maîtrise des entrées et sorties d'un centre de stockage d'ordures ménagères : cas de la décharge contrôlée de Nkolfoulou à Yaoundé » ; mémoire de fin d'étude ENSPY 2003-2004
- Ambassa
- Bakary H. (2000) : « Etude de l'impact du dispositif d'assainissement autonome sur les ressources en eau dans les quartiers à habitat spontané : cas de Mokolo et Madagascar à Yaoundé » ; mémoire de fin d'étude ENSPY, 2000
- Ndongo J.D. : « Réhabilitation du réseau d'assainissement des eaux usées et excréta humains du bassin d'Olezoa (Yaoundé) » ; Mémoire de fin d'étude ENSP 2003-2004
- Lami (2002) : « Evaluation de la pollution due au rejet des déchets liquides et solides à Yaoundé et mise au point d'une carte de pollution » ; mémoire de fin d'étude ENSPY 2001-2002
- Kengne Noumsi I.M. : « La production du compost à partir des plantes épuratrices des eaux usées domestiques : cas de Pistia Stratiote »

- Sopkam T.(1991) : « contribution à l'étude de Pistia Stratiote L. (Aracées) dans les essais d'épuration naturelle des eaux usées domestiques du quartier de Byem-Assi (Yaoundé) » ; mémoire de maîtrise UYI (1990-1991)
- Sikati Foko V. (1998) : « Rejet des stations d'épuration à boues activées à Yaoundé (Cameroun) : physicochimie-microbiologie-essai d'épuration sur station pilote » ; thèse pour Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle en biologie animale, UYI, 1998
- Mendama B. (1998) : « Valorisation des boues recueillies à la station d'épuration des eaux usées de l'hôpital Général de Yaoundé » ; Rapport de stage insertion professionnel UYI, 1998
- PS eau (2003) : « Co-composting of faecal sludge and solid waste for urban and peri-urban agriculture in Kumasi » ; Programme gestion durable des déchets et de l'assainissement urbain, Ghana, février 2003
- Kengne Nounsi I.M., Amougou Akoa, Bemmo N., Strauss M., Troesch S., Ntep F., Tsama Njitat V., Ngoutane Pare M. et Koné D. (2007): « Potentials of sludge drying beds vegetated with cyperus papyrus L. and Echinochloa Pyramidalis (LAM) HITCH&CHASE for faecal sludge treatment in tropical regions », Article 2007
- Nkili D.A (2007) : « Evaluation des pratiques du dépôtage des boues de vidange dans la nature : cas de la région de Nomayos » ; mémoire de fin d'étude UYI, 2006-2007
- Abogo Ntang D. (1995) : « Analyse technique et sociologique du fonctionnement des 15 unités de compostage décentralisé implantées à Yaoundé » ; mémoire de fin d'étude UYI, 1994-1995
- Aalbers H. (1999): « Resource recovery from faecal sludge using constructed wetlands » ; UWEP (Urban Waste Expertise Programme) Working Document
- Petterson S.A. et Ashbolt N.S.: « Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture microbial risk assessment section » WHO
- Carr R.M, Dlumenthal U.J et Ducan Mara D. (2004) : « Guidelines for the safe use of wastewater in agriculture : revisiting WHO guidelines » ; WHO (World Health Organisation), Geneva, Switzerland
- Lemière J.P. (2004): « traitement et gestion des effluents issus de l'agriculture et de la transformation de ses productions » ; cours de Génie des procédés et environnement, établissement agronomique de Dijon (ENESAD), France, 2003-2004
- Desachy C. (1996) : « les déchets, sensibilisation à une gestion écologique » ; AGHTM (Association générale des hygiénistes et techniciens municipaux), éditions Tech&Doc
- Sotamenou J. (2004) : « Efficacité de la collecte des déchets ménagers et agriculture urbaine et périurbaine dans la ville de Yaoundé » ; Mémoire en sciences économiques 2003-2004, faculté de sciences économiques et de gestion, Yaoundé, Cameroun
- Troesch S. (2005) : « Traitement des boues de vidange par lits de séchage plantés en région tropicale : étude en phase de démarrage sur unités pilotes, Yaoundé, Cameroun », Sandec, UYI
- Fink M. (2007) : « l'assainissement à Yaoundé, ou le serpent qui se mord la queue » ; CREPA Cameroun

ENTRETIEN

NJIP NTEP Dieudonné, chef de la cellule de suivi de la régénération, du reboisement et de vulgarisation sylvicole, 2007

AVA, délégation départementale de l'agriculture (MFOUNDI) MINAGRI, 2007

MBOK, responsable des enquêtes et statistiques, au Service Provincial des Enquêtes et Statistiques Agricoles du Centre, MINAGRI, 2007

FONE Samuel, responsable du Programme de Reforme du Sous-Secteur Engrais (PRSSE), basé vers le MINADER, 2007

NDJE-AYEHA Jacques Robert, Ingénieur Agro-informaticien et du Génie Rural, chef de la gestion du nprojet SIGIPES du MINADER, 2007

Tous les contacts pour l'étude :

ACHUO John, coordinateur de Global Action for Sustainable Development (GASD), tel : 237 750 90 43, e-mail : [pide100@yahoo.fr](mailto:pide100@yahoo.fr)

AMOUGOU ELOGO Roland, coordonnateur national du PRSSE (Programme de Reforme du Sous-Secteur Engrais) basé vers le MINADER, tel 2236982/2236983, fax : 2236984, mobil : 7701679, e-mail : [etogoroland@yahoo.fr](mailto:etogoroland@yahoo.fr) / [amougouetogo@fecafot.cm](mailto:amougouetogo@fecafot.cm) / [www.cameroonfertilizers.cm](http://www.cameroonfertilizers.cm)

ANAFOR (Brigitte, serétaire du Directeur Général), tel: 99353291, clinique BEKA (Elig Essono)

AVA, délégation départementale de l'agriculture (MFOUNDI) MINAGRI, basé à côté du Centre culturel Camerounais, tel : 22212620, 99486801

FONE Samuel, responsable du Programme de Reforme du Sous-Secteur Engrais (PRSSE), basé vers le MINADER, tel : D : 22314760, B : 22236982, P : 77249493, e-mail : [ndifossa@yahoo.fr](mailto:ndifossa@yahoo.fr)

KAMGUEN, ingénieur de la cellule SPAC de PROMOPA et projet PARI (Professionnalisation Agricole et Renforcement Institutionnel) au MINADER, tel : 22232587, e-mail : [minader\\_pari@yahoo.fr](mailto:minader_pari@yahoo.fr)

MAHAMAT Abakar, ingénieur agro économiste, chef de la cellule de suivi au MINADER

MBOOK responsable des enquêtes et statistiques, au Service Provincial des Enquêtes et Statistiques Agricoles du Centre, basé à total Melen

MBOOH BASSIA Ader, Ingénieur d'agriculture, chef de la délégation provinciale de l'agriculture (Centre), superviseur provincial PNVRA-Centre, MINAGRI, basé à côté de la coopération française, tel : 22233691, [basaser@web.de](mailto:basaser@web.de), [aserm@yahoo.com](mailto:aserm@yahoo.com)

NDJE-AYEHA Jacques Robert, ingénieur Agro-informaticien et du Génie Rural chef de la gestion du projet SIGIPES du MINADER, basé dans la cellule de suivi du MINADER, tel : 7859698, e-mail : [ndjajar@yahoo.fr](mailto:ndjajar@yahoo.fr)

NJIP NTEP Dieudonné, chef de la cellule de suivi de la régénération, du reboisement et de vulgarisation sylvicole, tel : 99651022

NSA Justine, délégation provinciale du MINAGRI (responsable des inscriptions coop et GIC agricoles)

SEUYIP Samuel, chef de brigade de la maintenance au SIC, tel : 77757037, fax : 22225119

TIMSI MENDOUGA Jean Paul, ingénieur des eaux et forêts, tel : 99884450

KENFACK Désiré, paysagiste, horticulteur, diplômé en Sciences botaniques, ETS SANTA FLORA (entreprise de conseil, création d'espaces vert et jardins d'aménagement, formation, tout pour assainissement), jardin situé derrière la radio, face au centre diocésain des Œuvres, B.P. 810 YAOUNDE, tel : 99818535

MBARGA Narcisse Lambert, chargé d'étude en chambre de la coopération, coordinateur national projet OIBT, Cameroun à l'ANAFOR ( Agence Nationale d'Appui au Développement Forestier), tel : 22210393, e-mail : [narcisse\\_mbarga@yahoo.com](mailto:narcisse_mbarga@yahoo.com)