

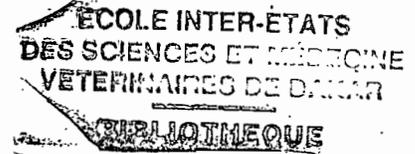
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP - DAKAR

ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES

E.I.S.M.V.

ANNEE 1994

N° 27



TRAITEMENT DES ORDURES MENAGERES AU SENEGAL



THESE

présentée et soutenue publiquement le 28 Juillet 1994
devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de DAKAR
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

(DIPLOME D'ETAT)

par

René Bernard OUEDRAOGO
né le 08 février 1966 à Boussou. (Burkina Faso)

- Président du jury** : **Monsieur Doudou BA**
Professeur à la Faculté de Médecine et de pharmacie de Dakar
- Directeur et Rapporteur de thèse** : **Monsieur François .A. ABIOLA** :
Professeur à la l'EISMV de Dakar
- Membres** :
 - Monsieur Germain .J. SAWADOGO**
Professeur à l'EISMV de Dakar
 - Monsieur Emmanuel BASSENE**
Maître de Conférence agrégé à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar

**ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE
VETERINAIRES DE
DAKAR**

BP 5077 - Tél. 23.05.45 Télécopie : 25 42 83 - Télex 51 403 INTERVET

SG

LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT

I- PERSONNEL A PLEIN TEMPS

1 - ANATOMIE - HISTOLOGIE - EMBRYOLOGIE

Kondi Clément	AGBA RADE MBAHINTA	Maître de Conférences Moniteur
------------------	-----------------------	-----------------------------------

2 - CHIRURGIE - REPRODUCTION

Pape El Hassane Awana Mamadou	DIOP ALI SEYE	Professeur Moniteur Moniteur
-------------------------------------	---------------------	------------------------------------

3 - ECONOMIE - GESTION

Cheikh Hélène (Mme)	LY FOUCHER	Maître - Assistant Assistante
------------------------	---------------	----------------------------------

**4 - HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREES
ALIMENTAIRES D'ORIGINE ANIMALE (HIDACA)**

Malang Penda (Mlle) Adama Abdoulaye	SEYDI SYLLA THIAM	Professeur Moniteur Docteur Vétérinaire
---	-------------------------	---

5 - MICROBIOLOGIE - IMMUNOLOGIE PATHOLOGIE INFECTUEUSE

Justin Ayayi Jean Rianatou (Mme) Bataskom Komi A.E	AKAKPO OUDAR ALAMBDJI MBAO GOGOVR	Professeur Professeur Assistante Moniteur Docteur Vétérinaire
--	---	---

6 - PARASITOLOGIE - MALADIES - PARASITAIRES - ZOOLOGIE

Louis Joseph Patrick E.	PANGUI HABAMENSHI	Professeur Moniteur
----------------------------	----------------------	------------------------

Papa	Ndéne	DIOUF	Docteur
7 - PATHOLOGIE MEDICALE - ANATOMIE PATHOLOGIQUE CLINIQUE AMBULANTE			
Yalacé Y. Pierre El Hadji Daour Aly Ibrahima		KABORE DECONINCK DRAME CISSE HACHIMOU	Maître-Assistant Assistant Moniteur Moniteur Docteur Vétérinaire
8 - PHARMACIE - TOXICOLOGIE			
François Omar	A. A.	ABIOLA THIAM	Professeur Moniteur
9 - PHYSIQUE - THERAPEUTIQUE - PHARMACODYNAMIE			
Alassane Moussa		SERE ASSANE	Professeur Maître de Conférences
Charles Raphael	Benoît A.	DIENG NYKIEMA	Moniteur Docteur Vétérinaire
10 - PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES			
Germain Jérôme Abdoulaye Désiré Marie A.		SAWADOGO SOW BELEMSAGA	Professeur Moniteur Docteur Vétérinaire
11 - ZOOTECHNIQUE - ALIMENTATION			
Gbeukoh Ayao Malick	Pafou A.	GONGNET MISSOHO DRAME	Maître-Assistant Assistant Moniteur

II/ PERSONNEL VACATAIRE (prévu)

- BIOPHYSIQUE

René	NDOYE	Professeur
et de Pharmacie		Faculté de Médecine
Diop de DAKAR		Université Ch. Anta

Sylvie (Mme)	GASSAMA	Maître de
Conférences Agrégée		Faculté de Médecine
et de Pharmacie		Université Ch. Anta
DIOP de DAKAR		

- BOTANIQUE - AGROPEDOLOGIE

Antoine	NONGONIERMA	Professeur IFAN - Institut Ch.
Anta DIOP de DAKAR - PATHOLOGIE DU BETAIL		
Maguette	NDIAYE	Docteur Vétérinaire -
Chercheur		Laboratoire de
recherches Vétérinaires de HANN		
- AGRO - PEDOLOGIE		
Alioune	DIAGNE	Docteur Ingénieur
des Sols"		Département" Sciences
Supérieure Agronomie THIES		Ecole Nationale
- SOCIOLOGIE RURALE		
Oussouby	TOURE	Sociologue
Développement Rural		Ministère du

III/ PERSONNEL EN MISSION (prévu)

- PARASITOLOGIE		
Ph	DORCHIES	Professeur
FRANCE)		ENV - TOULOUSE (
M.	KILANI	Professeur
(TUNISIE)		ENMV SIDI THABET
- ANATOMIE PATHOLOGIQUE GENERALE		
G.	VANHAVERBEKE	Professeur
(FRANCE)		ENV - TOULOUSE
- ANATOMIE PATHOLOGIE SPECIALE		
A.L.	PARODI	Professeur
		ENV S'ALFORT (FRANCE)
- PATHOLOGIE DES EQUIDES ET CARNIVORES		
A.	CHABCHOUB	Professeur
(TUNISIE)		ENV - SIDI THABET
- ZOOTHECHNIE - ALIMENTATION		

A.	BENYOUNES	Professeur ENV - SIDI THABET
(TUNISIE)		
- ALIMENTATION		
R.	PARIGI-BINI	Professeur Université de PADOUE
(ITALIE)		
- DENREOLOGIE		
J.	ROZIER	Professeur ENV - ALFORT (FRANCE)
- PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES		
P.	BERNARD	Professeur ENV - TOULOUSE
(FRANCE)		
M.N.	ROMDANE	Professeur ENV - SIDI THABET
(TUNISIE)		
- PHARMACIE		
G.	SOLDANI	Professeur ENV - NANTES (FRANCE)
- TOXICOLOGIE		
G.	SOLDANI	Professeur Université de PISE
(ITALIE)		
- PATHOLOGIE BOVINE		
J.	ESPINASSE	Professeur ENV - TOULOUSE
(FRANCE)		
- PATHOLOGIE INFECTIEUSE		
J.	CHANTAL	Professeur ENV - TOULOUSE
(FRANCE)		

REMERCIEMENTS

A NOS MAITRES ET JUGES

Monsieur Doudo Bâ

Professeur à la faculté de médecine et de pharmacie de dakar,
qui nous a fait l'honneur de présider le jury de notre thèse.

Hommage respectueux.

Monsieur Emmanuel BASSENE

Professeur agrégé à la faculté de médecine et de pharmacie de Dakar.
Soyez assuré de notre reconnaissance pour votre participation à notre jury.
Profonde gratitude.

Monsieur Germain Jérôme SAWADOGO

Professeur à l'EISMV de Dakar
Nous avons gardé de bons souvenirs des enseignements que vous nous avez
dispensés.
Soyez remercié pour votre participation à notre jury de thèse

Monsieur François .A. ABIOLA

Professeur à l'EISMV de Dakar, Directeur de thèse.
Nous vous remercions d'avoir bien voulu accepter le sujet de notre thèse et
nous guider dans son élaboration malgré vos multiples occupations.
Veuillez trouver ici le témoignage de notre profond respect et notre gratitude
pour l'attention que vous avez accordée durant tout le cheminement du travail.

DEDICACES

Je dédie ce travail:

- A mon père, ma mère, mes frères, et mes soeurs, en espérant qu'ils trouveront dans ce travail le témoignage de mon affection et de ma reconnaissance pour l'exemple qu'ils m'ont donné et les sacrifices consentis tout au long de mes études.

- A mes amis, mes camarades de l'EISMV,
- A tous les enseignants de l'EISMV,
- Au personnel administratif et technique,
- A tous les étudiants burkinabé à Dakar,
- A la direction de l'environnement du Sénégal,
- A la Communauté Urbaine de Dakar,
- Au Centre Régional Africain de Technologie,
- A mon pays, le Burkina - Faso,
- Au Sénégal, pays hôte.

Par délibération, la faculté et l'école ont décidé que les options émises dans les dissertations qui leur seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner aucune approbation ni improbation.

PLAN

INTRODUCTION GENERALE

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE I GENERALITES SUR LE SENEGAL

1 - 1 PRESENTATION DU SENEGAL

- 1.1.1 Situation géographique
- 1.1.2 Organisation administrative

1 - 2 RELIEF

1 - 3 SOLS

1 - 4 CLIMAT ET VEGETATION

- 1.4.1 Climat
- 1.4.2 Végétation

1 - 5 POPULATION

1 - 6 LE MONDE RURAL

- 1.6.1 Agriculture
- 1.6.2 Élevage
- 1.6.3 Pêche

CHAPITRE II GENERALITES SUR LES ORDURES MENAGERES

2 - 1 DEFINITION

2 - 2 CARACTERISTIQUES

2 - 3 ORDURES MENAGERES ET PROBLEMES D'ENVIRONNEMENT

- 2.3.1 Pollution Chimique
- 2.3.2 Pollution Organique

- 2.3.2.1 Les Matières Organiques
- 2.3.2.2 Le Péril Fécal

- 2.3.2.3 Les Vecteurs de Maladies

CHAPITRE III GESTION DES ORDURES MENAGERES DU SENEGAL

3 - 1 INTRODUCTION

3 - 2 URBANISATION

3 - 3 HABITAT

3 - 4 ASPECTS INSTITUTIONNELS

3 - 5 ACTEURS TECHNIQUES

3.5.1 Les Sociétés Industrielles et d'Aménagements du SENEGAL

3.5.2 Les Services Municipaux

3 - 6 CARACTERISTIQUES DES DECHETS

3.6.1 Quantité

3.6.2 Composition

3 - 7 MOYENS FINANCIERS

3 - 8 MOYENS MATERIELS

3 - 9 COLLECTE - EVACUATION

3 - 10 TRAITEMENT

3.10.1 Mise en décharge

3.10.2 Récupération

3.10.2.1 Récupération à la décharge de M'beubeuss

3.10.2.1.1 Présentation et caractéristiques du site

3.10.2.1.2 Les récupérateurs

3.10.2.1.3 Les filières de récupération

- La filière des chiffons
- La filière du plastique
- La filière des métaux
- La filière des bouteilles
- La filière du terreau

. Destination du terreau

. Caractéristique du terreau

3.10.2.2 Dimension de la récupération populaire

3.11 conclusion

DEUXIEME PARTIE TECHNOLOGIE DE TRAITEMENT DES ORDURES

CHAPITRE I LE COMPOSTAGE

1 - 1 INTRODUCTION

1 - 2 LES FACTEURS DES COMPOSTAGES

- 1.2.1 Aeration
- 1.2.2 Humidité
- 1.2.3 Température
- 1.2.4 pH
- 1.2.5 Les éléments nutritifs
- 1.2.6 Conditions optimales

1 - 3 INTERETS AGRONOMIQUES

- 1.3.1 Aspects biologiques
- 1.3.2 Aspects physiques

1 - 4 INTERETS SOCIO-ECONOMIQUES

- 1.4.1 Généralités
- 1.4.2 Considérations économiques
- 1.4.3 Considérations sociales

1 - 5 AUTRES MATIERES COMPOSTABLES

- 1.5.1 Les excréments humains
- 1.5.2 Les résidus de récolte
- 1.5.3 Les déchets de bétail et de volaille
- 1.5.4 Les déchets agro alimentaires

1 - 6 DIFFERENTES TECHNIQUES DE COMPOSTAGE

- 1.6.1 Le compostage lent et artisanal
 - 1.6.1.1 le compostage en tas ou en andain
 - 1.6.1.2 Le compostage en surface
 - 1.6.1.3 Le compostage en fosse

- 1.6.2 Le compostage industriel

1 - 7 COMPOSITION CHIMIQUE DE DIFFERENTS AMENDEMENTS

- 1.7.1 Composition chimiques des composts
- 1.7.2 composition chimique des engrais minéraux

CHAPITRE II LA METHANISATION

2 - 1 DEFINITION

2 - 2 SYNONYME

2 - 3 HISTORIQUE

2 - 4 LE PROCESSUS DE METHANISATION

2.4.1 Microbiologie de la fermentation

- 2.4.1.1 La flore non methanigène
- 2.4.1.2 les bacteries methanigènes

2.4.2 Biochimie de la methanisation

2.4.3 Condition de la fermentation

2.4.3.1 les parametres physio-chimiques de fermentation

- 2.4.3.1.1 Température
- 2.4.3.1.2 Absence d'air
- 2.4.3.1.3 Inhibition par les précurseurs
- 2.4.3.1.4 Les composés inhibiteurs contenus dans le substrat
- 2.4.3.1.5 Les métaux lourds calions
- 2.4.3.1.6 Le rapport CIN
- 2.4.3.1.7 pH
- 2.4.3.1.8 Humidité

2.4.3.2 La qualité de la matière organique

2.4.3.3 Les parametres technologiques

- 2.4.3.3.1 Charge en matière
- 2.4.3.3.2 Le temps de retention

2.4.4 Cinétique de fermentation

2.4.5 Rendement en méthane

2.4.6 Qualité de biogaz

2 - 5 AUTRES PRODUITS ORGANIQUES APTES A LA METHANISATION

2 - 6 INTERETS DE LA METHANISATION

2.6.1 Produit d'énergie

2.6.2 Valorisation agricole du substrat methanisé

2.6.3 décontamination du substrat

2 - 7 UTILISATIONS DU BIOGAZ

2 - 8 PROCEDES DE FERMENTATION

2.8.1 Procédé discontinu

2.8.2 Procédé continu

2 - 9 EQUIPEMENT DE PRODUCTION

2.9.1 Digesteur à alimentation continue

2.9.2 Digesteur à alimentation discontinue

2 - 10 LE STOCKAGE DU BIOGAZ

CHAPITRE III LA MISE EN DECHARGE

- 3 - 1 DECHARGE SAUVAGE
- 3 - 2 DECHARGE CONTROLEE
- 3 - 3 AVANTAGES - INCONVENIENTS

TROISIEME PARTIE COLLECTE VALORISATION AGRICOLE DES DECHETS MENAGERS DE LOUGA

CHAPITRE I PRESENTATION DU PROJET

- 1 - 1 LOCALISATION ET CARACTERISTIQUE DE LA ZONE
 - 1.1.1 Introduction
 - 1.1.2 Situation actuelle
 - 1.1.2.1 Nature et élimination des déchets
 - 1.1.2.2 Alimentation en eau et assainissement
- 1 - 2 PRESENTATION DU PROGRAMME D'EXPERIMENTATION
 - 1.2.1 Objectifs du projet
 - 1.2.2 Programme d'experimentation

CHAPITRE II MATERIEL - METHODES

- 2 - 1 COLLECTE
- 2 - 2 COMPOSTAGE EXPERIMENTAL
 - 2.2.1 Criblage enchantillonnage
 - 2.2.2 Présentation des condains
 - 2.2.3 Maturation
- 2 - 3 EXPERIMENTATION AGRICOLE
 - 2.3.1 Sites
 - 2.3.2 Dispositif experimental
 - 2.3.3 Les produits
 - 2.3.3.1 Les composts
 - 2.3.3.2 Le 10.10.20
 - 2.3.4 Les cultures
 - 2.3.4.1 Tomate
 - 2.3.4.2 Chou
 - 2.3.4.3 Pomme de terre

2.3.5 Réalisation des essais

2.3.5.1 Traitement au compost et traitement au compost mûr

2.3.5.1.1 Objectif de l'essai

2.3.5.1.2 Protocole expérimental

2.3.5.2 Traitement au compost frais et au 10.10.20

2.3.5.2.1 Objectif de l'essai

2.3.5.2.2 Protocole expérimental

2 - 4 CRITERE D'EVALUATION

2.4.1 Efficacité des moyens de collecte

2.4.2 Caractéristique des déchets

2.4.3 Composition physique et chimique des composts

2.4.4 rendements culturels

CHAPITRE III RESULTATS - DISCUSSION - PROPOSITIONS

3 - 1 RESULTATS

3.1.1 Collecte des déchets

3.1.2 Composition des déchets

3.1.3 Caractéristiques physique chimique des composts

3.1.3.1 Evolution de la température et de l'humidité

3.1.3.2 Caractéristique granulométrique

3.1.3.3 Composition chimique des composts

3.1.4 Rendement en culture

3.1.4.1 Traitement aux composts

3.1.4.2 Traitement au compost frais et au 10.10.20

3 - 2 DISCUSSION

3.2.1 Du choix du lieu

3.2.2 Du matériel - méthodes

3.2.3 Des résultats

3.2.3.1 Caractéristiques physiques des composts

3.2.3.2 Caractéristiques chimiques des composts

3.2.3.3 rendement en culture

3.2.4 Débouchés du composts

3 - 3 PROPOSITIONS

3.3.1 Choix des moyens de transport

3.3.2 Participation des associations locales

3.3.3 Organisation du secteur de la récupération

3.3.4 Installation d'un centre de tri

3.3.5 Méthanisation

3.3.5.1 Justification de la proposition

3.3.5.1.1 Importance du gisement

3.3.5.1.2 Composition des ordures

3.3.5.1.3 Absence de contraintes d'utilisation

3.3.5.2 Technologie à mettre en oeuvre

3.3.5.3 Sites

3.3.5.3.1 Milieu urbain

- Marchés
- Casernes militaire ; cités universitaires
- Quartiers défavorisés

3.3.5.3.2 Milieu rural

- Coopératives agricoles et groupements
d'intérêt économique
- Dispensaires ruraux
- Ménages

3.3.5.4 Impacts attendus

CONCLUSION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Jusqu'à ces dernières années, le problème du traitement des ordures ménagères n'était pas une priorité au Sénégal et dans la plupart des pays en développement.

Il avait toujours été question du développement de l'industrie, de l'agriculture, ou encore des infrastructures de première importance (barrages, production d'eau potable, hôpitaux).

Suite à une expansion démographique importante et une consommation sans cesse croissante, les pays africains et notamment les villes, se trouvent maintenant confrontés à des problèmes d'urbanisation aigus, qui, pour la plupart d'entre eux sont toujours d'actualité.

L'un de ces problèmes concerne la collecte et le traitement des ordures ménagères dont la production a suivi le rythme d'accroissement de la population.

avec un taux de collecte qui varie de 15 à 60 %, l'environnement des villes sénégalaises reste gravement marqué par les dépôts sauvages d'ordures, avec son corollaire d'impacts sur l'environnement sanitaire, écologique et social.

L'utilisation des systèmes conventionnels d'évacuation des ordures dans les grandes villes et le manque de couverture qui en résulte s'est traduit par un échec et justifie la recherche de solutions appropriées.

C'est dans ce cadre, que nous apportons notre modeste contribution à l'effort de gestion des ordures ménagères dans sa partie traitement.

Ce travail est subdivisé en trois parties:

- La première partie sera consacrée à des généralités sur le Sénégal, les ordures ménagères et la gestion des ordures ménagères au Sénégal,

- La deuxième partie abordera l'étude des technologies de traitement des ordures ménagères,

- La troisième partie est relative aux travaux du projet de collecte. - valorisation des ordures ménagères de la ville de Louga et proposera également des solutions d'amélioration

**PREMIERE PARTIE : GENERALITES - GESTION DES ORDURES MENAGERE AU
SENEGAL**

I/ GENERALITES SUR LE SENEGAL

II/ GENERALITES SUR LES ORDURES MENAGERES

III/ GESTION DES ORDURES MENAGERES AU SENEGAL

CHAPITRE I : Généralités sur le Sénégal

1-1 Présentation du Sénégal

1.1.1 Situation géographique (cf carte N°1)

Le Sénégal est situé à l'extrémité ouest du continent africain, dans la zone intertropicale, entre les parallèles 12° 30' et 16° 30' nord et les méridiens 11° 30' et 17° 30' ouest.

Le Sénégal est limité (carte N°1):

- à l'ouest par l'océan atlantique;
- au nord par la république islamique de Mauritanie
- à l'est par la république du Mali
- au sud-ouest par la république de Guinée Bissau
- au sud-est par la république de Guinée Conakry

La république de Gambie constitue à l'intérieur du Sénégal une enclave longue de plus de 300 kilomètres et large, par endroit de 50 kilomètres.

Le Sénégal qui mesure 600 km d'ouest en est et 450 km du nord au sud couvre une superficie d'environ 196.712 Km².

1.1.2 Organisation administrative

Depuis l'indépendance plusieurs réformes ont conduit le Sénégal du découpage administratif hérité de la colonisation à l'organisation actuelle, basée sur la décentralisation et la déconcentration des services publics. Le territoire est actuellement divisé comme suit (carte N°1) :

- dix régions administrées chacune par un gouverneur et divisées (sauf la région de Dakar) en départements, administrés chacun par un préfet.

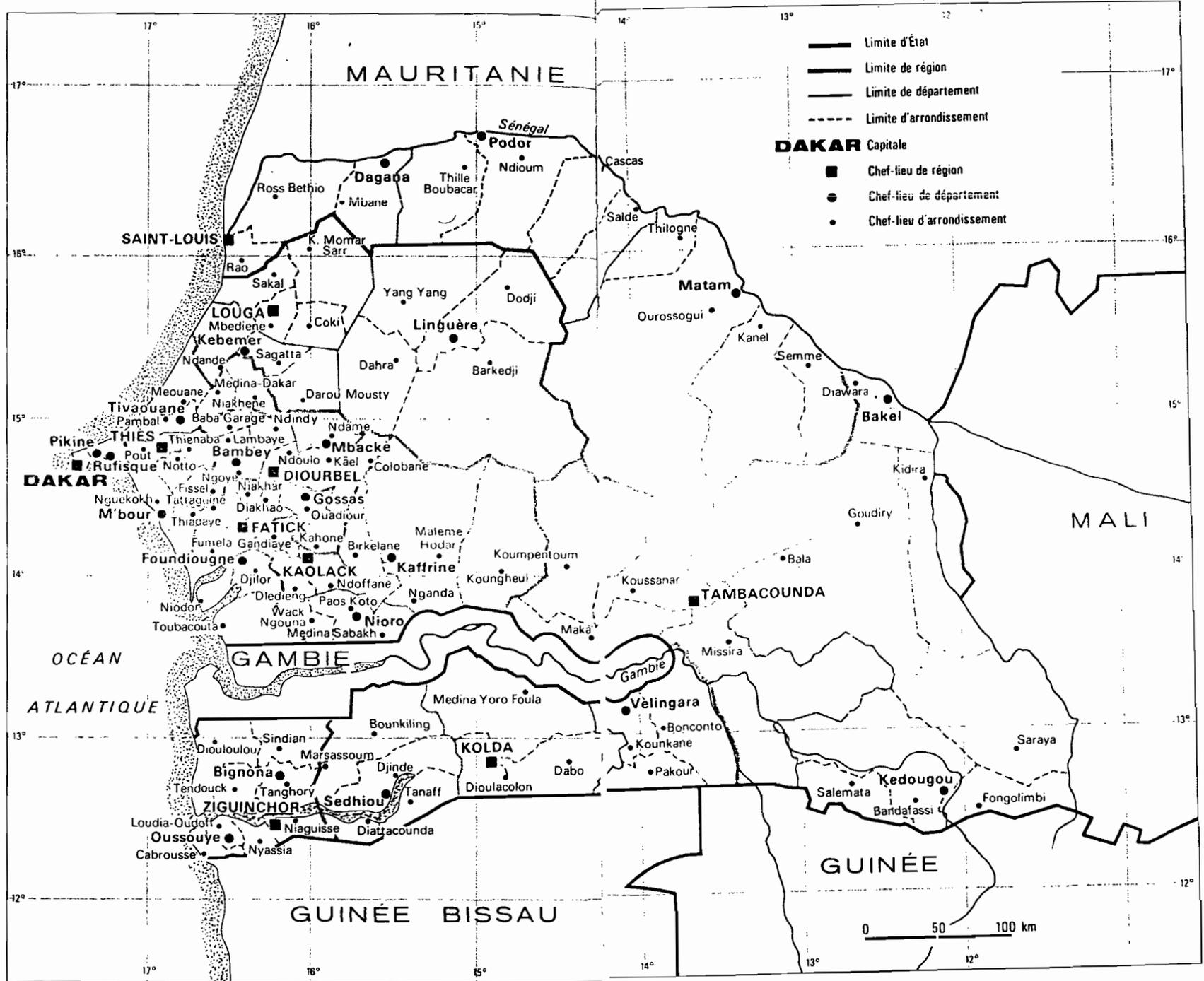
- chaque département est lui-même reparté en arrondissements, d'une part, relevant d'un sous-préfet, en communes d'autre part.

- chaque arrondissement est subdivisé en communautés rurales regroupant un certain nombre de villages.

- la région de Dakar a un statut spécial: elle comprend trois préfectures urbaines (Dakar, Pikine, Rufisque), subdivisées en arrondissement.

Les gouverneurs, préfets et sous-préfets, très strictement hiérarchisés représentent le pouvoir central dans leurs ressorts respectifs. Ils sont assistés par les conseils territoriaux:

le conseil régional à l'échelon de la région, les conseils de département et d'arrondissement sont des organes de consultation, de délibération et de participation.



1-2 RELIEF

Le Sénégal, désigné par le nom du grand fleuve qui lui sert, au nord, de frontière avec la Mauritanie s'étend sur une superficie de 196.712 Km².

Le pays presque tout entier est contenu dans la grande cuvette sénégalo-mauritanienne qui s'incline vers l'ouest ou elle s'incline sous la mer à environ 400 Km de son bord oriental. Pour cette raison, le pays est très plat et les reliefs dépassent rarement 100 m sauf au sud-est et à l'extrême ouest qui correspondent d'une part à l'apparition de massifs anciens limitant la cuvette à l'est, et d'autre part, aux éruptions volcaniques de la presqu'île du Cap-vert.

Les principaux accidents du reliefs sont:

- Les collines des mamelles : 105 m
- Le plateau de Thiès : 128 m
- Le massif de Ndias : 90 m
- Les collines de Kédougou : 581 m

1-3 SOLS

Les sols sont peu variés, sauf dans la presqu'île du cap-vert et souvent, on passe progressivement d'une catégorie de sols à l'autre. On peut distinguer deux groupes de sols quant à la fertilité et à la mise en culture(13).

- Les sols bruns et brun-rouge, les sols ferrugineux et les sols ferrallitiques n'ont qu'une richesse réduite mais facile à travailler grâce à leur texture sablonneuse et conviennent aux cultures peu exigeantes comme le mil et l'arachide.

- Les sols hydromorphes et les vertosols, présentent de bonnes qualités chimiques mais étant argileux, compacts et bosselés en surface sont plus difficile à travailler.

1-4 CLIMAT ET VEGETATION

1.4.1 Climat

Les grands traits climatiques sont le résultat conjoint de facteurs géographiques. Les premiers s'expriment par la latitude qui confère au pays des caractères tropicaux.

Les seconds s'expriment par l'alternance sur le territoire de trois masses d'air principales dont les déplacements sont facilités par la platitude du relief.

- L'alizé maritime qui est constamment humide et frais: son domaine est une frange cotière qui s'amenuise au sud.

- L'harmattan, caractérisé par une grande sécheresse à cause de son long parcours continental.

- La mousson qui provient de l'alizé issu de l'anticyclone de sainte hélène dans l'atlantique sud. Elle bénéficie d'un très long trajet qui la rend particulièrement humide. Le climat est caractérisé par des températures plus ou moins basses sur la côte et élevées vers l'intérieur. L'année climatique est divisée en deux saisons principales par le critère pluviométrique.

- Une saison sèche qui n'est vraiment sèche qu'à l'intérieur du pays, tandis que sur le littoral qui bénéficie d'une humidité relative élevée, la saison est plus précisément non pluvieuse. La durée de la saison sèche augmente du sud au nord du pays : 5 à 9 mois (13).

- Une saison des pluies dont la durée varie de 3 mois au nord à 5 mois au sud (13). D'une manière générale, les pluies décroissent du sud vers le nord. Ziguinchor enrégistre en moyenne 1500 mm de pluie par an tandis que Louga ne reçoit en moyenne que 475 mm et Podor 330 mm. (13)

1.4.2 Végétation

L'absence de reliefs importants et le développement limité du réseau hydrographique donnent aux facteurs climatiques un rôle prépondérant dans la répartition des paysages végétaux du Sénégal.

On distingue 4 grands domaines phytogéographiques à disposition zonale interrompus seulement par quelques formations zonales dans la vallée et le long de la côte.

- Le domaine sahélien caractérisé par un tapis herbassé desséché dès le mois de novembre, et d'arbustes épineux.

- Le domaine sahélien est celui de la savane boisée.

- Le domaine subguinéen limité à la basse casamance est occupé à l'état naturel par une forêt dense à feuilles caduques.

- Les groupements azonaux se localisent dans des milieux où régner des conditions hydrogéologique particulières. La végétation se compose de peuplements touffus de palétuviers qui forment un écosystème littoral adapté à l'eau saumâtre: la mangrove.

1-5 POPULATION

La population du Sénégal est estimée à 7.703.826 habitants (49). La densité moyenne est de 30 habitants au Km²(49). La population sénégalaise connaît une répartition extrêmement inégale source de très fortes disparités regionales. A l'échelle nationale, le contraste initial est celui qui oppose le sous peuplement général de l'est du territoire aux densités soutenues de l'ouest. La région du Sénégal Oriental a de très faibles densités de l'ordre de 1 à 5 habitants au Km² du fait des contraintes naturelles.(13).

Les principales zones de fortes densités sont localisées dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal, le bassin de l'arachide, la basse casamance et enfin la région de Dakar où la densité atteint 2000 habitants au Km² (49).

Dakar et les grandes capitales regionales comme Saint-Louis, Thiès, Kaolack ou Ziguinchor sont des villes de l'ouest, cotières ou proches du littoral dont la croissance démographique doit beaucoup à l'exode rural.

1-6 LE MONDE RURAL

1.6.1 L'agriculture

L'économie sénégalaise est avant tout une économie rurale. (13). Si plus de 40 % des sénégalais sont considérés comme des citadins, il n'en reste pas moins que plus de 60 % de la population s'occupent des tâches primaires. Les activités agricoles contribuent ainsi pour plus de 25 % du produit national brut (13).

L'agriculture sénégalaise se consacre pour l'essentiel à des cultures sous pluie dont le cycle végétatif coïncide avec l'hivernage alors que la saison sèche est presque partout une morte saison agricole. Dans l'alimentation comme dans les systèmes de culture, les céréales occupent une écrasante suprématie. Cependant, les variations de la pluviométrie, l'adaptation aux sols ou à certains sites particuliers, les choix humains enfin entraînent une différenciation régionale dans la répartition des céréales cultivées. Les terres sablonneuses et sablo-argileuses qui s'étendent sur la plus grande partie du pays et recouvrent notamment tout l'espace compris entre le delta du Sénégal et la frontière gambienne sont par excellence le domaine du petit mil.

La vallée du Sénégal est pour l'essentiel; le domaine du sorgho. La troisième céréale produite par l'agriculture sénégalaise est le riz dont le domaine traditionnel est la casamance.

La culture marchande fondamentale et longtemps unique du Sénégal est l'arachide dont la production dépasse en moyenne 1.000.000 de tonnes par an (13).

Le succès de l'arachide s'explique largement par son heureuse insertion dans les systèmes de production traditionnels et par la prise en charge de la production par la masse paysanne qui en tire l'essentiel et parfois la totalité de son revenu monétaire.

Pour les cultures maraîchères, leurs zones traditionnelles d'extension demeurent les Niayes entre Dakar et Saint-Louis. Elles portent sur la tomate, les oignons, la salade, les carottes, les choux.

La production s'élève en moyenne à 30.000 tonnes par an (13). Depuis quelques années, le gouvernement encourage la production de pomme de terre, notamment dans les Niayes où l'on exploite les autres genres de légumes: navet, aubergine, courgette, puvron, piment etc...

1.6.2 L'élevage

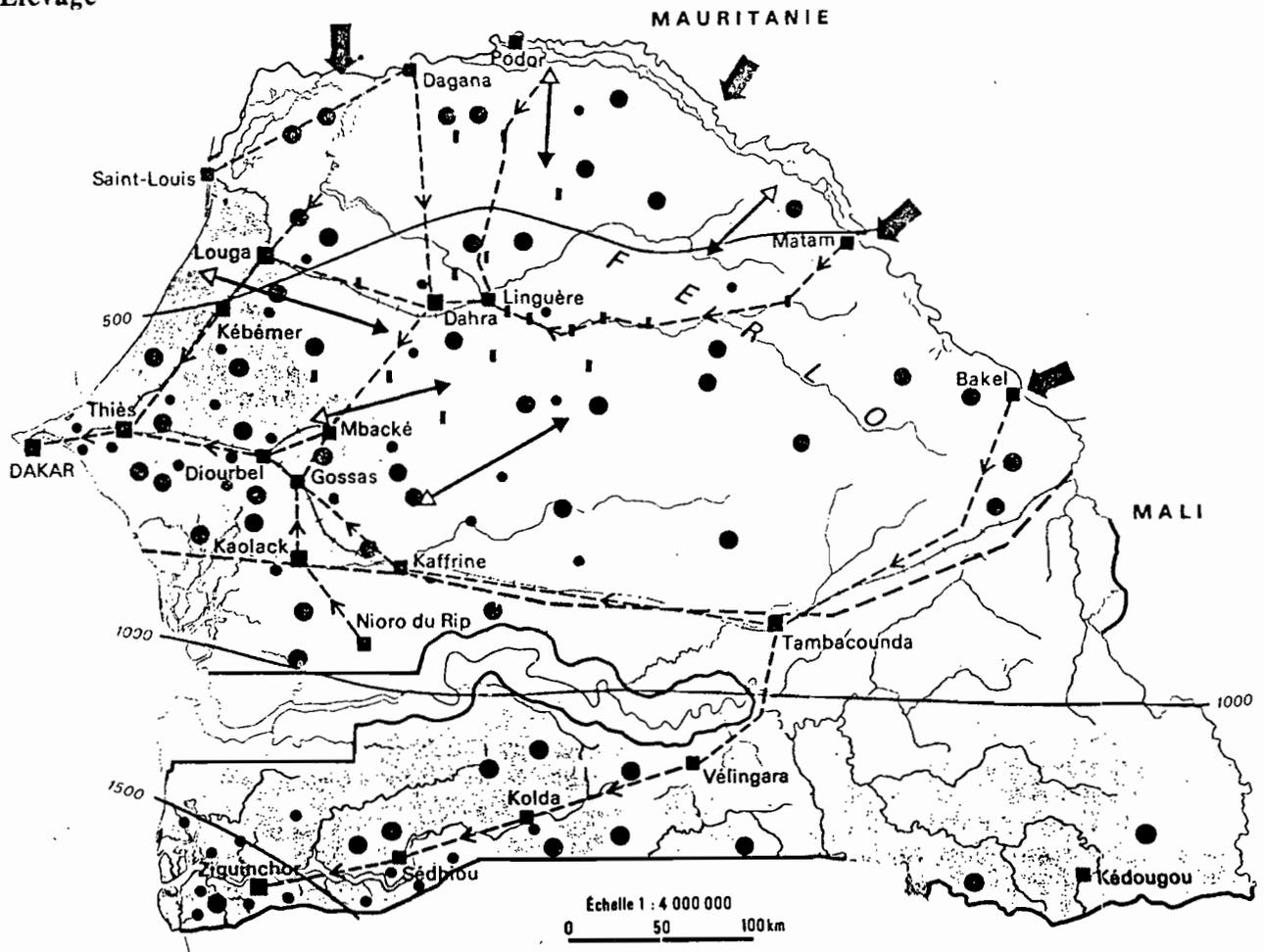
Il se pratique dans tout le pays en particulier l'élevage bovin, toute fois, les variations du milieu physique entraînent d'importantes différenciations régionales. C'est ainsi que l'augmentation de la pluviométrie au sud du pays entraîne le partage du territoire en un domaine septentrional qui est celui des zébus et un domaine méridional où ne vivent que les taurins en particulier la N'Dama.

L'ensemble du bétail sénégalais constitue un cheptel estimé à plus de 2.500.000 bovins et à près de 3.000.000 d'ovins caprins (auxquels il faut ajouter plus de 2.000.000 équins, autant d'ânes, 7.000 camelins et quelques 200.000 porcins. (13).

On peut opposer deux techniques d'élevage traditionnel :

- L'élevage pastoral, fondé sur la transhumance et pratiqué par des pasteurs spécialisés essentiellement des peulhs.

Élevage



- Élevage pastoral
- ▨ Élevage sédentaire
- - - Limite nord de la trypanosomiose
- Isohyètes (en millimètres)

- 100 000 bovins
- 100 000 ovins-caprins
- 10 000 porcins
- 10 000 chevaux

- Marché régional
- Marché local
- ▮ Forage pastoral important

- ↔ Transhumance
- ↔ Saison sèche Saison des pluies
- - -> Axe important de commercialisation
- ➡ Importation

(12)

- L'élevage sédentaire dont s'occupent les paysans.

L'élevage pastoral a pour domaine primordial la zone sahélienne, notamment le ferlo où la faible pluviosité, la brièveté de la saison des pluies, la profondeur de la nappe phréatique rendent difficile l'agriculture sous pluie. Elles n'ont permis que le maintien d'épineux et de vastes prairies d'hivernages exploitées de manière très extensive par l'élevage pastoral (carte N°2).

De gros troupeaux de zébus souvent associés à des ovins et caprins sont entretenus par les peulhs qui vivent en campements dispersés et pratiquent la transhumance.

Celle-ci consiste en une migration saisonnière qui comprend deux phases:

- En saisons des pluies les troupeaux et leurs bergers se dispersent à travers le ferlo grâce à la multiplication des points d'eau temporaires qui leur permet d'exploiter les pâturages les plus reculés.

- En saison sèche au contraire, pasteurs et bovins se replient sur la périphérie du ferlo, soit en direction de la vallée du Sénégal, soit vers l'ouest et le sud où le bassin de l'arachide leur offre les pâturages des jachères, les puits des villages et surtout, les débouchés constitués par les marchés ruraux et urbains.

L'élevage sédentaire est pratiqué par des cultivateurs de la vallée, du bassin de l'arachide et de la Casamance.

L'élevage constitue, comme dans tous les pays sahélo-soudanais, un atout important de l'économie sénégalaise. La production de viande atteint 30.000 tonnes par an valant 33 milliards de francs CFA (13). La production de lait atteint 123,5 millions de litres par an (13).

1.6.3 LA PECHE

Elle bénéficie au Sénégal de conditions naturelles généralement favorables : 700 Km de côtes, large plateau continental, eaux marines riches en sels nutritifs, faune abondante et diversifiée. La pêche alimente un important marché de consommation avec 35 Kg par habitant et par an, le Sénégalais est un des premiers consommateurs de poisson d'Afrique et du monde (13). La pêche représente un secteur d'avenir pour les pays. La production totale atteint 400.000 tonnes par an (13). En 1985, les exportations de poissons et crustacés se sont élevées à 71 millions de dollars soit 3 % du PNB (13).

CHAPITRE II GENERALITES SUR LES ORDURES MENAGERES

2-1 DEFINITION

Sont compris sous la dénomination d'ordures ménagères (8) :

- les débris de toute nature comprenant : les déchets domestiques, cendres, débris de verre ou de vaisselle, papiers, balayures et résidus de toutes sortes, déposés dans des récipients individuels collectifs.
- les déchets provenant des établissements industriels et commerciaux, bureaux, administrations, cours et jardins privés ou publics, déposés dans des récipients individuels ou collectifs.

- les crottins , fumiers, feuilles mortes, boues et d'une façon générale tous les produits provenant du nettoyage des voies et places publiques, voies privées, jardins publics, parcs, cimetières et de leurs dépendances, rassemblés en vue de leur évacuation.
- les produits du nettoyage et détritrus des halles, foires, marchés, lieux de fête, lieux d'attache des bêtes de somme ou de trait, rassemblés en vue de leur évacuation.
- les résidus en provenance des écoles, casernes, hôpitaux, prisons ou tous bâtiments publics groupés sur des emplacements déterminés dans des récipients réglementaires (à l'exclusion des produits souillés et des issues d'abattoirs).
- le cas échéant, tous les objets abandonnés sur la voie publique, ainsi que les cadavres des petits animaux.

Par contre ne sont pas compris dans la dénomination d'ordures ménagères :

- les déblais, gravas, décombres et débris provenant des travaux publics et particuliers.
- les cendres et machefers d'usines et en général, tous les résidus provenant d'un commerce ou d'une industrie quelconque, les déchets anatomiques ou infectieux provenant des hôpitaux ou cliniques ainsi que des déchets d'abattoirs.

2-2 CARACTERISTIQUES DES ORDURES MENAGERES

Les ménages produisent surtout des déchets organiques. Selon une étude de la banque mondiale (43), les pays à faibles revenus produisent environ 0,5 Kg d'ordures ménagères par personne et par jour, soit 180 Kg par an. Ce qui semble peu, mais représente tout de même, à l'échelle d'une ville de deux (2) millions d'habitants, quelques 1.000 tonnes quotidiennes.

Les déchets varient en quantité absolue, mais aussi en composition selon la géographie, l'économie, la culture et les source de production. Le tableau N° 1 donne les caractéristiques des déchets ménagères des pays à revenus faibles, moyens et élevés.

Dans une même ville d'un pays de la planète, les caractéristiques des déchets diffèrent des poubelles d'une zone industrielle à celles d'un quartier défavorisé.

Ainsi :

- la quantité des déchets augmente avec le revenu
- la densité beaucoup plus élevée des déchets ménagères dans les pays à faibles revenus appelle des choix techniques originaux, aussi bien pour le transport que le traitement,
- La forte proportion de putrescibles et végétaux appelle des solutions de recyclage des matières organiques,
- la forte humidité (foyers privilégiés de nombreux vecteurs de maladies) donc le faible pouvoir calorifique, joue en défaveur des méthodes d'incinération.

TABLEAU N°1: Caracteristiques des déchets des pays à revenus faibles, moyens et élevés

PAYS	PAYS A FAIBLES REVENUS	PAYS A REVENUS MOYENS	PAYS INDUSTRIALISES
DECHETS			
production de déchets (kg/personne/jour)	0,4 à 0,6	0,5 à 0,9	0,7 à 1,8
poids humides des déchets(kg/m3)	450 à 500	170 à 330	100 à 170
taux d'humidité(% de poids humide à la source)	40 à 80	40 à 60	20 à 30
Composition(% du poids humide)			
papier	1 à 10	15 à 40	15 à 40
verre, céramique	1 à 10	1 à 10	4 à 10
métaux	1 à 5	1 à 5	3 à 13
plastiques	1 à 5	2 à 6	2 à 10
cuirs, caoutchouc	1 à 5		
bois, os, paille	1 à 5		
textiles	1 à 5	2 à 10	2 à 10
végétaux,putrescible	40 à 85	20 à 65	20 à 50
inertes diverses	1 à 40	1 à 30	1 à 20

source: (41)

ECOLE INTER-ETATS
DES SCIENCES ET MÉDECINE
VÉTÉRINAIRES DE DAKAR
BIBLIOTHEQUE

2-3 ORDURES MENAGERES ET PROBLEMES D'ENVIRONNEMENT

Les dépôts d'ordures ménagères non contrôlés induisent des impacts néfastes sur l'environnement. Les ordures ménagères se composent de détritiques très divers, qui ne devraient pas rejoindre la même poubelle. Faute d'avoir été réalisé dans une cuve étanche, le dépôt d'ordures présente des risques de pollution de l'environnement.

2.3.1 Pollution chimique

Hormis le problème des déchets toxiques industriels, les ordures ménagères renferment des éléments particulièrement nocifs à l'environnement. Ce sont surtout :

- médicaments périmés,
- huiles usagées,
- restes de peintures,
- minéraux lourds (plomb, cadmium, nickel, mercures) provenant des piles usagées , des solvants etc...

L'élimination des ordures par la mise à feu, souvent pratiquée dans nos villes, peut participer à la pollution atmosphérique.

2.3.2 Pollution organique

Ce sont les plus importantes en ce qui concerne les ordures ménagères. Elles comprennent :

- les matières organiques,
- le péril fécal,
- les vecteurs de maladies.

3.3.2.1 Les matières organiques

Ce sont les restes des cuisines, les épluchures, les débris de parage, (conjonctif, esquilles d'os, écailles de poisson etc...). La présence en grande quantité de ces matières putrescibles entraînent des fermentations anaérobies, génératrice de mauvaises odeurs et de produits toxiques (amines, hydrogènes sulfurés, ammoniac), ainsi que des fermentations aérobies consommatrices d'oxygène.

Les eaux de ruissellement, après lessivage des dépôts sont généralement très chargées en matières organiques et peuvent porter atteinte aux sources d'eau. Une telle pollution peut entraîner la disparition totale de la vie dans une portion importante d' une rivière située en aval du dépôt.

2.3.1.2 Le péril fécal

La présence de matières fécales mélangées aux ordures des dépotoirs présente un danger d'infection du sol, de l'eau, des aliments, de l'air, la figure N°1 illustre l'ensemble des dangers que présentent les matières fécales : le péril fécal.

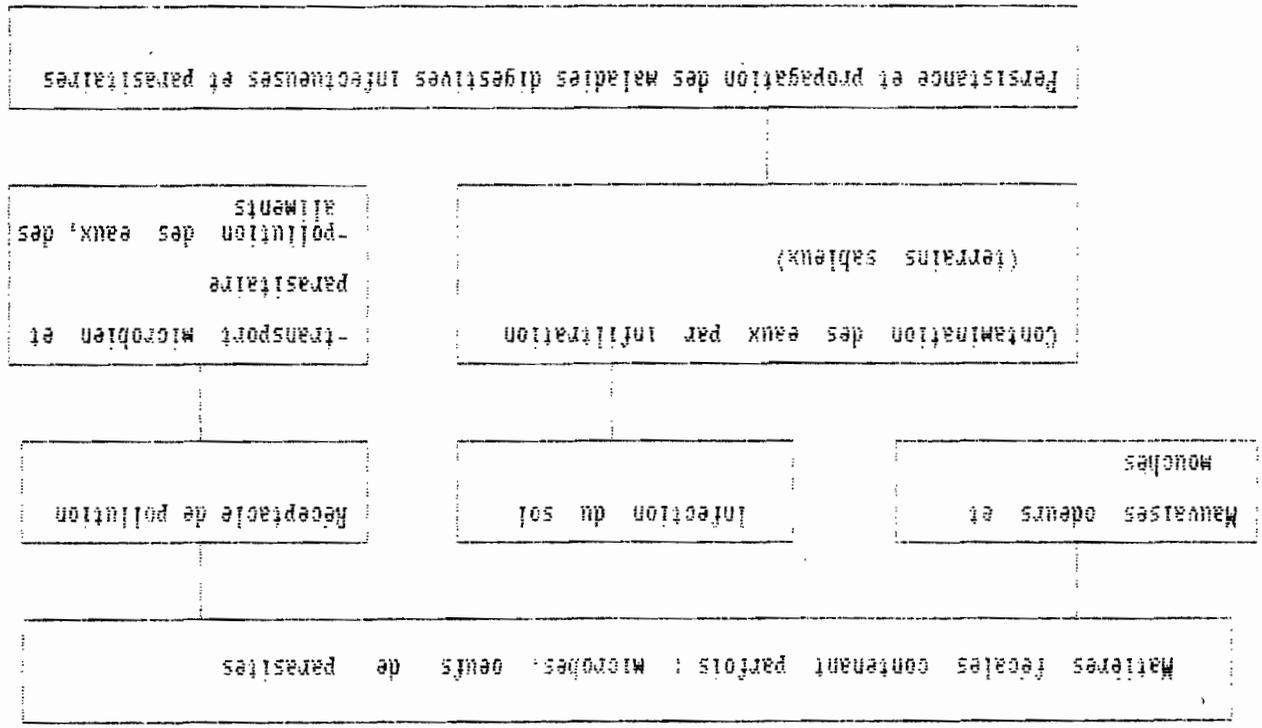


Fig.1 Le péril fécal

Source : (53)

2.3.2.3 Les vecteurs de maladies

Le problème des déchets ménagers est au centre des problèmes des maladies transmises de l'animal à l'homme. Qui dit déchets ménagers dit résidus nutritifs qui vont attirer une faune sauvage visible et invisible. En premier lieu il y a les rats : ces commensaux de l'homme sont responsables de par le monde des épidémies de peste.

Entre autre maladie transmise à l'homme, il y a la rage : les chiens ou autre carnivores vont se nourrir de déchets ménagers et créer des zones à haut risque permettant à de véritables meutes de chiens et de chacals de se transmettre le virus. Celui-ci va ensuite toucher la collectivité humaine par l'intermédiaire des carnivores domestiques.

Enfin, les ordures constituent des zones d'activité et de prolifération d'arthropodes divers (mouches, cafards, moustiques, etc...) propagateurs de maladies : maladies diarrhéiques, trachome, paludisme etc...

CHAPITRE III GESTION DES ORDURES MENAGERES AU SENEGAL

3-1 INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, les collectivités locales au Sénégal sont engagées dans un effort de ramassage et d'élimination des déchets ménagers. Les coûts de la collecte ne cessent d'augmenter car les villes sont de plus en plus étendues. En outre le taux de couverture reste faible du fait de l'enclavement de nombreux quartiers dépourvus de routes et de réseau d'assainissement.

Il s'agira pour nous de mettre en exergue les problèmes spécifiques rencontrés dans la gestion des ordures et de décrire les méthodes actuelles de traitements des ordures ménagères.

3-2 URBANISATION

Le taux d'urbanisation a connu une évolution significative depuis 1960 : 23 % en 1960, 30 % en 1970, 34 % en 1976, 39,5 % en 1988, 41 % en 1993. Cela fait du Sénégal l'un des pays les plus urbanisés de la région ouest-africaine (48) .

Cette population urbaine s'accroît à un rythme très élevé (près de 4 %) du fait d'un taux d'accroissement naturel ajouté à un solde migratoire positif. Une urbanisation aussi marquée n'est pas sans impact sur la société du fait de la pression sur l'espace, l'emploi, la couverture sanitaire, la prolifération de l'habitat spontané et l'assainissement.

Les problèmes majeurs à résoudre au niveau de l'urbanisation sont :

- la mégapolisation de Dakar, centre de toutes les décisions dont l'essor économique, administratif, culturel compromet celui de toutes les autres villes du Sénégal. A l'instar des grandes agglomérations des pays en voie de développement, Dakar présente une image de crise avec des bidonvilles qui prolifèrent et se développent en dépit des interdictions officielles et des menaces de répression. Ces quartiers périphériques attirent de plus en plus des populations (les victimes de la crise) . Les déshérités sont exclus du marché " moderne du travail " mais font preuve d'imagination et d'initiative pour organiser et exploiter les nombreuses filières économiques du secteur dit informel.

- Une morphologie inadaptée qui laisse voir les effets de la brutale croissance de la population urbaine et de l'insuffisance des infrastructures d'accueil. On se trouve en présence d'agglomérations qui ne sont des constructions urbaines que par les effectifs, mais n'en ont pas les activités, d'où leur caractères artificiel et fragile.

3-3 HABITAT

Il se présente sous des aspects très divers. Il s'étend sur une grande échelle, depuis les immeubles et villas de type résidentiel jusqu'à des constructions précaires en tôle et bois.

Pour les études relatives aux ordures ménagères, l'habitat a été scindé en cinq (5) classes (49).

- CLASSE I : immeubles
- CLASSE II : habitat individuel type villa
- CLASSE III : habitat planifié type société immobilière
- CLASSE IV : habitat spontané régulier
- CLASSE V : habitat spontané irrégulier et villageois

Les immeubles, l'habitat individuel type villa et l'habitat planifié type société immobilière se trouvent en quasi totalité à Dakar.

L'habitat spontané régulier qui constitue la trame urbaine planifiée se trouve représenté partout.

L'habitat spontané irrégulier ou l'habitat précaire se trouve représenté en majorité dans la commune de Pikine.

Le type villageois est présent partout, mais le département de Rufisque représente la majorité, dans la communauté urbaine de Dakar (Dakar, Pikine/Guédiawaye, Rufisque).

Dans la communauté urbaine de Dakar, l'habitat couvre environ 10 % de la superficie et se répartit comme suit en superficie (49).

- Immeubles : 3,8 %	:	
	:	
- Villa : 6,1 %	:	21,9 %
	:	
- Habitat planifié : 12,0 %	:	
	:	
	:	
- Habitat spontané régulier : 12,0 %	:	70,1 %
	:	
- Habitat spontané irrégulier : 40,3 %	:	
	:	

Ainsi, plus des 3/4 de la superficie occupée par l'habitat sont voués à une forme spontanée de construction.

C'est l'habitat type de Dakar, constitué par une action des tacherons et qui représente la quasi totalité de Pikine et Rufisque.

Cette situation s'est traduite par le développement de gros quartiers périphériques, sans assainissement et voies carrossables (tableau n°2).

Tableau N°2 : urbanisation et infrastructures urbaines

Départements	Pistes non accessible aux véhicules
Dakar	11,7%
Pikine	34,3%
Rufisque	19,9%

Source : (49)

3-4 ASPECTS INSTITUTIONNELS

Les textes législatifs réglementant la gestion des déchets sont:

- la loi n°8305 du 28/01/1983 portant code de l'environnement (44).
- la loi n°8371 du 05/06/1983 portant code de l'hygiène (45).

Concernant les ordures ménagères, ces textes édictent un certain nombre de règles.

Ces textes prescrivent de conserver les ordures ménagères dans des poubelles réglementaires ou dans des conteneurs et interdire tout autre dépôt d'ordures à l'intérieur des habitations, non conformes à la réglementation.

Le mélange de matière fécales ou urinaire d'origine humaine ainsi que tout branchement d'égout sur collecteur d'eau sont également interdits.

La collecte et l'élimination des matières solides sont à la charge des collectivités locales.

Sur les voies, squares et jardins publiques de même que plage, lacs, étangs et cours d'eau, ils interdisent de déposer des déchets et des ordures ménagères.

Il est interdit de mélanger aux ordures ménagères des déchets anatomiques ou contagieux, des produits pharmaceutiques et autres produits toxiques ainsi que des déchets d'abattoirs.

L'utilisation éventuelle des ordures ménagères, sans traitement, à des fins agricoles ou autres est formellement interdite.

3-5 LES ACTEURS TECHNIQUES

3-5-1 La Société Industrielle d'Aménagement du Sénégal (S.I.A.S.)

Des 48 communes que compte le Sénégal, seules celles de la région de Dakar (Dakar, Pikine/Guédiawaye, Rufisque Bargny) sont dotés d'une société autonome de nettoyage, en l'occurrence la Société Industrielle d'Aménagement du Sénégal (S.I.A.S.).

La communauté urbaine de Dakar a délégué cette tâche à la SIAS par une convention en date du 11/10/1985.

La SIAS est une société d'économie mixte aux capitaux propres d'un montant total de 1,5 milliards de francs CFA dont la majorité appartient à l'Etat sénégalais.

Le contrat assure à la SIAS la concession exclusive du service public pour une période de 5 ans pouvant être reconduite. La SIAS reçoit de la communauté urbaine de Dakar 2,4 milliards de francs CFA par année et doit gérer les ordures d'une population estimée à environ 2 millions d'habitants.

La convention définit les services à assurer et précise les tâches de gestion suivantes:

- le balayage, y compris l'enlèvement et l'évacuation des déchets solides ménagers dans l'emprise des voies publiques, privées et abords des lieux publics.
- La collecte journalière des ordures ménagères déposées dans les récipients individuels ou collectifs, le long des voies publiques ou déposées à même le sol (dans les quartiers non urbanisés uniquement).
- le nettoyage : vidange des corbeilles à papiers ratissages des trottoirs non revêtus, ramassage des animaux morts etc...
- l'évacuation des produits collectés au cours des opérations ci-dessus jusqu'aux décharges contrôlées agréées par l'administration compétente (y compris l'exploitation de ces décharges) ou jusqu'à l'usine de traitement et de recyclage. Cependant, l'existence de cette société n'a pas encore éradiqué les nombreux dépôts sauvages, surtout au niveau des quartiers périphériques, et dans les zones hurbanisées.

3.5.2 LES SERVICES MUNICIPAUX

Dans les communes de l'intérieur du pays, ce sont les services municipaux, dont les capacités budgétaires sont plus que limitées qui se chargent tant bien que mal de cette énorme tâche. Il n'est guère étonnant dans ces conditions que des villes comme Kaolack, Saint-Louis etc... ploient sous une insalubrité constante.

3-6 CARACTERISTIQUES DES DECHETS

3.6.1 Quantités

Le tableau N° 3 rassemble les quantités de déchets produits dans huit (8) communes au Sénégal.

Tableau N°3 : production de déchets ménagers dans 8 communes au Sénégal

Communes	Production (t/j)
Dakar, Pikine, Rufisque Bargny	1500t
Thiès	105t
Kaolack	93t
Ziguinchor	78t
Saint Louis	65t

Source : (47)

Il ressort de ce tableau, que la problématique des déchets solides se pose de façon cruciale pour la communauté urbaine de Dakar en raison de sa taille, de son rythme de croissance (3,9 % par an), de la localisation de l'essentiel de l'appareil industriel qui accentue la situation particulière de Dakar par rapport aux autres agglomérations du territoire national.

3.6.2 Composition

Les tableaux N°4, 5 et 6 donnent les composition pondérales des déchets ménagers des communes de Dakar, Kaolack, Rufisque.

Tableau N°5 : Composition pondérale des déchets ménagers de la commune de DAKAR

Catégories	DAKAR						
	Plateau	Sicap LibertéII	Sicap Dieupeul	Médina	Grand Dakar	Thiaroye	Parcelles Assainies
Déchets organiques	58,9	58,4	54,9	43,6	47,5	42,8	34,5
Textiles	2,4	4,2	3,5	8,6	3,7	4,1	2,3
Papier - carton	23,1	6,8	6,0	10,2	7,1	6,2	4,2
Mét. aux ferreux	3,9	4,1	4,3	4,9	3,3	1,6	1,5
Mét. aux non-ferreux	0	0	0	0	0	0	0
Plastiques	5,2	3,9	2,6	6,6	3,5	3,5	2,4
Verres	0,9	1,1	1,1	0,7	2,4	1,3	0,5
Cailloux céramiques	0,5	5,6	2,2	1,8	3,3	1,8	3,3
Restes	0,6	4,1	3,0	4,4	1,8	6,6	8,8
Fines	4,5	11,8	22,4	19,2	27,4	32,1	42,5
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Source : (7)

Tableau N°5 : Composition pondérale des déchets ménagers de la commune de Kaolack

KAOLACK	
Catégorie	Composition(%)
Déchets organiques	66,8
Textiles cuirs	5,0
Papier - carton	14,4
Métaux ferreux	4,0
Plastique	8,6
Verre céramique	0,7
Bois, os, arêtes	0,5

Source: (35)

Tableau N°6 : Composition pondérale des déchets ménagers de la ville de Rufisque

Catégories	RUFISQUE
Déchets organiques	35,2
Textiles	6,1
Papiers - cartons	6,1
Métaux ferreux	3,1
Métaux non ferreux	Ø
Plastiques	4,4
Verres	Ø,9
Cailloux céramiques	2,Ø
Restes	9,9
Fines	32,4
Total	100,Ø

On remarquera :

- de fortes teneurs en matières organiques,
- l'absence de métaux non ferreux (récupération systématique),
- la variation importante des teneurs en "fines" dû à la présence de sable dans les déchets en provenance des secteurs à terrain sableux, ce qui risque d'exclure la possibilité de montage d'une usine de compostage.

3-7 LES MOYENS FINANCIERS

Le financement des opérations de collecte et d'élimination des déchets provient pour l'essentiel de la taxe sur les ordures ménagères, prélevée en application de l'article 156 du code de l'administration communale. Son assiette est le revenu net des immeubles, et le taux de son application à dakar est de 6 %. Tous les immeubles sont imposés à la taxe sur les ordures ménagères, mais malheureusement le taux de recouvrement reste inférieur à 70 % ce qui grève fortement le poste "ordure" dont la gestion consomme 30 à 50 % des budgets municipaux (14).

A Dakar, les recettes de la taxe sont estimées à 900 millions de CFA (14). Ce recouvrement est nettement insuffisant dans la mesure où le poste carburant, seul, consomme près du quart de ces recettes (14).

3-8 LES MOYENS MATERIELS

Pour assurer la collecte des déchets, les acteurs techniques disposent d'un équipement constitué de quatre (4) principaux types de matériel:

- bennes tasseuses,
- polybennes,
- tracteurs,
- conteneurs de 6 mètre cube.

A la vétusté du matériel, s'ajoute son insuffisance, ce qui accroît les difficultés des services compétents à s'acquitter convenablement de leurs tâches. Le parc automobile de la SIAS ne comprend que seize (16) bennes tasseuses et polybennes pour ramasser les tonnes d'ordures de la région de Dakar.

A Kaolack la municipalité ne dispose que de deux (2) bennes dont l'une délivrée gratuitement par la municipalité de Grenoble, et de deux (2) polybennes dont une hors d'usage.

3-9 COLLECTE ET EVACUATION

Le système actuel de collecte comprend une collecte domiciliaire (porte à porte) avec des bennes tasseuses et une collecte des conteneurs avec des polybennes. La ségrégation spatiale en vigueur pour les autres infrastructures et services urbains n'épargne pas le ramassage des ordures ménagères.

Les quartiers modernes connaissent en général une collecte de porte. Les poubelles privées, individuelles ou collectives s'il s'agit d'un immeuble sont vidées presque quotidiennement par le service de ramassage. Ces quartiers, les "vitrines de la ville" bénéficient d'un maximum de service.

Dans les quartiers périphériques, et les marchés, les ordures sont évacuées dans un carton, une bassine, un panier dans des conteneurs à ordures publics.

Dans ces quartiers, le ramassage officiel des ordures s'effectue de manière très irrégulière insuffisante car les véhicules ne peuvent accéder à plus de 3 % des habitations à cause de l'absence des voies dessertes.

L'environnement de ces quartiers "enclavés" reste gravement marqué par des dépôts sauvages d'ordures et les difficultés d'évacuation des eaux usées. L'insuffisance évidente des conteneurs occasionne elle aussi une malpropreté de ces endroits de ramassage des déchets.

Vu l'encombrement des conteneurs, les ordures sont déposées sauvagement autour de ce matériel mais aussi, on ne peut voir un bac vide au milieu de tas d'immondice, oeuvre d'enfants qui, ne pouvant pas atteindre le sommet du bac, déposent les déchets par terre.

Dans la région de Dakar, seuls 70 % des ordures produites sont évacués par la SIAS (source : direction de l'environnement) 72,7 % des ordures produites dans la ville de Kaolack ne sont pas collectés.

D'après une étude effectuée par DIOP (14), le pourcentage de collecte irrégulière dans la région de Dakar est de 90 % avec un taux d'insatisfaction de 74 % dans les zones d'habitat faiblement urbanisées contre 38 % dans les quartiers dits modernes et planifiés.

Donc, à l'inégalité du service, s'ajoute son insuffisance. On a toujours privilégié une approche uniforme des solutions en matière de gestion des déchets ménagers, alors que l'espace urbain dans nos pays est constitué d'un tissu hétérogène dont chaque unité territoriale doit faire l'objet d'une analyse spécifique. L'écart entre les ordures collectées et les ordures produites risque de s'accroître à cause de la rapidité de la croissance des villes à laquelle il est difficile de faire face.

3-10 TRAITEMENT

Dans le système actuel de gestion des ordures ménagères, leur traitement se limite à la mise en décharge et à la récupération.

3.10.1 La mise en décharge

Par l'inexistence de station de traitement, les ordures collectées dans les zones urbaines sont mises en décharge municipale à la périphérie des villes. Les déchets arrivent par camions gros porteurs, sont étalés puis compactés par un bulldozer et subissent lentement la dégradation naturelle.

Les ordures collectées dans la communauté urbaine de Dakar sont transportées à la station de transfert de Pikine avant d'être acheminées vers la décharge de Mbeubeuss.

Pour ces décharges aucun programme d'exploitation n'est mis en place et aucune d'elle ne remplit les critères d'une décharge contrôlée. Ce sont des décharges à ciel ouvert où l'on pratique l'ensevelissement sanitaire.

Il n'existe pas de moyens destinés à limiter la pollution, ce qui va à l'encontre de la volonté politique actuelle dans le domaine de la protection de l'environnement.

En plus des ordures ménagères, ces décharges reçoivent d'autres déchets solides et pâteux en provenance des industries et hôpitaux.

Pour la plupart des villes de l'intérieur, l'analyse montre que lorsque le ramassage est effectué, les municipalités se contentent d'essayer de combler les sites de carrière ou tout simplement de décharger à la périphérie des villes. Aucun des sites artificiellement retenus n'a fait l'objet d'études préalables concernant les environnements naturels, humains et leur évolution.

L'étude des impacts de la décharge de l'agglomération de Dakaroise réalisée par le bureau caritas (7) a révélé plusieurs points :

- l'eau utilisée par les maraîchers installés à proximité de la décharge est polluée en particulier par les matières organiques, les hydrocarbures,

- on observe au niveau des eaux souterraines une accumulation de pollution en métaux lourds,

- extension du périmètre de la décharge au détriment des surfaces cultivables,

- une baisse des rendements de culture en raison des fumées, poussières, pollution de l'eau,

- la perte de bétail par ingestion de déchets plastiques.

Il apparait donc que la décharge, bien qu'étant le moyen le moins coûteux en matière de traitement des déchets solides pose des problèmes de gestion d'espace et d'environnement.

3.10.2 La récupération

Au Sénégal, comme dans la plupart des pays en voie de développement, la récupération des déchets se pratique à un niveau informel. la récupération alimente non seulement l'artisanat local en matières premières, mais contribue à créer une multitude de petits emplois qui permettent de donner un "gagne pain" aux nombreux exclus de l'économie moderne.

3.10.2.1 Récupération à la décharge de Mbeubeuss

3.10.2.1.1 Présentation et caractéristiques du site

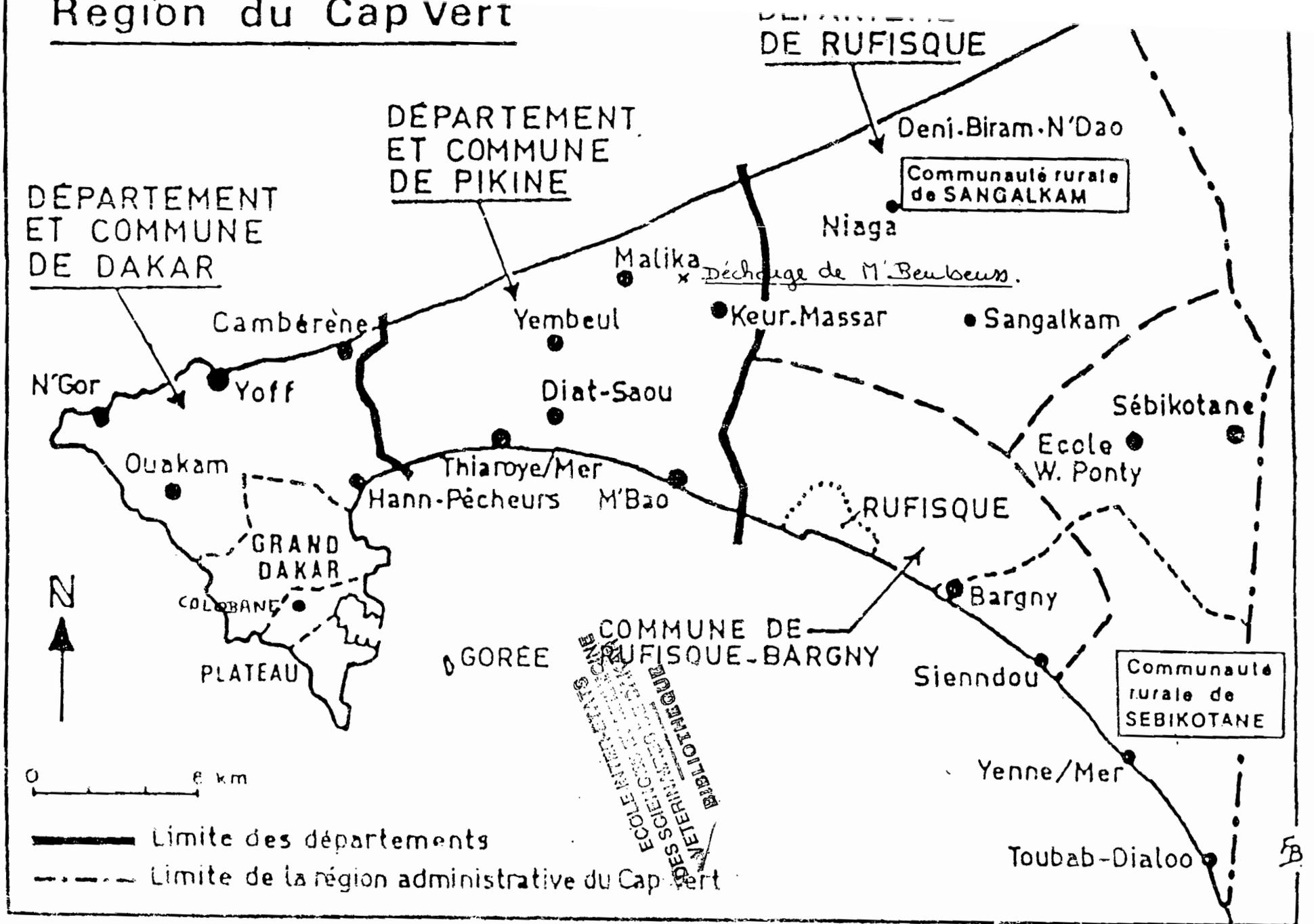
La décharge centrale de l'agglomération de la région de Dakar se situe à environ 20 Km au nord-est de Dakar, dans la dépression de l'ancienne lac de Mbeubeuss (carte N° 3). Cette décharge, créée en 1968 était destinée au départ à surélever le terrain pour créer la route de Malika. La fermeture en 1970 de la décharge de Dakar/Hann l'a transformée en décharge publique permanente. Sur une superficie d'environ 2 Km², s'étendent les ordures, accumulées depuis des années.

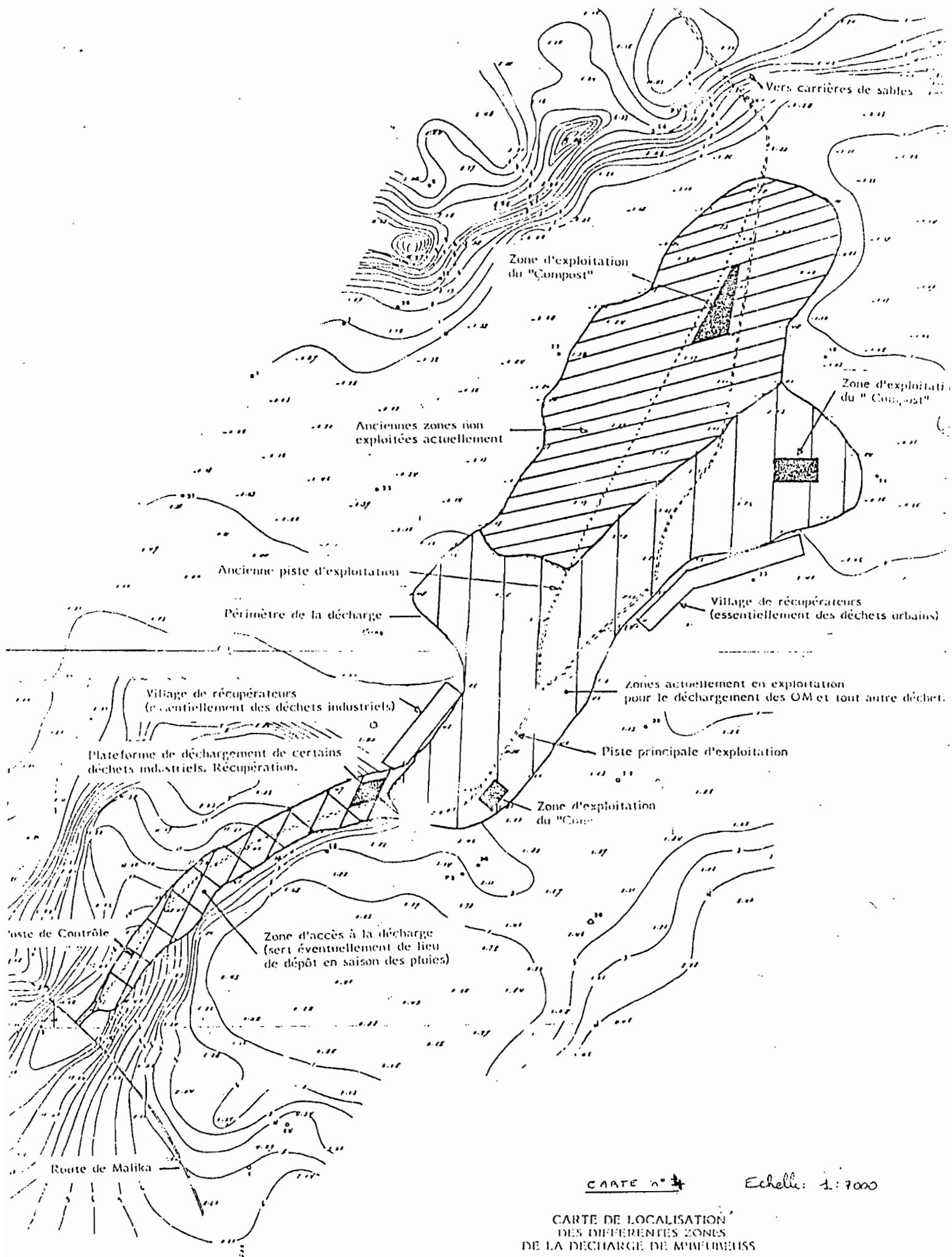
Environ 1.500 tonnes d'ordure y sont chaque jour déposées. La décharge, malheureusement repose sur un sol perméable où le contexte hydrogéologique est caractérisé par une nappe phréatique affleurante, un lac évaporatoire sur lequel est déposé une partie du dépôt et un contact eau douce eau salée qui sépare les différents pôles du système. Les perméabilités des différents sols observés sont généralement trop élevées et par conséquent inaptes à constituer le fond d'une décharge.

Les eaux souterraines s'écoulent sous la décharge et se dirigent vers le lac. Il existe cependant des risques de transfert d'eau du lac vers la mer d'où une possibilité de pollution de l'aquifère dunaire du littoral.

Les données météorologiques disponibles (celles de la stations de Dakar Yoff) montrent un déficit en eau durant toute la saison sèche. L'infiltration existe pendant les mois pluvieux et on assiste alors à un lessivage du dépôt et un transfert de la pollution vers le sous sol.

Region du Cap Vert





CARTE n° 4

Echelle: 1:7000

CARTE DE LOCALISATION
DES DIFFERENTES ZONES
DE LA DÉCHARGE DE MBOUBEUSS

- La filière des chiffons

35% des personnes récupèrent les chiffons. Le ramassage des chiffons se fait au rythme des saisons, la période d'abondance étant la saison sèche. Leur travail est permanent, ce qui n'exclut pas une brève interruption pendant l'hivernage pour aller cultiver au village.

La collecte journalière moyenne est de 20 à 30 Kg par récupérateur. La récolte est généralement stockée dans les villages. Les chiffons sont lavés et entassés en attendant un désengorgement du marché et une remontée des prix.

La vente s'effectue généralement sur la décharge au prix de 10 francs CFA le Kg. Les clients sont généralement installés dans les divers marchés de la région de Dakar. Le produit de la récupération est utilisé pour la confection artisanale de matelas, de sacs d'écoliers ou comme chiffons d'essuyage industriel aux garages.

- La filière du plastique

Chaque récupérateur ramasse environ 200 à 400 Kg de plastique par semaine. Les produits les plus recherchés sont les bidons en plastique dont la collecte serait d'environ 20 bidons par personne et par jour. Les bidons en plastique sont revendus sur le marché au prix de 50 francs CFA l'unité et sont utilisés pour le conditionnement de divers produits ou découpés comme entonnoirs.

- La filière des métaux

En raison de son coût d'achat "élevé", 65 % des récupérateurs travaillent dans cette filière. La récolte journalière est de 15 à 20 Kg de métaux par récupérateur et par jour. Les prix de vente se situent autour de 200 à 300 F CFA les 10 Kg.

Les principaux clients sont la SONAFRIQUE et surtout AFRIQUE METAUX qui en achète pour l'exploitation.

- La filière des bouteille en verre

Les bouteilles sont en général ramassées avec un crochet et stockées du fait de la saturation du marché. Le nombre de bouteilles récupérées par jour varie entre 20 et 30. Le prix d'achat va de 10 à 25 francs CFA l'unité et les clients sont surtout des artisans ou intermédiaires. Ces bouteilles connaissent le même usage que celui des bibon plastiques.

- La filière du terreau

La SIAS exploite certaines zones de la décharge et assimile ce terreau à du compost (carte N° 4). Les ordures ménagères dégradées sont passées à travers un tamis de 2 cm * 2. les matériaux ainsi récupérés sont vendus comme amendement organique au prix de 4.500 francs CFA la tonne. L'exploitation de ce terreau ne s'effectue qu'en saison sèche. Elle emploie 6 personnes vivant sur la décharge qu'elle rénumère 1.000 francs CFA pâr jour.

* Destination du terreau

Le terreau est destiné à amender les espaces verts. Les clients sont la Direction des Espaces Verts, les hôtels. Jusqu'alors, la SIAS n'a pu satisfaire la demande qui a toujours été importante.

La remontée de la nappe phréatique après la pluie joue un rôle désastreux puisqu'une partie du fond de la décharge baigne.

Il existe aucun schéma d'exploitation précis pour la décharge et les zones en exploitation changent tous les un (1) à trois (3) mois, parfois au détriment des surfaces vierges cultivables par les maraîchers. Aucune autre opération n'est réalisée après le compactage des ordures (pas de couverture de terre...).

Cette décharge, bien que d'aspect repoussant est un lieu d'activité économique non négligeable qui permet de nourrir des centaines de personnes par la présence des récupérateurs.

3.10.2.1.2 les récupérateurs

On estime qu'il ya 300 à 400 récupérateurs sur la décharge (7) certains travaillent et vivent sur la décharge en compagnie de leur famille. Groupés en 2 villages, ils travaillent dans des filières relativement spécialisées. Le premier village, Gouigui, à environ 500m de l'entrée de la décharge, groupe une trentaine de baraques où travaillent 100 à 150 personnes. Les baraques sont accolées les unes aux autres et cachées par des clôtures de fortune construites à partir de tôles, cartons comme les maisons elles-mêmes.

On trouve à Gouigui toutes les filières principales de Mbeubeuss.

Baol, le deuxième village se situe à plusieurs centaines de mètres de la décharge . Ce village est considéré comme celui des paysans les plus pauvres. 150 à 200 récupérateurs cherchent des objets dans les camions de la SIAS et fouillent la montagne d'ordures de leurs crochets.

De toutes les filières de récupérations à Baol, c'est celle des chiffons qui prédominent.

Chaque récupérateur a en moyenne 5 personnes à sa charge.

D'après le BUREAU VERITAS (7), 85% des récupérateurs travaillent sur la décharge depuis moins de 10 ans, 14% y travaillent depuis 11 à 20 ans. Les conditions de vie des récupérateurs sont très précaires : ils travaillent sans protection et mangent sur la décharge dans des gargottes fixes ou ambulantes. De nombreuses personnes se plaignent de problèmes de santé:

- Paludisme (les moustiques prolifèrent),
- Maladies respiratoires (poussières, fumées) ,
- Maux de ventre, diarrhée (nourriture et boisson douteuses),
- Gale,
- Courbatures,
- Nombreuses blessures à cause des bouteilles cassées, des objets

métalliques etc..

D'une manière générale, les principaux problèmes de ces personnes selon eux, sont :

- Conditions de travail déplorables,
- Santé-Hygiène,
- Revenu insuffisant.

3.10.2.1.3 Les filières De récupération

Le terme de "filière" se rapporte à un type précis de déchets récupérable et possédant une valeur utilitaire potentielle. Il serait illusoire de vouloir les analyser toutes. Aussi avons nous choisi d'identifier les principale selon leur chaîne classique : récupération, transformation éventuelle commercialisation. Les chiffres cités proviennent de l'organisation non gouvernementale Environnement et Développement dans le tiers monde (54).

* Caracteristiques du terreau

Il est obtenu à partir d'un processus de dégradation des déchets mis en décharge, sous l'effet de micro-organismes décomposeurs.

Dans ce processus une grande partie du substrat est complètement oxydée, le reste étant transformé en composé organiques plus complexes et plus stables. La SIAS a analysé le terreau après criblage à partir de quatre prélèvements. Les résultats portant sur 1 Kg de produit sont les suivant :

ANALYSE DU COMPOST DE LA DECHARGE DE MBEUBEUSS

Age du terreau : 5 à 10 ans

Humidité : 50 à 80 % suivant la granulométrie du substrat

Rapport C/N : 30 à 35 %

PH : 5,5 à 5,5 %

- Substrat : 840 g

- Verre : 110 g

- Plastique : 110 g

- Fer : 8 g

- Divers : 10 g

(source SIAS)

Ces resultats ne correspondent pas avec ceux qui ont été obtenus par l'ORSTOM de Dakar.

ANALYSE DU "COMPOST" DE LA DECHERGE DE MBEUBEUSS

Humidité : 10 %

PH :

MO : 6,03 %

C : 3,5 %

N : 0,42 %

CIN : 8,2

P205 : 0,86 %

PB : 315 mg/kg
 NI : 61 mg/kg
 CD : 14 mg/kg

(source : ORSTOM)

On constate que :

- l'échantillon est essentiellement composé de matières minérales (90 % de sable),
- le rapport CIN (8,5) indique une dégradation terminée,
- le pourcentage de matières organiques est faible,
- les concentrations en métaux lourds du terreau sont élevées et avoisinent les teneurs limites fixées par les normes européennes pour une utilisation en agriculture (tableau N°7).

TABLEAU N°7: Teneurs limites en métaux lourds exprimées en ppm de matière sèche dans les composts issus des ordures ménagères ou des cribles de décharge

MÉTAL COMPOSANTS ET CRIBLES DE DÉCHARGES	Cd	Pb	Ni
NORMES EUROPÉENNES	3 à 10	150 : 1000	ca : 100

Source : (34)

3.10.2.2 DIMENSION DE LA RECUPERATION POPULAIRE

Il est difficile d'appréhender un secteur aussi complexe que celui de la récupération populaire. Il est difficile d'obtenir des renseignements quantitatifs précis. Il est impossible de distinguer exactement la quantité récupérée de celle achetée. Ce sont des concepts économiques qui ne rentrent pas dans la logique des récupérateurs. On tente tout simplement de s'en sortir, sans tenir de comptes.

En supposant que le secteur des "petits métiers" fournit autour de 200.000 emplois dans l'agglomération dakaroise, la récupération avec 2.000 à 2.500 personnes, packs et Mbeubeuss compris, représente environ 1,5 % de ce secteur, auxquels il faut ajouter les divers artisans-recycleurs utilisant les matériaux récupérés. Le packs désigne tout plan ou un ou plusieurs individus s'adonnant à une activité directement ou indirectement liée à la récupération (poubelles, conteneurs, postes de transfert, marchés etc..)

Le revenu journalier du récupérateur peut être estimé à 1.000 à 1.500 francs CFA (54) . Ce revenu estimé est en général supérieur à celui déclaré par les récupérateurs. Leurs indications sont basées par la perception de l'enquêteur(celui-ci étant pour le récupérateur éventuellement lié à une taxation ou un impôt à éviter), et d'autre part par l'absence de comptabilité précise.

Les impacts sociaux sont considérables si l'on évalue les emplois et revenus directs ou indirects. Par ailleurs, il est important de bien comprendre que la clientèle du marché de la récupération est spécifique, et en constante croissance, une masse toujours croissante, du fait de la baisse continue du pouvoir d'achat. Les effets sur la balance commerciale du pays sont réels. La récupération permet une exportation, certes pas à un niveau important, mais surtout, elle réduit les importations par le réemploi. On évalue par exemple à 40 francs CFA environ la somme monétaire économisée par bouteille récupérée et réutilisée.

Les considérations écologiques sont évidentes si l'on prend en compte les économies d'énergie et les effets de protection d'un environnement dont l'équilibre est menacé. Enfin, la réduction des coûts de transport des déchets est appréciable pour les collectivités locales.

3-11 CONCLUSION

Au total, le Sénégal a d'énormes difficultés pour assurer la collecte et le transport des déchets vers les décharges dont les sites ne sont généralement pas indiqués pour ce genre d'activité. On peut conclure sans se tromper que la technologie actuelle en matière de collecte et d'élimination de déchets dans les pays développés est inadaptée aux possibilités des villes africaines.

DEUXIEME PARTIE : TECHNOLOGIE DE TRAITEMENT DES ORDURES MENEGERES

I COMPOSTAGE

II COMPOSTAGE

III MISE EN DECHARGE

Après la collecte et l'évacuation, la dernière étape du cycle des ordures ménagères est celui du traitement. Le choix d'un système d'élimination des ordures ne devrait pas uniquement être régi par le souci de se débarrasser des résidus indésirables pour l'environnement et la santé. Au contraire, la considération des ordures comme ressource économique potentielle élargit considérablement l'éventail des solutions envisageables. Il est indispensable de privilégier dans cette partie, les technologies les plus appropriées pour le Sénégal.

C'est pourquoi seront retenues les technologies que sont :

- le compostage,
- la méthanisation,
- la mise en décharge.

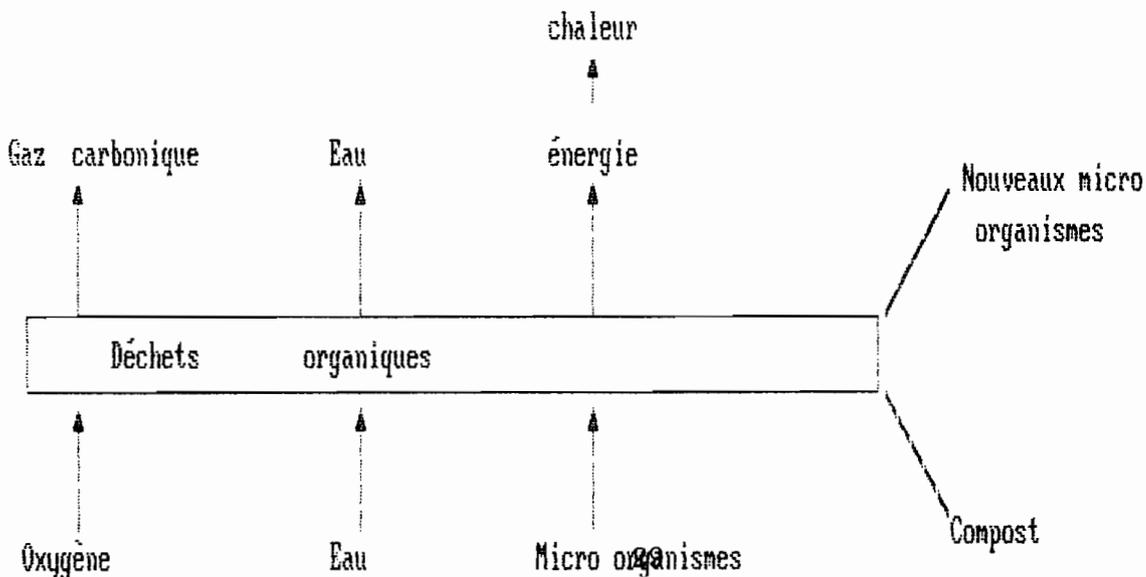
CHAPITRE I LE COMPOSTAGE

1-1 INTRODUCTION

L'expression "compostage des ordures ménagères", bien qu'inexacte en partie, est malheureusement entrée dans le langage professionnel. En réalité, on doit parler de la fraction fermentescible des ordures, c'est à dire des seuls déchets organiques. En effet, toutes les autres composantes ne se laissent pas composter.

Le compostage constitue un des procédés de valorisation de la biomasse par voie humide; c'est la décomposition aérobie et la stabilisation de substrats organiques, dans des conditions thermiques résultant d'une chaleur produite par les réactions biologiques. Il en résulte un matériau stable pour le stockage et pour l'application au sol, sans effets néfastes pour l'environnement. La figure 2 présente un processus de compostage :

Fig: 2 Processus du compostage



Les micro-organismes utilisent l'humidité et l'oxygène de l'air et se nourrissent au dépend des matières organiques. Il se dégage du gaz carbonique, de l'eau et de l'énergie. Une partie de l'énergie libérée sert à leur croissance et à leurs mouvements, le reste se dégage sous forme de chaleur. Il en résulte que le tas de compost s'échauffe, atteint une température de pointe puis se refroidit graduellement pour atteindre le stade de maturité. Ce processus est utilisé notamment pour transformer les déchets organiques en un produit utile.

En effet, le compost représente un amendement de haute qualité, riche en humus. Il est constitué des éléments les plus résistants de la matière organique originelle, des produits résultant du processus de dégradation, des cadavres de micro-organismes, de quelques micro-organismes vivants, et enfin des produits de réactions ultérieures entre ces éléments.

1-2 LES FACTEURS DU COMPOSTAGE

1.2.1 Aération

Un apport d'air adéquat, à toutes les parties du tas de compost est essentiel pour fournir l'oxygène aux micro-organismes et pour chasser le gaz organique qui se dégage. Les conditions anaérobies entraînent le développement de divers types de micro-organismes, qui déclenchent soit une conservation acide, soit une putréfaction du tas, engendrant des odeurs nauséabondes.

L'aération est assurée soit par une pénétration naturelle de l'air à l'intérieur du tas, soit en retournant ce dernier régulièrement à la main ou mécaniquement. Aucune partie de la masse à composter ne doit se trouver à plus de 750 mm d'une source d'air libre (18). Dans la pratique, il suffira d'étaler des broussailles au dessus du tas et d'installer des cheminées d'aération.

1.2.2 Humidité

Tous les micro-organismes ont besoin d'eau pour vivre. Lorsque l'humidité du tas de composté chute au dessous de 30 % de son poids frais, les réactions biologiques se ralentissent considérablement. Par contre, si l'humidité est très élevée, l'engorgement empêche la circulation de l'air à l'intérieur du tas (32).

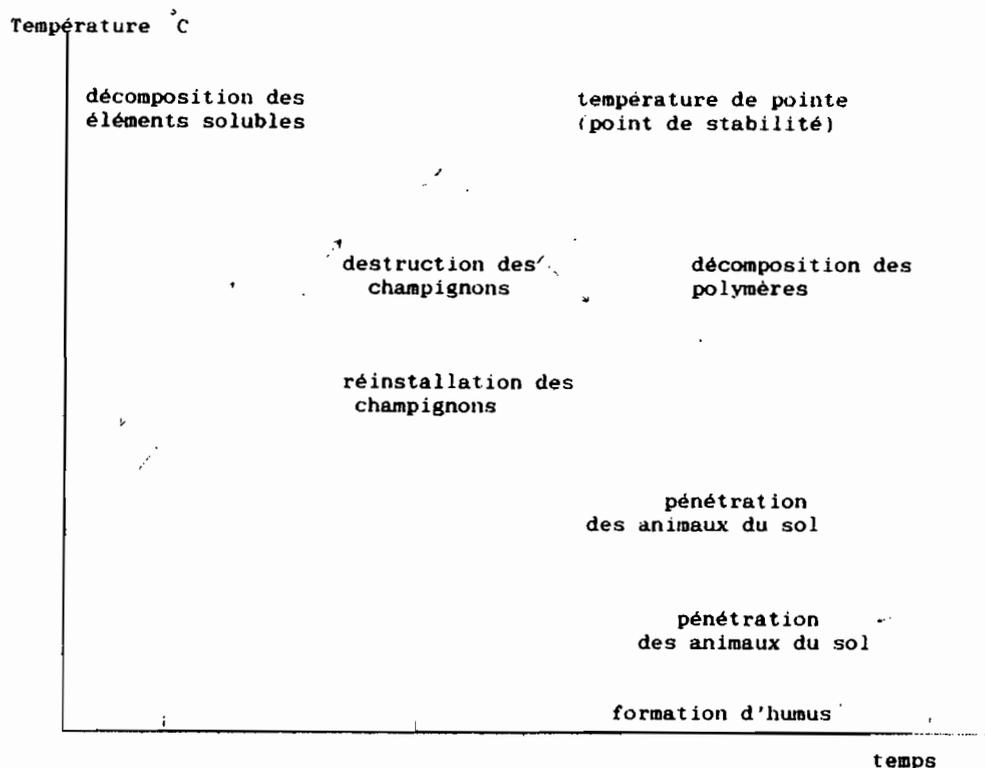
L'humidité optimale des déchets à composter est de 50 à 60 % (20). Lorsque les matériaux sont secs, les mesures à prendre sont les suivantes:

- humidifier préalablement le mélange et le cas échéant durant le compostage,
- composter dans des fosses lorsqu'il fait chaud pour limiter l'évaporation,
- ombrager la masse à composter pour la soustraire de la lumière solaire.

1.2.3 Température

Durant le compostage des déchets organiques, une partie de l'énergie libérée par la dégradation des matériaux se transforme en chaleur, ce qui élève la température. La courbe température-temps normale dans un tas de compost est indiquée dans la figure

Figure 3 Courbe température - temps



Source : (32)

A: mésophile

B : thermophile

C: refroidissement

D : maturation

Elle montre que le tas passe par le stade d'échauffement, puis, après avoir atteint la température de pointe, passe par le stade de refroidissement suivi du stade de maturation.

Au départ, la masse est à la température ambiante. Durant le premier stade, elle s'échauffe, les micro-organismes présents prolifèrent rapidement et la température augmente. Pendant ce temps, tous les composés facilement dégradables comme les sucres, les amidons et les graisses se décomposent. Lorsque la température atteint 60° C, les champignons arrêtent leur activités et la dégradation du substrat continue sous l'action actinomycètes et souches de bactéries productrices de spores. La décomposition se ralentit et la température maximale est atteinte. A ce moment, le tas perd autant de chaleur que les micro-organismes en produisent.

Après la température maximale, le tas atteint le stade de stabilité, tous les matériaux facilement dégradables ont été décomposés et la plupart des besoins en oxygène ont été satisfaits. La masse n'attire plus les mouches et les insectes et ne dégage plus de mauvaises odeurs.

Au cours du stade de refroidissement, les pailles et les tiges sont décomposées principalement par les champignons. En effet, lorsque la température descend au dessous de 60° C, les champignons envahissent à nouveau le tas à partir des zones les plus froids et attaquent les composés les moins résistants tels que les hemicelluloses et la cellulose, les transformant en sucres simples, utilisables par tous les autres organismes. Les actinomycètes apportent également leur concours durant cette période. A la fin du stade de refroidissement, la majorité des aliments auront disparu; la concurrence s'établit entre les micro-organismes, des antibiotiques sont libérés et les animaux du sol de taille majeure, spécialement les vers, s'installent pour quelques semaines.

Le processus entre alors dans le stade de la maturation, où la dégradation diminue et la chaleur libérée est faible. Le temps qui s'écoule entre la constitution du tas et la maturation du compost dépendra de la nature de la matière organique, de l'aération, de l'humidité du tas et du milieu ambiant. Sous les tropiques, la réaction est très rapide et, en conditions optimales, sera complète au bout de trois mois.

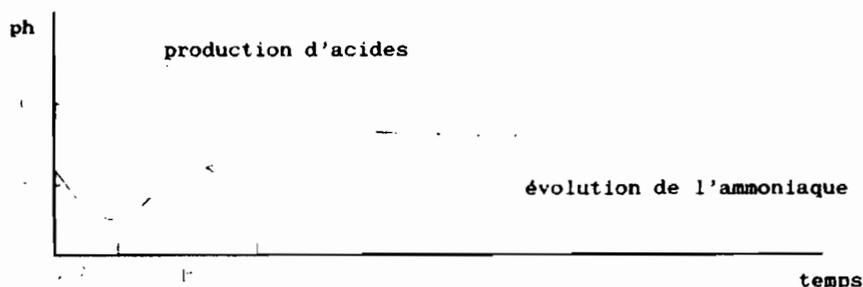
Si le tas de compost est recoupé avant sa maturation, il se produit une hausse de température due à un regain d'activité de micro-organismes (18). Une température de 55 à 60° C maintenue au moins durant trois jours est nécessaire pour tuer la plupart des organismes pathogènes (18). Sous climat chaud, et pourvu qu'il soient protégés du vent, les gros n'exigent pas d'isolation spéciale. Lorsqu'on constitue des tas utilisant le flux naturel de l'air, il est important de limiter leur taille maximale à 2,5 m de largeur et 1,5 m de hauteur; on évitera ainsi le surchauffage à l'intérieur du tas et la circulation de l'air à travers la masse en sera facilitée (18).

1.2.4 pH du tas

On remarque dans la figure N° 4 que le matériau s'acidifie légèrement au début de l'opération car les premiers produits de la dégradation sont des acides organiques simples. Après quelques jours, la masse devient légèrement alcaline, suite à la libération d'ammoniac par les protéines dégradées. L'alcalinité excessive se traduit par une forte perte d'azote sous forme d'ammoniac. Une acidité élevée au départ de l'opération risque d'empêcher l'échauffement du tas par inhibition de l'acide des micro-organismes.

On peut réduire les pertes en ammoniac du tas de compost en mélangeant soigneusement aux matériaux une petite quantité de terre, environ 1 % du poids du tas.

Figure 4 : compostage : évolution du pH



Source : (32)

A : mésophile

B : thermophile

C : refroidissement

D : maturation

1.2.5 Les éléments nutritifs

Le processus de compostage dépend de l'activité des micro-organismes qui ont besoin de carbone comme source d'énergie et d'azote pour élaborer leurs protéines. Leurs besoins en phosphore et autres éléments sont plus faibles. L'azote est le nutriment le plus important et sa présence en grande quantité dans les débris organiques signifie généralement un taux suffisant des principaux autres nutriments.

Il est souhaitable que le rapport C/N des déchets se situe entre 25 et 35 dans le mélange initial. Si ce rapport est beaucoup plus élevé, il faudra plus de temps pour qu'une quantité suffisante de carbone soit oxydée en CO₂ (20); s'il est plus faible, l'azote qui est un élément fertilisant très important du compost risque de se perdre sous forme ammoniacale (20).

Le moyen le plus simple d'ajuster le rapport C/N est de mélanger des matières pauvres en carbone et en azote avec des matières riches en carbone et en azote.

Par exemple, la paille dont le rapport est élevé pourrait être mélangée aux vidanges, fumiers et déjections animales qui ont un rapport C/N assez bas. On peut aussi enrichir la teneur en azote des déchets à composter en ajoutant des fumures organiques telles la farine des os, des sabots et des cornes, les tourteaux et le sang desséchés, ou en utilisant des engrais minéraux azotés comme l'urée et le nitrate d'ammonium. Le phosphore est un élément nutritif moins important que l'azote pour le compostage, mais il est parfois ajouté délibérément. Il semblerait que l'apport de matériaux riches en phosphore diminuerait les pertes en azote sous forme ammoniacale des tas de composte ayant un rapport C/N faible (18); toutefois, cette pratique pourrait ne pas être applicable à cause de son coût élevé.

Pour obtenir un compost aussi riche que possible en éléments nutritifs, il est indispensable de réduire les lessivages importants en protégeant les déchets organiques contre les fortes pluies et l'engorgement.

Le tableau N° 8 donne une liste de certaines matières organiques convenant au compostage ainsi que leur teneur en azote et leur rapport C/N.

Tableau N°8 : Composition approximative des matières compostables

Matières	% d'azote (poids sec)	rapport C/N
Urine animale	15 - 18	0,8
Sang desséché	10 - 14	3
Farine de sabot et de corne	12	ND
Farine de poisson	4 - 10	4 - 5
Tourtereaux d'oléagineux	3 - 9	3 - 15
Vidanges	5,5 - 6,5	6 - 10
Boue résiduaire activée	5 - 6	6
Fiente de volaille	4	10 - 15
Farine d'os	2 - 4	8
Tonte de gazon, jeune	2 - 4	12
Plantes pour engrais vert	3 - 5	10 - 15
Déchets de brasserie	3 - 5	15
Ordures urbaines riches en végétaux	2 - 3	10 - 16
Pulpe de café	1,0 - 2,3	8
Jacinthe d'eau	2,2 - 2,5	20
Fumier de porc	1,9	ND
Fumier de bétail	1,0 - 1,8	15 - 20
Tourteau pressé	1,2 - 1,8	ND
Poudre d'arachide	1	15
Ordures urbaines riches en papier	0,6 - 1,3	30 - 80
Tiges de millet et de pois cajan	0,7	70
Chaume de blé	0,6	80
Feuilles à peine tombées	0,4 - 1,0	40 - 80
résidus de canne à sucre	0,3	150
Sciure de bois fraîche	0,1	500
Papier	Néant	Infini

ND= Non déterminé

Source :18

1.2.6 Conditions optimales du processus

Un résumé des valeurs optimales des principaux facteurs figure dans le tableau N°9. L'objectif est d'appliquer ces facteurs à des systèmes de compostage peu coûteux mais efficaces.

Tableau N°9 : Paramètres optimaux du compostage

Paramètres	Valeur
Rapport C/N du matériaux à composter	25 à 35
Taille des particules	10mm pour le système à brassage et aération forcée 50mm pour les tas longs à aération naturelle
Taux d'humidité	50 à 60% (ces taux peuvent être dépassés dans les cas où des éléments grossiers sont ajoutés)
Flux d'air	0,6 à 1,8 m ³ d'air/jour/kg de solides durant le stade thermophile, ou maintenir le taux d'oxygène à 10 - 18%
Température	55 à 60°C durant 3 jours
Retournements	Retournements périodiques uniquement dans les systèmes simples. Bref brassages vigoureux dans les systèmes mécanisés.
Contrôle du pH	Pas nécessaire normalement
Dimensions du tas	Longueur quelconque, 1,5 m de hauteur et 2,5 m de largeur pour les tas à aération forcée les dimensions du tas sont fonction de la nécessité d'éviter le surchauffage.

Source : 18

1-3 INTERETS AGRONOMIQUES

1.3.1 Aspects biologiques

Le compost constitue un substrat nutritif pour les micro-organismes et la faune du sol. La plupart des micro-organismes vivant dans le sol ne sont pas photosynthétiques (20). L'apport de compost enrichit non seulement la vie microbienne du sol, mais approvisionne aussi en aliments les micro-organismes déjà présents.

Du fait de leur attaque incessante de la matière organique, ces organismes permettent la libération des matières gommeuses.

En outre, le mycelium ou hyphes des champignons et des actinomycètes enlacent les particules du sol. De cette façon, les grosses particules de sables sont réunies en agrégats alors que les particules argileuses fines sont déplacées pour créer des passages aux mouvements de l'air et de l'eau. Quelques espèces de champignons forment des associations mycorhiziennes avec les racines de certains arbres et plantes.

Ces "ponts" sont très utiles dans le transfert des éléments nutritifs du sol à la plante (18). Il semble qu'une population très active de micro-organismes appartenant à différentes espèces exerce un certain contrôle sur les organismes pathogènes pouvant attaquer les plantes (18).

L'action de la température pendant la phase thermophile, la compétition entre espèces de micro-organismes détruisent en quasi totalité les parasites, les graines et les organes de réserve des mauvaises herbes ainsi que les germes pathogènes des matières organiques (20).

En milieu tropical, où les risques de maladie et l'incidence du parasitisme sont élevés, le compostage est une technologie appropriée d'hygiène simple et efficace.

1.3.2 Aspect physique

L'apport de compost améliore sensiblement la structure et les propriétés du sol. Le compost se transforme graduellement en humus, matière colloïdale qui, avec les hyphes de certains micro-organismes permettent aux particules du sol de s'agglutiner en agrégats séparés par des espaces. Un autre facteur favorable est la multiplication, grâce à la matière organique, de vers de terre qui fouillent le sol. Les galeries ainsi formées diminuent la densité du sol et augmentent sa macro-porosité. Le développement racinaire et la circulation des fluides dans le sol sont ainsi améliorés.

La matière organique peut absorber des quantités considérables d'eau, souvent 5 à 6 fois son propre poids (20). Ainsi, l'apport du compost augmentera fortement la rétention d'eau du sol. De la même manière, le compost réduit fortement les pertes d'eau par évaporation dans l'atmosphère et permet donc de bien utiliser l'eau d'arrosage en saison sèche.

Ces facteurs sont d'une grande importance dans les régimes où les précipitations sont limitées à quelques averses par an.

Au moment des fortes pluies, l'élasticité du sol riche en matière organique atténue l'impact des gouttes d'eau et restreint ainsi les dommages à la surface du sol. L'érosion des sols en pente sera aussi grandement réduite.

Bien que le compost, à mesure qu'il se minéralise apporte aux plantes des éléments nutritifs, son importance en milieu tropical réside dans sa capacité d'améliorer l'alimentation en eau des cultures et de protéger les sols contre l'érosion hydraulique et éolienne.

1-4 INTERETS SOCIO-ECONOMIQUE

1.4.1 Généralités

La plupart des agriculteurs du monde développé peuvent acheter la quantité d'engrais minéraux qu'ils désirent. En revanche, à cause du coût élevé de la main d'oeuvre et des machines, ils n'auront pas toujours les moyens de manier des gros volumes de déchets organiques. Dans les pays occidentaux, la gestion des exploitations est de plus en plus tributaire de facteurs économiques annuels dictés par les systèmes de quotas de production et de soutien des prix.

Les gros excédents des productions stockés dans les entrepôts nationaux et internationaux signifient que, maximiser la production n'est pas toujours rentable, et que les plans de production agricole annuels pourraient être tout à fait indépendants de ceux de l'année précédente ou de l'année à venir.

Ces facteurs expliquent le déclin de la pratique du compostage durant la période de 1950 à 1970. Toutefois, il y a eu récemment dans les pays occidentaux un regain d'intérêt pour le compostage, principalement pour les raisons suivantes:

- la pression économique provoquée par la crise du pétrole et la diminution des sources de matières premières servant à la fabrication des engrais minéraux,

- les problèmes de la pollution posés par l'entassement des déchets non traités. En dépit de l'extension de ces problèmes, il apparaît de plus en plus évident, que des méthodes de prévention ne sauraient être adoptées sans l'instauration d'une législation adéquate,

- le danger d'une détérioration du sol, si les teneurs en matière organique venaient à diminuer,

- le regain d'intérêt pour les aliments sains, produits avec fumure organique, et les primes relatives.

La situation économique est bien différente dans les pays en développement dont la majorité se trouve dans la ceinture tropicale.

Dans beaucoup de régions, la possibilité de cultiver la terre d'une année à l'autre est liée à la bonne conservation du sol, et la réussite de la production d'une campagne culturale dépend de l'état d'humidité du sol.

Les excédents alimentaires nationaux sont une exception et, pour beaucoup d'agriculteurs, la production est trop étroitement liée à leurs propres besoins en aliment pour survivre.

Le coût du travail dans les pays moins développés est bien plus bas que dans les pays occidentaux. La main d'oeuvre est plus facilement disponible. Le ramassage, le compostage et l'épandage des déchets organiques procure des possibilités de travail.

Les déchets organiques compostables ne sont généralement pas sujets aux fluctuations du marché local ou international; contrairement au pétrole qui sert de matière première à la fabrication des engrais minéraux, ils sont renouvelables sur place.

Dans les régions tropicales semi-arides où l'on pratique la culture, il existe de nombreuses terres capables de donner de meilleurs rendements avec des semences améliorées, de petites doses d'engrais minéraux, et une meilleure gestion de l'eau (18).

Il est démontré qu'une augmentation de production sur des sols pauvres dépouille ces derniers d'oligo-éléments. Des carences apparaissent et peuvent être éliminées par l'utilisation de fumures organiques et de composts. On doit toutefois souligner que le compostage ne saurait résoudre tous les problèmes. Il est des cas où l'intégration du compostage dans les systèmes de culture utilisés s'avère difficile. Ceci dit, outre son action favorable sur la structure et la rétention d'eau du sol, le compostage est économiquement avantageux dans maintes situations et présente certains bénéfices sociaux.

1.4.2 CONSIDERATIONS ECONOMIQUES

Si l'on tient compte de l'apport des trois nutriments majeurs N - P - K, le compost pourrait concurrencer du point de vue économique la majorité des engrais minéraux (cf tableau N° 10)

Tableau N°10: avantages économiques du compost

	ELEMENTS FOURNIS(en kg)		
	AZOTE	PHOSPHORE	POTASSIUM
<u>1/ ENGRAIS MINERAUX (en kg)</u>			
- urée: 27,23 kg	12,5	-	-
- superphosphate triple: 100 kg	-	20,5	-
- chlorure de potassium: 45,9	-	-	23,6
Total : 173,2 kg	12,5	20,5	23,6
<u>2/ 10 TONNES DE COMPOST TYPIQUE</u>	12,5	20,0	24,0

Source : (32)

La fabrication de 10 tonnes de compost exige 30 journées de travail (18). Ceci représente pour bien des régions, une économie en terme d'argent par rapport à l'achat d'engrais minéraux d'une valeur nutritionnelle équivalente. Ce calcul ne tient pas en compte des effets bénéfiques du compost sur l'apport en oligo-éléments, la structure du sol et la rétention d'eau. Si les agriculteurs collectaient dans ce but le maximum de déchets organiques disponibles, il en résulterait un système de production moins dépendant du marché des imputs agricoles (engrais). Le compost constituera une source de rechange d'éléments fertilisants moins onéreuse que la plupart des engrais minéraux.

1.4.3 Considérations sociales

Le compostage pourrait faire partie intégrale de l'ensemble des procédés d'élimination des déchets ménagers. Dans la plupart des pays tropicaux, des considérations d'ordre écologique et de santé publique inciteraient à généraliser la pratique du compostage. Beaucoup de villes dépensent des sommes considérables pour collecter les déchets ménagers, sans prendre les conditions hygiéniques et sans arriver à fabriquer un produit de valeur.

Les ordures ménagères sont souvent le siège de multiplication de germes pathogènes et de vecteurs de maladies pour l'homme et les animaux.

Le compostage en aérobiose présente l'intérêt d'un traitement efficace pour éliminer ces divers agents pathogènes. En effet, les températures léthales de la plupart de ces organismes sont sensiblement inférieures à la température de pointe (environ 71° C) que l'on peut trouver dans un compost en cours de fermentation. (cf tableau N°11)

Tableau N° : 11 Températures et temps d'exposition nécessaires à la destruction de certains agents pathogènes courants

ORGANISMES	REMARQUES
<i>Salmonella typhosa</i>	Aucun développement au dessus de 46°C mort en 30mn à 55 - 60°C et en 20mn à 60°C; détruit rapidement dans le compost
<i>Salmonella</i> sp	Mort en 1h à 55°C et en 15 à 20mn à 60°C
<i>Shigella</i> sp	Mort en 1h à 55°C
<i>Escherichia coli</i>	Pour la plupart mort en 1h, à 55°C
<i>Entamoeba histolytica</i> (kystes)	Mort en quelques mn à 45°C et en quelques secondes à 55°C
<i>Taenia saginata</i>	Mort en quelques mn à 55°C
<i>Brucella abortus</i> , <i>brucella suis</i>	Mort en 3mn à 62 - 63°C et en 1h à 55°C
<i>Micrococcus pyogenes</i> var <i>aurus</i>	Mort en 10mn à 55°C
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Mort en 10mn à 54°C
<i>Mycobacterium tuberculosis</i> var <i>hominis</i> .	Mort en 15 à 20mn à 66°C ou en quelques instants à 67°C
<i>Corynebacterium tuberculosis</i>	Mort en 45mn à 55°C
<i>Ascaris lumbricoides</i> (oeufs)	Mort en moins d'1h aux températures dépassant 50°C

Les gouvernements devraient s'orienter vers la diffusion du compostage, facilitant ainsi l'élimination des déchets ménagers, offrant un produit commercialisable en créant de nouveaux emplois. Il est certain que la généralisation de la pratique du compostage apportera de nombreux avantages sociaux mais, les habitudes et les préjugés sociaux profondément ancrés constitueront des obstacles au développement de cette pratique. Ces habitudes et préjugés portent sur la manipulation des déchets et ne seront vraisemblablement surmontés qu'avec une éducation agricole et sanitaire appropriée, d'où la nécessité de coordonner le travail des différents services gouvernementaux locaux.

1-5 AUTRES MATIERES COMPOSTABLES

Outre les ordures ménagères, les matières premières utilisables sont très variées. Leurs principales sources sont les suivantes: habitations humaines, plantations, élevages, industries.

1.5.1 Les excréments humains

Parmi les déchets domestiques, les plus importants sont les excréments humains. Il est d'une importance capitale que leur collecte et leur traitement soient exécutés d'une manière hygiénique afin d'éviter la propagation de maladies.

Dans les villes et villages non équipés de systèmes d'égout, les déchets humains sont collectés sous forme de vidanges. Beaucoup de pays réprouvent une réticence envers l'emploi de ces déchets en agriculture or le compostage des déchets humains réduirait considérablement les besoins en engrais artificiels pour les collectivités qui doivent disposer de moyens financiers et de transport pour les importer quand ils existent.

1.5.2 les résidus de récolte

Les résidus de récolte provenant des fermes et des plantations sont excellents pour le compostage à condition qu'ils soient convenablement mélangés; utilisés séparément, ils sont moins efficaces.

Les céréales comme le riz, le blé, l'orge, le millet et le sorgho laissent des résidus utiles comme les chaumes, les déchets de battage et de moulure tels la paille et le son. Sont également utiles les feuilles de légumineuses ainsi que les résidus des plantes oléagineuse. On peut aussi utiliser les tiges de cotonnier, de tabac et les bagasses de canne à sucre. Les feuilles d'arbres et d'arbustes peuvent aussi être ramassées.

1.5.3 les déchets de bétail et de volaille

Les fumiers, déjections et fientes sont excellents comme matériaux à composter. Les éléments nutritifs et les oligo-éléments contenus dans les aliments et les fourrages ne sont pas en totalité utilisés par les animaux pour leur besoins d'entretien et pour la production de viande, de lait, de laine et d'oeufs. Une partie de ces éléments est rejetée sous forme d'excréments et représente une source d'éléments fertilisants. Une relation similaire existe chez les humains. Les fumiers apportent des matériaux de faibles C/N destinés à être mélangés aux résidus agricoles mentionnés dans le paragraphe précédent.

Il faudra donc utiliser des débris végétaux tels que les pailles comme litière dans les étables de manière qu'ils s'imbibent d'urine riche en potassium et de déjections. Une litière abondante ainsi imprégnée fournit plus de matières à recycler que les déjections journalières déposées sur un plancher nu.

1.5.4 Les déchets agro-alimentaires

Les déchets provenant des industries agro-alimentaires sont souvent faiblement utilisés ou même parfois écartés, ce qui se traduit par des problèmes de pollution et par une perte en éléments fertilisants et en matières organiques qui devraient être restitués au sol d'où sont issus la majorité des produits primaires. Ces déchets proviennent de la transformation d'une vaste gamme de fruits et de légumes, de boissons comme le café et le thé, de céréales, de légumineuses, du sucre, de la viande (abattoirs), des poissons et d'autres produits marins.

Certains de ces débris ont une valeur appréciable en tant qu'aliments animaux, soit au plan local, soit pour l'exportation vers les pays occidentaux. Les produits animaux sont souvent transformés en fertilisants ayant de bonnes teneurs en azote et / ou en phosphore.

Les déchets résiduels, notamment ceux des petites agro-industries locales, devraient être compostés soit à l'intérieur même de l'usine (cas du compost issu des abattoirs de thiers) soit chez les petits exploitants agricoles des environs.

1-6 DIFFERENTES TECHNIQUES DE COMPOSTAGE

La clé du succès du compostage est de savoir adapter un procédé qui soit simple et compatible avec la main-oeuvre, les compétences et les budgets disponibles . Il existe plusieurs procédés aérobies de compostage, les uns applicables au niveau des exploitations agricoles et exigeant peu de capital (compostage lent ou artisanal), les autres conçus pour une production industrielle.

1.6.1 Le compostage lent ou artisanale

Trois modes de compostage sont actuellement expérimentés en Afrique de l'ouest : le compostage en tas, le compostage en surface et le compostage en fosse.

1.6.1.1 Le compostage en tas (ou en andains)

Le compostage en tas ou en andains consiste à réaliser un conditionnement des matières premières qui assure une fermentation aérobie, sans aucun investissement en équipement. Il s'agit de constituer , en tas, les déchets organiques dans des proportions qui favorisent la fermentation, et de maintenir en état d'humidité permanente sans conditions asphyxiantes pour les micro-organismes.

En saison des pluies, le compost est alimenté par les précipitations atmosphériques. En saison sèche, il convient de réaliser un arrosage. L'aération du tas est assurée par des trous d'aération pratiqués avec un manche d'outil taillé en pont.

Ils permettent l'aération, la possibilité d'arrosage et la mesure de l'humidité.

1.6.1.2 Le compostage en surface

Le compostage en surface est la façon normale d'apporter les matières organiques au sol. Les déchets organiques ne sont pas mis en tas mais épanchés à la surface du sol pour y subir des fermentation en présence de l'air.

Son intérêt principal réside dans le fait que, le sol bénéficiera de l'activité biologique maximale de compost, c'est à dire de celle du début de compostage (un compost en début de fermentation est le siège d'une vie microbienne intense qui décroît avec le temps).

1.6.1.3 Le compostage en fosse

Le compostage en fosse consiste à réaliser la fermentation aérobie des matières organiques dans une fosse creusée dans le sol ou construite en totalité au dessus du niveau du sol. Le compostage en fosse limite les besoins en eau. En effet, le contact avec l'atmosphère est réduit à la surface supérieure des composts, alors que pour ceux réalisés en tas, les pertes par évaporation sont évidentes.

La matière étant dans une enceinte, les pertes en éléments minéraux entraînés par les eaux de pluies ou d'arrosage sont aussi réduites.

Un aspect supplémentaire du compostage en fosse est celui de l'hygiène quand le compostage est réalisé près des habitations. Dans un compost en tas, la pluie provoquera le ruissellement d'un jus chargé de matières organiques odorantes et de germes dont certains peuvent être pathogènes. A ce titre, pendant le compostage, du fait de la chaleur interne de la masse en fermentation, la plupart des germes pathogènes sont détruits. Néanmoins, si la fosse est implantée à proximité d'un point d'eau, il est essentiel d'en contrôler la parfaite étanchéité.

1.6.2 Le compostage industriel

Le compostage industriel cherche à partir des mêmes principes que ceux du compostage artisanal, à obtenir un produit conditionné. L'intérêt principal du compostage industriel réside dans l'obtention rapide d'une bonne fermentation (en 10 jours, tandis que le procédé artisanal exigerait 2 mois).

La production de compost est réalisée en continu dans des cuves où circule la matière première sous forme de pâte. Ce procédé exige un équipement relativement sophistiqué comprenant, outre les cuves, une aération mécanisée par compresseur. Il prévoit un apport additionnel d'engrais minéraux, une adjonction d'acide sulfurique pour maintenir l'acidité du milieu à un niveau de pH voisin de 6,5, et un ensemencement du milieu.

Le compostage industriel engage une consommation énergétique pour la circulation de la matière première et de l'eau, le séchage du produit final, l'aération du compost.

A cette contrainte que constitue l'utilisation d'énergie fossile pour des pays non producteurs, s'ajoute le fait que le niveau d'emplois créés reste faible (20) (une unité de 35 m₃ ne prévoit que deux manutentionnaires et deux ingénieurs pour le fonctionnement (20).

1-7 COMPOSITION CHIMIQUE DE DIFFERENTS AMENDEMENTS

1.7.1 COMPOSITION CHIMIQUE DES COMPOSTS

La composition chimique d'un compost reflète la nature des débris qui lui ont donné naissance (tableau N° 12).

Contrairement à ce qui advient avec les engrais minéraux, les principaux éléments nutritifs (N, P, K) présents dans le composte ne sont pas immédiatement assimilables par les plantes.

L'azote fait partie intégrante des protéines des corps des micro-organismes et des molécules de la matière organique et ne sera libéré qu'après minéralisation.

Le phosphore et le potassium sont un peu moins liés et par conséquent plus disponibles.

Tableau N°12: Composition de composts variés

Compost fabriqué à partir de :	COMPOSITION		
	%N	%P	%K
1. Tiges de coton et déjections animales	0,40	0,13	1,4
2. Déchets végétaux	0,49	0,12	0,9
3. Déchets végétaux et déjections animales	0,43	0,10	1,0
4. Mélange d'adventices et de chanvre	0,41	0,11	1,7
5. Mélange d'adventices	0,40	0,12	1,3
6. Résidus de panses d'animaux (abattoir SERAS)	2,40	1,0	0,8
7. Fientes de volailles et pailles	1,1	0,9	0,0
8. Compost du jardin	0,4 - 3,5	0,3 - 1,0	0,2 - 0,3
9. Pailles et boues résiduaires	0,5	0,15	0,12
10. Compost municipal	0,4 - 1,6	0,1 - 0,4	0,2 - 0,6
11. Fientes de volailles et sciure	1,0	0,4	0,46
12. Lisier de porc et pailles	0,53	0,37	0,33

Source : (18)

1.7.2 composition chimique des engrais minéraux

Des détails concernant la composition en pourcentage de N, P, K des engrais minéraux les plus courants sont présentés dans le tableau N°13.

Tableau N°13: Composition de certains engrais minéraux

Engrais	AZOTE	PHOSPHORE	POTASSIUM
Urée	46	-	-
Nitrate d'ammoniaque	34,5	-	-
Chlorure d'ammoniaque	26	-	-
Posphate di-ammoniaque	21	23,1	-
Sulfate d'ammonium	21	-	-
Nitrate de chaux et d'ammoniaque	15 - 20	-	-
Cyanamide calcique	10 - 20	-	-
Phosphate d'ammoniaque	11	21,0	-
Super phosphate triple	-	19,6 - 21,0	-
Phosphorite	-	10,9 - 15,3	-
Superphosphate	-	6,5 - 8,6	-
Scories	-	3,5 - 9,5	-
Chlorure de potassium	-	-	30,0 - 51,5
Sulfate de potassium	-	-	35 - 39
Kainite	-	-	11,5 - 16,5

Source: (18)

Il ressort de ce tableau que contrairement à la plupart des engrais minéraux, les composts fournissent tous les éléments nutritifs principaux, à savoir azote, phosphore, potassium.

CHAPITRE II LA METHANISATION

2-1 Définition

La méthanisation est une biodégradation de la matière organique sous l'effet de micro-organismes décomposeurs anaérobies avec production de gaz méthane. La transformation est assez lente et incomplète, elle n'est pas accompagnée de phénomènes thermiques marqués.

2-2 synonymie

Les termes généralement employés dans la littérature sont les suivants:

- production de biogaz,
- fermentation méthanique,
- digestion anaérogie.

Cette biométhanisation se retrouve dans divers biotopes: tractus digestif des ruminants, marais, sédiments lacustres et marins.

2-3 Historique

C'est en 1776, que Voltat découvrit pour la première fois, la méthane dans du gaz résultant de la décomposition de déchets végétaux en atmosphère confinée.

En 1942, Ducellier et Isman, professeurs à l'Ecole Nationale d'Agriculture d'Alger déposèrent un brevet d'installation de production de gaz fumier pour l'agriculture, en cuve hermétique.

2-4 LE PROCESSUS DE METHANISATION

La méthanisation, dégradation de la matière organique en composés gazeux, comporte une densité de réactions biochimiques mettant en jeu une microflore complexe, qu'elle soit anaérobie stricte comme le sont les bactéries méthanigènes.

L'ensemble de ces micro-organismes vivent en symbiose étroite les uns par rapport aux autres, ce qui rend plus difficile leur étude.

2.4.1 Microbiologie de la fermentation

2.4.1.1 La flore non méthanogène

Le nombre et le groupe des bactéries non méthanogènes dépendent essentiellement du substrat en fermentation.

On distingue:

- les bactéries hydrolitiques (cellulolytiques, protéolytiques, lipolytiques) qui transforment la matière première complexe en composés plus simples. On distingue les bactéries hemicellulolytiques du type Bactéroïdes tymnicola, les bactéries amylolytiques du type Clustridium butyricum et les types protéolytiques dont la majorité appartiennent au genre Clostridia. Les bactéries sulfatoréductrices sembleraient entrer en compétition avec les méthanogènes en tant qu'accepteurs d'électrons (21).

- les bactéries acidogènes qui produisent des molécules simples utilisées comme substrat par les bactéries méthanogènes. La concentration relative de ces éléments détermine soit le rôle de nutriment, soit le rôle d'inhibiteur (21). Ces éléments sont les alcools, les acides gras volatils, l'hydrogène et le gaz carbonique.

2.4.1.2 Les bactéries méthanigènes

Leur activité est conditionnée par l'action préalable des deux premiers groupes puisqu'elles utilisent l'acétate comme précurseur privilégié pour produire du méthane et du gaz carbonique par décarboxylation (bactéries acétoclastes). Une partie du gaz carbonique peut être réduite pour former 30 % du méthane final.

Ce groupe strictement anaérobie est caractérisé par un temps de doublement des cellules très long (entre 5 et 10 jours) qui est très supérieur à celui des bactéries acidogènes (quelques heures (20)).

2.4.2 Biochimie de la méthanisation

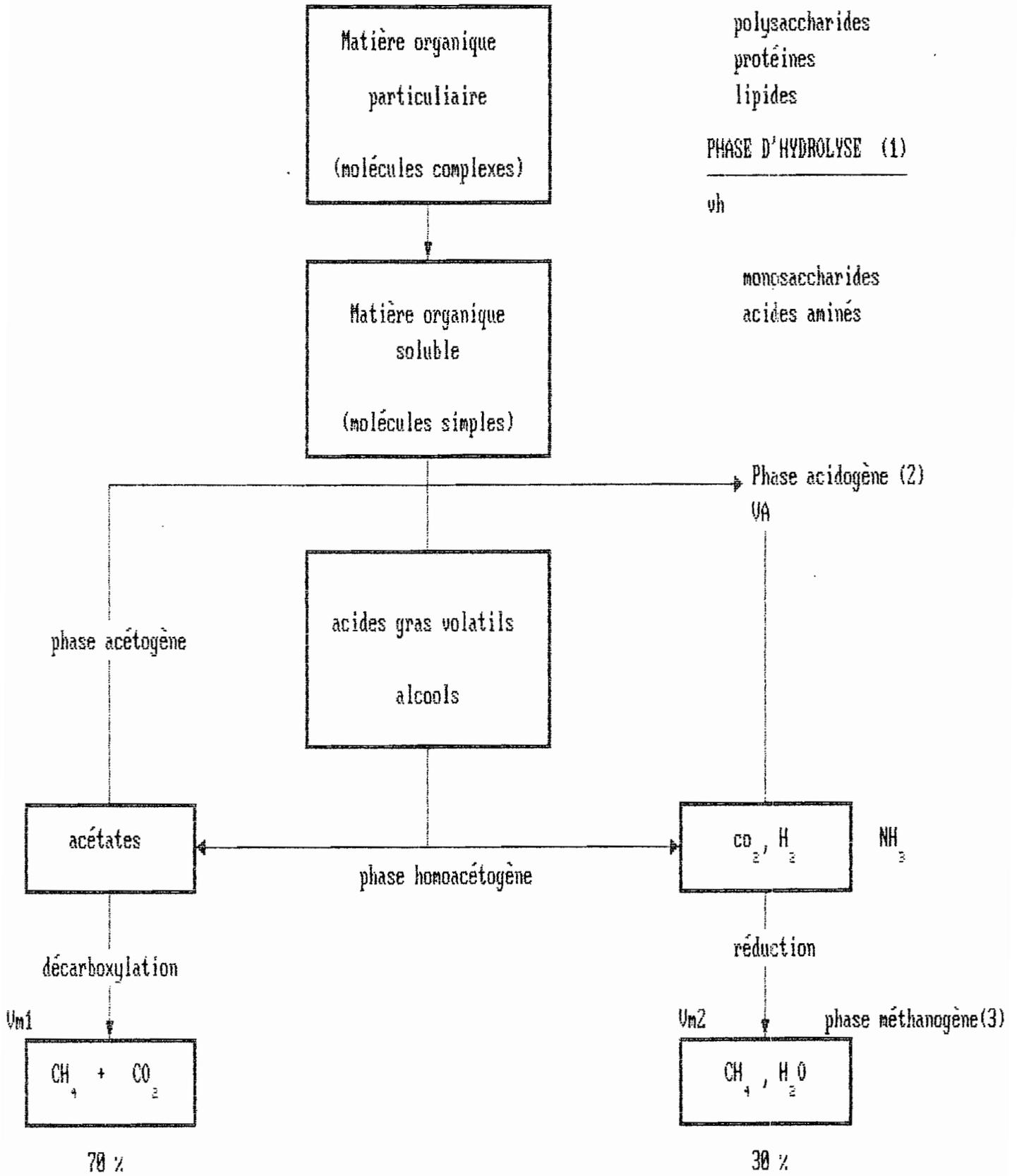
La méthanisation est le résultat de l'activité microbienne complexe vue précédemment. elle se déroule en trois phases principales:

- la phase d'hydrolyse,
- la phase acidogène,
- la phase méthanogène.

La figure N° 5 synthétise les principales étapes de la réaction de méthanisation.

La représentation graphique peut être la suivante:

Figure 5 : Principales étapes de la méthanisation



Source : (23)

Chacune des phases présente des vitesses de réaction spécifique. L'étape qui a la plus faible vitesse de réaction est l'hydrogène. C'est une étape limitante du processus de fermentation. Les lipides, les protides, les glucides jusqu'à l'amidon sont faciles à hydrolyser. Les composés les plus difficiles à hydrolyser sont les constituants ligno-cellulosiques. La stabilité de la fermentation dépend de l'équilibre de ces phases et de l'activité des différentes flores.

Les bactéries réductrices du CO_2 et les sulfatoréductrices en compétition avec les méthanogènes assurent le maintien de la pression partielle en H_2 dont l'accumulation serait toxique. De la même façon, les bactéries acétoclastes préviennent l'accumulation des acides.

2.4.3 Conditions de fermentation

La quantité de gaz produite rapportée à la quantité de matières brute introduite sera variable selon :

- les paramètres physico-chimiques de fermentation,
- la quantité du substrat,
- les paramètres technologiques.

2.4.3.1 Les paramètres physico-chimiques de fermentation

2.4.3.1.1 La température

L'intensité de l'activité des micro-organismes, dont dépend la production de méthane, est fonction de la température du milieu; négligeable à 0°C , elle devient exploitable à partir de 15°C pour augmenter rapidement à partir de 20°C , avec un maximum à $37 - 40^\circ\text{C}$ pour les fermentations dites mésophiles ($25 - 40^\circ\text{C}$), les plus souvent utilisées. Dans cette zone, on considère généralement que la production de gaz augmente de 5 % lorsque la température croît de 1°C . Entre 50 et 60°C , on parle de fermentation thermophile.

Le potentiel méthanogène d'un substrat étant donné par sa composition, une température plus élevée permet de produire le même volume de gaz dans un temps beaucoup plus court.

L'effet de la température est particulièrement sensible sur la phase d'hydrolyse. La vitesse d'hydrolyse de la cellulose en thermophile est de 5 à 6 fois supérieure à celle observée en mésophile.

(Dubourguier 1984).

2.4.3.1.2 L'absence d'air

Si les deux phases préalables à la méthanogenèse peuvent se dérouler en présence d'air, la phase méthanogène ne peut se développer qu'en présence d'oxygène (flore anaérobie stricte).

Le potentiel d'oxydo-réduction du milieu doit être de l'ordre de 300 mV (21).

2.4.3.1.3 Inhibition par les précurseurs

* L'ammoniac

Facteur de stimulation biochimique à faible concentration, il devient toxique voir inhibiteur de la méthanogénèse à forte concentration, au delà de 3 g/l d'azote ammoniacal (21).

* Les acides gras volatils

Ce sont essentiellement les acides à longue chaîne qui présentent le plus grand pouvoir d'inhibition.

On a vu longtemps que des concentrations de 2 à 3 g/l d'acides organiques volatils inhibaient la croissance des méthanogènes, mais on a pu montrer que des concentrations supérieures à 10 g/l d'acide acétique et butyrique sont compatibles avec une bonne méthanogénèse. Ce serait la forme non ionisée qui serait toxique (20).

Ainsi, l'accumulation d'acide dans un substrat à faible pouvoir tampon induit un abaissement du pH entraînant l'inhibition de l'activité des micro-organismes.

2.4.3.1.4 Les composés inhibiteurs contenus dans le substrat

La présence d'antibiotique ou antiseptiques dans le substrat à méthaniser, peut provoquer des perturbations dans le déroulement des réactions. Ces perturbations peuvent conduire, selon les concentrations dans le milieu, à une inhibition totale ou partielle de la production de méthane. En particulier la présence de monensin, facteur de croissance chez les bovins à viande, est incompatible avec la méthanisation des déjections (24).

De même, la présence de chloroforme, même à des concentrations inférieures à 10 moles /l, inhibe la formation d'acétate et donc la méthanogénèse (24). Les composés phénoliques et résidus terpéniques inhibent également l'activité bactérienne (24).

2.4.3.1.5 Les métaux lourds

Ils peuvent également gêner le processus biologique, mais il n'a été que rarement rapporté une inhibition liée à la présence de ces métaux qui, généralement, forment avec les sulfures des sels insolubles qui précipitent.

2.4.3.1.6 La toxicité des cations

Le tableau N°14 synthétise les résultats par rapport à la toxicité de certains cations.

Tableau N°14 : Toxicité de quelques ions, concentrations en mg/l

	Stimulation	Inhibition	Total
		Modéré	
Na ⁺	100/200	3500/5500	8000
K ⁺	200/400	2500/4500	12000
Ca ⁺⁺	100/200	2500/4500	8000
Mg ⁺⁺	75/150	1000/1500	3000
NH ₄ ⁺	50/100	1500	3000
Cu ⁺⁺			
Zn ⁺⁺	Selon leur état ionique		
Ni ⁺⁺	Inhibition levée lorsqu'il y a précipitation avec S ⁻		

Source : (23)

Leur liaison avec les acides gras volatiles diminue leur toxicité relative; il est possible de neutraliser les acides gras volatils jusqu'à 10 g/l avec de la chaux ou un hydroxyde de magnésium (23).

2.4.3.1.6 Le rapport C/N

Les nutriments organiques de base sont le carbone, l'azote, le phosphore et le soufre.

L'azote est nécessaire non seulement comme nutriment, mais également pour la stabilité du ph.

Le carbone est source d'énergie et l'azote sert à l'élaboration des structures cellulaires. Les bactéries utilisent trente fois plus de carbone que d'azote, et le rapport C/N pour lequel la production de gaz dans un fermentateur à chargement continu est maximum est de 30 (20).

2.4.3.1.7 Le degré d'acidité : ph

Pendant la mise en route d'un fermentateur, le ph s'élève progressivement de 5 ou 6 (phase acide dominante) jusqu'à atteindre 7,5 à 8,5 au bout de trois mois. Puis il se stabilisera à 7 - 7,5 et le milieu sera bien tamponné. Ce sont les conditions de neutralité les meilleurs pour la production de gaz (20).

2.4.3.1.8 L'humidité

Comme pour toute activité biologique, la présence d'eau est indispensable. L'humidité minimale est de 60 à 70 %. Dans le cas de produit très secs, une humectation plus ou moins importante du produit doit être effectuée.

2.4.3.2 La qualité de la matière organique

La présence d'inhibiteurs diminue également le potentiel. L'âge du produit contribue également à diminuer le potentiel méthanigène. En effet, la matière organique subit spontanément une évolution du fait de la présence de micro-organismes. Cette dégradation non contrôlée peut s'avérer concurrente de la méthanisation.

2.4.3.3 Les paramètre technologiques

2.4.3.3.1 Charge en matière organique

C'est la quantité de matière fermentisable introduite par jour par rapport au produit utile du fermentateur.

En régime d'équilibre, la production de gaz est proportionnelle jusqu'à une limite au dessus de laquelle la concentration en substrat devient trop forte par rapport à la population microbienne (20).

2.4.3.3.2 Le temps de rétention hydraulique

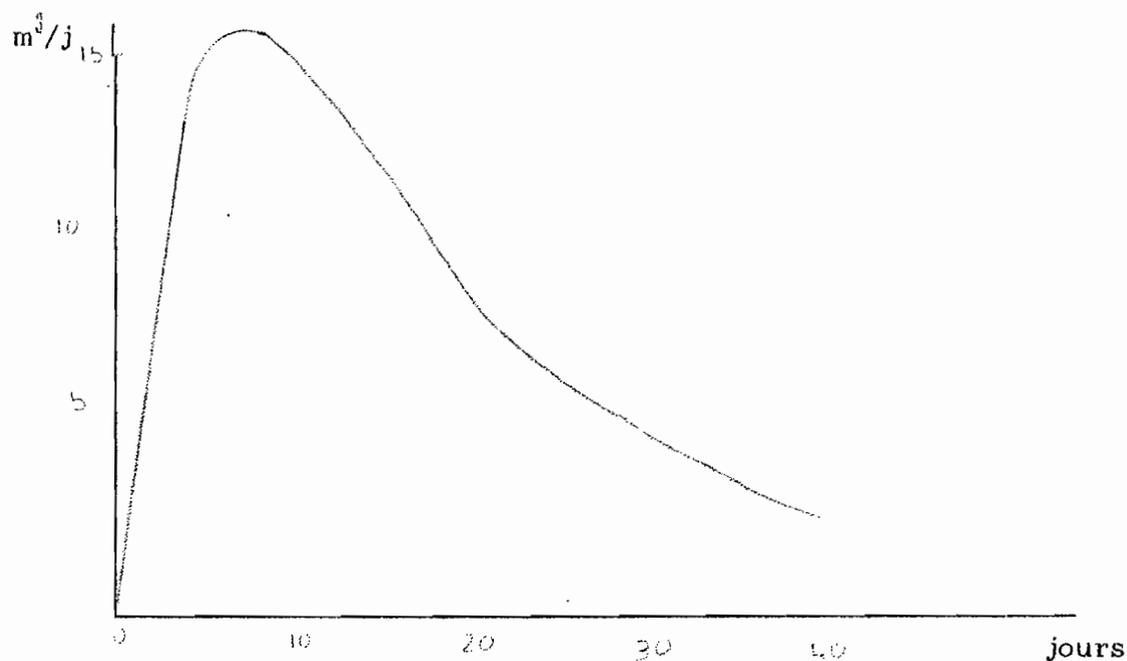
C'est le temps de séjour moyen du substrat dans le fermenteur. La durée inférieure limite est variable selon le procédé retenu; elle correspond à un renouvellement plus rapide du contenu de la cuve que le taux de croissance de la population bactérienne.

Cette durée est variable selon la technologie retenue et la température de fermentation. Lorsque le substrat est à dominante cellulosique, il faut prévoir une durée minimale de fermentation de 21 à 25 jours environ (21).

2.4.4 Cinétique de fermentation

Lorsque l'on place un substrat organique dans les conditions optimales de fermentation et sans le renouveler, on observe un fort dégagement de biogaz qui décroît ensuite jusqu'à épuisement du substrat. La courbe de la figure N°6 émane du suivi technique de digesteur en discontinu recevant du fumier.

Figure N°6 Cinétique de la production de biogaz



Source : (23)

De la même façon, lorsqu'on construit un réacteur discontinu pour les ordures ménagères, la courbe de production du biogaz présente une allure similaire. Dans les pays en développement à climat chaud dont les déchets des ménages sont essentiellement organiques, on peut concevoir plusieurs digesteurs rustiques pour les ordures ménagères.

2.4.5 Rendement en méthane

Tous les composés organiques sont susceptibles de produire du méthane, sous réserve que les conditions de fermentation optimales soient réunies. Selon la nature du substrat, la quantité de biogaz obtenue ainsi que sa composition seront différentes.

Les travaux de recherche conduits par HAWNES en 1979 montrant que, sur le plan théorique, la production de biogaz varie selon les corps simples dégradés (tableau N° 15).

Tableau N°15: Production théorique de biogaz pour différents corps simples, L/Kg matière dégradée (Hawkes, 1979)

Hydrates de carbone	886L/Kg à 50% CH ₄
Lipides	1535L/Kg à 70% CH ₄
Protéines	587L/Kg à 84% CH ₄

Ainsi, un substrat plus riche en protéines produira moins de biogaz qu'une molécule de lipide, mais la richesse en méthane de ce gaz sera supérieure. A partir de ces équations de base, un produit organique ne pourra plus fournir plus que sa composition ne le permet. La technologie mise en oeuvre pour produire du biogaz ne pourra qu'accélérer la transformation ou la rendre complète.

Par exemple, dans la matière organique complexe, certains composés sont plus ou moins dégradables. Alors que la cellulose est biodégradable, la lignine ne l'est pas par fermentation anaérobie. La présence de fibres de lignine imbriquées dans les autres composés organiques gêne l'attaque de ces composés et limite leur biodégradabilité.

Le rendement en méthane peut s'exprimer :

- soit en m^2/kg de MO introduite,

- soit en m^3 / m^3 réacteur / jour,

Le tableau N°16 présente des rendements obtenus avec différents substrats à partir de suivi de digesteurs.

Tableau N°16: Quantité de biogaz exprimée en m^3/kg de MO

Substrats	Production
Fumier porc	0,43
Fumier bovin	0,39
Ordures ménagères	0,18

Source : (23)

Ce tableau révèle une supériorité du potentiel méthanigène des déjections animales par rapport aux ordures ménagères. Mais en Afrique où les déjections animales représente une composante des ordures ménagères urbaine du fait d'un élevage familial particulièrement développé, on peut s'attendre à une production nettement supérieure.

2.4.6 Qualité du biogaz

Le biogaz est un mélange composé essentiellement de méthane combustible (50 à 80 %), de gaz carbonique et d'hydrogène sulfuré (21). La solubilité du méthane est faible. À 15°C et 10 Kpa de pression seuls 3 m³ de méthane peuvent. Son poids moléculaire est de 16,04 g/mole.

Les caractéristiques thermiques du méthane sont précisées dans le tableau N°17.

Tableau N°17 : Caractéristiques thermiques du méthane

	15°C pression atmosphérique
Pouvoir calorifique inférieur (pci)	9,42 kwh / m ³
Poids spécifique	0,68 kg / m ³
Densité par rapport à l'air	0,55
Limites d'inflammabilité dans l'air	7 à 14 %

Source : (21)

Le pouvoir calorifique d'un combustible est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de l'unité de combustible. Le PCI est la chaleur dégagée alors que l'eau continue reste à l'état de vapeur; on parle de pouvoir calorifique supérieur (PCS) lorsque l'eau est condensée, donc lorsqu'on récupère la chaleur latente de l'eau. la chaleur énergétique du biogaz est calculée à partir de sa richesse en méthane .

Ainsi, un biogaz à méthane mesuré à 15° C et à pression atmosphérique normale aura un PCI de $9,42 \times 0,6 = 5,65 \text{ Kwh/m}^3$

2-5 AUTRES PRODUITS ORGANIQUES APTES A LA METHANISATION

Les substrat utilisés seront très souvent des déchets agricoles, industriels ou domestiques.

Les substrat sont répartis en deux types distincts :

- solides - hétérogènes : taux de matière sèche généralement supérieur à 15 % . Exemples : résidus de récolte, paille, fumiers,

- liquides - homogènes : taux de matière sèche inférieur à 15 %. Ils ont la particularité d'être pompable ou de s'écouler gravitairement. Exemples : lisiers d'élevage, rejets agro-industriels, eaux d'égouts.

2-6 INTERET DE LA METHANISATION

l'intérêt de la méthanisation des déchets organiques se décompose en deux axes principaux : la production d'énergie sous forme gazeuse pouvant être transformée en d'autres vecteurs, et le maintien de la valeur fertilisante du produit après méthanisation.

2.6.1 Le mélange gazeux peut être utilisé sous forme d'énergie:

- calorifique (combustible directe) : 6.000 Kcal/m³,

- mécanique (moteur à carburant) : 1 ch/h pour 0,45 m³,

- électrique (groupe électrogène) : 7 Kw/h pour un m³.

Sur le plan énergétique, le biogaz pourrait concurrencer le bois et la plupart des énergies fossiles (tableau N°18).

Tableau N° 18: Equivalence du biogaz - Autres sources d'énergie

	bois	butane	fuel	essence	gas-oil	électricité
1 m ³ de biogaz (6000 kcal)	2,5 kg	0,2 m ³	0,7 l	0,8 l	0,5 l	7 kw / h

Source 21

Le biogaz constitue un excellent substitut aux autres types d'énergies. Son utilisation généralisée réduirait largement la déforestation et les importations d'énergies fossiles dans les pays en voie de développement.

2.6.2 La valorisation agricole du substrat

Après fermentation, le substrat constitue un amendement organique avant ou après compostage complémentaire utilisé pour la restauration des sols.

Le substrat digéré ne contient pas d'humus mais des précurseurs de celui-ci. Les pertes en éléments minéraux sont minimes et le substrat a une concentration plus forte qu'au départ en éléments minéraux (20). De nombreux tests agronomiques ont prouvé l'intérêt du produit à travers une augmentation sensible des rendements (20).

La fermentation méthanogène est donc une technologie de production d'énergie qui assure la conservation des conditions écologiques de la production agricole. La production de biogaz s'oppose ainsi à tout processus minier de d'énergie et d'engrais.

2.6.3 La Décontamination du Substrat

L'installation de biogaz sert à stocker les déchets, mais elle contribue à la destruction des germes pathogènes. Cet effet de décontamination a été utilisé pour développer des projets de méthanisation des effluents de latrines.

En Afrique, les résultats habituellement rapportés sont ceux trouvés au Burundi (tableau n°19)

Tableau N°19: Durée d'inactivation des germes pathogènes dans les installations de biogaz en conditions mesophiles (20 - 40°C)

Germes pathogènes	Durée d'inactivation (en J)	Taux de mortalité
Bacille du Typhus et du paratyphus	7	100
Bacille dysentérique	5	100
Virus de la poliomyélite	9	100
Samonella sp	6 - 20	82 - 96
Oeufs d'ankylostomes	10	100
Oeufs d'ascaris	36	90
Oeufs de schistosomes	14	99

Source : (23)

3.2.7 Utilisation du biogaz

Un des produits finaux de la fermentation méthanogène est un gaz, vecteur énergétique qui se prête à une large gamme d'utilisation. Le biogaz peut être utilisé soit comme combustible, dans l'éclairage, la cuisine, la réfrigération et le chauffage, soit comme carburant dans les moteurs.

Tableau N°20: Exemples d'utilisation du gaz de fermentation

APPLICATIONS	CONSUMATION	AVANTAGES	INCONVENIENTS
Cuisine, chauffage de l'eau éclairage	0,33 à 0,64 m ³ / h	excellent pouvoir calorifique. Adaptation très facile des brûleurs de rechauds à gaz usuels	FREINS SOCIOLOGIQUES (habitudes du boid et du charbon de bois)
Réfrigération	0,12 m ³ / h par hectolitre de capacité	Adaptation immédiate des réfrigérateurs à pétrole (économie de pétrole)	
Alimentations de moteurs stationnaires	0,45 à 0,50 m ³ / h par CV	production d'énergies mécanique et électrique (économie de gasoil et d'essence)	légère diminution de la puissance nominale des moteurs
Alimentation de moteurs moteurs non stationnaires		économie de gasoil et d'essence	nécessité de comprimer le gaz en bouteille à 200 kg/m ² , ce qui implique une station de compression coûteuse

Source : 20

2-8 PROCÉDES DE FERMENTATION

Deux procédés sont essentiellement utilisés

3.2.8.1 Procédé Continu

Basé sur le principe des fosses septiques, ce procédé est adapté aux substrats liquides ou ayant un taux de matière sèche inférieur à 15%

Journalièrement, on introduira une quantité déterminée de substrat dans un grand volume de matière en fermentation. A chaque introduction, un volume égal d'effluent est évacué. Cette introduction peut être effectuée une ou plusieurs fois par jour.

Ce procédé exige une alimentation régulière, un contrôle du pH et de la température, un brassage intermittent évitant la fermentation de croûtes et de poches d'acidification.

3.2.8.2. Procédé Discontinu

Ce procédé s'applique à des matières ayant une texture similaire à celle des fumiers pailleux ou des ordures ménagères et permet l'utilisation ultérieure du substrat comme amendement organique.

La cuve de fermentation est entièrement chargée puis mise en fermentation. Après épuisement du potentiel elle est déchargée et on recommence l'opération.

La conduite de la fermentation nécessite une préfermentation aérobie de quelques jours ayant pour but de dégrader les molécules peu polymérisées susceptibles d'acidifier le milieu, ce qui aurait pour effet le blocage de la méthanogénèse.

le tableau N°21 donne les avantages et les inconvénients des systèmes continu et discontinu.

Tableau N°21: Avantages et inconvénients des systèmes continu et discontinu

Systèmes	Avantages	Inconvénients
Système en "Continu"	<p>Production en continu avec une seule cuve</p> <p>Assez bien adapté au traitement des déjections animales fluides</p>	<p>Fonctionnement délicat demandant une surveillance.</p> <p>N'accepte pas les déchets solides courants.</p> <p>Consommation élevée en eau.</p> <p>Assez polluant, difficulté de transport ou d'évacuation du liquide final.</p> <p>Nécessité d'une alimentation régulière</p>
Système en "Discontinu"	<p>Accepte toutes les matières cellulosiques</p> <p>Peut fonctionner sur substrats solides</p> <p>Très faible consommation en eau</p> <p>Amendement organique intéressant</p>	<p>Nécessité d'avoir plusieurs cuves si l'on souhaite avoir une production régulière (alourdissement des investissements)</p> <p>Importance des manipulations aux chargements et déchargements</p>

Source : 21

2-9 EQUIPEMENTS DE PRODUCTION

2.9.1 Digesteurs à "alimentation continue"

Ils sont destinés à la mise en application du procédé de fermentation en continu et doivent être alimentés avec des matières à l'état fluide.

Ils ne conviennent pas pour le traitement des déchets solides à éléments plus ou moins gros et fibreux et ont été réservés jusqu'à présent au traitement exclusif des déjections animales exemples de litières.

Une installation de digestion à alimentation continue est le plus souvent constituée d'une cuve-gazomètre composée par une fosse, fermée par une cloche à gaz et posée sur le contenu de la fosse, ou sur l'eau d'un canal étroit et profond entourant complètement celle-ci.

La matière intimement mélangée dans un bassin attenant avec de l'eau, au besoin préalablement chauffée, est introduite dans le digesteur par un tuyau débouchant dans la fosse. Cette introduction provoque l'écoulement à l'extérieur par un tuyau opposé, débouchant dans un bassin de stockage, d'une égale quantité de matière digérée. Le niveau est ainsi maintenu constant dans l'installation.

Les principaux digesteurs à "alimentation continu" sont les digesteurs "type chinois" (cf figure 7 et 8)

2.9.2 Digesteurs à alimentation discontinue

Dans ce type de digesteur, le contenu est remplacé en une fois tous les 30 à 45 jours environ, celui-ci est fait de déchets solides les plus divers (fumiers, pailles, déchets, de battage des céréales, ordures ménagères).

Pour régulariser la production , on devra utiliser plusieurs cuves que l'on fera fonctionner avec un décalage dans le temps.

Les cuves sont généralement construites sur place en pierres, béton ou en briques d'argile recouvertes d'un enduit de ciment sur l'intérieur. Le couvercle de la cuve est, soit en acier, soit en polyester (matériau devant permettre impérativement une étanchéité parfaite), l'étanchéité couvercle cuve nécessaire à la fermentation anaérobie peut être assurée par un joint d'eau. Dans ce type, on trouve le digesteur développé par le centre international de l'énergie et de l'hydraulique (C.I.E.H Burkina Faso). (cf figure N°9)

V 1-1 CHEMA DE L'INSTALLATION

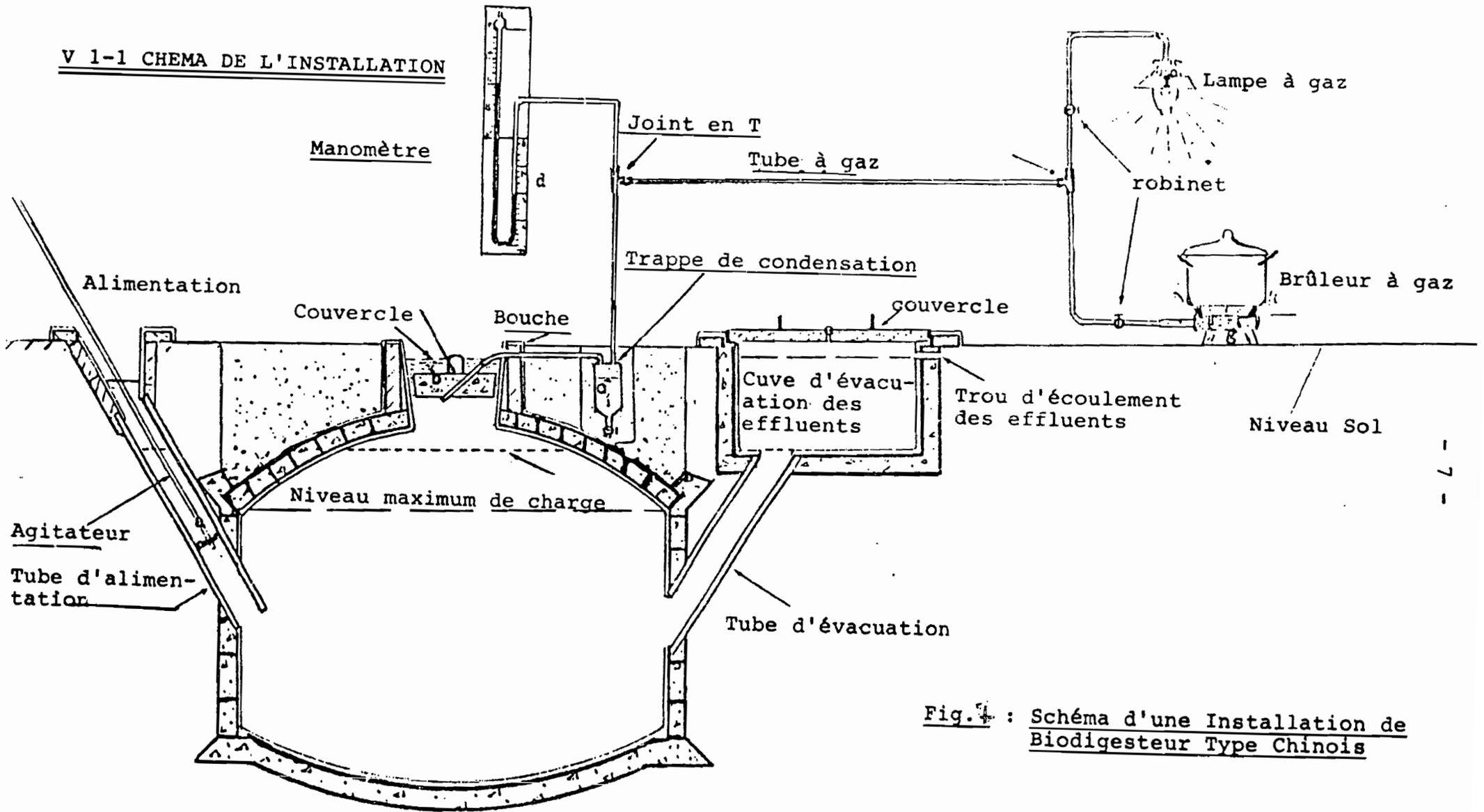


Fig. 4 : Schéma d'une Installation de Biodigester Type Chinois

V 4-1 SCHEMA DE L'INSTALLATION

Fig. 6 : Schéma d'un Digesteur Type Indien

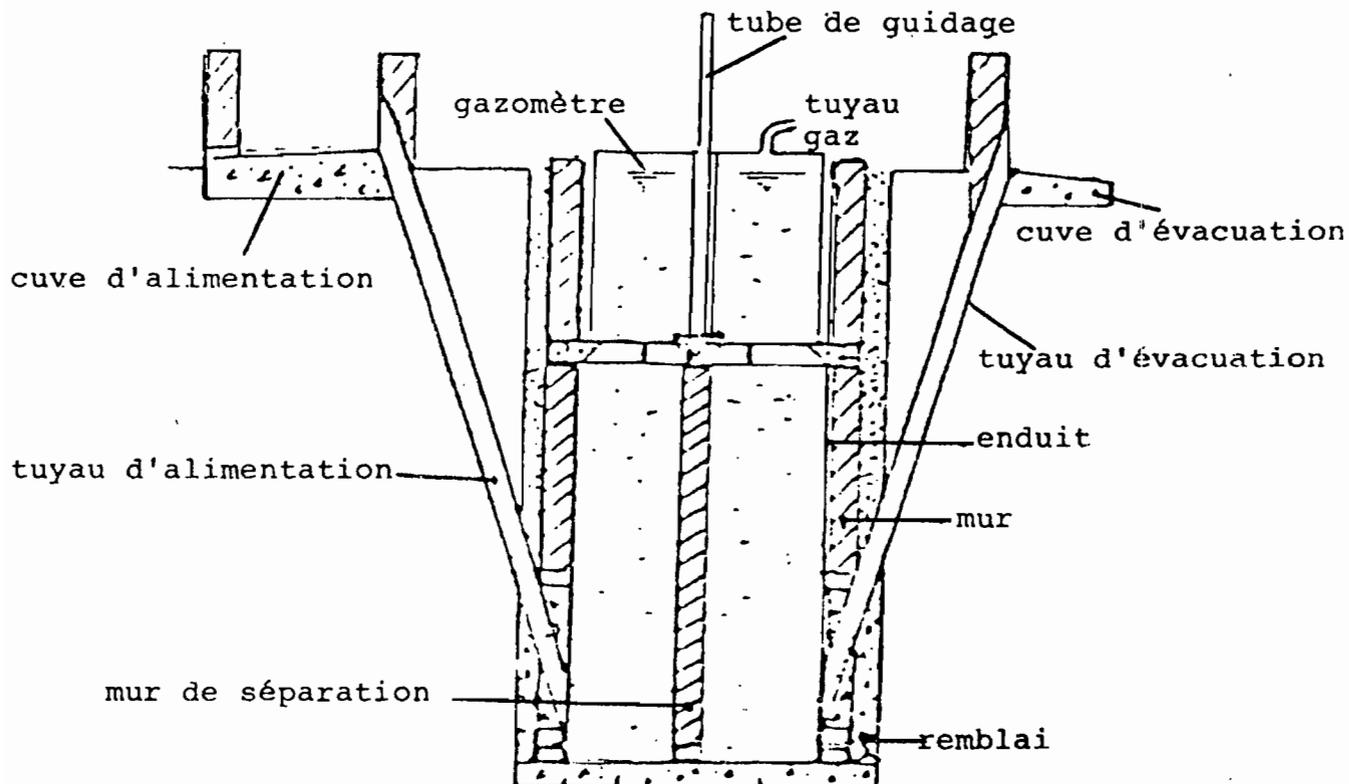
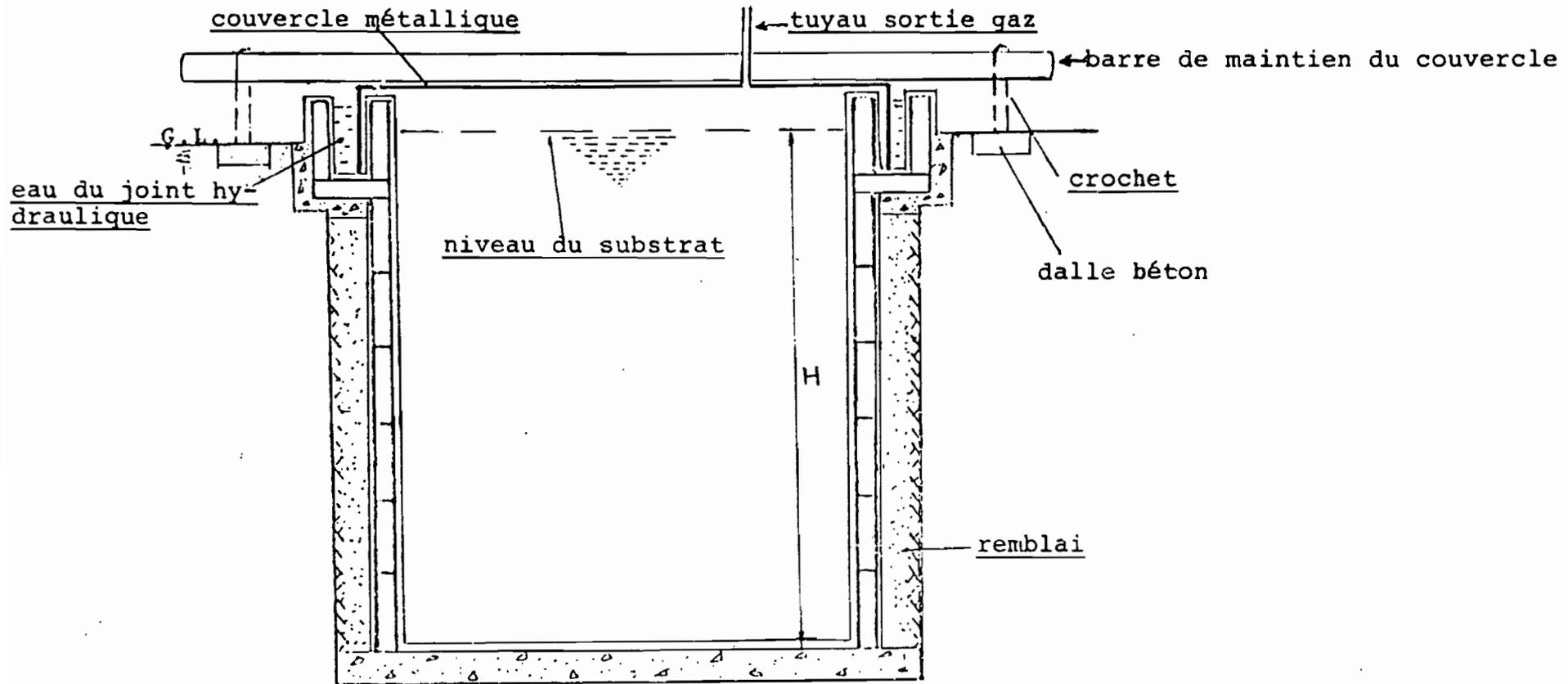


Fig. 3 : Digesteur Continu avec Couvercle Métallique



2-10 LE STOCKAGE DU BIOGAZ

Celui-ci est impératif lorsque les utilisations du gaz sont irrégulières dans le temps, plusieurs solutions sont envisageables (tableau N° 22)

Tableau N°22: Equipements de stockage du biogaz

Systèmes de stockage	Avantages	Inconvénients
Stockage au sommet de la cuve de fermentation	Solution simple	Stockage limité au maximum à une journée de production de gaz (environ 1 m ³ / m ³) de cuve par jour
Stockage en gazomètre indépendant	Solution classique, fonctionne bien	Solution coûteuse (cuve supplémentaire)
Stockage sous pression (bouteilles à 200 bars)	Solution peu encombrante, possibilité d'utilisation du gaz sur les véhicules (tracteurs par exemple).	Solution coûteuse, posant quelques problèmes techniques délicats

Source : 21

CHAPITRE III LA MISE EN DECHARGE

La décharge constitue le moyen le moins coûteux et le plus utilisé dans les pays en voie de développement. Elle consiste à stocker les déchets collectés sur un site approprié où ils subissent des fermentations aérobies et anaérobies.

Elle utilise deux sous filières

3-1 LA DECHARGE SAUVAGE

Elle consiste uniquement à stocker et compacter les déchets (cas de la décharge de Mbeubeuss). Ce procédé ne peut plus de nos jours être assimilé à une technique du fait que sur tous les plans, il pose plus de problèmes qu'il n'en règle (cf inconvénients et avantages)

3-2 LA DECHARGE CONTROLEE

La décharge contrôlée consiste à stocker et compacter les déchets et à les recouvrir d'une couche d'au moins 35 cm de matériau inerte (exemple : terre).

Cette technique était naguère considérée comme la plus réaliste pour certaines collectivités. De nos jours, avec le développement des sciences en général et celle de la terre en particulier, on s'est rendu compte que le terme disparaissait progressivement.

On utilise beaucoup plus le terme de Centre d'Enfouissement Technique (CET) que celui de décharge contrôlée.

Le lieu d'une décharge contrôlée doit être choisi en fonction des risques de pollution (nappes et cours d'eau etc...), de la nature et de la configuration du sol (terre meuble pour recouvrir, dépression etc...) et de la protection contre les odeurs (à environ 1 km des habitations et en aval des vents dominants).

Les déchets doivent être recouverts de terre ou de sable afin que les terrains occupés par la décharge puissent plus tard être réutilisés sans danger sanitaire.

3-3 AVANTAGES ET INCONVENIANTS

La décharge contrôlée présente l'avantage de pouvoir éliminer toutes les ordures à la fois et demeure la solution la moins coûteuse pour les autorités. Elle n'est cependant pas exempte d'inconvénients :

nécessité de grandes surfaces dont la réutilisation sera limitée, longue durée de décomposition des déchets, exigence d'une protection effective contre la pollution de surface ou des nappes souterraines, et non utilisation des déchets pour le recyclage sous ses différentes formes.

Il reste cependant que quelle que soit la filière traitement-valorisation choisie par une collectivité, celle-ci fera toujours appel à un CET complémentaire pour le traitement des inertes.

**TROISIEME PARTIE : PROJET DE COLLECTE-VALORISATION EXPERIMENTALE
DES ORDURES MENAGERE DE LOUGA**

I PRESENTATION DU PROJET

II MATERIEL - METHODE

III RESULTATS - DISCUSSION - PROPOSITIONS

CHAPITRE I PRESENTATION DU PROJET

1-1 LOCALISATION ET CARACTERISTIQUE DE LA ZONE

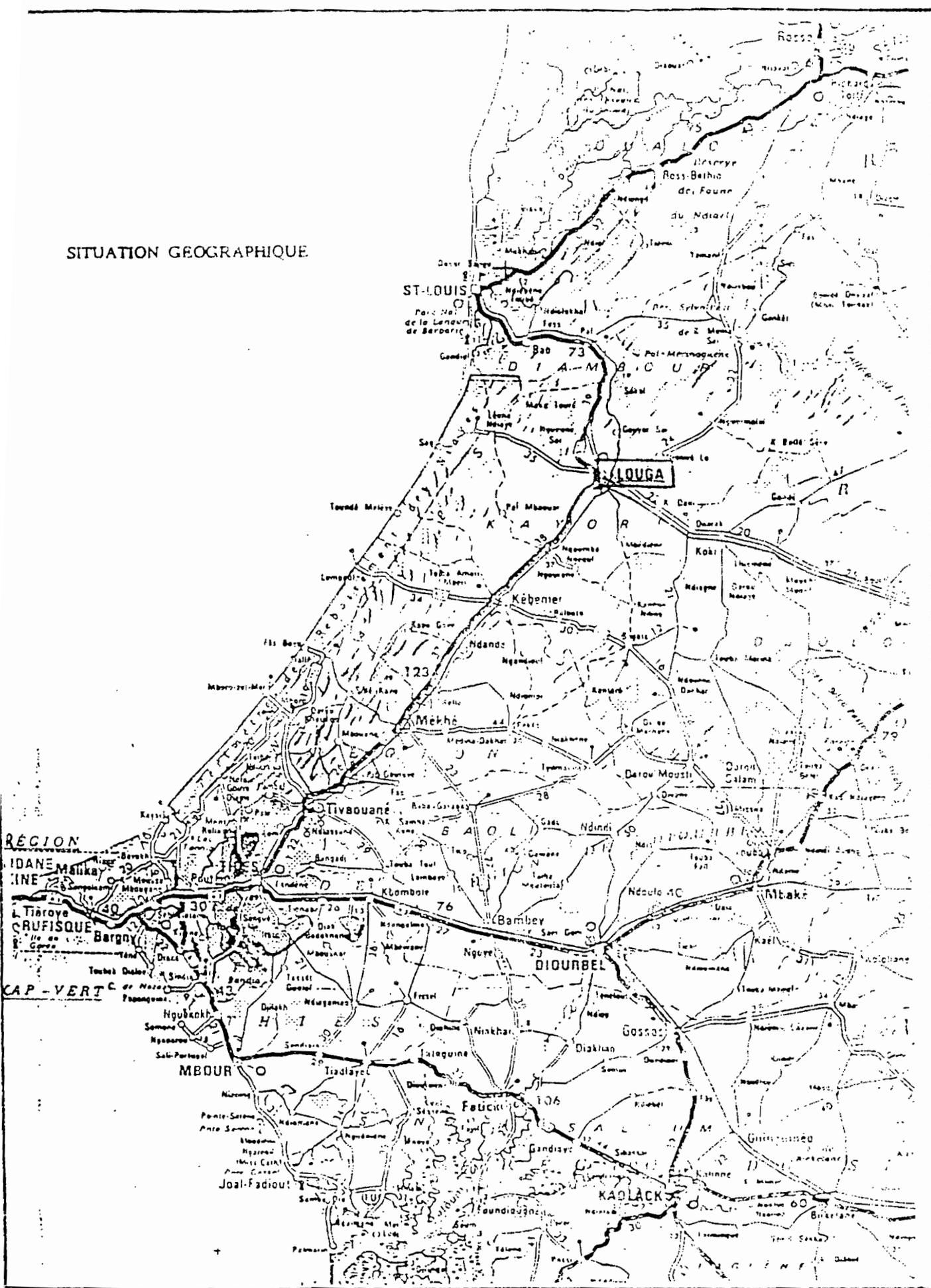
1.1.1 Introduction

Louga, ville moyenne du Sénégal, qui compte environ 700.000 habitants, est située en zone sahélienne à 200 kilomètres au nord de dakar (carte N°5). Les conditions économiques et environnementales y sont particulièrement dures car l'agglomération est soumise à l'exode rural, à l'avancée de la désertification et l'élimination des déchets ménagers, faute de moyens insuffisants, s'effectue dans de mauvaises conditions d'hygiène et d'environnement.

La municipalité et la direction de l'Environnement du Sénégal avait établi un programme de "plan vert directeur" ayant pour objet, en liaison avec la population, d'améliorer la collecte des déchets ménagers et de valoriser la fraction organique par reconstitution de terres agricoles et de reboisement.

En accord avec les autorités locales qui disposaient de peu de moyens financiers pour le mettre en oeuvre, le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) a repris ce projet partiellement et l'a présenté dans le cadre de l'appel d'offre REXCOOP "déchets ménagers dans les agglomérations des pays en développement.

SITUATION GÉOGRAPHIQUE



Le comité d'orientation de ce programme, après avoir retenu le projet a souhaité qu'il soit articulé en deux parties.

- dans un premier temps, une phase d'identification des conditions de faisabilité du projet et d'élaboration d'un programme détaillé d'expérimentation.

- dans un second temps, une phase d'expérimentation, à l'issue de laquelle les méthodes et les résultats pourraient être étendus à l'ensemble de la ville, et éventuellement, extrapolés à d'autres agglomérations du Sénégal.

1.1.2 Situation actuelle

1.1.2.1 Nature et élimination des déchets

On estime que Louga produit entre 80 et 130 m³ par jour de déchets ménagers, soit 30 à 40 tonnes par jour et 0,5 à 0,7 kilogramme par habitant. Ils sont composés essentiellement de petits emballages divers et de déchets végétaux et animaux.

Les services municipaux disposent d'un parc de matériel de collecte composé de trois tracteurs, quelques remorques et portes bennes, de bennes, d'une nivelieuse et d'une petite pelle mécanique. mais ce matériel d'une part, est insuffisant et d'autre part, pose des problèmes financiers de fonctionnement et d'entretien .

Le mode d'élimination des ordures ménagères est différent selon les quartiers de la ville. Dans les rues principales du centre, une collecte porte à porte quotidienne est effectuée lorsque le matériel est en état de marche, mais des bennes sont disposées aux principaux carrefours et, le plus souvent, les habitants y viennent déverser leurs ordures. Dans les autres quartiers, les déchets ménagers sont disposés sur des dépotoirs (une vingtaine au total), aux croisées des rues ou sur les places. Les services municipaux les enlèvent une fois par mois, mais il en découle au voisinage de très mauvaises conditions d'hygiène. En final, les déchets ménagers sont transportés sur trois décharges brutes situées en périphérie de la ville dans de petites dépressions. Les emballages récupérables (bouteilles , bidons, sacs en plastique, bois) sont soit conservés et réutilisés au niveau du foyer, soit collectés par des filières de récupération informelles qui, après nettoyage ou remise en état, les vend sur les marches. Certains des gros objets récupérés (tôles, pneus, châssis, fontes...) sont utilisés comme matériaux pour la manufacture d'ustensiles de ménage, mobiliers métalliques, harnais, chaussures ... Enfin, une récupération des déchets organiques est faite épisodiquement sur les décharges par une société agricole locale, la SERPA, avec ses propres moyens matériels.

1.1.2.2 Alimentation en eau et assainissement

Louga dont les besoins en eau potable sont de l'ordre de 1800 m³ par jour était alimenté par la conduite du lac de Guiers, mais elle est actuellement autonome grâce à un forage réalisé à la nappe du calcaire lutécien qui produit un débit de 200 m³ par heure. En outre, il existe quelques autres forages dans les agglomérations ou sa périphérie alimentant les exploitations agricoles, les pépinières ou des résidences privées.

L'agglomération est dotée depuis 1971 d'un réseau d'assainissement et d'une importante station d'épuration, mais, peu d'habitants y sont encore accordés et le débit traité n'excède pas 50 m³ par jour.

1-2 PRESENTATION DU PROGRAMME D'EXPERIMENTATION

1.2.1 Objectifs du projet

Etant donné que la technologie actuelle en matière de collecte et d'élimination des déchets dans les pays développés est inadaptée aux possibilités des villes sénégalaises, la Direction de l'Environnement, en collaboration avec le BRGM, avait conçu un programme d'expérimentation d'un système de collecte - récupération et valorisation agricole et forestière des déchets ménagers de la ville de Louga. Le projet voulait répondre aux objectifs suivant;

- améliorer l'hygiène et la propreté de la ville en organisant la collecte efficace avec des moyens traditionnels économiques,

-favoriser la récupération et la valorisation des déchets ménagers par compostage en utilisant des techniques simples et originales pour la création de 60 hectares de maraîchage, de 60 km² de plantation d'alignement, d'une ceinture verte de 24 km de long sur 100 m de large, de places publiques et jardins d'agrément,

- employer une part de la population sans emploi à ce service, cette population pouvant être directement intéressée en réutilisant le compost dans des zones de maraîchage qui leur seraient confiées.

1.2.2 Programme d'expérimentation

L'ensemble du projet est articulé autour de groupements de quartiers qui seraient responsables de la collecte et de l'élimination, mais également tireraient profit de la valorisation des déchets et du produit de maraîchage. Le système devait permettre la création d'emplois auto-financés. Compte tenu de la diversité des objectifs, il était indispensable de construire et de mettre en oeuvre un programme d'expérimentation impliquant la participation des élus et de la population, concernant les différents secteurs du projet à partir de déchets produits dans des quartiers tests représentatifs.

La structure du projet concerne donc 4 secteurs principaux :

- échantillonnage des déchets,
- collecte,
- tri-compostage,
- expérimentation.

A ces 4 secteurs principaux, s'ajoutent 3 secteurs d'accompagnement : ressources en eau pour l'agriculture, socio-économie et animation formation.

CHAPITRE II MATERIEL - METHODES

2-1 COLLECTE

Sur les 7 quartiers représentatifs de la ville, 2 quartiers tests ont été sélectionnés pour leur représentativité :

- le centre ville (Montagne Louga),

- un quartier périphérique (Keur Serigne Louga) qui a été scindé en 2 sous quartiers (Keur Serigne Louga Nord et Keur Serigne Louga Sud).

Pour des raisons d'hygiène, l'objectif est d'effectuer le ramassage journalier des déchets, si possible de porte à porte avec des moyens traditionnels peu onéreux pour la collectivité.

Le choix s'est donc porté sur la conception de "calèches à ordures" de fabrication locale, tractées par cheval, d'une charge utile de l'ordre de 500 kg. Une première calèche expérimentale a été conçue dans l'atelier d'un forgeron. La caisse basculante, est constituée de tôle. Après quelques adaptations nécessaires (équilibrage, renforcement des bras de traction) deux autres véhicules ont été construits.

Ultérieurement, 2 collectes expérimentales seront effectuées sur les quartiers témoins. Elles permettent de tester la robustesse et la commodité du matériel, de définir le nombre de véhicules nécessaires pour desservir l'ensemble de la ville.

2-2 COMPOSTAGE EXPERIMENTAL

La fabrication du compost comporte trois phases

2.2.1 Criblage - Echantillonnage

La construction d'un crible rotatif (trommel simplifié) a été confié à un forgeron de Louga. Dérivé des écosseurs d'arachides, il est entraîné par une manivelle activée par un manoeuvre.

Les opérations de village - échantillonnage ont lieu sur le terrain de la station d'épuration où l'on pouvait disposer d'un branchement électrique et d'eau. contrairement aux prévisions, il n'a pas été utilisé de bandes transporteuses et la manutention des déchets a été effectuée à l'aide de pelles, brouettes et poubelles par une équipe de 5 manoeuvres.

La préparation du terrain a nécessité un débroussaillage, un nivellement, la réfection d'une clôture ainsi que l'édification d'un abris protégeant du soleil. l'échantillonnage a porté sur les deux quartiers de référence sélectionnés : Keur Serigne Louga (sud et nord) et la Montagne.

Le tri a été opéré manuellement selon le schéma suivant:

- repérage du quartier et du jour de prélèvement (collecte et transport par calèche),

- criblage au trommel,

- tri des refus et pesée par composants supérieurs à 50 mm,

- pesée des passants inférieurs à 50 mm.

Le traitement a été appliqué à 7 tonnes d'ordures fraîches.

2.2.2 Préparation des andains

Indépendamment des déchets analysés, des ordures collectées par le tracteur municipal ont été introduites sur site et criblées pour produire une grande quantité de matières compostables. Nous disposons donc environ d'un total de 23 tonnes de produit criblé prêt pour la fabrication des andains. Afin de comparer les rendements respectifs des composts, 5 andains de trois types différents ont été constitués.

Andain 1 : 10 t : dimensions : 12*3*1,50 m à l'air libre

Andain 2 : 10 t : dimensions : 12*3*1,50 m, recouvert de nattes de raseaux.

Avant de leur donner leur forme définitive, les tas étaient étalés sur une surface de 12 * 6 m et arrosés à 60 % d'humidité, à l'aide d'un branchement d'eau potable.

Andains 3 : Dit de "méthode sénégalaise" : 7 t de matières compostables ont été déposées dans une fosse de 10 * 5 m sur 60 m. Le fond de la cavité était tapissé de branchages pour faciliter l'aération. Après arrosage à saturation, la fosse a été recouverte par 10 cm de sable.

Ces andains font l'objet de suivi par mesure de la température et de l'humidité.

Ce suivi a été réalisé à partir :

- tas découvert (TD) qui a fait l'objet de 5 opérations de retournement et d'échantillonnage (TD₁ à TD₅) dont la première a été accompagnée d'un nouvel arrosage réajustant l'humidité à 60 %
- du tas couvert (TC) qui a subi le même cycle de retournement, d'échantillonnage (TC₁ à TC₅) et d'humification.

Les 5 échantillons ont été respectivement réalisés après 17, 34,58,87 et 117 jours de fermentation.

Compte tenu de son recouvrement, le tas "sénégalais" n'a pas fait l'objet d'un suivi détaillé; il a seulement été déterré et échantillonné après une durée de 117 jours.

L'évolution des deux derniers andains (n°4 et n°5), de mêmes caractéristiques que l'andain n°1 ne subiront aucun contrôle analytique. Ils serviront de réserve de compost pour les expérimentations futures.

2-2-3 La Maturation

La maturation a été obtenue avec une méthode suivie en Afrique du Nord, du type arrosage / retournement, avec mesure régulière de l'humidité et de la température.

2-3 EXPERIMENTATION AGRICOLE

2-3-1 Site

D'une superficie de 3150m², le site est situé sur le domaine du Service des Eaux et Forêts à proximité d'un forage d'eau.

Les essais ont été menés sur un sol sableux, dégradé (tableau n°27) communément appelé sol "DIOR"

CARACTERISATION DU SOL EN PLACE

LOUGA (PROBOUIL)

Analyse physique - Laboratoire SAS - OLIVET

en % de terre fine sèche

Granulométrie			Stabilité structurale test	
< 2μ	Argile	7	Agrégats alcool %	S
2 - 20μ	Limons	1	Agrégats benzène %	36,44
20 - 50μ	Limons grossiers	5,4	Agrégats air %	35,86
	Sables moyens	51,8	Sables grossiers	32,34
	Sables grossiers	34,4	Argile - limon max	32,68
	Calcaire total	0	S	9,96
	Matère organique	0,4	Log 10 S	1,82
	C	0,22		1,26
	N	0,02		
	C/N	10,76		
	C.E.C meg/100 gr	4,7		

CARACTERISATION DU SOL EN PLACE

LOUGA (PROBOUIL)

ANALYSE CHIMIQUE

Eléments majeurs - Laboratoire S.A.S - OLIVET

PH₀

H₂l 8,3

KCl 7,7

Cations échangeables (en % de terre fine sèche)

		meg/100g	%GEC
CaO	0,08		
K ₂ O	0,11	0,17	3,60
MgO	1,70	0,55	11,60
CaO ₅	0,02	6,07	129,1
P ₂			

Eléments en trace - Laboratoire BRGN(ANA/ICP)

	%	PPM		PPM
SiO ₂ libre	89,7	209	NB	20
SiO ₂	92,4	11	Mo	5
Al _{2x}	2,1	2	Ag	0,2
Fe _{2x}	1	45	Cd	2
CaO	1	27	Sn	10
MgO	1	25	Sb	10

K ₂ O	0,5	Co	5	Ba	54
TiO ₂	0,24	Ni	17	Ce	10
		Cr	6	W	10
		Zn	14	Pb	14
		Be	20	Bi	10
		Fe	20	Zr	224
		Y	20		

Les résultats indiquent qu'il s'agit d'un sol à texture sableuse, dont le taux de matière organique, la capacité d'échange cationique, la teneur en base échangeables et en traces (Cu, Zn et Mn) sont également de faible valeur, à des seuils de carence pour les plantes. Le sol de Louga est donc très pauvre sur le plan organique.

2-3-2 Dispositif Expérimental

Un dispositif expérimental de base comportant 12 parcelles de 20m² (figure 10) à été défini. On y fera varier les doses de compost à l'hectare (50, 100 et 150 t/ha) par rapport aux parcelles témoins. Ce dispositif de base sera multiplié par le nombre de catégories de composts testés (chou, tomate, pomme de terre). Il est prévu d'effectuer sur chaque parcelle expérimentale, trois récoltes successives réparties sur une année afin d'obtenir des résultats significatifs sur le plan agronomique.

2-3-3 Les produits

2-3-3-1 Les Composts

Deux types de composts ont été utilisés :

- un compost mûr obtenu après 5 mois de fermentation
- un compost frais (immature) ayant subi 15 jours de fermentation.

2-3-3-2 Le 10. 10. 20 (engrais minéral)

Composition du 10. 10. 20

N	10%
P	10%
K	20%

2-3-4 Les Cultures

Trois types de spéculations ont été recherchés :

- tomates pour la culture des fruits,
- choux pour la culture des feuilles,
- pomme de terre pour la culture des tubercules.

Les résultats indiquent qu'il s'agit d'un sol à texture sableuse, dont le taux de matière organique, la capacité d'échange cationique, la teneur en base échangeables et en acide phosphorique sont très faibles. Les éléments en traces (Cu, Zn et Mn) sont également de faible valeur, à des seuils de carence pour les plantes. Le sol de Louga est donc très pauvre sur le plan agronomique.

2-3-2 Dispositif Expérimental

Un dispositif expérimental de base comportant 12 parcelles de 20m² (figure 10) à été défini. On y fera varier les doses de compost à l'hectare (50, 100 et 150 t/ha) par rapport aux parcelles témoins. Ce dispositif de base sera multiplié par le nombre de catégories de composts testés (frais mûr) puis par le nombre de légumes testé (chou, tomate, pomme de terre). Il est prévu d'effectuer sur chaque parcelle expérimentale, trois récoltes successives réparties sur une année afin d'obtenir des résultats significatifs sur le plan agronomique.

2-3-3 Les produits

2-3-3-1 Les Composts

Deux types de composts ont été utilisés :

- un compost mûr obtenu après 5 mois de fermentation
- un compost frais (immature) ayant subi 15 jours de fermentation.

2-3-3-2 Le 10. 10. 20 (engrais minéral)

Composition du 10. 10. 20

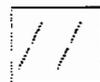
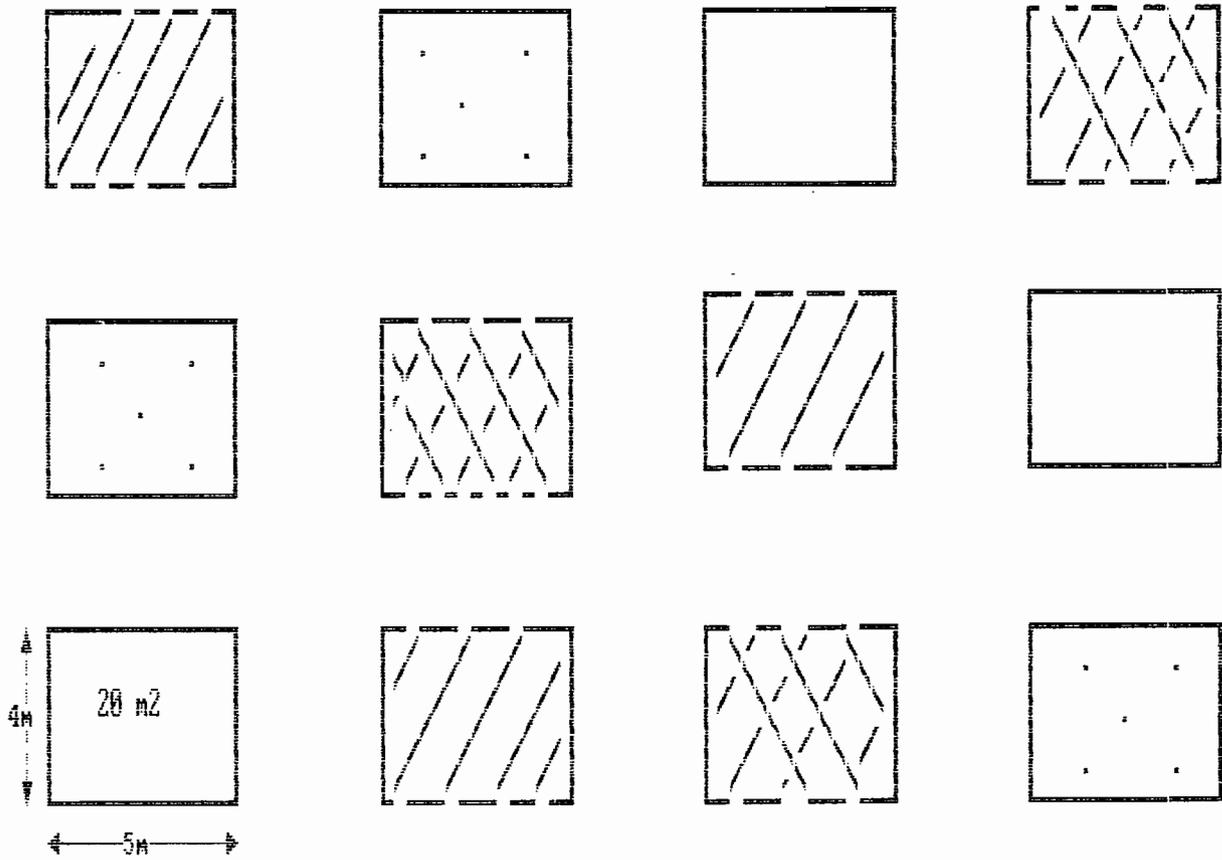
N	10%
P	10%
K	20%

2-3-4 Les Cultures

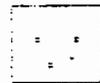
Trois types de spéculations ont été recherchés :

- tomates pour la culture des fruits,
- choux pour la culture des feuilles,
- pomme de terre pour la culture des tubercules.

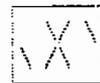
Figure 10 : Plan du dispositif expérimental de base



: 50t de compost/ha



: 100t de compost/ha



: 150t de compost/ha



: témoin

Source : (probovil)

2-3-4-1 Tomates

La tomate préfère des sols pas trop lourds, profonds et meubles, riche en éléments nutritifs et en matières organiques.

4 parcelles ont été sélectionnées dans la pépinière pour chaque type de compost. Le repiquage à été effectué un mois après les semis dans les planches expérimentales. L'arrosage était effectué quotidiennement à l'arrosoir, le matin de 6h à 8h et le soir de 18h30 à 19h45.

2-3-4-2 Choux

Le chou est une plante exigeant en fumure, surtout azotée, et préfère des sols riches en matières organiques ainsi q'une bonne humidité du sol et de l'air.

4 parcelles ont été sélectionnées dans la pépinière pour chaque type de compost. Le repiquage à été également effectué un mois après les semis dans les planches expérimentales. L'arrosage était effectué quotidiennement, le matin de 6h à 8h et le soir de 18h30 à 19h45.

2-3-4-3 Pomme de Terre

la pomme de terre préfère les sols plutôt légers, pas trop humides, assez riches et les matières organiques bien décomposées. Les semences ont été mises sous ombrère durant trois semaines avant d'être repiquées dans les parcelles.

L'arrosage etait effectué quotidiennement, le matin de 6 h à 8 h et le soir de 18 h 30 à 19 h 45.

2.3.5 Réalisation des essais

Trois types de traitements ont été appliqués aux aux planches expérimentales :

- traitement au compost frais,
- traitement au compost mûr,
- traitement au compost frais et au 10.10.20 ND .

2.3.5.1 Traitement au compost frais et traitement au compost mûr

2.3.5.1.1 Objet de l'essai

Il a pour but de définir l'intérêt du compost urbain dans la reconstitution des sols par une comparaison des rendements en fonction du degré de maturation du compost et des doses à l'hectare.

2.3.5.1.2 Protocole expérimental (cf tableau N° 24)

Tableau N°: 24 Protocole expérimental

Traitement	Spécifications	Dimension Parcelle
<u>1/ Compost frais</u> 3 parcelles sans compost(témoin) 3 parcelles : 50t/ha de compost 3 parcelles : 100t/ha de compost 3 parcelles : 150t/ha de compost	chou, tomate, pomme de terre	20 m ²
<u>2/ Compost mur</u> 3 parcelles sans compost(témoins) 3 parcelles : 50t/ha de compost 3 parcelles : 100t/ha de compost 3 parcelles : 150t/ha de compost	chou, tomate, pomme de terre	20 m ²

Nombre de parcelles par espèce: 24

Surface totale cultivée par espèce: 480 m²

Surface totale cultivée de l'expérimentation: 1440 m²

2.3.5.2 Traitement au compost frais et au 10.10.20

2.3.5.2.1 Objet de l'essai

Il s'agit d'apprécier les rendements obtenus sur des parcelles traitées simultanément au compost frais à des doses variables et au 10.10.20 par rapport à des parcelles témoins ayant reçu uniquement une dose optimale de 10.10.20 c'est à dire celle recommandée dans les fiches techniques.

Ces doses recommandées sont pour :

- le chou : 1.000 kg/ha
- la tomate : 1.300 kg/ha
- la pomme de terre : 800 kg/ha.

Les doses de 10.10.20 utilisées sur les parcelles ayant reçu le compost frais sont des fractions des doses recommandées : 25 % , 50 %.

Ainsi, nous avons respectivement pour

- le chou : 250, 500 kg/ha de 10.10.20
- la tomate : 325, 650 kg/ha de 10.10.20
- la pomme de terre : 200, 400 kg/ha de 10.10.20

(cf tableau N°29)

Le compost frais obtenu après 15 jours de fermentation aérobie est utilisé à des doses de 50, 100, 150 t/ha pur chaque spéculation (cf tableau N°29).

2.3.5.2.2 Protocole expérimental (cf tableau N°25)

Tableau N°25: Protocole expérimental

Nature des parcelles	Spéculations	Dimension parcellaire
2 parcelles avec engrais		
2 parcelles avec compost 50t/ha+25 pour cent engrais	Chou	20 _M 2
2 parcelles avec compost 50t/ha+50 pour cent engrais	Tomate	
2 parcelles avec compost 100t/ha+25 pour cent engrais	Pomme de terre	
2 parcelles avec compost 100t/ha+50 pour cent engrais		
2 parcelles avec compost 150t/ha+25 pour cent engrais		
2 parcelles avec compost 150t/ha+50 pour cent engrais		

Nombre de parcelles par espèce : 14

Surface totale cultivée par espèce : 280_M2

Surface totale cultivée de l'expérimentation : 840_M2

2-4 CRITERES D'EVALUATION

2.4.1 Efficacité des moyens de collecte

Elle traduit l'aptitude des moyens mis en oeuvre pour assurer la collecte des déchets.

2.4.2 Caractéristique des déchets

Elle détermine la composition des déchets collectés en éléments valorisables par compostage et en refus.

2.4.3 Composition physique et chimique des composts

C'est la composition en matière organique et en éléments minéraux de la fraction compostable des déchets avant et après compostage pendant une durée de fermentation définie.

2.4.4 Rendements culturaux

C'est la quantité de produits récoltés par unité de surface cultivée après 60, 60, 80 jours de culture respectivement pour la pomme de terre, la tomate et le chou.

Ils seront exprimés en t/ha.

CHAPITRE III RESULTATS - DISCUSSION - PROPOSITION

3-1 RESULTATS

3.1.1 Collecte des déchets

Durant les travaux, les déchets frais ont été déposés chaque jour par les habitants, aux croisées des rues et repris à la fourche dans les calèches. Chaque calèche pouvant effectuer 5 rotations par jour, soit collecter 2,5 tonnes d'ordures par jour.

Au vu de ce résultat, on pourrait estimer que 16 calèches soient suffisants ! desservir l'ensemble de la ville et assurer ainsi un ramassage effectif et quotidien des déchets ménagers.

3.1.2 Composition des déchets

Les résultats du traitement criblage-échantillonnage sont présentés dans le tableau N°26.

Tableau N°26: Analyse globale des ordures ménagères de la ville de Louga

QUARTIERS DE REFERENCE COMPOSANTS	Keur Serigne Louga Nord	Keur Serigne Louga Sud	Montagne Louga
	Teneur pour 100	Teneur pour 100	Teneur pour 100
Papiers - cartons	0,3	0,2	0,2
chiffons	1,7	1,0	1,0
Alms plastiques	0,4	0,4	0,3
Bois végétaux	0,1	0	0,1
Gravats	2,2	2,4	2,5
Métaux	1,0	0,6	0,7
Plastiques Caoutchouc	0,6	0,4	0,3
Verre cassé	0,2	0,1	0,1
Verre entier	0,1	0,05	0,03
Os	0,2	0,05	0,07
Piles usagées	0,1	0,1	0,2
Total refus	6,9	6,0	5,5
Total compostable	93,1	94,0	94,5
Total échantillon	100,0	100,0	100,0

Source Labo BRGM

Les matières compostables représentent 94 % des ordures. Elles sont composées en grande partie de déchets animaux et végétaux.

Les refus sont en quantité très faible (6 %).

Les matériaux intéressant la récupération sont:

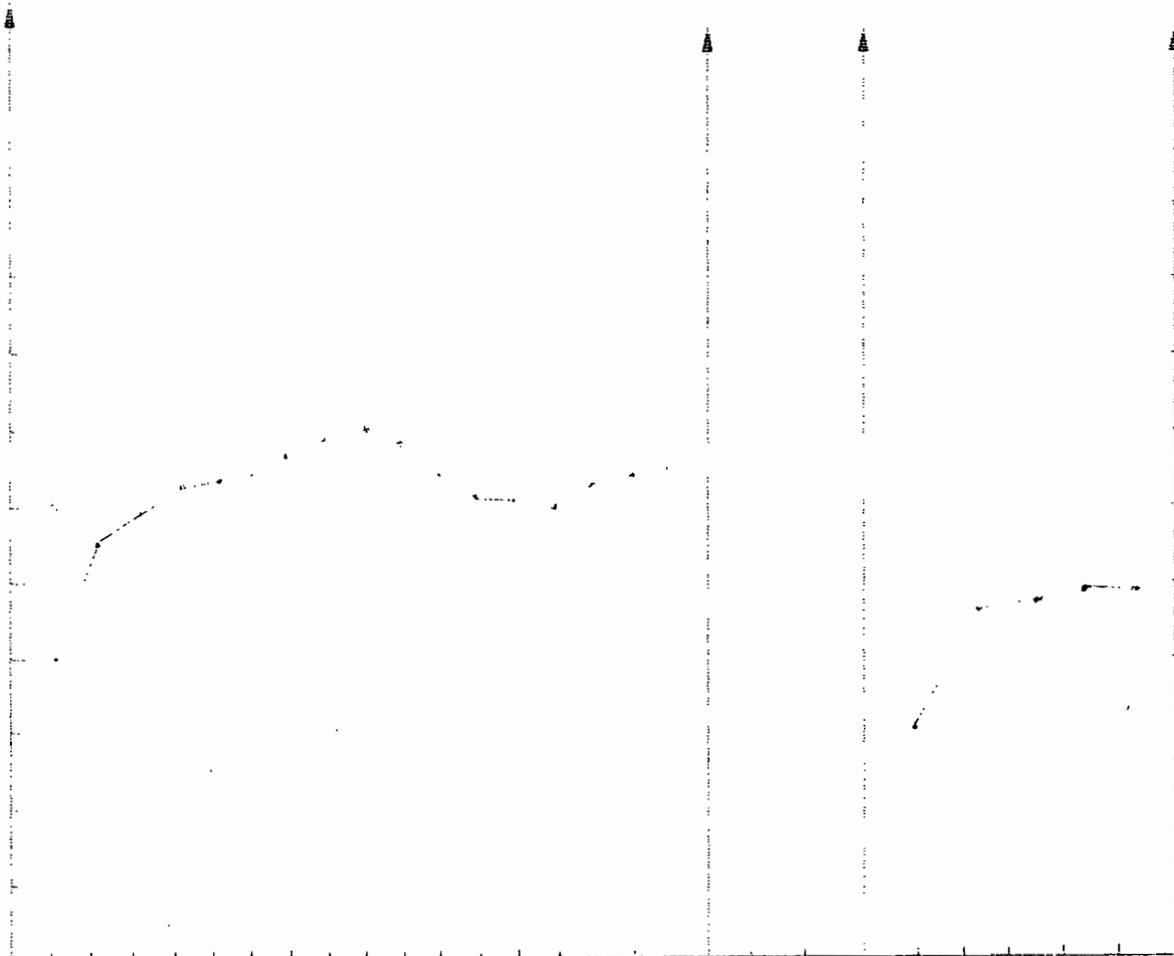
- les gravats pour l'empierrement des routes,
- les verres entiers,
- les métaux,
- les bois.

3.1.3 Caractéristiques physiques et chimiques des composts:

3.1.3.1 Evolution de la température et l'humidité

L'évolution de la température a été suivie sur les andains 1 et 2 (figure . 1)

Figure N° 11 : Courbe d'évolution de l'humidité et de la température d'un tas expérimental de compost d'ordures de Louga (andain N°1 découvert)



On observe une montée progressive de la température pour atteindre 70° C le 9 e jour, cependant que le taux d'humidité diminuait de moitié (60° à 30°). A ce stade, la température n'a plus augmenté ou a diminué, alors que le degré d'humidité regressait jusqu'à 20 %, et ce jusqu'au 17 e jour. A cette date, on procédait à un nouvel arrosage et à un premier retournement. quatre jour après la reconstitution de l'andain, la température atteignait à nouveau 50° C ce qui traduit l'inachevement de la maturation.

3.1.3.2 Caractéristiques granulométriques

L'analyse granulométrique a été réalisée dans les laboratoires du BRGM sur du produit non fermenté et du compost des tas 1 et 2 après 17 jours de fermentation.

Les résultats détaillées figurent au tableau N° 27.

Tableau N°27: Teneur en différents composants des fractions compostables sèches

Composants	Produits non fermentés						Compost après 17 jours de fermentation												
	TU1						TD					TC							
Classe granulométrique mm non fermentables	>20	>12,5	>6,3	>1	<1	e clas	>20	>12,5	>6,3	>1	<1	e clas	>20	>12,5	>6,3	>1	<1	e clas	
Gravats		0,41	1,02			1,43	3,19	1,26	0,73			6,18	0,50	0,83					1,33
Verre	0,23					0,23	0,34	0,19	0,05			0,58	0,06						0,06
Matière synthétique	0,09	0,05				0,14	0,05	0,05				0,10							
Métaux	0,05					0,05			0,05			0,05	1,28						1,28
Sables					46,2	46,2					61,7	61,77						62,6	62,64
Sous total	0,37	0,46	1,02	0	46,2	48,1	3,58	1,5	0,83	0	61,7	67,68	1,28	0,56	0,83	0	62,6	65,31	
Matière organique fermentable	5,73	4,74	14,08	22	5,3	51,9	1,22	1,70	9,17	15,6	4,5	32,32	1,22	2,34	11,17	16,8	3,07	34,69	

TD: Tas Découvert

TC: Tas Couvert

TU1: échantillon d'origine de référence

Source: Labo BRGM

Avant fermentation, la nature à composter contient 48 % de matière minérale dont 46 % de sable.

Le pourcentage de matière organique diminue après 17 jours de fermentation. Il y a donc intérêt à utiliser le compost quelque jour après arrosage.

3.1.3.3 Composition chimique des composts

Des échantillons ont été réunis pour analyse chimique et détermination de la valeur agronomique des composts:

- un échantillon moyen des andains 1 et 2 avant arrosage,
- un échantillon des andains 1 et 2 après 17 jours de fermentation (TD₁, TC₁)
- un échantillon des andains 1 et 2 après 34, 58, 87 et 117 jours de fermentation (TD₂, TD₃, TD₄, TD₅, et TC₂, TC₃, TC₄, TC₅)
- un échantillon de l'andain 3 (tas sénégalais) après 117 jours de fermentation.

Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau N° 28.

Tableau N°28: Résultat des analyses chimiques des composts (Source LABO BRGM)

Références du compost	TV1	TD1	TD2	TD3	TD4	TD5	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TS
pH	7,65	8,4		8,7	8,6	8,5	8,4		8,7	8,7	8,5	8,3
Humidité résiduelle % (PB)	3,2	3,1	6,0	1,58	4,64	1,84	4,0	3,1	1,42	8,03	1,82	2,26
Carbone organique % (PS)	13,9	9,9	5,3	5,5	4,7	4,2	10,9	5,7	4,9	5,1	4,4	8,7
matière organique totale % (PS)	31,2	20,9	13,9	11,6	11,5	9,3	23,0	14,6	10,9	12,4	9,6	17,9
matière orga non synthétiq %PS	31,2	20,9	13,9	11,6	11,5	9,3	23,0	14,6	10,9	12,4	9,6	17,9
Azote Kjeldahl en N% (PS)	5,5	4,4	4,7	4,2	4,7	3,8	4,8	4,5	4	4,9	4,1	4,8
Phosphore total en P ₂ O ₅ % (PS)	16,6	9,2	6,8	5,4	5,9	5,0	9,6	10,8	6,5	7,9	5,6	10,3
Potassium total en K ₂ O (PS)	6,2	3,0	1,8	1,7	2,1	1,3	2,8	2,2	2	1,9	1,6	1,2
Potassium échangeable en KO %PS	4,8	2,4	1,4	1,2	1,5	0,9	2,2	1,6	1,5	1,3	1,1	0,7
Sodium total en Na ₂ O % (PS)	2,7	1,3	0,6	0,8	0,7	0,4	1,3	0,8	1	0,7	0,5	0,4
Sodium échangeable en Na ₂ O% (PS)	1,6	1,0	0,4	0,4	0,6	0,3	0,9	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3
Magnésium total en MgO % (PS)	4,0	2,9	3,4	3,0	4,7	3,0	2,9	3,4	3,1	4,6	3,8	3,8
Magnésium échangeable en MgO%PS	2,6	1,6	1,6	1,4	1,6	1,3	1,7	1,5	1,4	1,5	1,4	1,3
Calcium total en CaO % (PS)	33,0	24,6	18,0	14,6	45,4	33,5	23,7	29,8	17,7	48,3	34,9	49,4
Calcium échangeable en CaO %PS	6,1	6,5	7,1	6,5	7,9	7,1	6,6	7,7	6,7	7,5	7,1	8,6
Chlorures en CL ppm (PS)	2913	1063	340	344	389	160	1426	524	446	387	255	131

PS: résultat fourni par rapport au produit sec TC: tas couvert: même cycle de retournement, échantillonnage (TC1-TC5)

PB: résultat fourni par rapport au produit brut TS: tas sénégalais

*: sont considérées comme matières organiques synthétiques: le pvc, le polystyrène, le polyéthylène

TV1: échantillon d'origine TD: tas découvert 5 opérations de retournement et d'échantillonnage (TD1 à TD5)

3.1.4 Rendements en culture

3.1.4.1 Traitements aux composts

Les résultats sont présentés dans les tableaux N° 29, 30,31,32,33,34

Tableau N°31: Rendements réels en t/ha

(Tomate)

Spéculation	Moyenne des rendements réels en t/ha (3 répétitions)		Fourchette des rendements réels obtenus en t/ha			
			Maximum		Minimum	
	CF	CM	CF	CM	CF	CM
T	0,18	0,0	0,55	0,0	0,55	0,0
50	18,34	4,7	21,57	11,86	12,61	0,0
100	25,02	11,79	31,51	18,52	18,43	1,90
150	30,13	12,55	34,04	13,95	25,22	11,46

Source: probovil

Tableau N°32 :Rendement réel en % du témoin

(Tomate)

Spéculation	Moyenne des rendements réels en % du témoin	
	CF	CM
T	-	-
50	10188,89	-
100	13900	-
150	16738,89	-

Source probovil

Tableau N°33: Rendements réels en t/ha

(Chou)

Spéculation	Moyenne des rendements réels en t/ha (3 répétitions)		Fourchette des rendements réels obtenus en t/ha			
	CF	CM	Maximum		Minimum	
			CF	CM	CF	CM
T	2,03	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0
50	1,87	5,67	4,0	8,0	0,0	4,0
100	5,37	5,75	12,50	6,0	1,10	5,5
150	3,50	5,67	5,0	6,0	2,0	5,0

Source: probovil

Tableau N°34: Rendement réel en % du témoin

(Chou)

Spéculation	Moyenne des rendements réels en % du témoin	
	CF	CM
T	-	-
50	92,12	-
100	264,53	-
150	172,41	-

Source: probovil

3.1.4.2 Traitement au compost frais et au 10.10.20

les résultats sont donnés par les tableaux N° 35, 35, 37, 38, 39, 40.

Tableau N°35: Rendements réels en t/ha

(Pomme de terre)

Spéculation	Moyenne des rendements réels en t/ha	Fourchette des rendements réels obtenus en t/ha	
		Maximum	Minimum
I: témoin(800kg/ha de 10.10.20)	3,25	5,0	1,50
A: 50t compost/ha+200kg/ha de 10.10.20	11,25	16,50	6,0
B: 50t compost/ha+400kg/ha de 10.10.20	4,37	5,50	3,25
C: 100t compost/ha+200kg/ha de 10.10.20	14,62	16,50	12,75
D: 100t compost/ha+400kg/ha de 10.10.20	2,75	4,0	1,50
E: 150t compost/ha+200kg/ha de 10.10.20	2,75	5,50	0,0
F: 150t compost/ha+400kg/ha de 10.10.20	4,62	5,25	4,0

Source: Probovil

Tableau N°36: Rendement réel en % du témoin

(Pomme de terre)

Spéculation	Moyenne des rendements réels en % du témoin
I: témoin (800kg/ha de 10.10.20)	-
A: 50t compost/ha+200kg/ha de 10.10.20	346,15
B: 50t compost/ha+400kg/ha de 10.10.20	134,46
C: 100t compost/ha+200kg/ha de 10.10.20	449,85
D: 100t compost/ha+400kg/ha de 10.10.20	84,61
E: 150t compost/ha+200kg/ha de 10.10.20	84,61
F: 150t compost/ha+400kg/ha de 10.10.20	142,15

Source: Probovil

Tableau N°37: Rendements réels en t/ha

(Tomate)

Spéculation	Moyenne des rendements en t/ha (2 répétitions)	Fourchette des rendements réels obtenus en t/ha	
		Maximum	Minimum
T: témoin (800kg/ha de 10.10.20)	38,25	52,7	24,0
A: 50t compost/ha+200kg/ha de 10.10.20	19,60	21,10	18,10
B: 50t compost/ha+400kg/ha de 10.10.20	43,70	49,80	37,60
C: 100t compost/ha+200kg/ha de 10.10.20	41,05	44,70	37,40
D: 100t compost/ha+400kg/ha de 10.10.20	46,70	55,90	37,50
E: 150t compost/ha+200kg/ha de 10.10.20	57,45	64,20	50,70
F: 150t compost/ha+400kg/ha de 10.10.20	64,40	65,10	63,70

Source: Probovil

Tableau N°38 Rendement réel en % du témoin

(Tomate)

Spéculation	Moyenne des rendements réels en % du témoin
T: témoin (800kg/ha de 10.10.20)	-
A: 50t compost/ha+200kg/ha de 10.10.20	51,11
B: 50t compost/ha+400kg/ha de 10.10.20	113,95
C: 100t compost/ha+200kg/ha de 10.10.20	107,04
D: 100t compost/ha+400kg/ha de 10.10.20	121,77
E: 150t compost/ha+200kg/ha de 10.10.20	149,80
F: 150t compost/ha+400kg/ha de 10.10.20	167,93

Source: Probovil

Tableau N° 39: Rendements réels en t/ha

(chou)

Spéculation	Moyenne des rendements réels en t/ha (2 répétitions)	Fourchette des rendements réels obtenus en t/ha	
		Maximum	Minimum
T: témoin (1000kg/ha de 10.10.20)	14,85	18,90	10,80
A: 50t compost/ha + 250 kg/ha de 10.10.20	10,10	11,50	8,70
B: 50t compost/ha + 500 kg/ha de 10.10.20	10,10	13,60	6,60
C: 100t compost/ha + 250 kg/ha de 10.10.20	12,85	15,90	9,8
D: 100t compost/ha + 500 kg/ha de 10.10.20	16,65	18,20	15,10
E: 150t compost/ha + 250 kg/ha de 10.10.20	18,35	20,0	16,70
F: 150t compost/ha + 500 kg/ha de 10.10.20	13,15	13,60	12,70

Source: (probovil)

Tableau N° 40: Rendements réels en % du témoin

(chou)

ECOLE INTER-ÉTATS
DES SCIENCES ET MÉDECINE
VÉTÉRINAIRES DE DAKAR
BIBLIOTHEQUE

Spéculation	Moyenne des rendements réels obtenus en % du témoin
T: témoin (1000kg/ha de 10.10.20)	-
A: 50t compost/ha + 250 kg/ha de 10.10.20	68,01
B: 50t compost/ha + 500 kg/ha de 10.10.20	68,01
C: 100t compost/ha + 250 kg/ha de 10.10.20	86,53
D: 100t compost/ha + 500 kg/ha de 10.10.20	112,12
E: 150t compost/ha + 250 kg/ha de 10.10.20	123,57
F: 150t compost/ha + 500 kg/ha de 10.10.20	88,55

Source: (probovil)

3-2 DISCUSSION

3.2.1 Du choix du lieu

Les sols utilisés au cours des essais sont de nature ferrugineux, nommés "DIOR" localement.

Comme le montrent les analyses, ils sont très pauvres en éléments nutritifs et leurs teneurs en argile et limons sont faibles. La forte proportion de sable a des effets négatifs sur la fertilité (8).

La faible porosité limite le développement racinaire, l'insuffisance réserve utile en eau laisse supposer des déficits hydriques importants pour les plantes. La capacité d'échange en ions très réduite ne permet pas la mise en réserve des éléments minéraux.

La solution à ces problèmes physiques au niveau du sol passe par l'emploi de techniques culturales adéquates.

L'apport de compost peut donc être un facteur essentiel d'amélioration de la fertilité des sols "DIOR".

3.2.2 Du matériel - Méthodes

Pour obtenir de bons résultats, l'introduction d'une innovation doit se faire dans les conditions acceptables qui assurent un faible degré de l'investissement lié au transfert de cette technologie.

Par ailleurs, le faible niveau de l'investissement traduit la possibilité de diffusion de la technologie à grande échelle.

Malheureusement, le transfert des technologies dans les pays en voie de développement ne s'est pas toujours réalisé dans les meilleures conditions. Les innovations ont souvent été organisées depuis longtemps, suivant un schéma linéaire, où la recherche avait pour mission d'élaborer des techniques qu'elle transférerait ensuite aux structures de développement (projets) qui à leur tour s'efforceraient de les vulgariser. L'adoption durable des innovations techniques et à fortiori leur maîtrise par les producteurs dépendent des contraintes réelles du milieu (disponibilité des ressources financières, commercialisation des produits, entretien des équipements, niveau de qualification etc...).

On peut donc constater que devant ces contraintes, la collecte des ordures ménagères par des moyens non conventionnels dans les zones faiblement urbanisées constitue une alternative viable, tant au plan technique qu'économique.

Les opérations de collecte et de compostage en tas ont permis de s'assurer qu'elles étaient possibles avec les seuls moyens dont disposaient les collectivités locales.

Le compostage en andains avec retournement manuel, ne demandant aucun investissement à coût élevé ni qualification particulière peut être alors considéré comme une solution décentralisée, bien adaptée pour le traitement des déchets urbains en Afrique à condition de prendre en compte les deux éléments suivants:

- qualité du compost
- débouchés du compost

3.8.3 Des résultats

3.8.3.1 Caractéristiques physiques des composts

Les analyses physiques et granulométriques montrent qu'avant fermentation, le compost contient 48 % de sable.

Ce sable provient du sol lors du pelletage des Dépôts d'ordures. La distribution de poubelles réglementaires dans les quartiers témoins aurait permis d'éviter cette contamination et d'améliorer sensiblement la qualité des composts.

Les pertes en matières organiques interviennent rapidement. Il y a donc intérêt à utiliser le compost 15 jours après l'arrosage.

Les tas couverts et découverts présentent le même enrichissement en matières non fermentescibles, phénomène principalement dû à la biodégradation et à des apports (vents de sable).

Le tas sénégalais semble s'être appauvri en sable. L'arrosage intensif sur le lit de feuillage est sans doute responsable d'un lavage de la fraction fine.

3.8.3.2 Caractéristiques chimiques des composts

L'analyse chimique montre que le rapport C/N des composts est faible. Bien que certains auteurs (4) pensent que le rapport C/N ne semble intéressant que sur le plan purement académique, faute de mieux, il demeure un indice permettant d'apprécier la valeur agronomique d'un support de culture.

Selon HURET (22), un rapport C/N supérieur à 40 et inférieur à 15 entraîne respectivement une consommation intense d'azote minérale par les macro-organismes et une volatilisation de composés azotés.

Dans les deux cas, les végétaux risquent une déficience en azote. Au vu de ce résultat, un apport complémentaire de fumure minérale azotée serait nécessaire pour améliorer la nutrition des plantes.

Le pH alcalin des composts dû à la présence d'une quantité importante de CaO peut être un facteur de correction de l'acidité des sols tropicaux.

Les teneurs intéressantes en potassium et surtout en phosphore permettent de diminuer la consommation d'engrais minéraux. Si les résultats des analyses chimiques révèlent la bonne qualité des composts, ils doivent être accueillis avec réserve car les teneurs en métaux lourds ne sont pas précisées.

L'utilisation des composts issus des déchets urbains présente des risques de transfert de ces métaux dans les eaux et l'alimentation humaine. C'est pourquoi, une attention particulière devrait être portée à ces polluants potentiels des composts obtenus par traitement des ordures ménagères.

3.2.3.3 Rendements en culture

Les résultats obtenus font apparaître que l'utilisation du compost urbain, même sans amendement minéral, améliore les rendements par rapport à ceux obtenus sur sol nu.

Les rendements moyens les plus élevés obtenus après traitement, uniquement au compost sont les suivants:

- pomme de terre : 4,98 t/ha sur compost mûr à la dose de 100 t/ha
- tomate : 30,13 t/ha sur compost frais à la dose de 150 t/ha
- chou : 5,67 t/ha sur compost mûr à la dose de 50 t/ha (50 t/ha, 100 t/ha et 150 t/ha donnent des résultats équivalents; donc pour des considérations économiques, on utilisera 50 t/ha).

Au Sénégal, les prix aux consommateurs s'élèvent à 300, 200 FCFA/kg respectivement pour la pomme de terre, la tomate et le chou; on constate que la culture sur compost par rapport à une culture sur sol sans compost permet d'obtenir à l'hectare un gain de :

- 909.000 F CFA pour une culture de pomme de terre
- 5.990.000 FCFA pour une culture de tomate
- 1.134.000 FCFA pour une culture de chou.

Le faible rendement en chou obtenu sur les parcelles traitées au compost frais à la dose de 50 t/ha par rapport au témoin sans amendement pourrait s'expliquer par une hétérogénéité des sols. Cette hétérogénéité semble déjà apparaître au niveau des parcelles témoins sans fumure ayant abrité une culture de chou.

La stabilité des rendements en chou obtenus sur sols traités au compost mûr pourrait signifier que l'apport que de 50 t/ha de compost suffirait pour garantir, sur les sols de Louga, une production stable de chou.

Cette amélioration de la productivité est sans doute due à l'effet bénéfique des matières organiques du compost et aux éléments nutritifs qu'il contient.

Les résultats montrent également que l'utilisation du compost urbain accroît l'efficacité de la fumure minérale; les rendements moyens les plus élevés ont toujours été obtenus sur le traitement avec le compost et le 10.10.20nd.

Les rendements obtenus en fonction des différents types de traitement mixtes font aussi apparaître les difficultés de l'adaptation du compost à la fumure minérale, pour un rendement optimum.

Plusieurs essais seraient nécessaires pour définir la meilleure combinaison entre les doses de compost et d'engrais minéral pour chaque espèce végétale.

La supériorité des rendements en pomme de terre et en chou sur le traitement avec compost (100 t/ha pour la pomme de terre et 150 t/ha pour le chou) et une dose minérale d'engrais minéral (200 kg/ha pour la pomme de terre et 250 kg/ha pour le chou) permettrait de réaliser des économies d'engrais minéral.

La supériorité du traitement avec compost (150 t/ha) et une dose moyenne d'engrais minéral (650 kg/ha) nous amène à conclure provisoirement, dans le cas de culture de tomate, que le compost permet d'économiser de l'engrais minéral tout en assurant une bonne production.

IL est cependant prématuré de tirer des conclusions définitives car, plusieurs expériences sont nécessaires pour déterminer les meilleurs temps de murissement des andains et les combinaisons optimales compost - engrais minéraux et établir un plan d'ensemble de valorisation des déchets ménagers.

3.2.4 Débouchés du compost

L'intérêt d'une valorisation des ordures ménagères par compostage dépend étroitement, tant du point de vue économique que technique, des débouchés qui vont se présenter pour le compost.

Avant de mettre en place une installation de compostage, il faut s'interroger au préalable sur le devenir des produits issus du traitement. Cependant, dans la recherche de débouchés, la prudence est de rigueur.

Une erreur d'appréciation du marché au moment de la réalisation d'une unité de traitement pourra amener le vendeur de compost à apprendre à ses dépens qu'il existe une subtile différence entre "débouchés potentiels" et débouchés réels".

Si la connaissance des "débouchés potentiels" donne une identification sur les besoins en matières organiques du secteur agricole concerné, elle ne donne en revanche aucune indication sur les intentions réelles d'achat des utilisateurs et sur leurs exigences.

Il convient de bien connaître ces éléments d'information par une analyse des pratiques agricoles des agriculteurs, leurs situations économique, leurs exigences, l'inventaire des produits concurrentiels.

Le secret de la réussite de la vente du compost est dans la mise en place d'une structure commerciale plus ou moins légère dont le rôle est :

- d'informer les utilisateurs sur la qualité des produits vendus,
- de les conseiller sur le mode d'emploi de ces produits
- d'assurer un contact permanent entre le producteur et la profession agricole en général.

3-3 PROPOSITIONS

Afin de maximiser les avantages procurés par le traitement des ordures ménagères, il est indispensable d'intervenir sur toutes les étapes du cycle des déchets.

3.3.1 Choix des moyens de transport

Une place importante dans la gestion des ordures devrait revenir au choix des moyens de transport.

Le choix des moyens de transport a toujours obéi aux recommandations d'experts appointés par les autorités locales. L'utilisation des solutions conventionnelles explique que le ramassage des ordures s'effectue, dans la majorité des cas, par de grands camions, selon le model occidental, sans tenir compte de la diversité des espaces à desservir.

L'accès aux quartiers périphériques, d'une grande densité de population et sans infrastructures routières conséquentes leur est par euphémisme difficile.

Afin de lever cette contrainte technologique, nous proposons que la collecte des ordures ménagères s'effectue avec des moyens mécanisés conventionnels dans les zones viabilisées, et avec des moyens de transport intermédiaires tels que charrette à traction animale, brouettes dans les quartiers où les rues sont étroites.

Une telle initiative permettrait d'apporter des améliorations au service urbain et à la qualité de l'environnement dans les quartiers habituellement défavorisés.

3.3.2 Participation des associations locales

Dans la collecte des déchets les associations de quartiers peuvent agir pour organiser des pré-collectes là où les véhicules ne peuvent pas entrer. Elles peuvent aussi motiver les habitants pour qu'ils déposent les déchets dans les conteneurs. Leurs implications dans la gestion des déchets permettra aux municipalités de réaliser de grandes économies, mais aussi contribuera à créer de nombreux emplois.

3.3.3 Organisation du secteur de la récupération

Malgré les prélèvements effectués par les circuits informels, de grandes quantités de matières récupérables sont encore présentes dans les déchets collectés.

L'état devrait encourager ce secteur en favorisant l'éclosion de groupements d'intérêt économique.

Une telle initiative sera génératrice de nombreux emplois et favorisera le développement de l'artisanat qui trouve son compte dans la récupération.

3.3.4 Installation d'un centre de désablage et de tri

L'une des principales caractéristiques des ordures collectées au Sénégal est leur forte teneur en fines inertes constituées essentiellement de sable, ce qui écarte toute forme de valorisation industrielle des déchets.

Le désablage au trommel a toutes les chances d'être moins coûteux au Sénégal en raison du rapport favorable coût de l'équipement sur coût de la main d'œuvre non spécialisée.

On devra s'orienter vers une installation de tri manuel avec la participation des récupérateurs.

3.3.5 Méthanisation

3.3.5.1 Justification de la proposition

Quels que soient les objectifs définis et les techniques employés, quantifier et situer les disponibilités en matières premières constitue le préalable à l'étude de leur valorisation.

De même, la régularité de l'approvisionnement est considérée comme facteur décisif dans la rentabilité des investissements.

3.3.5.1.1 Importance du gisement

L'examen de l'évolution de l'urbanisation au Sénégal sur les dernières années montre une croissance rapide des villes. Or, le tonnage des déchets produits suit la tendance démographique.

En 1993, la région de Dakar a produit 461.000 tonnes d'ordures contre 450.000 tonnes en 1992 (47).

Les projections laissent entrevoir une aggravation continue de la situation. C'est ainsi que Dakar devrait produire 588.000 tonnes d'ordure en l'an 2000 et 810.000 tonnes en l'an 2015. Des chiffres qui démontrent le formidable déficit environnemental qui se pose et l'importance quantitative des gisements pouvant être valorisés.

3.3.5.1.2 Composition des ordures

Afin d'envisager toute solution de traitement spécifique à chaque ville, l'examen de la composition des déchets collectés constitue un préalable indispensable avant l'étude des divers systèmes de traitement.

Selon la banque mondiale, les pays à faible revenus produisent des ordures dont le pourcentage de matières organiques varie entre 40 et 80p 100. Dans le cas particulier de la ville de Louga l'examen de la composition des ordures montre un pourcentage de matières organiques nettement au dessus de la limite supérieure donnée par la banque mondiale.

Dans les autres villes du Sénégal, la Direction de l'Environnement estime que le pourcentage moyen de matières organiques est généralement supérieur à 50 %.

L'abondance des matières organiques dans les déchets collectés au Sénégal justifie le choix qui permettra de convertir les ordures en énergie. et en engrais. Non seulement cela mais encore aider les villes à se débarrasser de leurs ordures.

3.3.5.1.3 Absence de contraintes d'utilisation

Une question importante dans la valorisation d'un sous produit donné est de savoir si le gisement est réellement utilisable, c'est à dire s'il n'est utilisé à d'autre fins concurrentielles.

Au Sénégal, les résidus de culture (substrat méthanisable) sont essentiellement destinés à l'alimentation animale et à des utilisations domestiques (construction de palissades en pailles), clôtures en tiges de mil etc...). Dorénavant matière première d'une production d'énergie et d'engrais organique, comment s'organisera leur répartition?

De même, les déjections animales (autre substrat apte à la méthanisation) sont essentiellement utilisées comme amendement organique dans les systèmes agro-pastoraux africains. En plus, pour satisfaire les apports nécessaires au digesteur, l'éleveur doit changer son mode d'élevage. La production de biogaz est incompatible avec un mode d'élevage transhumant. La sédentarisation totale sera souvent la solution à envisager et même peut-être la construction d'une étable. Ces solutions ne vont pas sans problèmes au Sénégal du fait des contraintes de disponibilité des pâturages en saison sèche.

Les ordures ménagères, de par leurs quantités produites et leur caractère renouvelables présentent la particularité d'échapper à une utilisation concurrentielle sérieuse compromettant leur valorisation par biométhanisation.

3.3.5.2 Technologie à mettre en oeuvre

Le digesteur est un équipement fabricable localement mais encore trop coûteux.

afin de permettre d'abaisser largement les coûts qui constituent le principal obstacle à la diffusion de cette technologie, nous proposons l'utilisation de digesteurs communautaires en matériaux locaux (béton, tôle etc...)

3.3.5.3 Sites

3.3.5.3.1 Milieu urbain

- **Marchés**

Les chambres froides jouent un rôle particulièrement important pour la conservation des légumes, fruits, poissons, viandes etc..., dans les marchés qui sont par ailleurs les grands générateurs d'ordures.

L'utilisation du biogaz comme carburant serait particulièrement intéressante.

- **Casernes militaires et cités universitaires**

L'utilisation du biogaz comme source d'énergie pourra satisfaire une partie des besoins de chauffage et de cuisson.

- **Quartiers défavorisés**

Dans les quartiers défavorisés, la filière biogaz pourra résoudre certains problèmes de santé tout en concourant à la satisfaction d'une partie des besoins domestiques en énergie.

3.3.5.3.2 Milieu rural

L'emploi des ordures ménagères comme substrat de méthanisation passe nécessairement par le transport des déchets collectés des zones urbaines vers les zones rurales. Toutefois, les inconvénients de cette contrainte technique pourront être levés par les avantages agronomiques liés à la valeur fertilisante du substrat méthanisé. L'augmentation rapide du taux d'urbanisation fait qu'une fraction de plus en plus grande de la production agricole est consommée dans les villes sans que les déchets produits soient restitués aux sols cultivés. Le phénomène, aggravé par un exode rural touchant surtout les jeunes explique la stagnation de la production alimentaire qui est aussi freinée par les cultures d'exploitation.

Afin de renverser cette tendance dangereuse à long terme, il y a lieu que les déchets retournent aux sols cultivés en suivant les cycles biologiques naturels de la fertilisation.

- **coopératives agricoles et groupements d'intérêt économique**

L'utilisation du biogaz comme carburant accroîtra considérablement le rendement du traitement des produits agricoles et permettra de soulager le travail des femmes (moulinage des céréales, décorticage du riz etc...)

- **dispensaires ruraux**

Le biogaz pourra être utilisé pour la stérilisation du matériel et la conservation des produits par réfrigération.

- **ménages**

L'installation de digesteurs communautaires peut fournir une source d'énergie sûre à même de couvrir l'ensemble des besoins énergétiques.

3.3.5.4 Impacts attendus

Les effets du traitement des ordures ménagères par méthanisation auxquels on peut s'attendre sont les suivants

- effets agronomiques par amélioration de la qualité des sols,
- apports énergétiques,
- diminution de l'importation des produits chimiques par l'agriculture,
- limitation de la déforestation,
- création d'emplois,
- effets sanitaires.

CONCLUSION GÉNÉRALE

La gestion des ordures ménagères nécessite des solutions de fond au regard de l'action sociale et de la protection de l'environnement. Cela exige que la planification à long terme sur la base d'une recherche sérieuse soit la norme.

On doit dépasser les préjugés culturels qui ne voit dans les déchets que des choses rébutantes. Il nous faut cultiver l'idée que le traitement des ordures offre la possibilité de transformer des fléaux en bienfaits.

La grande quantité de matières organiques fait que les traitements par biodégradation sont rentables. Pour accroître voire maintenir le taux de production agricole, il est essentiel de préserver la teneur du sol en matières organiques, facteurs principal de fertilité.

C'est ainsi qu'a été initié un projet de collecte-valorisation agricole des ordures ménagères de la ville de Louga avec la participation de plusieurs partenaires qui ont réussi à améliorer l'environnement d'une ville.

Les déchets ménagers ont été traités et transformés en composts de bonne qualité utilisés pour les cultures maraîchères. Les résultats de l'expérimentation sont encourageant. Il a été possible de réaliser, pour un coût modique, un matériel de criblage, de conception et de fonctionnement simples permettant le traitement d'une tonne d'ordures à l'heure.

La matière compostable représente 94 % du volume et contient 52 % de matière fermentexible. Les analyses chimiques indiquent que le compost est de bonne qualité. En ce qui concerne la collecte, les essais de calèches à ordures sont concluants, avec une capacité de 500 kg par véhicule et un potentiel de collecte / transport de 2,5 tonnes par jour.

Les essais agronomiques ont été réalisés sur la pomme de terre, la tomate et le chou par traitement des parcelles:

- au compost frais obtenus après 15 jours de fermentation
- au compost mûr obtenu après 5 mois de fermentation
- au compost frais et à l'engrais minéral, le 10.10.20 ND.

Au terme de ces essais, les rendements moyens les plus élevés par spéculation et par type de traitement sont les suivants:

- pomme de terre : 3,20 t/ha sur compost frais à la dose de 150 t/ha
4,98 t/ha sur compost mûr à la dose de 100t/ha
14,62 t/ha sur compost frais à la dose de 100 t/ha
mélangé avec de l'engrais minéral à la dose de 200 kg/ha.
- tomate : 30,13 t/ha sur compost frais à la dose de 150 t/ha
12,55 t/ha sur compost mûr à la dose de 150 t/ha
64,40 t/ha sur compost frais à la dose de 150 t/ha
mélangé avec de l'engrais minéral à la dose de 650 kg/ha.

- chou : 5,37 t/ha sur compost frais à la dose de 100 t/ha

5,75 t/ha sur compost mûr à la dose de 100 t/ha

18,35 t/ha sur compost frais mélangé avec de l'engrais minéral à la dose de 250 kg/ha.

Ce compost constitue comme on le supposait, une source de fumure organique excellente. Utilisé en combinaison avec des doses optimales d'engrais minéral, il assure une bonne productivité.

La vulgarisation du compostage pourrait limiter la déperdition des ressources sols non renouvelables à court terme et permettrait également de créer des occupations productives pour la main d'oeuvre locale.

Le choix de la méthanisation comme une technologie alternative complète les solutions de traitement des ordures ménagères. La filière biogaz présente un intérêt d'une haute importance pour le développement économique et social du milieu rural.

Le raccordement de ce milieu rural avec les grands centres de distribution d'énergie est handicapé par sa dispersion en petites communautés de consommation faible en énergie. La technique du biogaz par contre offrirait à ce milieu une chance de pouvoir maîtriser une nouvelle forme d'énergie non polluante.

Toutefois, le coût du digesteur est le premier facteur limitant la vulgarisation de cette technique. L'utilisation au maximum de matériaux locaux et l'installation de digesteurs communautaires seraient les meilleures solutions pour pallier à ces problèmes et permettraient de contribuer au développement du biogaz au Sénégal.

BIBLIOGRAPHIE

1 - ABIOLA, A.F

Gestion des déchets en Afrique: Rapport de consultation en Côte d'Ivoire, au Cameroun, au Bénin, et au Sénégal

Dakar : CNUED, 1991, 27p

2 - ASSOGBA, F. ; EHOUSOU, M

Assolement maraichage / héliiculture au sud Bénin

Tropicultura, 1993, 11 (3) : 91 - 94

3 - AUBERT, C

L'agriculture biologique - pourquoi et comment la pratiquer.

Paris : édi le courrier du livre, 1977, 367p

4 - AUBERT, C

Le jardin potager biologique

Paris : édi le courrier du livre, 1980, 255p

5 - BINGGELI, F.

Utilisation agronomique de broussailles compostées

Rev. hort, Suisse, 1983, 53 : 4 - 51

6 - BROUSSE, J.F.

Un procédé de compostage des écorces de résineux par voie microbienne.

Memoire DEA : Université de Nancy : 1993

7 - BUREAU VERITAS

Etude des impacts de la décharge de mbeubeuss sur l'environnement. Dakar : Bureau veritas, 1991, 150p

8 - CHARREAU, C. , NICON, R.

L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux de la zone intertropicale sèche ouest africaine et ses incidences agronomiques. Bull . agro, 1971, 16 : 93 - 98.

9 - CENTRE REGIONAL AFRICAIN DE TECHNOLOGIE (CRAT)

Manuel biogaz. Techniques de construction et comparaison de quatre types de digesteurs

Paris : CRAT, 1980, 63p

10 - DALZELL, H.w ; RIDDLESTONE, A. J

Aménagement du sol, production et usage du compost en milieu tropical et subtropical. Bull. peddo de la FAO, 1988, 227 (5) : 160 - 165.

11 - DESBROSSE, P.

Le crach alimentaire, nous redeviendrons paysans.

Paris : édi du Rocher, 1988, 185p

12 - DESPRETZ, S.

Valoriser les déchets urbains pour créer des emplois

environnement africain, 1990, 8 (29 - 30) : 99 - 103

13 - DIALLO, M. et COLLAB.

Le Sénégal: géographie physique, humaine et économique.

Paris : edicef, 1989, 153p

14 - DIOP, O.

Contribution à l'étude de la gestion des déchets solides à Dakar.

Analyse systématique et aide à la décision.

Thèse : Génie rural : Ecole Polytechnique de Lausanne (Suisse) : 1989

15 - FELLER, C. et COLLAB.

Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols. Application aux sols tropicaux à textures grossières pauvres en humus.

Cahiers de l'ORSTOM, série pédologie, 1979, 17 (4) : 100 - 125

16 - FELLER, C.

Amendement organique en sol sableux tropical

Cahiers de l'ORSTOM, série pédologie, 1983, 20 (3) : 25 - 52

17 - FELLER, C. et COLLAB.

Effets de divers modes de restitution de pailles sur le niveau et la nature du stock organique dans deux sols sableux tropicaux.

Cahiers de l'ORSTOM, série pédologie, 1987, 23 (4) : 237 - 252

18 - FRITZ, I.

Le compostage dans les zones maraîchères du Cap-Vert.

Rapport de stage ; Université de Rouen;, 1991 - 68p

19 - GILLET, R.

Traité de gestion des déchets solides et son application aux pays en développement.

Copenhague : OMS - PNUD, 1986, 960p

20 - GROUPE DE RECHERCHE ET D'ECHANGES TECHNOLOGIQUES (GRET)

Biomasse : comparaison des valorisations des sous produits agricoles

Paris : Ministère de la coopération, 1979, 300p

21 - GRET

Biogaz : éléments de bibliographie

Paris : Ministère de la coopération, 1980, 65p

22 - HURET, F

Valorisation agricole des composts d'origine urbaine

Rev. hort, 1985, 262 : 25 - 32

23 - INSTITUT DE L'ENERGIE DES PAYS AYANT EN COMMUN L'USAGE DU
FRANCAIS (IEPF)

Le développement du biogaz en afrique

Séminaire - atelier de travail, Bujumbura (Burundi) 17, 28 juin 1991

24 - INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE AGRONOMIQUE (INRA)

Fermentation méthanique en continu des déchets agricoles Fiche documentaire

Paris : INRA, 1980

25 - JACQUIN, F. ; VONG, p.c

Incidence de divers déchets organiques sur les propriétés physicochimique du sol et sur le devenir de certains métaux réputés toxiques.

Compost information, 1986, (16) : 2 - 5

26 - LEVASSEUR, M. ; AURIBAUT, M.

Le compostage des déchets ménagers dans les pays en développement.

Le point de vue du constructeur

Colloque international "Gestion des déchets ménagers dans les pays en développement" .

Paris : 9, 10, 11 Septembre 1987

27 - LINIERES, M.

Etude bibliographique des essais agronomiques relatifs à l'utilisation des composts urbains.

Le problème des métaux lourds.

Bruxelles : CEE, 1988 , 123

28 - MAFIKIRI, T. N.

Impact de l'introduction d'une innovation sur le développement des exploitations paysannes dans les zones montagneuses du Kivu (Zaire)

Tropicultura, 1993, 11 (1) : 11 - 15

29 - MAKITA - NGADI, J.

Etude des possibilités de valorisation agricole des écumes et de la bagasse de canne à sucre de Sossuho (Gabon)

Tropicultura, 1993, 11 (1) : 20 - 23

30 - MATONDO, H. ; MIAMBI, B.

Utilisation agricole des composts d'ordures ménagères dans la ceinture maraîchère de Brazzaville (Congo)

Tropicultura, 1990, 8 (1) : 128 - 130

31 - MONNIER, M.

Les matières organiques du sol : état et évolution, rôle et utilisation agronomique

Compost information (5) : 15 - 18

32 - MUSTIN, J

Le compost gestion de la matière organique.

Paris : édi F. Duboxs, 1985 - 81p

33 - NGNIKAU, E

Deux propositions pour une gestion des ordures ménagères de Yaoundé.

Mémoire de fin d'études : Ecole Polytechnique : Yaoundé : 1992

34 - NGNIKAU, M et COLLAB.

Traitement des déchets urbains. Unité de compostage des ordures ménagères dans un quartier habitat spontané à Yaoundé (Cameroun)

Cahiers agricultures, 1993, 2 (4) : 264 - 269

35 - OFFICE FEDERAL DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DIRECTION DE LA COOPERATION ET DE L'AIDE HUMANITAIRE

Etude pléliminaire sur la gestion des déchets ménagers de Kaolack

dakar : Dr Env, 1989, 110p

36 - PIERI, C

Bilans minéraux des systèmes de cultures pluviales en zones arides et semi-arides.

L'agronomie tropicale , 1985, 40 (1) : 1 - 20

37 - REQUILLART, V

Fermentation méthanique : les axes de recherche et d'intervention du gaz de France.

Biofutur, 1984, (27) : 67 - 69

38 - ROUSSEAU, P

Les métaux lourds dans les ordures ménagères.

Origine, formes chimiques , teneurs.

R et D programm on recycling and utilisation of wastes

Bruxelles : commussion des communautés europeennes (DG XII), 1988 - 123p

39 - ROUSSEAU, P. et COLLAB.

Métal distribution in household waste

Biocycle, 1989, 30p

40 - RUSCH, H.P.

La fécondation du sol

Paris : Le courrier du livre, 1980, -290p

41 - SANDRA, J

Environemental management of urban solid wastes in developping countries

Washington : Banque mondiale, 1982, 213p

42 - SEGURA, J.

Le compostage des ordures ménagères et ses débouchés agronomiques.

Biofutur, 1984, (28) : 19 - 29

43 - SEGURA, J. ; FAUCHILLE, S.

Biogaz et carburants

Biofutur 1985, (29) : 23 - 37

44 - SENEGAL REPUBLIQUE

Loi N° 83 - 05 du 28/01/1983 portant code de l'environnement

journal officel N° 4944, Samedi 23/04/1983 : 324 - 331

45 - SENEGAL REPUBLIQUE

LOi N° 83 - 05 du 05/06/1983 portant code de l'hygiène

journal officiel N° 4960, Samedi 06/08/1983 : 695 - 700

46 - SENEGAL / COMMUNAUTE URBAINE DE DAKAR, DIRECTION DES SERVICES
TECHNIQUES

La gestion des déchets au niveau de la communauté urbaine de Dakar

Dakar : communauté urbaine de Dakar, 1992 - 7p

47 - SENEGAL / DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT

La gestion des déchets solides et des eaux usées

Dakar : Direction de l'environnement, 1993, 30p

48 - SENEGAL / DIRECTION DE LA PREVISION ET DE LA STATISTIQUE

Recensement général de la population et de l'habitat
rapport national

Dakar : direction de la prévision et de la statistique, 1993 - 71p

49 - SENEGAL MINISTERE DE L'URBANISME ET DE L'HABITAT

plan directeur d'urbanisation de la région de Dakar

Dakar : Ministère de l'urbanisme et de l'habitat, 1985 -120p

50 - STATION INTERNATIONALE DE RECHERCHE CONTRE LA FAIM DANS LE
MONDE - INSTITUT DU SAHEL - COMITE INTER-ETATS DE LUTTE CONTRE
LA SECHERESSE AU SAHEL

Gestion intégrée des déchets en milieu urbain tropical

Séminaire international d'information - formation

Cap skiring (Sénégal) , 4 - 8 juin 1990, rapport final, 15p + annexes

51 - SIDA, A

Elimination et valorisation des ordures ménagères de la ville de Yaoundé

Mémoire de fin d'études : Ecole polytechnique : Yaoundé : 1990

52 - THERY, D

"A propos du biogaz en Chine)

Nouvelles de l'éco-développement, 1978, (5) 210 - 215

53 - TONOU, F.

Gestion des ordures ménagères à Cotonou (Bénin)

environnement africain, 1990, VIII (29 - 30) : 105 - 118.

SERMENT DES VETERINAIRES DIPLOMES DE DAKAR

Fidèlement attaché aux directives de Claude BOURGELAT fondateur de l'enseignement vétérinaire dans le monde, je promets et jure devant mes maîtres et mes aînés :

-d'avoir en tous moments et en tous lieux le souci de la dignité et de l'honneur de la profession vétérinaire.

-d'observer en toutes circonstances les principes de correction et de droiture fixés par le code déontologique de mon pays.

-de prouver par ma conduite, ma conviction que la fortune consiste moins dans le bien qu'on a, que dans celui que l'on peut faire.

-de ne point mettre à trop prix le savoir que je dois à la générosité de ma patrie et à la sollicitude de tous ceux qui m'ont permis de réaliser ma vocation.

"QUE TOUTE CONFIANCE ME SOIT RETIREE S'IL ADVIENNE QUE JE ME PARJURE".

R E S U M E

ÉCOLE INTER-ÉTATS
DES SCIENCES ET MÉDECINE
VÉTÉRINAIRES DE DAKAR
BIBLIOTHÈQUE

Au Sénégal, l'explosion démographique et l'exode rural intenses ont conduit et conduisent à une hypertrophie des villes.

Ces villes présentent en général des quartiers avec de très fortes disparités socio-culturelles, économiques et d'aménagement conduisant globalement à une collecte inégale en général inefficace des ordures ménagères d'un point de vue qualitatif et quantitatif.

Le seul mode de traitement des ordures demeure la mise en décharge à ciel ouvert.

Dans un but de valorisation des ordures ménagères, une unité de compostage a été mise en place à Louga, ville moyenne située à 200 km au nord ouest de Dakar.

Les composts ont été utilisés seuls ou mélangés avec de l'engrais minéral.

Les essais d'utilisation sur des parcelles de pomme de terre, chou et tomate ont montré un assez bon rendement.

Cependant, les grandes quantités de déchets produits dans les zones urbaines et leur richesse en matières organiques justifient l'usage d'une technologie associée au compostage : la méthanisation