



Epuration des eaux usées et l'agriculture urbaine



**enda
dakar**

**Malick Gaye
et Seydou Niang Ed**

351.1-02EP-19116

«Etudes et Recherches» est une série de monographies, éditée en supplément à la revue trimestrielle :

environnement africain

cahiers d'étude du milieu et
d'aménagement du territoire

Publiée par enda, cette série comporte des communications à des séminaires et sessions de formation, des travaux d'études et de recherches ainsi que d'autres documents. Toute correspondance relative aux publications doit être adressée à :

Enda Tiers-Monde, B.P. 3370, Dakar, Sénégal, Tél: (221) 822.42.29 - 821.60.27. Télécopie : (221) 823.51.57 / 821.26.95. Courrier électronique : editions@enda.sn.

Les opinions exprimées dans les publications d'ENDA n'engagent que les auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles des organisations concernées par ces publications ou celles de la rédaction.

Responsables de la publication : Jacques BUGNICOURT, Liberty MHLANGA, Raphaël NDIAYE et Mohamed NACIRI.

En couverture, un tableau de Guy Lou, artiste congolais.

Avec son aimable autorisation

Pao : enda éditions

© **enda tiers-monde, dakar 2002**

ISBN 92 9130 041 1

ISSN 0850-8526

N.B. : La reproduction d'extraits est autorisée sans formalité pour des utilisations non commerciales (enseignement et formation), à condition qu'Enda soit cité avec exactitude et que les éditeurs reçoivent deux copies des passages reproduits.

Epuration extensive des eaux usées pour leur réutilisation dans l'agriculture urbaine :

**des technologies appropriées en zone
sahélienne pour la lutte contre la pauvreté**

LIBRARY IRC
PO Box 93190, 2509 AD THE HAGUE
Tel.: +31 70 30 689 80
Fax: +31 70 35 899 64

BARCODE:

LO:

19116
351.1 02EP

**Malick GAYE
et Seydou NIANG, Ed.**

Cet ouvrage est dédié à celui qui aurait tant apporté à Rio+10, s'il n'avait été arraché à notre affection, Jacques Bugnicourt, Secrétaire exécutif d'Enda tiers-monde rappelé à Dieu, le 16 avril 2002.

Il est dédié également à la mémoire du Pr Oumar SARR, Directeur de la Recherche et de la Coopération Internationale de l'UCAD qui a commencé l'étude avec nous mais que le Bon Dieu a rappelé avant sa finalisation.

Ces travaux ont été réalisés grâce à une subvention du Centre de Recherches pour le Développement international (CRDI), Ottawa, Canada.

ISBN 92 9130 041 1

ISSN 0850-8526

@enda tiers monde, dakar, 2002

BP : 3370, Dakar, Sénégal, Tél. : (221) 823-63-91 - 822-98-90

Fax : (221) 823-51-57 / 822-26-95 - Email : editions@enda.sn

Équipe de Recherche

Dr. Seydou NIANG, **Coordinateur de l'équipe de recherche**, hydrobiologiste-environnementaliste, IFAN Ch. A. Diop, UCAD ;

Pr. Oumar SARR (Posthume), chimiste, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD) ;

Dr. Karamoko DIARRA, biologiste, Faculté des Sciences et Techniques, UCAD ;

Dr. Papa NDIAYE, biologiste, IFAN Ch. A. Diop, UCAD ;

Dr. Kamadore TOURE, épidémiologiste, Faculté de Médecine Odontologie et Pharmacie, UCAD ;

Dr. Yémou DIENG, parasitologue, Faculté de Médecine Odontologie et Pharmacie, UCAD ;

Dr. Yousouph Mb. GUISSSE, sociologue, IFAN Ch. A. Diop, UCAD ;

M. Malick GAYE, Architecte-urbaniste, Coordonnateur ENDA-RUP ;

M. Amadou SALL, géographe, ENDA-RUP ;

Dr. Mamadou SECK, biologiste, École Supérieure de Polytechnique, UCAD ;

Dr. Seydou DIOP, doctorant, Faculté de Médecine Odontologie et Pharmacie, UCAD ;

Dr. Mohamed. L. GAYE, Chimiste, Faculté des Sciences et Techniques, UCAD ;

M. Moustapha GNINGUE, agronome, Centre de Formation Professionnel en Horticulture ;

M. Youga NIANG, Agronome, Centre de Développement Horticole (CDH), ISRA ;

M. Prosper HOUETO, chercheur, Direction des affaires scientifiques ;

M^{mc} Mariane SARR, doctorante en biologie animale ;

M. Abdoulaye Djiba, technicien supérieur, pisciculture ;

Mamadou BODIAN, étudiant, DEA (Institut Supérieur de technologie nucléaire appliquée) ;

Françoise SENE, étudiant, DEA (Institut Supérieur de technologie nucléaire appliquée) ;

Waly Raphaël SENE, étudiant, DEA (Institut Supérieur de technologie nucléaire appliquée) ;

M. Farba TAMBOURA, doctorante chimie ;

M. Mbaye Diagne MBAYE, doctorant chimie ;

M. Moussa GUEYE, doctorant pisciculture ;

M. Mouhamadou O. DIAGNE, technicien horticulture ;

M. Cheikhna CISSE, Infirmier Chef du poste de santé de Castors ;

M. Ismael CISSE, Infirmier chef du poste de santé de Diokoul (Posthume) ;

M^{lle} Marème DIOUF, Présidente GIE des femmes, Castors ;

M. Siny SENE, Président GIE, Diokoul ;

M. Idy THIAW, Président GIE, Castors.

Table des matières

GLOSSAIRE	11
------------------	----

PREMIERE PARTIE

Politiques d'assainissement au Sénégal et participation des populations à la gestion locale de la demande	4
---	---

RÉSUMÉ	15
---------------	----

I - PROBLÉMATIQUE	17
--------------------------	----

II - MÉTHODOLOGIE	27
--------------------------	----

II.1 - Étude institutionnelle

II.1.1 - Revue documentaire

II.1.2 - Interview

II.2 - Implication des populations dans le PADE et perception du processus	29
---	----

II.2.1 - Élaboration du questionnaire

II.2.2 - Recrutement et formation des enquêteurs

II.2.3 - Méthodes de collecte

II.2.4 - Exploitation et analyse des données

II.3 - Impact sanitaire de l'installation des stations d'épuration dans les quartiers	34
--	----

III - RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	37
---------------------------------------	----

III.1 - La Politique de l'Etat

III.2 - Appropriation communautaire	41
--	----

III.2.1 - Contexte Organisationnel

III.2.2 - Perception du système d'assainissement par les populations	
III.3 - Impacts sanitaires de l'intégration des stations au sein des quartiers	54
III.4 - Appropriation institutionnelle	62
III.4.1 - Appréciations du PADE	
III.4.2 - Implication des structures clé	
III.4.3 - Statuts des groupements (GIE)	
CONCLUSION	73
BIBLIOGRAPHIE	78

DEUXIEME PARTIE

VALORISATION DES EAUX USÈES URBAINES DANS L'AGRICULTURE URBAINE À DAKAR

RÉSUMÉ	85
I - PROBLÉMATIQUE	6
II - MÉTHODOLOGIE	95
II.1. Description et caractérisation socio-économique de l'agriculture urbaine utilisant les eaux usées à Dakar	
II.1. 1. Recherche documentaire	
II.1.2. Élaboration du questionnaire et choix des sites	
II.1.3. Les cibles	
II.1.4. Recrutement, formation et organisation des enquêteurs	
II.1.5. Les méthodes de collecte	
II.1.6. Exploitation et analyse des données	

II.2. Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des eaux utilisées	101
II.2.1. Choix des sites	
II.2.2. Échantillonnage	
II.2.3. Choix et analyse des paramètres de pollution	
II.3. Impacts de l'utilisation des eaux usées sur la pratique culturelle et les rendements	109
II.3.1. Échantillonnage	
II.3.2. Observation et notations	
II.4. Impacts sanitaires sur la qualité des produits et la santé des agriculteurs,	110
II.4.1. Choix des sites et des données	
II.4.2. Collecte des données	
II.4.3. Analyse des données	
II.5. Analyse des perspectives d'avenir et de leurs impacts.	112
II. 5.1. Impact du traitement des eaux usées	
II.5.2. Impact du mode d'irrigation et du choix des types de légumes	
II.5.3. Co-compostage de macrophytes et d'ordures ménagères:Effets du produit sur une culture de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) selon la nature de l'eau d'irrigation	
III - RÉSULTATS	120
III.1. Description et caractérisation socio-économique de l'agriculture urbaine utilisant les eaux usées à Dakar	123
III.1.1. Valorisation des eaux usées dans la région de Dakar : quelles potentialités ?	
III.1.2. Description des sites	
III.1.3. Caractéristiques socio-économiques et techniques	

III.1.4. Opportunités induites par l'agriculture périurbaine	
III.1.5. Recommandations et suggestions	
III.1.6. Risques	
III.2. Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des eaux utilisées	160
III.2.1. Analyse de la variation saisonnière de la qualité des eaux	
III.2.2. Analyse de la variation journalière de la qualité des eaux	
III.2.3. Caractéristiques moyennes des eaux utilisées dans l'agriculture urbaine à Dakar	
III.2.4. Contamination parasitologique des eaux usées	
III.2.5. Contamination bactériologique des eaux usées	
III.3. Impacts de l'utilisation des eaux usées sur la pratique culturale et les rendements	172
III-3.1. Situation des productions	
III.3.2. Itinéraires techniques	
III.3.3. Les cycles et rendements	
III.4. Impacts sanitaires sur la qualité des produits et la santé des agriculteurs,	177
III.4.1. Contamination des légumes	
III.4.2. Analyses épidémiologiques chez les agriculteurs	
Entamoeba coli	
Endolimax nana	
III.5. Analyse des perspectives d'avenir et de leurs impacts.	181
III.5.1. Qualité agronomique des eaux traitées	
III.5.2. Impact de l'utilisation des eaux usées traitées	

III.5.3. Impact du choix du légume et du mode d'irrigation	
III.5.4. Impact de l'utilisation des eaux usées sur la qualité du compost d'ordures ménagères	
CONCLUSION	200
BIBLIOGRAPHIE	205

TROISIEME PARTIE

EFFICACITÉ DU TRAITEMENT PAR LAGUNAGE DES EAUX USÉES DE CASTORS ET DIOKOUL (RUFISQUE, SÉNÉGAL)

RESUME	212
I - PROBLEMATIQUE	215
II - METHODOLOGIE	229
II.1. Description des ouvrages	
II. 2. Protocole d'étude	
II. 3. Analyses des débits	
II.4. Campagnes de prélèvements et d'analyses physico-chimiques	
II.5. Campagnes d'analyses microbiologiques	
II.6. Campagnes d'analyses des métaux lourds	
II.7. Inventaire des macrophytes dans les bassins de la station de Castors	
II.8. Campagnes de suivi et d'inventaires de la microfaune dans les bassins	
II.9. Campagnes de suivi de la pisciculture	
III. RESULTATS	249
III. 1. Comportement des stations en absence de gestion technique	249

III.1.1. Études phytosociologiques de la station de Castors	
III.1.2. Bilan épuratoire de la station de Castors	
III.1.3. Bilan épuratoire de la station de Diokoul	
III.1.4. Bilan des métaux lourds dans les eaux de Castors et Diokoul	
III.1.5. Analyse des métaux dans les <i>Pistia</i> à Castors	
III.1.6. Bilan de l'abattement microbiologique	
III.1.7. Inventaire et évolution spatio-temporelle de la faune aquatique	
III.1.8. Valorisation des eaux traitées en pisciculture	
III. 2. Comportement des stations après vidange et remise en route	281
III.2.1. Suivi du débit des effluents dans les stations	
III.2.2. Bilan épuratoire à Castors	
III.2.3. Analyse de la biodégradabilité des effluents à Castors	
III.2.4. Caractéristiques spécifiques de la station de Castors	
III.2.5. Inventaire et évolution spatio-temporelle de la faune aquatique	
III. 3. Variations de l'efficacité de la station de Castors	307
CONCLUSION	309
BIBLIOGRAPHIE	313
ANNEXES	319

Glossaire

AGCD : Agence Générale de Coopération au Développement

CRDI : Centre de Recherche pour le Développement International

CEE : Communauté Économique Européenne

JICA : Agence japonaise de coopération internationale

MH : Ministère de l'hydraulique

SICAP : Société immobilière du Cap-Vert

ONAS : Office National de l'Assainissement du Sénégal

ONG : Organisation non gouvernementale

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

MES : Matières en suspension

PADE : Processus d'Amélioration Durable de l'Environnement

ENDA : Environnement et Développement du Tiers Monde

RUP : Relais pour le développement Urbain Participé

PVC : Polyvinyle Chlorure

FOCAUP : Fond communautaire pour l'Assainissement des quartiers Urbains Pauvres

ACDI : Agence Canadienne de Développement International

IFAN Ch. A.D. : Institut Fondamental d'Afrique Noire Cheikh Anta Diop

ESP : École Supérieure Polytechnique

ISE : Institut des Sciences de l'Environnement

PPGE : Programme Prioritaire de Génération d'Emplois

FED : Fonds Européen de Développement

UADE : Union Africaine des Distributeurs d'Eau

FST : Faculté des Sciences et techniques

SIG : Système d'information géographique

SDE : Sénégalaise Des Eaux

DBO : Demande chimique en oxygène

LDN : Loi sur le Domaine National

SNHLM : Société Nationale des Habitats à Loyer Modéré

SCAT-URBAM : Société Centrale d'Aménagement des Terrains urbains

Partie I

Politiques d'assainissement au Sénégal et participation des populations à la gestion locale de la demande

Politiques d'assainissement au Sénégal et participation des populations à la gestion locale de la demande

RÉSUMÉ

En 1994 Enda-RUP a mis au point à Rufisque un Processus d'Amélioration de l'Environnement (PADE) qui, au niveau de l'assainissement liquide, propose des ouvrages de stockage de capacité très modeste à l'intérieur des concessions, un réseau d'évacuation qui utilise des tuyaux en PVC de diamètre 110 mm et une station d'épuration de type lagunage à macrophytes.

Ce choix a été principalement guidé par le souci d'offrir aux populations financièrement défavorisées, les possibilités d'accès au service d'assainissement, un des piliers de la santé publique. De plus, le montage financier qui accompagne le programme est fait de telle sorte qu'un « revolving fund » est généré. Appelé Fonds Communautaire pour l'Assainissement des quartiers Urbains Pauvres (FOCAUP), ce dernier a pour objectif d'assurer la durabilité du programme par la mise à disposition de fonds issus de l'épargne des populations pour continuer à offrir l'assainissement aux plus démunis.

Malgré un certain nombre de critiques qui émanent des populations bénéficiaires (ce qui reflète le niveau d'implication des populations), on peut noter une réelle appropriation communautaire du programme.

L'étude épidémiologique menée dans la zone concernée, comparée à celles faites dans d'autres zones de la région de Dakar ont abouti à deux conclusions importantes :

- les stations implantées dans les quartiers n'ont pas un impact positif sur la prolifération du paludisme comme semblait le croire l'opinion publique ;
- les indices d'infestations parasitaires trouvés dans les quartiers de Castors et Diokoul (16%) sont nettement inférieurs à ceux trouvés dans les quartiers de Ouakam, Ngor (52%), ou Patte d'Oie, Parcelles assainies, Grand Yoff (49%). Ce qui montre l'impact positif du système sur la santé de la population.

Par ailleurs, on peut noter qu'avec la domiciliation des fonds du FOCAUP au niveau des Mutuelles d'épargne et de crédit, l'appropriation communautaire vient de faire un important saut qualitatif. Alors qu'avec l'inscription de l'étude de la validation du système d'assainissement de Enda-RUP à Rufisque dans le PLT (Projet Eau Long Terme), la nouvelle politique d'assainissement de l'Etat du Sénégal a clairement opté pour un pas important vers l'appropriation institutionnelle. Cependant, pour faire de l'expérience de Rufisque une réussite, dans le cadre de la création d'emplois, il est impératif que les institutions comme le Ministère de l'environnement, qui peuvent apporter beaucoup dans le processus concrétisent leur participation.

I

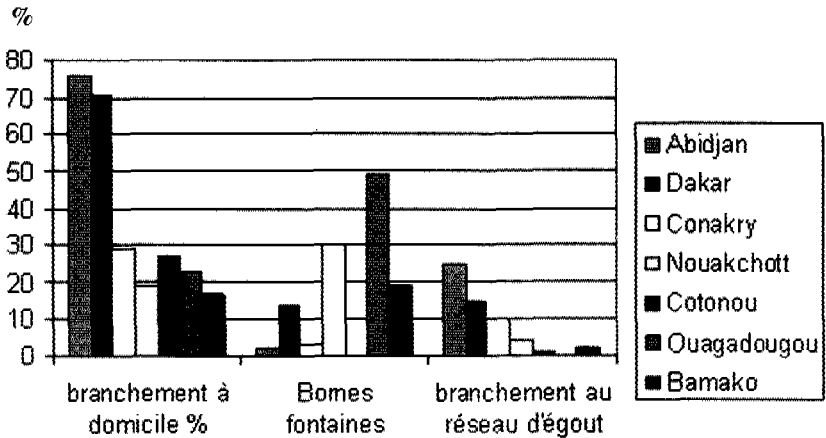
Problématique

Au cours des cinquante dernières années, la croissance de la consommation d'eau a été telle au niveau mondial, qu'elle a suscité une prise de conscience de la nécessité d'analyser la situation actuelle et clarifier les options pour l'avenir. De nombreuses organisations se sont donc penchées sur le problème de l'eau. Certaines ont adopté une approche intégrée alors que d'autres se sont intéressées à des aspects spécifiques : bilans hydriques régionaux, préservation de l'environnement, conséquences socio-économiques de la construction d'infrastructures et équipements (adductions d'eau permettant d'accroître les volumes disponibles pour satisfaire une demande croissante et réseaux d'assainissement), réforme de la politique de l'eau...

En 1994, le pourcentage de la population ayant accès à l'eau courante à domicile est de 65% en Afrique, contre 89,7% au Moyen Orient et 92% en Amérique Latine. En Afrique sahélienne, moins de 50% de la population a accès au système d'adduction de l'eau potable. Face à la faiblesse du pourcentage d'accès à l'eau courante, les bornes fontaines deviennent un enjeu majeur pour la desserte des familles pauvres. Une étude réalisée par le Programme pour l'Eau et l'Assainissement a révélé que sur sept capitales étudiées (Cotonou, Ouagadougou, Abidjan, Conakry, Bamako, Nouakchott,

Dakar), celle qui offre le meilleur taux de desserte est Ouagadougou (86%), malgré une faible dotation globale par habitant (à peine 34 litres/jour/hab). Une part considérable de son eau (un tiers) est distribuée au travers des bornes fontaines, ce qui lui permet d'alimenter presque la majorité des familles, en plus des quelques 20% alimentées directement par des branchements à domicile. Par contre les villes comme Cotonou et Conakry, où le service des bornes fontaines est peu fonctionnel, ont des taux de desserte par le réseau public très faible (moins de 40%, voir graphique). Tandis que le niveau d'assainissement (réseau conventionnel) est de moins de 30% à Abidjan et à Dakar.

Graphique 1 : Taux d'accès à l'eau potable et évacuation des excréta



Source : Global Urban Observatory Statistics, UNDP Habitat, 1999.

La gestion des eaux résiduaires dans les grandes villes et même dans les villes secondaires constitue un des défis majeurs à relever dans les programmes de gestion urbaine des municipalités d'Afrique et des autres pays en développement. D'ailleurs dans la plupart des pays en développement, ce volet de la gestion urbaine est pris en charge au niveau national. En

effet cette gestion des eaux résiduaires qui comprend la collecte des eaux usées depuis les lieux de production (au niveau des populations, entreprises ou services), jusqu'à leur traitement avant rejet en passant par leur canalisation vers les stations de traitement est un poste assez dispendieux. Si dans les pays développés, les problèmes de collecte et d'évacuation sont quasi dépassés, celui du traitement des eaux demeure toujours actuel. Par contre dans les pays en développement, aucun de ces points n'est résolu. Ainsi sur 180 000 m³ d'eaux usées produites par jour par la ville de Dakar (Dakar et Pikine), seulement 37 % sont collectés actuellement par un réseau d'assainissement (JICA et MH, 1994). La grande majorité de ces eaux sont drainées par les deux principaux collecteurs de la ville :

- Le réseau Hann-Fann qui couvre les quartiers du Plateau, de la Médina, de l'Université, de Grand Dakar et de la SICAP — Les eaux sont directement acheminées et déversées sans traitement dans l'océan au niveau de la baie de Soubédioune.
- Le réseau de Cambérène qui couvre les quartiers des Parcelles Assainies, la Patte d'Oie, une partie de Guédiawaye. — Ce réseau qui intercepte une partie des eaux du réseau Hann-Fann, achemine les eaux usées vers la station d'épuration de Cambérène (environ 11 000 m³ par jour) qui, après traitement, sont rejetées en mer au niveau du village de Cambérène.

L'ensemble du réseau s'étend sur une longueur totale de 610 km. Le diamètre des tuyaux varie de 150 à 250 mm pour les égouts auxiliaires et latéraux et de 300 à 1000 mm pour les égouts secondaires et collecteurs. Les eaux usées des maisons s'écoulent dans le réseau d'égout public par des branchements domestiques. Ces branchements, qui comprennent

une fosse et des tuyaux, sont raccordés par l'ONAS, sur la demande du propriétaire, après versement d'une redevance moyenne de 100 000 Fcfa (en fonction de la distance au réseau) (JICA et MH, 1994). Dans les quartiers pauvres, cette somme n'est pas toujours disponible au niveau du ménage. Pour cette raison, la densité de la population dans les zones desservies par le réseau d'égouts, ne se reflète pas sur la densité des branchements au réseau. Les conséquences de cette sous utilisation sont multiples. Nous signalerons surtout le faible tirant d'eau qui défavorise l'auto-curage des canalisations conduisant à la sédimentation des matières solides et donc au colmatage du réseau. Il suffit de se promener à travers la ville de Dakar pour voir les eaux usées s'échapper des canalisations et ruisseler tout le long du macadam. Ceci constitue en fait, une des raisons de la dégradation permanente des voies.

Mais il faut reconnaître également, que le comportement non conforme de la population qui jette n'importe quel type de déchets dans les égouts — trompée en cela par le nom de « tout à l'égout » que porte le réseau d'évacuation des eaux usées — contribue beaucoup à ce dysfonctionnement. Une campagne de sensibilisation soutenue devrait arriver à bout de ce genre de comportement.

La mauvaise gestion des eaux usées affecte aussi bien la santé des résidents que celle de ceux qui sont chargés de leur évacuation. Ceci entraîne une dégradation de l'environnement mais peut aussi contribuer à la contamination des ressources halieutiques — une étude que nous avons faite en 1990, au niveau des baies de Dakar, montrait non seulement une contamination des poissons mais aussi une perte de la production (Niang, 1995).

Par ailleurs, il est courant de voir que les eaux usées brutes sont utilisées en agriculture urbaine le long du réseau d'évacuation ou au niveau des exutoires (Pikine, Ouakam, Mermoz...).

Une bonne politique de gestion des eaux usées dans les pays en développement et au Sénégal en particulier passera nécessairement par l'utilisation de plusieurs systèmes de traitement (fosse septique, fosse étanche, lagunage à microphytes, lagunage à macrophytes, boues activées...) chaque système étant adapté à la spécificité du contexte.

À côté des politiques de réalisation de réseaux d'égout conventionnel adaptés à un certain niveau de vie, il faudrait, pour permettre aux moins nantis d'accéder aussi à un service public d'assainissement, étudier d'autres alternatives qui sont à leur portée.

En effet, les stations d'épuration de type classique, même si elles sont jugées nécessaires de par les avantages qu'elles présentent, ne peuvent pas à elles seules répondre convenablement à nos attentes. Pour exemple, la station de Cambérène (station de type boues activées) a coûté, avant la dévaluation du FCFA, 2,5 milliards de FCFA alors qu'elle n'épure pas le dixième des eaux usées rejetées à Dakar.

Dans ce contexte, l'exemple du système d'assainissement testé à Rufisque en 1994 par Enda-Rup (Gaye, 1996) mérite une attention toute particulière.

En effet, le système propose des ouvrages de stockage de capacité très modeste à l'intérieur des concessions, un réseau d'évacuation qui utilise des tuyaux en PVC de diamètre 110 mm et une station d'épuration de type lagunage à macrophytes. Ce choix a été principalement guidé par le souci d'offrir aux

populations financièrement défavorisées les possibilités d'accès au service d'assainissement, un des piliers de la santé publique.

De plus, le montage financier qui accompagne le programme est fait de telle sorte qu'un « revolving fund » est généré. Appelé Fonds Communautaire pour l'Assainissement des quartiers Urbains Pauvres (FOCAUP), ce dernier a pour objectif d'assurer la durabilité du programme par la mise à disposition de fonds issus de l'épargne des populations pour continuer à offrir l'assainissement aux plus démunis.

En 1996, une mission d'évaluation de ce programme a été financé par l'Union Européenne. Celle-ci avait pour objectif de répondre aux séries de questions suivantes :

- ❑ Les innovations ont-elles été pertinentes, réussies ? Quels premiers enseignements tirer des échecs ou des réussites ? Quelles corrections faut-il envisager si l'on veut poursuivre et pérenniser les activités localement ?
- ❑ Les innovations ont-elles suffisamment engendrées de nouvelles pratiques ? Quelles expérimentations complémentaires faudrait-il envisager avant de diffuser largement les nouveaux savoir-faire ?
- ❑ Les innovations sont-elles prêtes à être diffusées largement ? sont-elles suffisamment documentées pour permettre l'organisation de formations sur leurs résultats ?
- ❑ Quelles sont les conditions pour passer du stade pilote au stade de préconisation de politique générale (Thui, 1996) ?

Aux termes de cette évaluation, les recommandations de la mission se sont focalisées principalement sur la nécessité de faire des études complémentaires sur :

- La durabilité locale des investissements et notamment sur les questions de maintenance et de financement de cette maintenance ;
- L'articulation avec l'échelon municipal plus global par
 - L'inscription dans les politiques municipales de gestion urbaine à caractère technique ;
 - L'appropriation par les responsables municipaux ;
 - L'évaluation technique, actuelle et prévisionnelle à terme des investissements réalisés ;
 - L'évaluation financière actuelle et prévisionnelle à terme, des investissements réalisés.
- Les procédures d'utilisation du FOCAUP, afin que la démultiplication potentielle devienne effective et que les fonds récoltés à partir des remboursements soient rapidement réinjectés dans de nouvelles actions (Thui, 1996).

En 1998, un protocole d'accord a été signé entre Enda-RUP, promoteur du Programme d'Amélioration de l'Environnement (PADE) dans les quartiers de Castors et Diokoul, à Rufisque et l'IFAN de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Ce protocole a permis à l'IFAN de monter une équipe de recherche pluridisciplinaire dont l'une des tâches est de collaborer avec Enda-RUP dans la documentation scientifique de son programme à Rufisque en vue de répondre aux recommandations de la mission d'évaluation de 1996.

C'est ainsi que le présent projet, dont l'objectif est de promouvoir, au niveau des populations et des institutions, une politique intégrée de gestion des déchets (solides et liquides) prenant en charge en même temps les questions de santé publique, de l'emploi des jeunes, de la production de nourriture

et de la valorisation du travail de la femme dans la communauté en somme toutes les questions liées à la gestion de l'environnement urbain, est né.

Le but de l'étude est de fournir aux populations et aux institutions gestionnaires du développement urbain, un procédé de collecte, d'évacuation, de traitement et de réutilisation des eaux usées approprié, économiquement viable et reproductible, techniquement satisfaisant et socialement accepté, pour aider à résoudre les problèmes de sécurité alimentaire et de santé publique.

Il est prévu ensuite, en vue d'un transfert de la méthodologie, un inventaire des principales zones situées dans l'agglomération de Dakar, aptes à abriter une importante activité agricole.

Les objectifs spécifiques se résument ainsi :

- Évaluation de l'efficacité des systèmes à moindre coût, préconisés dans l'épuration des eaux usées pour une réutilisation dans l'agriculture urbaine, la production de compost et la pisciculture et des capacités d'implication des populations locales dans la prise en charge de l'évacuation et du traitement des eaux usées qu'ils produisent ;
- Évaluation des aspects institutionnels liés à la mise en place, à la prise en charge de la gestion et de l'entretien ainsi qu'à la vulgarisation des systèmes d'assainissement utilisant des techniques alternatives (par rapport aux techniques classiques), en somme à l'appropriation de ces nouvelles technologies par les autorités communales et/ou nationales responsables de l'assainissement ;
- Évaluation de l'implication des femmes dans le processus d'appropriation du procédé et évaluation de leur participation ;

- Caractérisation chimique et biologique, dosage des métaux lourds et des éléments toxiques dans les eaux utilisées dans l'agriculture urbaine à Dakar ;
- Évaluation des impacts de l'utilisation des eaux usées en agriculture urbaine à Dakar sur le plan des rendements et de la qualité des produits ;
- Analyse socio-économique des groupements d'agriculteurs urbains, de leur système de production, de leur capacité de mobilisation et d'adaptation à l'innovation ;
- Analyse épidémiologique de l'impact sanitaire de l'utilisation des eaux usées en agriculture urbaine: impact sur les utilisateurs et les consommateurs des produits ;
- Évaluation de la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture urbaine, en pisciculture et des autres possibilités de réutilisation.

Ce projet a reçu en 1998 le financement conjoint du CRDI, de l'ACDI, du programme LIFE du PNUE et de l'IFAN Ch. A. Diop qui a construit un laboratoire d'analyse et inséré dans son organigramme un laboratoire de traitement des eaux usées. À l'issue de deux ans et demi d'investigation, trois rapports sont présentés :

- le premier porte sur l'appropriation institutionnelle et communautaire du PADE ;
- le deuxième sur la valorisation des eaux usées dans l'agriculture urbaine à Dakar et ses perspectives d'avenir ;
- le troisième sur l'analyse technique de l'efficacité des stations d'épuration des eaux usées de Castors et Diokoul.

Le présent rapport traite de l'appropriation institutionnelle et communautaire du PADE et de l'impact sanitaire de l'inté-

gration des stations d'épuration au sein des quartiers. De plus, pour aider à mieux cadrer l'étude, un paragraphe a été réservé à la politique de l'État en matière d'assainissement liquide.

II

Méthodologie

Étude institutionnelle

Le travail consistait :

Dans une première étape à :

- recenser les structures impliquées dans la gestion des eaux usées et des ordures ménagères au Sénégal ;
- décrire leurs rôles, attributions et compétences, etc. ;
- décrire le mode de fonctionnement et de gestion des structures chargées de l'assainissement (gestion des eaux et eaux usées), de la collecte et du traitement des ordures ménagères.

Dans une seconde étape :

- étudier les modalités d'une plus grande implication de certaines institutions clés telles que l'ONAS et la Commune dans l'appropriation de la technologie en question ;
- étudier les possibilités d'une meilleure valorisation des produits issus de certaines activités réalisées au niveau des stations ;
- faire des propositions de statuts pour les groupements impliqués dans la gestion des stations d'épuration.

Pour l'examen et le traitement des points évoqués, la démarche a consisté à :

- faire une revue documentaire ;
- faire des interviews avec les personnes et structures impliquées.

● *Revue documentaire*

Il s'agit ici de la consultation de documents relatifs aux rôles, attributions et mode d'intervention des différentes structures dans le secteur de l'assainissement, de la gestion et de la valorisation des déchets au Sénégal (collecte, évacuation et traitement des eaux usées et ordures ménagères). Une attention particulière a été accordée aux rapports de Enda Rup sur la conception et le fonctionnement des stations d'épuration.

Le recueil des textes sur la décentralisation élaboré en février 1997 a aussi été consulté. Ceci nous a permis d'obtenir des informations sur les nouvelles attributions conférées aux mairies.

● *Interviews*

Elles consistent en des rencontres avec les différents acteurs notamment les :

- autorités nationales et communales (Ministères concernés, Mairies, Direction des Collectivités Locales, etc.) ;
- services techniques ; ONAS, SDE, SONES, Service d'Hygiène, Services techniques municipaux, etc. ;
- bénéficiaires ; GIE responsabilisés, populations, etc.

Nous avons rencontré les chefs de poste de santé, les comités de santé et les GIE des quartiers de Diokoul et Castors ; les responsables de l'ONAS de Rufisque, de la Direction des Services Techniques Communaux de Rufisque. Nous avons discuté également avec le Secrétariat Général de la Mairie de Rufisque, le chef du Service de l'Assainissement Autonome

de l'ONAS de Dakar ; le chef du Service de la Planification et Études Générales de la SONES, la Directrice de l'Environnement et ses collaborateurs, l'Adjoint du Directeur de la Santé, le Directeur des Espaces Verts Urbains.

Les informations recueillies au cours de ces visites ont permis d'avoir une meilleure appréciation du projet de sa mise en place à nos jours. Elles ont aussi aidé à élaborer un cadre de discussion avec les concernés pour les perspectives futures.

Implication des populations dans le PADE et perception du processus.

Dans le cadre de l'analyse de l'implication des populations dans le processus et de leur perception de l'organisation et du fonctionnement du système, des investigations ont été menées auprès des populations bénéficiaires (usagers), des gestionnaires de stations aux fins de mettre en évidence la rentabilité économique, l'efficacité du système d'assainissement mis en place et l'intérêt que la population porte à ce genre d'initiatives. La collecte des données s'est déroulée en plusieurs étapes.

● *Élaboration du questionnaire*

Après concertation sur la question de l'utilisation des eaux usées dans l'agriculture, il a été retenu d'élaborer trois questionnaires différents en fonction des trois catégories de cible à savoir les *usagers du système* d'assainissement, les *agriculteurs urbains* et les *consommateurs* des produits cultivés. L'étude *sur les usagers* a concerné les systèmes d'égouts petit diamètre et faible coût, et a été faite dans les quartiers de Diokoul et de Castors (Rufisque). Il a été ensuite administré aux usagers, aux prestataires des systèmes d'égouts petit diamètre-faible coût et aux gestionnaires de station de traitement des eaux usées.

● *Recrutement et formation des enquêteurs*

Des séances de formation et visites in situ sur plusieurs journées ont été organisées afin de permettre aux enquêteurs de se familiariser avec les questionnaires. Une équipe de supervision de quatre personnes a été constituée pour le suivi et la vérification de la qualité des enquêtes.

● *Méthodes de collecte*

Dans le but d'avoir une meilleure connaissance des phénomènes étudiés, nous avons combiné plusieurs techniques de collecte à savoir :

- l'interview semi structurée (à l'aide de questionnaire) ;
- entretien et focus group ;
- observation directe ;
- Système d'Information Géographique (SIG).

□ **L'interview semi structurée**

D'abord un entretien informel a eu lieu avec les cibles pour mieux les sensibiliser et les informer sur les tenants et aboutissants de l'étude. Cette visite de terrain a aidé les enquêteurs à se familiariser avec les sites. La discussion avec les cibles a permis de faire une première évaluation du questionnaire et d'estimer la taille de l'échantillon qui est fixée à 175 usagers.

Par la suite, une autre étape, dite pré-enquête, a servi, pendant trois jours, à tester le questionnaire. La méthode utilisée a été l'entretien semi-structuré avec des questions ouvertes. Enfin nous avons procédé à l'enquête.

L'enquête auprès des *usagers* du système d'assainissement a nécessité la mobilisation de 19 enquêteurs qui ont été répartis entre Diokoul et Castors.

À Diokoul, on a procédé à une enquête exhaustive de tous les ménages bénéficiant du système d'assainissement collectif (faible coût-petit diamètre). Dans ce même quartier, il a été fait un choix raisonné de 40 ménages bénéficiant d'un système d'assainissement individuel de façon à comparer les deux. L'enquête exhaustive avait pour objet de mieux cerner les attitudes et perceptions des bénéficiaires du système collectif et aussi d'identifier leurs besoins en vue d'une amélioration.

Un total de 50 ménages dans 150 bâtiments bénéficiant du tout à l'égouts (système collectif) ont été sélectionnés au hasard dans le cadre de l'interview semi-structuré.

Dans ces deux quartiers l'interlocuteur était le chef (homme, femme) de ménage ou à défaut toute autre personne connaissant bien les installations de ENDA. Il s'agissait surtout de faire en sorte que soit mise en relief leur appréciation du système (performances techniques, environnementales, économiques, ...) mais surtout d'obtenir des indications globales à savoir : identité, caractéristiques du ménage, caractéristiques de l'habitat, économie familiale, aspects sanitaires de l'habitat.

□ Entretiens et focus group

Les entretiens ont été utilisés auprès d'un certain nombre d'acteurs, pour recueillir des données qualitatives, concernant leur point de vue vis-à-vis de nos cibles. Ainsi, avons-nous pris contact avec tous les services concernés par les problèmes d'assainissement et de l'agriculture urbaine : il s'agit du Ministère de l'Environnement, de la Direction de l'Hygiène, de la Direction de l'Horticulture, de la Direction de l'Agriculture, de la Direction de l'Hydraulique, des municipalités et du Ministère de l'Urbanisme. Les entretiens ont permis de recueillir leur analyse du *système d'assainissement*, constater leur engagement, potentiel et souhaité ; la définition du statut des sites ; les risques de contamination et les mesures

prises ou envisagées face à l'utilisation des eaux usées et/ou compost dans le maraîchage ainsi qu'en faveur des agriculteurs urbains.

Le focus group a permis d'avoir la réaction de chaque membre des différents GIE chargés de gérer la station d'épuration et du curage des ouvrages, et du réseau d'égout des quartiers de Diokoul et Castors (photos 1 et 2).



Photo 1 : Focus group avec les GIE chargés de l'entretien du réseau d'assainissement et des stations de Castors et Diokoul



Photo 2 : Focus group avec le GIE chargé de l'entretien des stations de Castors et Diokoul

□ Observation directe

L'observation directe a permis de procéder à l'enregistrement des pratiques, assisté par la photographie. En réalité, l'observation directe a constitué une activité permanente. Elle s'est effectuée chaque fois que l'équipe de recherche se retrouvait sur les sites.

□ Système d'Information Géographique (SIG)

En plus des données thématiques collectées dans les différents services, il nous fallait disposer d'une base cartographique au moyen de photos aériennes récentes et disponibles à la Direction des Travaux Cartographiques et Géographiques pour constituer la géo-base. Les informations tirées à partir de la photo interprétation permettent de décrire les sites. Les photos aériennes, une fois numérisées par le scannage et géo-référencées dans le SIG, sont mises en base de données dans lesquelles on trouve des informations sur le réseau d'assainissement, la situation de remboursement des usagers, l'état d'entretien des ouvrages.

Les photos aériennes permettent d'obtenir des informations détaillées sur les sites. Les photos utilisées sont à l'échelle 1/20 000 agrandissable au 1/5 000 ; le niveau de détail est par conséquent élevé. De plus les photos datent de 1997, ce qui permet d'obtenir des informations assez récentes sur les sites.

● *Exploitation et analyse des données*

Les données ont été dans un premier temps exploitées de façon sommaire par les enquêteurs qui ont produit des rapports sectoriels. Cette option de *rappports sectoriels* avait pour objectif de permettre aux enquêteurs de rendre compte des informations recueillies, observées et entendues durant leur séjour sur le terrain. Ce travail demandé aux enquêteurs procède de la volonté de traduire fidèlement les points de vue des cibles et de réduire les pertes d'informations. Par la suite,

les données ont été saisies et exploitées grâce au logiciel EPI INFO.

Impact sanitaire de l'installation des stations d'épuration dans les quartiers

Pour rendre l'assainissement accessible aux plus démunis, Enda Rup a mis en place à Rufisque deux stations d'épuration de type lagunage à macrophytes, alimentées par un réseau petit diamètre. Dans la littérature, les stations d'épuration doivent être localisées loin des habitations. Or, dans le cas des stations de Castors-Sococim et Diokoul, le type de réseau utilisé ne permet pas un éloignement important de la station. Pour étudier l'impact sanitaire de cette situation, une enquête épidémiologique a été menée.

Il s'agit de l'analyse des selles, urines, et sang des populations riveraines des stations d'épuration de Rufisque. Pour cela, un échantillon de 50 personnes a été pris aussi bien à Castors-Sococim qu'à Diokoul. Les populations ont d'abord été informées des objectifs et du déroulement des tâches. À cet effet, un contact est établi avec la communauté par les Infirmiers chefs de poste et les membres du comité de santé des postes concernés. À ce niveau, plusieurs rencontres ont eu lieu avant le démarrage de l'étude.

□ Choix de l'échantillon

Nous avons procédé à un échantillonnage stratifié. La première strate concerne le choix des maisons cibles. À ce niveau toutes les maisons directement riveraines des stations ont été échantillonnées. Puis au fur et à mesure que l'on s'éloignait de la station, une maison sur trois a été échantillonnée. La seconde strate concerne le choix des individus dans les maisons. Des adultes et des enfants ont été choisis au hasard en prenant soin d'avoir autant de sexe féminin que de sexe

masculin, mais en privilégiant surtout les enfants, du fait qu'ils sont plus sensibles aux conditions de l'environnement car leurs déplacements sont surtout circonscrits autour du site.

□ Analyse des prélèvements

L'examen des selles est réalisé en deux étapes. Nous avons d'abord procédé à un examen direct puis à un examen après concentration en utilisant la méthode de Ritchie modifiée qui consiste à diluer les selles dans du formol à 10% et après tamisage, laisser sédimenter pendant 1 minute. Ensuite, ajouter de l'éther. Après centrifugation à 1500 tours/minute pendant 5 minutes, le culot est recueilli et examiné entre lame et lamelle.

Pour l'examen des urines, 10 ml sont centrifugés à 1500 tours/minute pendant 5 minutes. Le culot est recueilli et examiné entre lame et lamelle, le résultat est exprimé en nombre de parasites/10ml d'urine.

Au niveau de l'examen sanguin, une goutte de sang est recueillie au niveau du doigt puis colorée au Giemsa pendant 20 à 30 minutes après déshémoglobinisation à l'eau pendant 3 à 5 minutes. La lecture est faite et la densité parasitaire est déterminée en cas de positivité. Pour cela, 200 globules blancs sont captés et le nombre de parasites est multipliés par 30 pour exprimer le résultat par mm^3 de sang.

Les populations présentant une affection intercurrente ainsi qu'une parasitose ont été prises en charge par l'équipe médicale.

III

Résultats et discussions

La Politique de l'Etat

Au Sénégal, le secteur de l'eau a récemment fait l'objet d'une réforme qui a complètement bouleversé son environnement. La SONEES (Société Nationale pour l'Exploitation des Eaux du Sénégal), qui assurait le monopole concentrique de la gestion du patrimoine, de l'exploitation et de la distribution de l'eau ainsi que la mission d'assainissement des eaux usées, a été subdivisée en trois entités distinctes, spécialisées chacune dans un sous-secteur. La distribution de l'eau est privatisée et dévolue à la SDE (Sénégalaise Des Eaux), la SONES assure la gestion du patrimoine alors que l'ONAS (Office National de l'Assainissement au Sénégal) hérite du sous-secteur de l'assainissement.

Rappelons que la production d'eau au Sénégal, fait appel principalement, à deux sources d'approvisionnement : les eaux de surface (20%) et les eaux souterraines (80%). Comme la proximité de la mer et la surexploitation des eaux souterraines commencent à poser le problème des intrusions salines, la nécessité de recourir à une gestion adéquate des ressources en eau est devenu une priorité pour le pays.

C'est ainsi que le Ministère de l'Hydraulique a mis sur pied deux grands projets : le Projet Sectoriel Eau (PSE - 1996/2000) et le Projet Eau Long Terme (PLT) (2002 à 2007).

Le Projet Sectoriel se propose d'augmenter la production de l'eau de 60 000 m³ en faisant appel aux eaux de surface (Lac de Guiers) et à l'extension du réseau interconnecté. Il vise aussi une réduction des pertes dans le réseau (de 27% en 1996 à 15% en 2002).

Tandis que le PSE visait principalement l'alimentation en eau de Dakar par le renforcement des infrastructures de production, de transport et de distribution de cette denrée devenue rare. Un des problèmes majeurs au Sénégal est en effet l'alimentation en eau potable de Dakar qui, depuis les années 80 connaît un déficit qui se creuse d'avantage. De 4% en 1984, ce déficit a dépassé le seuil de 30% en 1991, atteignant aujourd'hui le chiffre record de 100 000 m³/jour.

Le Projet Eau Long Terme quant à lui, devra renforcer la politique adoptée par le PSE en faisant appel aux investissements privés. L'objectif est d'inverser la proportion au niveau des sources d'alimentation en eau (de sorte qu'en 2020, les besoins en eau de la ville de Dakar soient couverts par les eaux de surface à hauteur de 70% de la production totale) et d'augmenter la production de 135 000m³/jour en 2003.

Pour le sous-secteur de l'assainissement, la stratégie s'appuie sur :

- l'amélioration des services dans les zones dotées d'infrastructures d'assainissement ;
- la poursuite d'équipement des centres urbains en infrastructures d'assainissement sur la base de plans stratégiques ;
- la réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture ;
- l'accroissement des branchements domiciliaires à l'égout ;
- la promotion et le développement des systèmes d'assainissement autonome et semi-collectifs dans les zones péri-ur-

baines tout en favorisant la création d'emplois et le développement de petites entreprises ;

- la définition et la mise en œuvre d'une politique de prise en charge efficiente des systèmes de drainage ;
- la mise en place d'un cadre institutionnel garantissant la viabilité financière du sous-secteur Assainissement.

Les activités à mener dans ce Projet Eau Long Terme (2002-2007) consistent en la réalisation des tâches suivantes :

- Actualisation des plans des réseaux ;
- Restructuration des réseaux des Parcelles Assainies et extension de la station d'épuration de Cambérène ;
- Émissaire pour évacuer en mer les eaux traitées de la station de Cambérène ;
- Réhabilitation de 3 stations de pompage ;
- Drainage des eaux pluviales du Triangle Sud ;
- Assainissement de la ville de Thiès Zone Nord ;
- Promotion des branchements sociaux ;
- Étude de la validation du système de traitement de Enda RUP à Rufisque ;
- Évacuation des matières de vidange ;
- Réhabilitation de 30 km de réseau ;
- Restructuration du système d'assainissement de la Corniche Ouest de Dakar ;
- Réhabilitation des réseaux et de la station d'épuration de Saly Portudal (Dieng, 2002).

À ces actions menées par le Service de l'Assainissement Collectif, il faut ajouter les actions relevant du Service de l'Assainissement Autonome. Il s'agit de :

- Construction et réhabilitation de 60 000 ouvrages d'assainissement individuel ;
- Construction de 160 systèmes semi-collectifs ;
- Construction et réhabilitation de 10 édicules publics et 70 blocs de latrines scolaires ;
- Raccordement au réseau pour 50 000 personnes ;
- Construction de 3 dépositaires de matières de vidange dans les villes de Pikine et Guédiawaye (Ndiaye, 2002).

Les principes de base de la stratégie s'appuient :

- Sur le plan institutionnel, sur la décentralisation des responsabilités, sur la privatisation et le contractualisation des tâches d'exécution et sur l'identification des actions prioritaires à partir de la base ;
- Sur le plan financier, sur les ressources propres des usagers et /ou de l'état, sur la couverture à leur niveau réel par les usagers des coûts de fonctionnement et d'amortissement tandis que les infrastructures collectives seraient réalisées sur les investissements publics ;
- En matière de participation communautaire, sur l'implication des communautés dès le démarrage d'un programme au niveau de chaque étape en prenant en compte leurs acquis et expériences ;
- Sur le plan de la technologie, sur une palette variée d'options technologiques adaptées au contexte local (Touré, 2002).

Concernant l'évolution du cadre institutionnel du secteur, l'option Société Nationale semble privilégiée pour la gestion de l'assainissement. Cependant, des suggestions pour une intégration du sous-secteur de l'assainissement dans le périmètre de l'affermage sont émises par les experts. Aujourd'hui, la

question reste ouverte entre la mise en œuvre d'un contrat de gestion, d'un contrat d'affermage, la transformation en Société Nationale...(Ndaw 1, 2002).

En attendant la mise en œuvre effective de la réforme de l'ONAS, le gouvernement du Sénégal lui a accordé une dérogation au code des marchés publics qui devrait lui permettre de réaliser de manière efficace les investissements à court terme identifiés dans le sous-secteur (Ndaw 2, 2002).

Appropriation communautaire

Dans le cadre de son programme PADE de mise en place de systèmes d'assainissement accessibles aux populations pauvres, deux stations d'épuration d'eaux usées domestiques ont été construites à Castors et à Diokoul (Rufisque) respectivement en 1994 et en 1995, par l'ONG ENDA Tiers Monde, (équipe RUP). Les stations ont été construites sur la base d'une autorisation préfectorale et communale (la Commune ayant fourni les deux terrains) à l'aide d'un financement conjoint de l'ACDI et de l'Union Européenne. Elles ont été réalisées à la demande de la population locale, excédée par l'insalubrité qui régnait dans leurs quartiers. La première qui est située dans un quartier d'habitat planifié est dimensionnée pour environ 300 concessions (la concession regroupe 8 à 15 personnes). La seconde, dimensionnée pour environ 150 concessions se trouve dans une zone d'habitat spontané et côtier. Les deux stations ont été conçues suivant la technique de lagunage à macrophytes flottantes à *Pistia stratiotes* (laitue d'eau) (Charbonnel, 1989). Mais l'innovation la plus originale est le système de collecte et de transport des eaux situé en amont du traitement. Après passage dans un dégraisseur, les eaux ménagères rejoignent les eaux vannes au niveau d'un décanteur-liquéfacteur (mini-fosse septique) où elles séjournent envi-

ron **quatre heures**. Elles sont ensuite acheminées à la station d'épuration par réseau petit diamètre (PVC, 110 mm). Les eaux ainsi traitées sont réutilisées dans l'agriculture, la floriculture, le compostage des ordures ménagères, la confection de pépinières et de matériaux de construction.

● *Contexte organisationnel*

La participation des populations s'est faite de la façon suivante :

- mise en place de comités locaux de gestion, de suivi-évaluation et prospective ;
- critères d'accessibilité à l'assainissement (adresser une demande au comité de santé qui la répercute à ENDA ; depuis peu la commune a été associée à la procédure) aujourd'hui la demande est adressée directement aux agences d'épargne et de crédit mutuel locales ;
- étude technique réalisée par ENDA à l'issue de laquelle un contrat de prêt est signé par le demandeur (le contrat est contresigné par le président du comité de gestion de quartier et ENDA, aujourd'hui il est signé entre le contractant et la mutuelle) ;
- acquittement d'une avance initiale par le bénéficiaire ;
- lancement du marché et adjudication ;
- préfinancement par ENDA et démarrage des travaux ;
- acquittement du reliquat par versements mensuels. Ces sommes récupérées par les membres du comité de gestion ont permis la constitution d'un Fond Communautaire d'Assainissement des quartiers Urbains Pauvres (FOCAUP), dont l'institutionnalisation connaît un début de mise en œuvre à l'échelle nationale. Aujourd'hui, avec la domiciliation des fonds au niveau des Mutuelles d'épargne et de crédit, les bénéficiaires font leur versement au niveau de ces agences.

□ **Participation financière des populations**

La partie du coût des travaux remboursée par les bénéficiaires, ainsi que le montant des versements mensuels ont été discutés au cours de la première réunion du comité local de gestion, tout à fait au début du processus en décembre 1990. Au début du projet les dispositions résumées dans le tableau 1 ont été proposées. Avec la dévaluation du F CFA en janvier 1994, et eu égard à l'index d'inflation, le coût d'investissement, et les taux de remboursement furent réajustés, les montants des versements baissés et la durée de remboursement augmentée. Le tableau 2 illustre la nouvelle clé de répartition de la participation des populations.

Tableau 1 : Première clé de répartition de la participation financière des bénéficiaires (ENDA TM/RUP, 1996)

Coût des travaux (Fcfa)	300 - 200 000	200 - 100 000	< 100 000
Part remboursée	30%	60%	100% +intérêt

Tableau 2 : Nouvelle clé de répartition de la participation financière des bénéficiaires (Enda TM/RUP, 1996)

Période	Coût total (Fcfa)	Part remboursée	Taux de participation	Avance initiale	Versement mensuel	Durée des versements (mois)
1990-92	270 000	87 000	32%	15 000	8 000	9
1992-94	210 000	75 000	35%	15 000	6 000	10
1994-96	175 000	119 000	68%	15 000	8 000	13
1996-...	175 000	190 000	108%	25 000	6 600	25

□ Mécanismes de pérennisation

- *Taux de recouvrement des dettes*

Le taux de recouvrement n'est pas satisfaisant. Au début du programme, il dépassait les 90 %, il est passé ensuite par des périodes où il dépassait de peu les 20 %. Aujourd'hui on peut le situer sur l'ensemble du programme à une moyenne de 60%. Il faut savoir que la garantie du remboursement des bénéficiaires est essentiellement une caution sociale assurée par les comités locaux de gestion. Dans nos villes africaines, la pression sociale est généralement suffisante pour que les mauvais payeurs s'acquittent de leur dette. Mais il peut arriver que la pression sociale ne suffise pas, dans ce cas le tribunal s'avère le dernier recours. Pour éviter d'en arriver à de telles extrémités, des comités de recouvrement avaient été mis en place. Ces comités, composés de notables, jeunes, adultes et personnes ressources des quartiers, étaient chargés de visiter les mauvais payeurs le soir, afin de trouver discrètement une solution. Malgré tout, le taux de recouvrement est resté insatisfaisant, les mauvais payeurs n'étant d'ailleurs généralement pas les plus pauvres. Actuellement, les emprunts sont contractés au niveau des Mutuelles d'épargne et de crédit, beaucoup plus spécialisés dans le domaine.

- *Création de micro-entreprises*

Le PADE avait été initialement conçu et financé comme un projet d'investissement. Mais en cours d'exécution, il est apparu qu'il était possible d'y intégrer la création de micro-entreprises (Groupement d'Intérêt Économique, GIE) de jeunes hommes et femmes issus des quartiers concernés. Trois GIE mixtes de 15 jeunes ont ainsi été créés, deux pour les quartiers Castors-Arafat, et le troisième pour le quartier de Diokoul. Le rôle de ces GIE était la gestion technique des stations d'épuration, l'entretien du réseau d'égouts, la fabrication de compost à partir des ordures ménagères (l'autre

volet du programme) et des macrophytes (co-produits des stations) et la réutilisation des eaux usées traitées (vente, maraîchage, floriculture, pépinières, construction de pots de fleurs).

L'évaluation financière de ces activités, sur la base d'un salaire de 50 000 FCFA pour chaque membre du GIE et la production de 5672 m³ d'eaux traitées par mois (vendu 126,67 F/m³), avait montré que le GIE pouvait être rentable (De Reviers, 1995). Par ailleurs, si on y ajoute la production de compost, la même étude démontrait que l'aptitude des GIE à faire des bénéfices dépassait 90 %. Ce qui est expliqué par le fait que le compost et l'eau épurée, principales ressources de la station sont produits à partir des eaux usées et des ordures ménagères qui sont obtenues gratuitement.

- Entretien des ouvrages

Il était prévu initialement que l'entretien des réseaux d'égouts et les ouvrages dans les concessions serait effectué par les bénéficiaires eux-mêmes (chaque concession étant responsable des infrastructures placées chez elle, ainsi que de la portion d'égouts située dans la rue juste devant elle). En réalité, on s'est rendu compte très vite que l'entretien ne se faisait pas. Aussi, cet entretien a-t-il été confié aux groupes de jeunes du quartier qui devaient être rémunérés par les bénéficiaires sur la base d'une petite somme mensuelle (500 Fcfa) notifiée dans les nouveaux contrats de branchement. Malgré tout, le principe n'a jamais fonctionné et dans la pratique, c'est ENDA qui a financé les entretiens qui ont eu lieu depuis la mise en œuvre du système d'assainissement sur le réseau et dans les concessions. Jusqu'ici une solution définitive n'est pas encore arrêtée, mais une recherche action est en cours avec une forte implication de la DST (Direction des Services Techniques) de la commune en raison d'un entretien à sa charge tous les deux à trois ans.

- Amortissement des infrastructures

L'amortissement de l'ensemble des infrastructures constitue un élément non encore résolu. Parallèlement au financement de l'entretien des réseaux, il avait été envisagé que les bénéficiaires s'engagent, une fois le remboursement des 108 % achevé, à verser une somme modique mensuelle par délégation de la commune. Celle-ci permettrait d'assurer la moitié de la capacité de renouvellement des infrastructures. La Commune de Rufisque aurait assumé un autre quart de cet amortissement et l'ONAS se chargerait d'assurer le dernier quart. Cette structuration peut être améliorée après la traduction en normes et l'intégration de la méthodologie développée à Rufisque dans les cahiers des charges de l'ONAS.

Par ailleurs, un autre schéma avait envisagé de faire assumer l'amortissement, au moins pour ce qui concerne les stations d'épuration, aux GIE qui sont chargés de leur gestion grâce à une franchise qu'attribuerait la commune. L'étude de l'évaluation financière de la station de Castors (De Reviens, 1995) en attestait la faisabilité. Malheureusement, pour diverses raisons, ces GIE n'ont jamais pu atteindre les seuils de rentabilité escomptés.

- Mise en place d'un fonds communautaire

Outre les innovations techniques initiées par le programme, le mécanisme financier est également novateur. Il s'agit d'un mécanisme de financement populaire initié à partir des fonds exclusivement constitués par les versements du quote-part des bénéficiaires, dans la réalisation des équipements et infrastructures d'assainissement privé. C'est ainsi qu'un Fonds Communautaire pour l'Assainissement de quartiers Urbains Pauvres (FOCAUP) a été créé.

Le premier élément de ce mécanisme est un système de récupération des coûts auprès des bénéficiaires par versements

mensuels adaptés à leur faibles revenus (autour de 8 000 Fcfa/mois, pendant une durée déterminée).

Le taux de récupération des coûts s'élève aujourd'hui à 100% des coûts investis par concession, majorés d'un intérêt de 8% (5% pour rémunérer le fonds et 3% pour les frais administratifs divers). Le fonds s'élève actuellement à près de 23 millions de Fcfa avec 15 millions en cours de remboursement, soit un fonds total de 38 millions de Fcfa (76000 US\$) bloqués sur un dépôt à termes dans une banque à Rufisque. Ces fonds sont destinés à être réutilisés pour l'assainissement de nouveaux quartiers pauvres (Enda TM/RUP a, 1999) à Rufisque et ailleurs pour assurer l'équité entre les familles bénéficiaires et celles en attente, dans l'accès aux ressources du PADE dans le pays.

Dans le cadre de la mise en œuvre des modalités de fonctionnement du FOCAUP, des journées de réflexion ont été organisées. Elles regroupaient les représentants de l'association des maires du Sénégal, des représentants de l'Office National de l'Assainissement du Sénégal (ONAS), des représentants d'ONG, de secteurs privés, des GIE de Castors et Diokoul, des comités de développement locaux d'autres localités comme Thiès, Kaolack, Yoff, etc. Il est ressorti de ces journées de réflexion, les directives suivantes :

○ Nécessité d'une extension du FOCAUP au niveau national, tout en gardant dans un premier temps la priorité sur la ville de Rufisque. Pour cela, il a été jugé important d'insérer dorénavant, dans tous les programmes d'assainissement qui se feraient pour les quartiers pauvres et moyennement pauvres au Sénégal, le principe de la mise en place de fonds roulant («revolving fund») qui viendraient alimenter le fonds déjà en place ;

○ Ce fonds aurait pour rôle et mission d'intervenir directement dans des opérations d'assainissement liquide, de soutien aux collectivités locales (communes, groupes de quartiers, quartiers) en matière d'assainissement liquide. Il soutiendrait également les petites entreprises opératrices en matière d'assainissement liquide (maintenance, exploitation) et par diversification à d'autres types d'assainissement solide incluant le plastique ;

○ Les moyens matériels et financiers liés à son fonctionnement dépendraient de l'institutionnalisation mais pourraient provenir d'une budgétisation de l'ONAS, du demandeur (collectivité locale, opérateur privé,...) ou d'un prélèvement sur les prêts (intérêt) ;

○ Pour les modalités de mise en œuvre, il serait souhaitable de s'appuyer sur une structure financière déjà existante, au bénéfice de laquelle le montant qui sera apporté par le FOCAUP pourrait avoir une fonction de caution financière ou de garantie en faveur de l'élargissement des capacités de la structure à inclure dans sa compétence le micro crédit à l'investissement ;

○ Le FOCAUP serait géré par un comité permanent d'intérêt public à gestion privé. (Enda TM/RUP b, 1999)

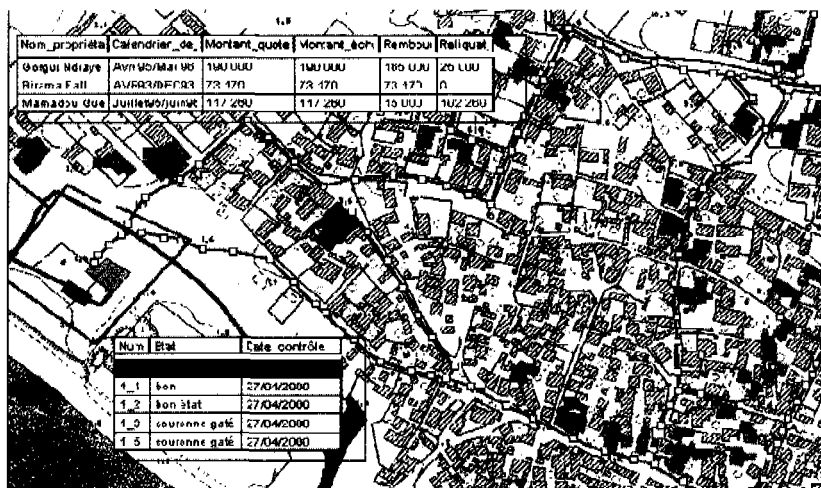
- Validation et changement d'échelle

L'évaluation du délégué de l'Union Européenne (Thui, 1996) a contribué à la vulgarisation de l'utilisation par le PADE des technologies alternatives et non conventionnelles. Ainsi la réplification de ces technologies qui doit passer nécessairement par l'utilisation de celles-ci, par d'autres acteurs et particulièrement le secteur privé et professionnel a conduit le PADE à se rapprocher de l'ONAS.

Ainsi, avec l'aide d'autres partenaires tels que l'IFAN, l'ESP, l'ISE de l'UCAD, la commune de Rufisque, les différents GIE impliqués, le PPGE/7ème FED, des termes de référence ont été négociés, en vue de permettre des consultations libres et organisées pour diagnostiquer ces technologies et formuler des recommandations d'amélioration. Cette documentation ainsi que celle qui suivra la phase post-évaluation des recommandations serviront à constituer les éléments de validation et de normalisation qui enrichiront le cahier des charges de l'ONAS et diversifieront davantage le choix des familles sénégalaises et africaines à travers l'UADE, dans l'acquisition d'équipements d'assainissement.

□ Gestion par le SIG du réseau

Carte N°1 : Gestion de l'assainissement à distance à Diokoul



À partir de la représentation par système d'information géographique des données concernant le processus, la gestion devient plus facile. Des données comme la situation de remboursement des bénéficiaires ou l'état d'entretien des ouvrages peuvent être ainsi suivi régulièrement.

○ Perception du système d'assainissement par les populations

○ Profil des usagers à Diokoul

Le quartier de Diokoul est un quartier populaire pauvre, ancien village de pêcheurs « Lébou » qui préserve en grande partie sa configuration traditionnelle et villageoise. En particulier la majeure partie du quartier apparaît sans plan en damier ; avec une voirie présentant des ruelles étroites et tortueuses. Les concessions familiales s'y sont établies sans plan pré-établi (habitat spontané irrégulier).

Deux ménages en moyenne partagent une concession familiale. Le ménage a un effectif de 8 personnes environ. Diokoul présente une superficie de 57,78 ha avec une population de 12509 habitants, ce qui représente une densité de 217 hab./ha.

Avec un âge moyen de 42 ans, la plupart des chefs de ménage ont un assez bon niveau d'éducation. Plus de 55% d'entre eux ont au moins le niveau du secondaire. Plus de 70% des chefs de ménage sont propriétaires de leur maison et gagnent en moyenne 59.000 F. Seuls 28,1% des chefs de ménage (CM) disposent d'un revenu mensuel supérieur à 100.000 F CFA.

La consommation d'eau est comprise entre 10 et 40 l/tête/jour. L'augmentation rapide de la population (taux moyens annuel de 3,5%) ne permet pas à la municipalité de répondre à une demande sans cesse croissante d'infrastructures et de services.

En ce qui concerne les déchets solides, chaque habitant produisant 0,60 kg d'ordures par jour (Ministère de l'Urbanisme et de l'Habitat), la production totale pour le quartier de Diokoul est de 7 tonnes par jour. Il en résulte une situation d'insalubrité aiguë dans l'ensemble du quartier.

○ **Appréciations des populations de Diokoul**

L'enquête révèle que plus de la moitié des ménages disposent d'une fosse individuelle (55,1%) et 6,4% sont branchés au système d'égout.

Le recours à ce système procède du fait qu'il répond à une préoccupation majeure des populations de Diokoul. En effet, ce système est bien accueilli par les populations en ce sens qu'il participe à l'amélioration du cadre de vie des populations. Depuis la mise en place de ce système, des changements notoires ont été observés. L'analyse des résultats confirme que l'impact du système sur l'amélioration du cadre de vie des populations est sans nul doute indéniable. Selon les usagers interviewés, le système participe à la réduction des odeurs, de la prolifération des moustiques et mouches, et de la prévalence de certaines maladies (telle que le paludisme). En d'autres termes, le système contribue à l'amélioration des conditions sanitaires de Diokoul. De ce point de vue, le système est jugé très utile [58,4% des chefs de ménage (CM)] et accessible (6,7%). Selon les CM, l'avantage de ce système procède du fait que l'entretien des ouvrages internes est très facile (55,1%), peu coûteux (98,1%) et son fonctionnement satisfaisant (52,8%) du fait que les préposés à l'entretien s'acquittent convenablement de leur tâche et de façon régulière. Sur le plan de l'impact social, on peut évoquer la diminution des querelles liées au déversement des eaux de cuisine ou de lessive dans la rue, surtout entre les femmes et les enfants et qui sont de nature à fragiliser la cohésion sociale.

Principales responsables de la propreté de la maison (balayage, nettoyage, évacuation des eaux usées, des ordures ménagères, etc.), les femmes semblent être les principales bénéficiaires de ce système qui participe de façon significative à l'allègement de leurs travaux (59%) tout en leur assurant un gain de temps (41,6%). Elles sont très actives dans les GIE

chargés de la gestion technique des stations et de l'entretien du réseau. Cela leur procure des revenus qui leur permettent d'améliorer leurs conditions de vie.

○ **Contraintes du système à Diokoul**

Bien que le système soit bien apprécié, il convient de noter quelques contraintes identifiées par les chefs de ménage et qui concernent les mauvaises odeurs qui proviennent du système lorsque les regards sont obstrués entraînant le refoulement des eaux usées et l'encombrement des voies de circulation pour les voitures. La plupart des inconvénients résultent en partie selon certains, d'un défaut d'entretien du réseau et du faible diamètre des canalisations. Dans une moindre mesure, l'un des inconvénients soulevés par une partie des populations concerne la méconnaissance de la destination des fonds collectés et l'intervention de plusieurs personnes dans la récupération de ces fonds. Cette situation est de nature à créer des suspicions sur les méthodes de gestion des fonds collectés.

○ **Améliorations à apporter à Diokoul**

Différentes propositions d'amélioration du système ont été faites par les populations. En effet, elles souhaiteraient que :

- ▶ le système soit davantage suivi (23%) ;
- ▶ des poubelles soient mises en place (39%) ;
- ▶ l'on réduise la distance entre les regards (22%) ;
- ▶ les femmes soient davantage impliquées dans la gestion des stations (22%) ;
- ▶ la dotation en produits de désinfection soit faite au profit des populations.

En ce qui concerne le renouvellement du réseau, les populations estiment qu'il incombe à Enda (70%), ou à la Mairie (10%) et à l'État (10%).

○ Profil des usagers à Castors

Au niveau de Castors, la moyenne d'âge des chefs de ménage est de 48-54 ans. Le niveau d'instruction est assez bon car plus de 70,8% des CM ont au moins fait le secondaire. On dénombre en moyenne 12 personnes par concession dans des habitats dont le style planifié est dominant (79,2%). Plus de la moitié (64,6%) des chefs de ménage sont propriétaires de leur maisons. On estime le revenu moyen des ménages à 70.885 Fcfa. Même si les déclarations de revenus souffrent de sous-estimation, on peut penser qu'avec la structure des dépenses des ménages (dépense en électricité, en loisirs, etc.), le montant donné est assez proche de la réalité.

○ Appréciation des populations de Castors

La plupart des ménages sont branchés au système entre 1995 et 1996 (54,1% des personnes interrogées). Le recours au système d'égout procède selon les déclarations des usagers à des raisons liées à l'amélioration du cadre de vie. Selon les déclarations des usagers, le réseau participe à éviter les moustiques, les microbes et à diminuer les mauvaises odeurs. En d'autres termes, le système concourt à l'amélioration des conditions sanitaires du quartier de Castors. Et son entretien semble aussi facile (72,9%). Globalement 81,3% pensent que le système fonctionne de façon satisfaisante. Par rapport aux installations intérieures (vidoir, dégraisseur, décanteur...) 95,9% des ménages ont déclaré que l'entretien est bien fait par les personnes habitant la maison.

Au niveau des impacts, on note :

- ▶ l'allègement des transports des eaux usées par les personnes (72%) ;
- ▶ l'amélioration du cadre de vie (75%) ;
- ▶ la diminution des querelles (52,1%) ;

- ▶ l'amélioration des conditions de travail des femmes (79,3%) ;
- ▶ la diminution de la pollution (62,5%).

○ Contraintes liées au système à Castors

Certains chefs de ménage estiment que le réseau souffre de son entretien irrégulier malgré le fait que 60,4% des ménages ont estimé que les préposés à l'entretien semblent être bien formés pour l'accomplissement de leurs tâches. Il est urgent que des mesures idoines soient prises pour y remédier. De même, l'enquête a montré que 37,8% des ménages continuent de verser des produits chimiques tels que les détergents dans les installations intérieures, ces derniers détruisent les plantes (*Pistia*) chargées d'épurer les eaux dans la station de Castors.

De plus, ce système souffre parfois de :

- ▶ difficulté de l'écoulement (13,6%) ;
- ▶ présence de trous dans les fosses et de détérioration des couvercles ;
- ▶ cherté de l'adhésion (6,3%) ;
- ▶ présence d'odeurs (20,8%) ;
- ▶ refoulement des eaux usées (33,4%) ;
- ▶ l'encombrement des rues pour la circulation des véhicules (23%) ;
- ▶ la prolifération des moustiques (14,7%) : les populations lient la présence des moustiques à celle de la station ;
- ▶ refoulement des eaux dans les maisons pendant l'hivernage (2,1%) ;
- ▶ regards cassés (4,2%). De plus, 22% des personnes interrogées estiment que quand il fait chaud (entre 14h et 17h), les odeurs qui se dégagent du système indisposent les populations.

En outre, il a été fait état de l'absence de fond au niveau des regards permettant au sable de s'y reposer ; de l'absence d'aération des ouvrages installés dans les maisons, de l'absence de surveillance lors des travaux des entrepreneurs. Il faut signaler qu'au niveau des regards, l'absence de zone de décantation est voulue. Ceci a pour but d'accélérer le tirant d'eau qui pour de faible consommation d'eau favorise l'auto-curage. Normalement, si les couvercles des regards sont en bon état, le sable ne devrait pas arriver dans les regards.

○ Solutions préconisées à Castors

Pour remédier aux désagréments du système, les usagers proposent de nouvelles canalisations (37,5%), de nouvelles fosses individuelles (2,1%). Ils ont estimé que l'amélioration de ce système passera par la baisse des prix de raccordement (16,7%) ; le rapprochement des regards (50 %), une implication plus importante des populations dans la gestion et l'entretien du système (52,1%), le suivi régulier du système (8,3%) et la formation des jeunes préposés à l'entretien (2,08%).

De telles améliorations sont de la responsabilité de Enda (93,8%), des autorités municipales (29,20%) et des autorités administratives (12,5%).

Pour la pérennité du système, les usagers estiment que la méconnaissance de la destination des fonds collectés par les différents préposés à la collecte peut poser des problèmes de transparence et semer le doute chez eux. C'est pourquoi, ils pensent que des séances de sensibilisation et d'information à l'instar de la journée de réflexion sur l'institutionnalisation du FOCAUP devront être encouragées.

En ce qui concerne l'eau épurée, les propositions de valorisation faites par les ménages concernent surtout l'arrosage des

champs, l'utilisation dans l'agriculture (maraîchage 27,5%, arboriculture 2,1%, floriculture 6,3%).

De façon générale, malgré les désagréments soulignés ci-dessus, le système a un impact tant social, économique qu'environnemental. Les femmes semblent le plus avoir bénéficié des retombées du projet qui, à bien des égards, a largement allégé leur charge de travail. En effet, il est reconnu dans notre société que les femmes constituent la frange qui souffre le plus des problèmes liés à l'assainissement. De ce point de vue, le projet a permis aux femmes de ne plus souffrir des évacuations, des odeurs, des maladies qui affectent le plus souvent leur santé et celle de leurs enfants.

Impacts sanitaires de l'intégration des stations au sein des quartiers

○ Caractérisation de la population d'étude

L'étude a été réalisée en saison humide puis en saison sèche. Pour chaque saison, un échantillon de 50 personnes a été sélectionné :

À Castors, l'âge des recrutés varie entre 2 et 55 ans avec une moyenne de $6,2 \pm 16,4$ ans. Le sex ratio est de 44% avec un effectif plus important chez les enfants âgés de 3 ans.

À Diokoul, l'âge varie entre 2 et 60 ans avec une moyenne de $14,5 \pm 11,6$ ans. Le sex ratio est de 50%. Ici également, les enfants âgés de 3 ans constituaient le groupe le plus représenté.

○ Caractérisation des parasites rencontrés

Six types de parasites ont été principalement rencontrés au cours de l'étude épidémiologique. Il s'agit de :

• *Entamoeba histolytica minuta*, c'est la forme des porteurs asymptomatiques. Le cycle pathogène de ce protozoaire est

responsable de l'amibiase intestinale. L'infestation résulte de l'ingestion de kystes en provenance des mains sales ou d'aliments souillés ;

► *Giardia intestinalis*, ce protozoaire est responsable de la parasitose de l'intestin grêle. L'infestation se fait par ingestion de kystes mûrs contenus dans l'eau de boisson ou les aliments souillés ;

► *Entamoeba coli* et *Endolimax nana* sont des protozoaires non pathogènes vivant dans le tube digestif. L'infestation se fait par l'ingestion de kystes en provenance des mains sales ou des aliments souillés ;

► *Ascaris lumbricoïdes*, c'est une helminthe vivant dans l'intestin grêle où elle se nourrit du contenu intestinal. L'infestation se fait par ingestion des œufs embryonnés avec l'eau de boisson ou les aliments souillés consommés crus ;

► *Strongyloïdes stercolaris* est une helminthe vivant dans la muqueuse duodénale, responsable de l'anguillulose. L'infestation se fait par pénétration active chez l'homme à travers la peau.

○ Prévalence des parasitoses dans les deux quartiers

Tableau 3 : Parasitoses observées

Examens	Castors (%)		Diokoul (%)	
	Saison sèche	Saison des pluies	Saison sèche	Saison des pluies
Goutte épaisse	2	8	0	2
Selles	0	48,3	16	22,7
Urines	0	0	2	0

Pour les parasitoses urinaires, il faut signaler l'absence d'œufs de bilharzie dans la population et il n'a été observé que du *Trichomonas vaginalis* chez un seul sujet à Diokoul. Ainsi, la bilharziose est absente de ces quartiers comme il avait été constaté lors d'une enquête nationale faite sur cette affection (tableau 3).

○ Prévalence des parasites intestinaux observés

Tableau 4 : Parasitoses intestinales

Examens	Castors (%)		Diokoul (%)	
	Saison sèche	Saison des pluies	Saison sèche	Saison des pluies
<i>Ascaris lumbricoides</i>	0	0	37,5	40
<i>Strongyloides stercoralis</i>	0	9,1	0	0
<i>Giardia intestinalis</i>	0	27,3	50	0
<i>Entamoeba coli</i>	0	27,3	12,5	40
<i>Entamoeba histolytica minuta</i>	0	9	0	20
<i>Endolimax nana</i>	0	27,3	0	0

S'agissant des parasites intestinaux, nous avons noté une variation saisonnière de la prévalence (tableau 4).

À Castors, le parasitisme intestinal n'a été décelé que durant la saison des pluies chez les populations étudiées. Les parasites isolés étaient essentiellement des protozoaires dont la contamination est assurée par leurs formes kystiques qui sont très

résistantes dans le milieu extérieur. Parmi les parasites pathogènes on note *Giardia intestinalis* et *Entamoeba histolytica* dans sa forme minuta au niveau des protozoaires et *Strongyloides stercoralis* au niveau des helminthes. La présence de cette dernière est favorisée par l'humidité et la chaleur. Ces facteurs favorisants surviennent particulièrement durant la saison pluvieuse. La population d'étude étant constituée en majorité d'enfants, donc peu soucieux des règles d'hygiène et dont les aires de jeux sont constitués d'espaces naturels insalubres, sont donc enclin à développer de pareilles parasitoses.

À Diokoul, au niveau des protozoaires pathogènes, seuls *Entamoeba histolytica minuta* étaient représentés. Il a été noté une présence importante de *Entamoeba coli* tandis qu'au niveau des helminthes, seul *Ascaris lumbricoides* a été retrouvé.

La comparaison du parasitisme intestinal de la population des deux quartiers fait ressortir qu'il était plus important durant la saison sèche au niveau de Diokoul (16% vs 0%).

Par contre durant l'hivernage, la tendance s'était inversée avec un parasitisme plus important à Castors et plus riche au point de vue qualitative. Cela amène à penser que Castors offrait un environnement plus propice au parasitisme durant la période hivernale et la richesse des parasites retrouvés soulève un problème d'assainissement. D'ailleurs, l'étude parasitologique des eaux usées des stations corrobore les résultats retrouvés chez les populations ; en effet, *Strongyloides stercoralis* qui n'a été isolé qu'à Castors chez la population, n'a été identifié que dans les eaux usées de cette station reflétant ainsi l'état sanitaire de la collectivité.

Si l'on compare les indices d'infestation trouvés dans ces deux quartiers à ceux retrouvés dans des quartiers de Dakar dans le district sanitaire ouest qui regroupe Ouakam, Ngor et

Yoff, on constate qu'ils sont nettement inférieurs. En effet, dans ces derniers, ils atteignaient durant la saison sèche le niveau de 52%. Dans ces zones, les populations étudiées, constituées en majorité d'enfants âgés de moins de 15 ans, l'eau était disponible à domicile pour 86,8% d'entre elles et 18% seulement étaient raccordées au système d'égouts.

La comparaison avec la situation sanitaire au niveau du district sanitaire nord (Dakar) qui regroupe les quartiers de Patte d'Oie, Grand Yoff, Grand Médine, les unités 19 et 22 des Parcelles Assainies et le village de Cambérène, montre qu'ici également, les indices d'infestation trouvés à Castors et Diokoul sont plus faibles. En effet, l'indice d'infestation noté dans ce district nord était de 49% durant la saison sèche (Mbaye, 2000).

La situation sanitaire (parasitaire) de Castors et Diokoul comparée à celle de l'agglomération de Yeumbeul, qui présente un indice d'infestation de 42,26% durant la même saison, montre qu'ici également, elle est meilleure. Signalons que les enquêtes révèlent que 43,4% de la population de Yeumbeul s'approvisionnent en eau de puits contre 39,6%, à partir de la borne fontaine (réseau d'eau potable de la ville) (Dieng *et al.*, 1999).

Il est à noter que les quartiers de Dakar dont la situation sanitaire (parasitaire) est comparé à celle de Diokoul et Castors sont tous éloignés de toute station d'épuration d'eaux usées.

Sur le plan thérapeutique, signalons enfin que les sujets parasités avaient été spécifiquement traités et à l'issue certains étaient retrouvés négatifs alors que chez d'autres le parasitisme persistait ; ceci a été également constaté à Diokoul. Nous pensons que cela témoigne d'une inefficacité thérapeutique ou d'une éventuelle ré-infestation.

Concernant le paludisme, à Castors, la prévalence qui était de 2% durant la saison sèche (correspondant à un porteur de plasmodies avec une densité parasitaire de 315 parasites/mm³ de sang), est passée à 8% durant la saison des pluies. Ceci représentait 4 porteurs de plasmodies. La densité parasitaire était comprise entre 95 et 285 parasites/mm³ de sang avec une moyenne de 156,25 parasites/mm³.

À Diokoul, nous n'avions pas décelé de porteur de plasmodies pendant la saison sèche. Par contre durant l'hivernage, nous avons rencontré un sujet présentant une densité parasitaire de 104 parasites/mm³ de sang. Ce qui a porté le niveau de prévalence à 2%.

Nous avons constaté une variation saisonnière de la prévalence du paludisme dans les deux quartiers mais les sujets porteurs avaient une faible parasitémie et ils étaient tous asymptomatiques donc étaient des porteurs sains. La comparaison des deux quartiers montrait un portage de parasites plus important au niveau de Castors, suggérant que la transmission était plus forte à ce niveau. Ainsi, au point de vue parasitologique, Castors semble constituer un environnement beaucoup plus propice à l'éclosion de la maladie. S'il était établi que la transmission était autochtone, une politique de sensibilisation des populations s'avérerait nécessaire pour diminuer l'impact sanitaire.

Des études faites dans la ville de Rufisque sur la morbidité palustre avaient montré des prévalences variables selon les saisons. En effet durant la saison sèche, la prévalence était de 5,32% avec une densité parasitaire moyenne de 12 471 parasites/mm³. Elle était de 58,75% durant la saison des pluies avec une densité parasitaire moyenne de 27 284 parasites/mm³ (Gaye *et al.*, 1997). Contrairement à notre étude, celles-ci ont été faites sur des sujets malades et qui venaient consul-

ter dans les structures sanitaires. Ceci n'autorise donc pas une comparaison entre les deux situations, mais peut être considéré comme une donnée de référence sur la situation globale de la ville.

Par contre, notre étude peut être comparée à une étude de suivi parasitologique qui avait été menée durant un an sur des sujets habitant 12 quartiers de la ville de Dakar. Celle-ci présente un indice plasmodique de 1,9% en saison des pluies et 0,4% en saison sèche (Diallo *et al.*, 2000). Les résultats obtenus à Castors et Diokoul ne montrent pas une différence notable. Nous pouvons donc en déduire que la mise en place des stations de lagunage ne présente pas pour ces types de maladies un impact significatif sur la santé des populations riveraines. Ce qui confirme les résultats de l'étude entomologique des eaux des stations qui n'avaient pas révélé la présence des anophèles, vecteurs des parasites. En effet, la qualité des eaux chargées d'éléments organiques ne favorise pas la pullulation des anophèles dans celles-ci.

Appropriation institutionnelle

- Appréciations du PADE

Ce volet regroupe les informations obtenues à partir des discussions avec les différents acteurs ou partenaires. Il s'agit en fait de donner les grandes lignes des appréciations faites sur le projet :

● Pour la Mairie de Rufisque

Selon les responsables rencontrés, le PADE avait pour rôle fondamental d'aider la municipalité à améliorer le cadre de vie des populations. Ce rôle, aurait dû aboutir à des résultats encore plus probants si le suivi des stations avait été meilleur. Deux faits sont à déplorer dans la gestion du programme :

- ▶ la trop grande centralisation du programme ;
- ▶ le favoritisme accordé aux experts au détriment des agents de terrain (membres des GIE), dans la phase « évaluation ».

Des propositions sont faites pour améliorer la situation à l'avenir :

- ▶ accroître l'implication et la responsabilisation des GIE ;
- ▶ accorder la priorité aux GIE qui ont participé aux programmes initiaux dans le choix futur des structures chargées d'exécuter les potentielles offres de services.

Cependant, malgré les faiblesses signalées, de l'avis des responsables rencontrés, il serait opportun que l'expérience puisse être démultipliée en tenant compte de certains amendements. Pour eux, le PADE serait une bonne alternative pour les quartiers pauvres disposant de peu ou pas de système d'assainissement.

● Pour l'ONAS

Le Programme élaboré et réalisé par ENDA en collaboration avec les autorités locales et les populations (mairie, chef de quartier, médecin chef, chef de poste de santé, etc.) est une expérience louable qui présente un caractère novateur tant au niveau du procédé de collecte, d'évacuation que du traitement des eaux usées (système de conduites petit diamètre / stations d'épuration à macrophytes). Cependant, l'ONAS pense que malgré la phase pilote probante, la technologie utilisée doit être encore éprouvée. À cet effet, elle suggère qu'une analyse approfondie de l'ensemble des paramètres soit faite pour mieux apprécier sa fiabilité technique. Elle signale par ailleurs des faiblesses relevées dans le fonctionnement du projet à savoir :

- ▶ la prise en charge de l'entretien du réseau qui n'a pas été suffisamment cernée (notamment en cas de problèmes techniques, fuites, ruptures des conduites dans le réseau, etc.) ;

► le coût du branchement qui est sensiblement le même que celui d'un branchement conventionnel.

- Programme ONAS : le coût du branchement social (appuyé par la Banque Mondiale) est estimé globalement à 250 000 FCFA ; 3/5 du coût, soit 150 000 FCFA sont supportés par la Banque Mondiale, 2/5 soit 100 000 FCFA sont supportés par le bénéficiaire, sur cette somme, la moitié soit 50 000 FCFA est versée immédiatement par le requérant, l'autre moitié est payée sous forme de moratoire (en 10 mensualités à raison de 5.000 FCFA par mois) ;

- Programme PADE : le coût du branchement est de 190 000 FCFA ; l'avance requise pour le démarrage des travaux est de 25 000 FCFA, le reliquat de 165 000 FCFA est payé sous forme de mensualité de 6.600 FCFA par mois, soit 25 mensualités.

● Pour le Ministère de l'Environnement

La rencontre avec la Direction de l'Environnement a permis de mettre l'accent sur l'opportunité d'accroître les expériences sur de tels projets en vue d'apporter des solutions idoines dans des quartiers ou des villes sujets à de réelles difficultés en matière d'assainissement.

Le cas concret de certains quartiers de la banlieue dakaroise a été évoqué et le souci de la réplification de telles expériences a été vivement souhaitée à conditions bien entendu, que les résultats obtenus soient probants et les conditions de fonctionnement bien maîtrisées.

Un engagement manifeste a été obtenu de la part de la Directrice de l'Environnement, qui a montré sa disponibilité à apporter son concours tant sur le plan institutionnel que dans

l'accompagnement de certaines actions de valorisation consistant à utiliser les eaux épurées.

De même les questions relatives à la sensibilisation et à l'opportunité d'élaborer des programmes d'information s'adressant aux utilisateurs potentiels des eaux épurées ont été abordées.

● **Pour la Direction des Espaces Verts Urbains (DEVU)**

Cette structure est chargée de l'entretien des espaces verts urbains et des palais nationaux. Selon les responsables rencontrés, la principale cause de la dégradation des espaces verts est le manque d'eau, d'où l'intérêt marqué pour le recyclage des eaux épurées dans la réhabilitation des espaces verts. Cependant, l'importance d'asseoir un système de contrôle rigoureux et une politique de sensibilisation des utilisateurs des eaux épurées a été soulignée. Dans le cadre de la valorisation des ordures ménagères, il a été souhaité que les charretiers responsables de la collecte des ordures ménagères ne se limitent pas à cette seule tâche mais que soit envisagée une diversification de leurs activités. Une des propositions avancée pour l'utilisation des eaux usées traitées consisterait à les employer pour la production de fleurs à couper, l'arboriculture et les allées plantées.

● **Pour Les Comités de santé de DIOKOUL et de CASTORS**

Les comités de santé jouent un rôle important au sein des quartiers, où ils sont chargés de :

- ▶ superviser la vie du poste de santé et aider à sa mise en valeur ;
- ▶ gérer la trésorerie de l'ensemble des produits (médicaments) du poste de santé ;

► encadrer les programmes de sensibilisation des populations. Les comités de santé sont aussi impliqués dans la gestion des activités au niveau des stations d'épuration. Selon les responsables rencontrés, les stations ont considérablement contribué à l'amélioration du cadre de vie des populations bénéficiaires. Toutefois, le nombre de concessions connectées au réseau dans le cadre de la phase pilote est jugé insuffisant. Il serait opportun qu'à l'avenir un nombre plus important de concessions puissent en profiter. Des problèmes ont cependant été évoqués. Ils se situent à deux niveaux principalement :

- problèmes d'ordre technique liés à la faible résistance des dalles des regards, à l'absence de leur curage périodique et au manque d'information sur les rendements épuratoires obtenus ;
- problèmes liés à la localisation des stations ; la présence des stations au sein des quartiers est parfois mal perçue. En effet, elles sont désignées comme étant responsables de l'accroissement supposé du nombre de moustiques (à Diokoul notamment on souligne une augmentation du nombre de cas de paludisme au cours de l'année 1998-1999), à cause de la présence d'eaux stagnantes (trop plein du dernier bassin d'épuration), qui pourrait favoriser le développement de certains vecteurs de maladies.

Les propositions suivantes ont été formulées en vue d'améliorer la situation :

- accroître les branchements au réseau ;
- réviser à la baisse le coût de branchement au réseau ;
- impliquer de nouveau le comité de suivi dans le recouvrement des créances pour atteindre un meilleur taux ;
- impliquer l'ONAS dans la gestion technique et financière du système ;

- impliquer la Mairie de Rufisque dans la gestion technique et financière des ouvrages (mise en place de budgets et de programme d'assainissement) ;
- impliquer les populations bénéficiaires dans la mise en place de programmes locaux pour conserver les acquis du PADE.

- Implication des structures clé

Cette étude a aussi analysé les possibilités d'implication de certaines institutions (le rôle et les attributions de ces institutions figurent en annexe). Implication qui devrait se traduire par une participation à la gestion (technique et financière) des infrastructures mises en place. Ces institutions pourraient prendre en charge certains coûts liés à la maintenance, à l'exploitation et à l'amortissement des infrastructures d'assainissement. L'objectif visé devant déboucher à terme sur une validation de la technologie en question et son homologation. Ce qui faciliterait sa vulgarisation à grande échelle. L'analyse s'est appesantie sur les voies et moyens à mettre en œuvre pour arriver à une optimisation de cette technologie notamment au bénéfice des populations et de la Commune. Elle a ainsi, porté sur le type de collaboration et de contribution possibles :

- avec la Commune de Rufisque ; voir les possibilités de contribuer à la prise en charge de certaines actions réalisées dans les stations. Il s'agira bien entendu d'actions jugées pertinentes et pouvant contribuer au mieux être des populations ;
- avec le Ministère de l'Environnement ; voir les modalités de collaboration notamment pour des actions de préservation et d'amélioration du cadre environnemental (production de pépinières dans les actions de reboisement) ;
- avec le Ministère de l'Agriculture ; étudier les modalités de collaboration pour la mise à disposition d'eau d'arrosage pour l'agriculture urbaine ;

- ▶ avec les services de Santé ; étudier les modalités de collaboration dans le cadre de leur politique d'assainissement des quartiers et de surveillance de la qualité des produits de consommation (meilleure hygiène, amélioration du cadre de vie et de l'environnement) ;
- ▶ avec les groupements gestionnaires du réseau ; proposer un statut des groupements impliqués dans la gestion du réseau et des stations (délégation de services publics aux privés).

Malgré les nombreux efforts fournis, force est de reconnaître, que les engagements obtenus des institutions visitées dans ce sens sont encore faibles.

● Pour la Commune de Rufisque

L'intérêt de ces stations d'épuration se situe à différents niveaux :

- ▶ environnemental (réduction des eaux stagnantes, limitation des risques de pollution de la nappe souterraine,
- ▶ sanitaire, la réduction des nuisances olfactives et élimination de certains vecteurs de maladies,
- ▶ économique, réduction du nombre de vidange et de l'enveloppe financière allouée à la santé.

Toutefois, la présence de ces stations installées au sein des quartiers, soulève certaines inquiétudes et incertitudes relatives aux risques éventuels sur la santé des populations. Les travaux d'évaluation et études actuellement en cours devront apporter certains éclaircissements. Cependant, l'expérience relative à la pré-collecte des ordures ménagères par des charrettes a connu une bonne adhésion des populations. Cette technique est actuellement adoptée et reprise dans plusieurs quartiers pauvres de la ville de Rufisque, et s'étend même à des quartiers où le cadastre fiscal existe.

● Pour l'ONAS

Concernant les possibilités d'appropriation des installations existantes et un accompagnement des nouvelles initiatives, l'ONAS pose des préalables :

- ▶ faire une analyse complète incluant les réalisations techniques (dimensionnements, construction des équipements...);
- ▶ étudier les possibilités d'amélioration de la technologie (équipements, conditions d'installation, etc.);
- ▶ participer à la définition et la conception des nouvelles conditions de réalisation.

● Pour la Direction du Service d'Hygiène

La rencontre qui a eu lieu avec l'adjoint du Directeur du Service d'Hygiène s'est focalisée sur le caractère prioritaire de l'assainissement au Sénégal. L'accent a été mis sur la nécessité de développer ce volet en respectant les normes édictées par l'OMS tant au niveau des rejets que pour la réutilisation (critères bactériologiques, chimiques, parasitologiques, etc.). Le service a émis le souhait de participer au travail en cours tout en félicitant l'équipe pour le caractère innovant du système utilisé et pour la justesse du choix du site pour réaliser la phase pilote de l'expérience (quartiers sujets à des problèmes d'assainissement aigus). Le Service d'Hygiène marque son entière disponibilité à apporter son concours dans le cadre d'un partenariat pour une meilleure prise en compte du volet assainissement tant dans la politique de santé globale que dans le développement du volet sensibilisation des populations. L'accent a aussi été mis sur la nécessité d'améliorer les systèmes de collecte et de traitement des ordures ménagères. Un effort particulier serait à faire dans le domaine de la valorisation notamment dans le cadre de la production d'amendement organique (compostage). Il souhaite vivement que, les systèmes déjà bien éprouvés et qui ont donné des résultats

probants comme c'est le cas de la collecte à partir de la traction animale soient renforcés. Dans le cadre de son appui, le Service d'Hygiène serait prêt à mettre des formateurs à la disposition du programme pour la sensibilisation des populations.

- *Statuts des groupements (GIE)*

Les groupements associatifs (2 à Castors et 1 à Diokoul) ont pour mission d'assurer la gestion des stations c'est-à-dire l'organisation et la conduite des activités relatives à la collecte des ordures, au nettoyage et à l'entretien des réseaux et bassins des stations. Ces tâches sont normalement dévolues à la municipalité et à l'ONAS. Ainsi, dans le cadre de cette étude, la question du statut des groupements associatifs qui assurent cette mission devrait être abordée.

Une première idée serait d'envisager la relecture de la politique municipale en matière de fiscalité qui permettrait aux acteurs réels de bénéficier ne serait-ce que partiellement des ressources prévues.

D'autres propositions concernent :

- ▶ la constitution d'un fonds pendant la phase active du projet qui servirait à la prise en charge de certains éléments majeurs à la fin du projet, garantissant ainsi sa pérennité ;
- ▶ la participation de l'ONAS à la prise en charge de certaines activités telles que le curage des canalisations et le suivi des stations d'épuration, (étudier les possibilités qu'une partie des fonds de la redevance à l'assainissement puisse servir à l'appui des groupements intervenant dans la gestion des stations).

Dans le cas de la Mairie comme de l'ONAS, on avance l'argument de la faiblesse des moyens disponibles ne permettant pas d'envisager la prise en charge des gestionnaires des stations.

De notre point de vue, trois cas pourraient être envisagés par ces structures pour manifester leur volonté de s'impliquer dans les processus de participation des populations dans les programmes de développement du pays :

► les GIE sont assimilés à des agents de la municipalité ; dans ce cas, cette dernière se charge des négociations avec l'ONAS pour récupérer les fonds destinés à l'entretien du réseau et des stations. Les populations qui bénéficient de la collecte des ordures et qui payent les charretiers doivent être dispensées de la taxe sur les ordures ménagères (TOM) ;

► les GIE sont des agents de l'ONAS ; cette structure supervise alors les travaux d'entretien du réseau et des stations et récupère en retour les produits issus de la valorisation des eaux traitées et du compost. Elle pourrait même s'occuper de la vente des eaux traitées fournies par les stations ;

► les GIE restent une organisation privée attributaire d'une délégation de gestion d'équipements publics : ils sont sélectionnés par l'ONAS ou /et la municipalité pour s'occuper de la gestion de l'assainissement dans une zone déterminée. Ils doivent respecter un cahier de charges et sont contrôlés régulièrement par ces structures qui leur prodiguent les conseils techniques dont ils ont besoin. Dans la mesure où ils satisfont au service, les marchés de collecte et traitement des ordures et des eaux usées leur seront confiés annuellement par la municipalité et l'ONAS. Ils seront alors libres de valoriser leur activité en récupérant les fonds provenant de la vente du compost, des eaux traitées, des légumes et des pépinières produits dans les stations.

Conclusion

La réalisation de stations d'épuration pilote dans deux quartiers (Castors et Diokoul) avait pour finalité d'assainir les quartiers puis de valoriser l'eau épurée (agriculture, aquaculture, reboisement, etc.). Elle devait aussi permettre aux groupements, à travers la commercialisation de l'eau, d'amorcer leur prise en charge progressive. La mise en place ou l'encouragement de nouveaux projets en vue de l'utilisation des eaux résiduaires et des excreta en agriculture ou en aquaculture même si les risques sont faibles exigent parfois des mesures législatives.

Cinq aspects méritent une attention plus particulière :

- ▶ création de nouvelles institutions ou attributions de nouveaux pouvoirs à des organismes existants ;
- ▶ rôle de l'administration locale et nationale dans le secteur en cause et relations entre ces deux niveaux administratifs ;
- ▶ droits concernant l'accès aux déchets et leur propriété, notamment réglementation publique de leur utilisation ;
- ▶ régime foncier ;
- ▶ législation en matière d'agriculture et de santé publique, normes de qualité imposées aux déchets, limitation de la méthode à certaines cultures, méthodes d'épandage, médecine du travail, hygiène alimentaire, etc.

Cependant, ces mesures de protection sanitaire pour être durablement efficaces, exigent une surveillance régulière. À cet effet, des dispositions doivent être prises pour informer les autorités chargées de faire appliquer les mesures de protection sanitaire et surtout pour imposer l'application de ces mesures quand il y a lieu.

Les aspects à prendre en considération sont les suivantes :

- ▶ la mise en oeuvre des mesures elles-mêmes ; elle peut être contrôlée au moyen d'enquêtes simples ;
- ▶ la qualité des déchets ; une bonne surveillance des déchets peut parfois éviter de procéder au prélèvement fréquent d'échantillons en vue de leur analyse ;
- ▶ la qualité des cultures ; la surveillance microbiologique des cultures incombe au Ministère de la Santé en sa qualité d'instance chargée de faire respecter la réglementation en santé publique.

La surveillance des maladies ; elle doit être axée sur le personnel d'exploitation agricole. Dans n'importe quel système, il faut au moins procéder à des examens coprologiques réguliers sur un échantillon de personnel, à la recherche de parasites intestinaux. En cas d'endémie de la typhoïde procéder simultanément à une enquête sérologique.

Face aux coûts élevés des stations d'épuration de type extensives, ENDA a proposé un système, avec des techniques extensives d'épuration des eaux usées, adapté au contexte local et capable d'apporter des solutions aux problèmes d'assainissement du pays. L'efficacité du système proposé par ENDA est du en partie par l'appropriation que les communautés de base et les autorités institutionnelles en ont faites. Les populations et les officiels du secteur ont participé depuis l'élaboration jusqu'à la mise en place des mécanismes de

pérennisation du système d'assainissement. Ce système novateur de collecte et de traitement des eaux usées peut participer des stratégies de développement par la réutilisation des eaux usées en agriculture urbaine.

À la question posée par l'impact sanitaire de l'installation des stations d'épuration au sein des quartiers, l'enquête épidémiologique a montré la présence de *Strongyloides stercoralis*, un parasite lié aux usées par contact direct. Ce parasite n'est présent qu'à Castors pendant l'hivernage. Ceci est à mettre probablement au compte du refoulement du réseau déploré par les populations du quartier pendant la saison des pluies. Il faut signaler à ce propos qu'aucun ouvrage d'assainissement, quelque soit son niveau de performance, ne peut durablement fonctionner sans entretien. Pour assurer régulièrement ce service les GIE responsables de la gestion des stations sont outillés pour le faire, par contre la charge financière qui incombe au service demeure encore informelle. Il faudrait parvenir à un protocole d'accord entre les GIE et la commune où l'ONAS pour fournir des moyens financiers durables. La politique d'assainissement actuelle de l'état du Sénégal à clairement inscrit dans le PLT l'étude de la validation du système d'assainissement de Enda-RUP à Rufisque. Un pas important vers l'appropriation institutionnelle, reconnaissons le, vient d'être franchi.

Mais l'appropriation institutionnelle ne peut se faire sans s'assurer, au delà de l'aspect efficacité, de l'impact sanitaire du système. À ce sujet, l'enquête épidémiologique a montré que la prévalence du paludisme notée dans les quartiers varie entre 0 et 2% (pendant la saison sèche). Une étude de suivi parasitologique faite au niveau de 14 quartiers de Dakar présentait un indice plasmodique de 0,4%. Les différences notées montrent que les stations implantées dans les quartiers n'ont pas un impact positif sur la prolifération du paludisme

comme semblait le croire l'opinion publique. En outre, les indices d'infestations parasitaires trouvés dans les quartiers de Castors et Diokoul (16%) sont nettement inférieurs à ceux trouvés dans les quartiers de Ouakam, Ngor (52%), ou Patte d'Oie, Parcelles assainies, Grand Yoff (49%). Ce qui montre l'impact positif du système sur la santé de la population.

Par ailleurs, le PADE repose sur un processus nommé Fonds Communautaire pour l'Assainissement de quartiers Urbains Pauvres (FOCAUP). Il s'agit d'un fonds rotatif (fond revolving), qui assure non seulement la mobilisation de l'épargne locale (en l'espace d'une année, quelques centaines de concessions ont mobilisé près de 25 millions de Fcfa), mais également la redistribution de celle-ci, à travers un mécanisme de crédit permettant la reproduction de cette pratique à une échelle beaucoup plus vaste, au profit d'un plus grand nombre de pauvres.

Avec la domiciliation des fonds du FOCAUP au niveau des Mutuelles d'épargne et de crédit, l'appropriation communautaire vient de faire un important saut qualitatif.

Actuellement le FOCAUP pré finance des ouvrages d'assainissement, pour les ménages qui en font la demande. Il est alimenté tout à la fois par l'épargne populaire et par des subventions de partenaires (Coopération Canadienne et l'Union Européenne).

Aujourd'hui, il est question d'une extension du projet dans les communes de Bignona, Foundiougne, Kaffrine, Pikine (Sénégal) ; et des échanges entre Rufisque, Bamako (Mali), Tohoué (Bénin) et Ouahigouya (Burkina Faso) sont envisagés.

Les recherches et études de cas réalisées à Rufisque permettent d'avancer les points suivants :

- ▶ il est possible à l'échelle du quartier de faire de l'assainissement avec réutilisation des eaux usées domestiques traitées dans l'agriculture urbaine, permettant ainsi la revalorisation d'espaces urbains sauvages où des problèmes d'environnement se posaient ;
- ▶ des technologies alternatives (par rapport aux technologies classiques) efficaces et adaptées aux contextes socio-économique, géographique et écologique sont disponibles, même si en terme de rendements épuratoires, il reste encore du chemin à faire (voir la troisième partie) ;
- ▶ il est également possible de rendre l'assainissement productif (création d'emploi) et capable de générer un revolving fund pour continuer de faire de l'assainissement dans les quartiers pauvres à partir d'une subvention de départ et tendre ainsi à se départir petit à petit de l'aide extérieure dans ce domaine ;
- ▶ il est possible aux Communes de faire une délégation de pouvoir des services publics urbains aux organisations et micro-entreprises émanant des populations dans le cadre de la production et maintenance d'infrastructures d'assainissement, de gestion et revalorisation des déchets ménagers. Il en résulte d'une part un renforcement des capacités des autorités locales en matière de planification et de gestion urbaine, d'autre part un renforcement de la citoyenneté chez les populations.

Cependant, pour faire de l'expérience de Rufisque une réussite, dans le cadre de la création d'emploi, il est impératif que les institutions comme le Ministère de l'environnement, qui peuvent apporter beaucoup dans le processus concrétisent leur participation.

BIBLIOGRAPHIE

Agence Japonaise de Coopération International (JICA), Ministère de l'Hydraulique République du Sénégal (MH). (1994). L'étude sur l'assainissement de Dakar et ses environs. Rapport de soutien (ébauche). Pacific Consultants International, Tokyo en association avec Tokyo Engineering consultants Co.LTD., Tokyo.

Anonyme. (1996). DECRET n°96 1134 du 27 décembre 1996 portant application de la loi portant Transfert de compétences aux régions, aux communes et aux communautés rurales, en matière d'environnement et de gestion des ressources naturelles.

Anonyme. Projet de loi portant Code de l'Environnement.

Charbonnel Y. (1989). Manuel du lagunage à macrophytes en régions tropicales. Agence de Coopération Culturel et Technique (ACCT) Paris 37 p.

De Reviers B. (1995). Évaluation financière de la station d'épuration des eaux usées et de traitement des ordures ménagères de Castor-SOCOCIM, Rufisque. Rapport de stage DESS Développement industriel et évaluation de projets. Institut d'Étude du Développement Économique et Social (IEDES), Paris I, Panthéon Sorbonne/ Enda Tiers Monde- Relais pour le développement Urbain Participé (RUP). 122 p.

Dieng A. (2002). Présentation de la composante assainissement collectif. *In* Actes de l'atelier. Atelier de lancement. Projet sectoriel Eau à long terme. Ministère des mines de l'Énergie et de l'Hydraulique. 22-23 janvier 2002. Annexe 12. 13 p.

Enda TM/RUP. (1996). Recyclage des eaux usées domestiques à Castor-SOCOCIM et Diokoul / Rufisque, Dakar, Sénégal. Étude de cas. Programme d'Économie Environnementale Urbaine et Populaire (PRECEUP). 28 De l'action participative à la gouvernance urbaine. Enda-Éditions, Série Études et Recherches, N° 184-185. 173 p.

Enda TM/RUP a. (1999). Pour l'institutionnalisation nationale d'un fonds de crédit populaire à l'assainissement (FOCAUP). Journées de réflexion 2-3 novembre. Maison des Élus locaux, Dakar. Document de travail. 14 p.

Enda TM/RUP b. (1999). Pour l'institutionnalisation nationale d'un fonds de crédit populaire à l'assainissement (FOCAUP). Journées de réflexion 2-3 novembre. Maison des Elus locaux, Dakar. Rapport final 14 p.

Fall C. (1992). Communication orale lors de la semaine de l'IFAN.

Gaye M. (1996). Villes entrepreneurs. De l'action participative à la gouvernance urbaine. Enda-Éditions, Série Études et Recherches, N° 184-185. 173 p.

Ndaw, M. F. 1. (2002). Note de présentation. Atelier de lancement. Projet sectoriel Eau à long terme. Ministère des mines de l'Énergie et de l'Hydraulique. 22-23 janvier 2002. 21 p.

Ndaw, M. F. 2. (2002). Notes de synthèse des travaux. *In* Actes de l'atelier. Atelier de lancement. Projet sectoriel Eau à long terme. Ministère des mines de l'Énergie et de l'Hydraulique. 22-23 janvier 2002. pp 1-18.

Ndiaye A. (2002). Présentation de la sous-composante assainissement autonome du PLT. *In* Actes de l'atelier. Atelier de

lancement. Projet sectoriel Eau à long terme. Ministère des mines de l'Énergie et de l'Hydraulique. 22-23 janvier 2002. Annexe 13. 17 p.

Niang S. (1995). Évacuation et traitement des eaux usées urbaines de Dakar. Bilan de la situation, comportement des populations et perspectives d'avenir : premières contributions pour le choix d'un système de traitement des eaux usées urbaines de Dakar par Mosaiques Hiérarchisées d'Écosystèmes Artificiels. Thèse de 3^{ème} cycle en Sciences de l'environnement. Institut des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Thèse N° 114, 108 p.

Thui T.,T. (1996). Projet de développement communautaire et d'environnement urbain à Rufisque (Sénégal). Contribution à l'évaluation de la phase 1 du projet. Enda-RUP, PRECEUP. 50 p.

Touré C. (2002). Présentation des technologies envisageables en assainissement autonome. *In* Actes de l'atelier. Atelier de lancement. Projet sectoriel Eau à long terme. Ministère des mines de l'Énergie et de l'Hydraulique. 22-23 janvier 2002. Annexe 15. 9 p.

Partie II

Valorisation des eaux usées dans l'agriculture urbaine à Dakar

Valorisation des eaux usées dans l'agriculture urbaine à Dakar

Résumé

Avec 384 exploitations agricoles couvrant 42,24 ha et polarisant 830 personnes, la vallée de Pikine peut être considérée comme un vivier qui contribue d'une façon notable à la lutte contre la pauvreté. Elle contribue également à l'amélioration des conditions nutritives par l'approvisionnement des populations riveraines en légumes et fruits.

Le développement de l'activité bien que techniquement limité est surtout entravé par le statut foncier précaire des exploitants qui, de ce fait, ne peuvent pas faire d'investissements importants par crainte d'être expropriés à tout moment.

Par ailleurs, l'accès à l'eau constitue aussi un frein au développement de l'activité. Parmi les stratégies adoptées par les populations à faibles revenus, figure la réutilisation des eaux usées dans l'agriculture urbaine. En effet, face au coût élevé de l'eau de la S.D.E. pour l'irrigation des exploitations, face à l'éventualité d'une interdiction de l'utilisation abusive des puits dans la zone des Niayes (en cas de surexploitation, il y aurait un risque d'intrusion de la nappe salée) et enfin face à la diminution d'année en année des surfaces cultivées (soit 56 ha en 33 ans) (Niang *et al.* 2002), l'utilisation des eaux usées traitées se présente comme une perspective assez intéressante pour maîtriser l'intensification des productions. Ainsi,

notre étude montre que l'utilisation des eaux usées diminue la durée du cycle quelque soit le légume. Ce qui a pour conséquence une augmentation notable des rendements.

Concernant les risques sanitaires, notre étude a montré la présence de parasites dont la contamination se fait par pénétration directe à travers la peau (Ankylostomes, Anguillules), aussi bien dans les eaux usées que dans les eaux considérées comme saines (céanes). Or, pour arroser les parcelles, les agriculteurs pénètrent dans les céanes pour remplir leur arrosoir, de même que les vendeuses, pour nettoyer les légumes achetés.

Les études épidémiologiques réalisées dans les deux sites (l'un utilisant des eaux de céanes et l'autre des eaux usées) ont révélées une différence au niveau des prévalences, cependant celle-ci n'est pas significative. Il se pose alors, le problème de la maîtrise des sources de contamination des zones d'approvisionnement en eau. Interdire l'utilisation des eaux usées et même préconiser le traitement de ces dernières avant réutilisation serait insuffisant, si les autres sources de contamination ne sont pas cernées.

Par ailleurs, les essais de valorisation des eaux traitées de Castors dans l'agriculture ont confirmé que ces dernières augmentent les rendements. Ils ont montré également qu'une irrigation par raie diminue les risques de contamination microbiologique.

I

Problématique

● La problématique urbaine en Afrique

L'Afrique est la dernière région du monde à accomplir sa transition urbaine. En Afrique de l'Ouest notamment, l'urbanisation est un fait majeur des mouvements migratoires et de croissance naturelle de population des dix dernières années. Les villes accueillent aujourd'hui 40% de la population contre seulement 13% en 1960. Le niveau d'urbanisation atteindrait les 50% en l'an 2000 et avoisinerait 60% en 2020.

L'image de l'urbanisation à l'horizon 2020 présentera une trentaine de villes millionnaires au lieu de six en 1990, plusieurs villes côtières formant un cordon urbain de haute densité, soixante villes de plus 500 000 habitants au lieu de onze en 1990, environ 300 villes de plus 100 000 habitants et un demi de plus de 6 000 centres urbains.

Les avis sur de telles perspectives sont controversés. Certains y voient surtout des effets nocifs. Se fondant notamment sur la théorie du *biais urbain*, ils considèrent que les processus de mise en place des politiques de développement se font sous la pression des élites urbaines, des industriels, des commerçants et des travailleurs urbains à l'exclusion des masses rurales ; ceci crée ainsi un biais en faveur des zones

urbaines dont la conséquence serait la création d'écart importants entre les villes et les zones rurales. Ce biais rejaillirait alors sur l'économie en empêchant le développement d'une demande intérieure, condition nécessaire pour le développement des pays du Tiers-monde.

Un courant d'opinion plus récent, estime, tout en reconnaissant les effets pervers de l'urbanisation galopante, notamment sur l'environnement, qu'elle est également facteur de restructuration et de progrès vers un nouvel équilibre. L'urbanisation rapide serait une phase normale de développement qui conditionne le passage vers une économie plus productive.

Quelle que soit l'analyse que l'on peut en faire, l'urbanisation n'est pas un phénomène réversible en Afrique de l'Ouest et du Centre, comme elle ne l'a pas été dans les autres parties du monde. Il s'agit plutôt de faire face au défi de l'urbanisation. Elle induit en effet des problèmes considérables : il faut installer les populations dans des conditions décentes, répondre à leur demande en alimentation et leur trouver de l'emploi.

On a pendant longtemps réagi comme si la résolution des problèmes résidait essentiellement en des investissements importants en infrastructures et équipement urbain. Il apparaît cependant qu'il s'agit plus d'élaborer des cadres institutionnels et des outils plus efficaces pour une meilleure gouvernance locale favorisant un environnement plus approprié aux solutions des problèmes de développement local.

● La pauvreté urbaine et l'accès aux biens et services de base

Ces dernières années, l'évolution économique et sociale de l'Afrique s'avère plutôt contrastée. Certes, les politiques de

réformes économiques conduites par l'État depuis les années 1992-1993, et la dévaluation du FCFA survenue en 1994 commencent à donner des résultats macro-économiques plutôt encourageants. Il n'en demeure pas moins que la situation sociale des ménages les plus démunis continue de se dégrader, en raison du renchérissement du coût de la vie et surtout la raréfaction de l'emploi salarié dans le secteur public comme dans le privé (Enda, 1997).

Les mesures de libéralisation économique et la restructuration de l'appareil productif national se traduisent par une amélioration de la compétitivité de certaines entreprises et la relance de l'activité économique, avec un taux de croissance de l'ordre de 4,5 - 5%, contre 2,5% pour la période 1989-1993. Dans le même temps, le secteur moderne a enregistré une perte d'environ 30 000 emplois au Sénégal par exemple. Le secteur informel dit *économie populaire urbaine* est en pleine expansion, mais avec une très grande hétérogénéité, et surtout une faible productivité du travail, faute de politique efficace d'encadrement et de soutien.

La situation des ménages urbains et ruraux s'est considérablement dégradée ces dernières années. En effet, en 1992, près du tiers (32%) des ménages sénégalais vivaient au-dessous du seuil de la pauvreté. Depuis lors, il n'existe, sur ce point, aucun signe d'amélioration. La vulnérabilité économique touche principalement le monde rural, mais concerne de plus en plus de ménages urbains. Les crises entremêlées produisent et aggravent à la fois la pauvreté (Enda, 1997). Les chefs de familles peu alphabétisés, les jeunes sans emploi, les handicapés et les enfants non scolarisés ou exclus du système officiel de formation constituent des catégories sociales particulièrement vulnérables. Cette catégorie de la population urbaine, constituée souvent de migrants saisonniers ou fixes, qu'on retrouve plongés dans des types d'acti-

vités très productives telles que l'agriculture entre autres, trouvent là un moyen rapide de s'intégrer socialement et économiquement dans la ville.

Dans les grands centres urbains de l'Afrique, les difficultés de la vie quotidienne sont exacerbées par les problèmes de transports et de fluidité de la circulation, l'insuffisance des services de base, biens et équipements de proximité, tels que la gestion et la valorisation des déchets dans les quartiers urbains et l'approvisionnement des foyers en quantité suffisante de produits alimentaires, faute d'une meilleure politique d'intégration de l'agriculture dans le tissu urbain. À ce niveau, l'heure est au débat sur la prise en charge de ce nouveau secteur par les autorités étatiques à savoir, lequel des départements de l'Agriculture ou de l'Urbanisme et de la Ville devrait en être le récipiendaire. Un phénomène spécifique aux villes africaines est la colonisation des terres propres à l'agriculture urbaine et périurbaine, par les opérations immobilières.

La précarité de l'installation sur le sol et de l'habitat des plus démunis, ainsi que l'aggravation de la malnutrition et de la morbidité, alimentent l'inquiétude. La prise en compte par les autorités de cette pauvreté et des frustrations qu'elle génère, particulièrement en milieu urbain, a été longue à se dessiner et à se traduire en programmes spécifiques d'amélioration des conditions de vie des groupes les plus vulnérables. Les programmes de lutte contre le sous emploi ont donné des résultats appréciables en matière de réalisation d'infrastructures et équipements communautaires, mais ont montré leurs limites en raison de leur approche trop sectorielle et de leur manque de flexibilité et de diversité par rapport à des activités émergentes telle que l'agriculture urbaine, etc.

● Les stratégies de réduction de la pauvreté

Pour la plupart des pays de la région, près du tiers des ménages vivent en dessous du seuil de la pauvreté. Et plus grave, selon les estimations de la Banque Mondiale, si les tendances actuelles persistent, la pauvreté risque d'affecter les deux tiers de la population à l'horizon 2015. L'enjeu est donc de taille et le temps presse chaque jour un peu plus...

Au Sénégal, comme ailleurs, la question qui se pose est de savoir si la croissance économique, dans un contexte de libéralisation, est compatible avec l'objectif de réduction de la pauvreté. La seule croissance économique, comme instrument de réduction de la pauvreté, ne cesse chaque jour de montrer ses limites. Peut-être gagnerait-on à concentrer les efforts sur une autre brèche, à déplacer les priorités : il s'agirait pour réduire la pauvreté, de lutter pour baisser le seuil d'accès aux biens de production et services de base plutôt que sur l'idée exclusive de croissance (Enda, 1997).

Agir à ce niveau ne se pose d'ailleurs pas en contradiction avec l'objectif de croissance : car l'investissement social est en lui même un levier de croissance, si l'on reste soucieux des effets d'entraînement qu'il peut avoir sur l'emploi, le revenu, la satisfaction d'une demande sociale croissante en consommation de produits alimentaires, l'amélioration du statut nutritionnel des populations, etc.

On cherche à appréhender de quelle manière les lois et réglementations qui existent en terme d'accès aux biens et services de base constituent des contraintes ou parfois même des facteurs limitant dans l'accès au sol et à l'exploitation des terrains à vocation agricole.

En 1994, la Division de l'horticulture est érigée en Direction. Les stratégies développées traduisent une place de plus en plus importante accordée à ce secteur.

Les récentes lois sur la régionalisation, l'élargissement des compétences des collectivités locales créent un environnement institutionnel plus favorable à cette nouvelle approche du développement de proximité. L'expansion de ces activités émergentes dans les zones de grande précarité peut être abordée en partenariat avec les communautés de base concernées mais aussi avec les nouvelles municipalités plus proches et plus responsables vis-à-vis des populations. Le Plan d'Urbanisme de Référence, qui est un instrument d'appui à la décentralisation, permet de réglementer l'occupation du sol.

Le tissu associatif local, les groupements d'agriculteurs urbains et certaines ONG sont particulièrement dynamiques, développant des approches parfois pertinentes et adaptées aux besoins de leur production et de la consommation locale, mais avec des résultats limités et parfois dispersés.

Dans ce contexte, caractérisé par la faiblesse ou l'inadéquation des réponses institutionnelles nationales au phénomène de la pauvreté, les multiples initiatives locales conduites, entre autres, par des groupements d'agriculteurs urbains et par la population en général pour améliorer l'environnement, développer des activités génératrices de revenus, méritent davantage d'être soutenues et intégrées dans des processus plus durables de développement local urbain, impliquant davantage les pouvoirs publics.

Parmi les stratégies adoptées par les populations à faibles revenus, dans un contexte difficile d'accès à l'eau, figure la réutilisation des eaux usées dans l'agriculture urbaine.

Des exemples d'utilisation d'eaux usées en agriculture urbaine sont largement répandus à travers le monde. Au Royaume Uni, cette pratique existait déjà en 1870 et connut un regain vers les années 1980. Aux États Unis d'Amérique, en 1980, près de 3400 projets d'utilisation des eaux usées dans l'agriculture furent recensés. Israël est l'un des pays qui a le plus investi dans l'utilisation des eaux usées en agriculture, soit environ 1,3 millions de m³ par an. En Inde, cette pratique est encore plus répandue. Là, c'est en 1877 qu'elle a démarré et en 1980, on a estimé la quantité totale d'eaux usées collectées à 3,6 millions de m³ par jour dont 50 % sont utilisées dans l'agriculture. En Afrique du Sud, où la moyenne pluviométrique annuelle est d'environ 487 mm, 16 % (sur une quantité de 1,2 millions m³ d'eaux usées traitées) sont utilisées dans l'agriculture (Hillel *et al.*, 1986).

Les eaux usées rejetées à Dakar auraient pu aider à combler le déficit en eau (environ 60 000 m³ par jour) si quelques préalables étaient respectés avant toute utilisation. Des études récentes menées dans la zone périurbaine de Dakar ont montré que la population a développé une stratégie locale qui s'est traduite par une utilisation des eaux usées comme source d'eau d'arrosage. Ces mêmes études ont montré que l'utilisation de cette ressource dans l'agriculture présente certains avantages.

D'abord l'utilisation d'eaux usées diminue les quantités d'eaux nécessaires au développement des cultures. En effet, les enquêtes ont révélé que, lorsque 70 % des maraîchers qui s'approvisionnent en eau de «céanes» (puits peu profond) disent utiliser près de 20 m³ d'eau par jour, 86 % des maraîchers qui utilisent les eaux usées brutes disent ne pas dépasser 4 m³ d'eau par jour (toute proportion restant égale par ailleurs). Elle diminue aussi l'apport en intrants. Au cours de nos enquêtes nous avons pu montrer que sur le plan des frais

engagés pour les intrants (engrais et produits phytosanitaires), les dépenses annoncées par les maraîchers qui utilisent des eaux usées sont beaucoup moins élevées que celles annoncées par ceux qui arrosent avec des eaux de «céanes» (Niang, 1996).

Mais, même si elles comblent le déficit en eau et en intrants (engrais et produits phytosanitaires), à l'heure actuelle, les eaux usées, par leur mode d'utilisation le plus répandu (aspersion par arrosoir) sont responsables de la détérioration de la qualité sanitaire des récoltes. En effet, un examen ponctuel de produits fraîchement récoltés et prêts à la vente a montré chez ceux qui utilisent des eaux usées, une contamination des récoltes par des amibes, anguillules, ankylostomes, ascaris, levures bourgeonnantes (Niang, 1996) Des cas concrets de foyers épidémiologiques imputables à cette pratique peuvent être cités à travers le monde. Pour exemple, en 1987, une épidémie de fièvre typhoïde et paratyphoïde A et B s'était déclarée dans la région de Dakar, où 400 cas étaient recensés. Les enquêtes épidémiologiques avaient alors révélé que les responsables de la contamination étaient les maraîchers qui utilisaient des eaux insuffisamment (ou pas du tout) traitées pour arroser leurs légumes (Fall, 1992).

Une bonne politique de gestion des eaux usées dans les pays en développement et au Sénégal en particulier passera nécessairement par l'utilisation d'un ou de plusieurs systèmes de traitement (fosse septique, fosse étanche, lagunage à microphytes, lagunage à macrophytes, boues activées...) en tenant compte de la spécificité du contexte.

Dans le cadre de l'approfondissement des enquêtes menées depuis 1992 pour disposer de données plus fiables sur la pratique, nous avons eu à bénéficier, en collaboration avec Enda RUP, d'un programme de recherche sur la valorisation des

eaux usées dans l'agriculture urbaine. Ce programme a été financé par le CRDI et l'ACDI. Cette étude a fait l'objet du deuxième rapport du projet. Elle est interdisciplinaire et a pour objectif de déterminer l'ampleur de l'activité et son importance dans l'approvisionnement de la ville de Dakar en légumes, fruits et fleurs, mais aussi d'étudier en profondeur les impacts positifs et négatifs, les perceptions des populations, mais surtout de proposer des conditions de durabilité de l'activité.

Ainsi, les points suivants ont été abordés dans le présent rapport :

- Description et caractérisation socio-économique de l'agriculture urbaine utilisant les eaux usées à Dakar ;
- Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des eaux utilisées ;
- Impacts de l'utilisation des eaux usées sur la pratique culturale et les rendements ;
- Impacts sanitaires sur la qualité des produits et la santé des agriculteurs ;
- Analyse des perspectives d'avenir et de leurs impacts.

II

Méthodologie

Description et caractérisation socio-économique de l'agriculture urbaine utilisant les eaux usées à Dakar

La collecte des données s'est déroulée en plusieurs étapes.

● *Recherche documentaire*

Le travail préliminaire a consisté à faire la recherche et l'exploitation bibliographique dans les différents centres de documentation comme : l'IFAN, la Bibliothèque Universitaire, l'Institut des Sciences de l'Environnement. Des documents cartographiques et photo-aériennes ont également été utilisés pour recueillir des informations sur les caractéristiques géographiques des trois sites-cibles pour l'agriculture urbaine.

● *Élaboration du questionnaire et choix des sites*

Après concertation sur la question de l'utilisation des eaux usées dans l'agriculture, il a été retenu d'élaborer deux questionnaires différents en fonction des deux catégories de cibles à savoir les *agriculteurs urbains* et les *consommateurs* des produits cultivés.

L'on a procédé d'une part à un inventaire des zones susceptibles d'abriter une importante activité agricole urbaine et où sont faits des déversements d'eaux usées urbaines et, d'autre

part, à une classification de ces zones selon leur importance. Ceci a permis de retenir les trois sites suivants : Ouakam, Patte d'Oie-Cambérène et Pikine.

L'étude sur les *consommateurs* a été menée au niveau des marchés de Ouakam, Castors (Dakar), Grand Yoff, Gueule Tapée, Unité 14 des Parcelles Assainies, Thiaroye et Rufisque. Ces marchés ont été choisis en relation avec les producteurs qui ont indiqué leur mode et lieu d'écoulement.

● *Les cibles*

Le questionnaire était administré aux agriculteurs urbains, transporteurs, consommateurs de produits agricoles au niveau desquels nous avons recueilli les réactions par rapport à l'utilisation des eaux usées dans la production. En plus des clients venant aux marchés, les consommateurs qui s'approvisionnaient directement dans les champs ont aussi été questionnés.

Par ailleurs, le suivi du circuit de commercialisation à partir des champs jusqu'au lieu de vente a permis de mieux connaître tous les intervenants du système d'écoulement des produits et les destinations de ces derniers.

● *Recrutement, formation et organisation des enquêteurs*

Des séances de formation et visites *in situ* s'étalant sur plusieurs journées ont été organisées afin de permettre aux enquêteurs de se familiariser avec les questionnaires. Une équipe de supervision de quatre personnes a été constituée pour le suivi et la vérification de la qualité des enquêtes.

● *Les méthodes de collecte*

Dans le but d'avoir une meilleure connaissance des phénomènes étudiés, nous avons combiné plusieurs techniques de collecte à savoir :

- a) l'interview semi-structurée (à l'aide de questionnaire) ;
- b) entretien et focus group ;
- c) observation directe ;
- d) Système d'Information Géographique (SIG).

● L'interview semi structurée

D'abord un entretien informel a eu lieu avec les cibles pour mieux les sensibiliser et les informer sur les tenants et aboutissants de l'étude. Cette visite de terrain a aidé les enquêteurs à se familiariser avec les sites. La discussion avec les cibles a permis de faire une première évaluation du questionnaire et d'estimer la taille de l'échantillon qui est fixée à 50 agriculteurs et 50 consommateurs.

Par la suite, une autre étape, dite pré-enquête, a servi, pendant trois jours, à tester le questionnaire. La méthode utilisée a été l'entretien semi-structuré avec des questions ouvertes. Ensuite nous avons procédé à l'enquête.

L'enquête auprès des *agriculteurs urbains*, a été réalisée par les 9 meilleurs enquêteurs retenus dans le lot des 19. Ils avaient pour tâche de déterminer les profils des agriculteurs (origines et motivations qui les ont poussés vers cette activité, principaux besoins, difficultés,...), les conditions de leur activité (mode de rémunération, modalités d'écoulement des produits, prix de vente,...). L'échantillonnage s'est basé sur le principe du choix au hasard. Cependant, compte tenu de la réticence et de la non disponibilité de certains exploitants pour l'interview, il ne nous était possible d'enquêter que sur un échantillon réduit d'exploitants parmi ceux qui sont choisis au hasard dans chaque zone. L'échantillon a été réparti au niveau des trois sites choisis suivant la fréquence de l'utilisation des eaux usées. Avec l'échantillon de 50 exploitants finalement

constitué, des données quantitatives et surtout qualitatives sur divers aspects de notre recherche ont été collectées et analysées.

Parmi ces neuf (9) enquêteurs, quatre (4) ont été choisis pour suivre le circuit de commercialisation des produits agricoles et donc de recueillir la réaction des clients par rapport à l'utilisation des eaux usées dans le maraîchage, leurs attentes tant en terme de qualité que de prix ou de diversité,

● Entretiens et focus group

Les entretiens ont été utilisés auprès d'un certain nombre d'acteurs, pour recueillir des données qualitatives, concernant leur point de vue vis-à-vis de nos cibles. Ainsi, avons-nous pris contact avec tous les services concernés par les problèmes d'assainissement et de l'agriculture urbaine : il s'agit du Ministère de l'Environnement, de la Direction de l'Horticulture, des municipalités et l'Urbanisme. Nous avons recueilli leur engagement effectif, potentiel et souhaité ; leur définition du statut des sites, les risques de contamination et les mesures prises ou envisagées face à l'utilisation des eaux usées et/ou compost d'ordures ménagères dans le maraîchage.

● Observation directe

L'observation directe ainsi que la prise d'images photographiques ont permis de procéder à l'enregistrement des pratiques. En réalité, l'observation directe a constitué une activité permanente. Elle s'est effectuée chaque fois que l'équipe de recherche se retrouvait sur les sites (Planche I, photos 1 et 2).

● Système d'Information Géographique (SIG)

En plus des données thématiques collectées dans les différents services, il nous fallait disposer d'une base cartographi-

que au moyen de photos aériennes récentes pour constituer la géo-base. Ces cartes ont été obtenues à la Direction des Travaux Cartographiques et Géographiques. Les informations tirées à partir de la photo interprétation permettent de décrire les sites retenus, leur structure physique et leur organisation liée au maraîchage.

Les photos aériennes, une fois numérisées par le scannage et géo-référencée dans le SIG, sont mises en base de données dans lesquelles on trouve des informations sur la situation des puits, *céanes*, marchés, réseau d'assainissement, circuit de commercialisation, routes, cultures, plans d'eau. Elles permettent d'obtenir des informations détaillées sur les sites. Les photos utilisées sont à l'échelle 1/20 000 agrandissable au 1/5 000 ; le niveau de détail est par conséquent élevé. De plus les photos datent de 1997, ce qui permet d'obtenir des informations assez récentes sur les sites.

● *Exploitation et analyse des données*

Les données ont été dans un premier temps exploitées de façon sommaire par les enquêteurs qui ont produit des rapports sectoriels. Cette option de *rapports sectoriels* avait pour objectif de permettre aux enquêteurs de rendre compte des informations recueillies, observées et entendues durant le séjour sur le terrain. Ce travail demandé aux enquêteurs procède de la volonté de traduire fidèlement les points de vue des cibles et de réduire les pertes d'informations. Par la suite, les données ont été saisies et exploitées grâce au logiciel EPI INFO.

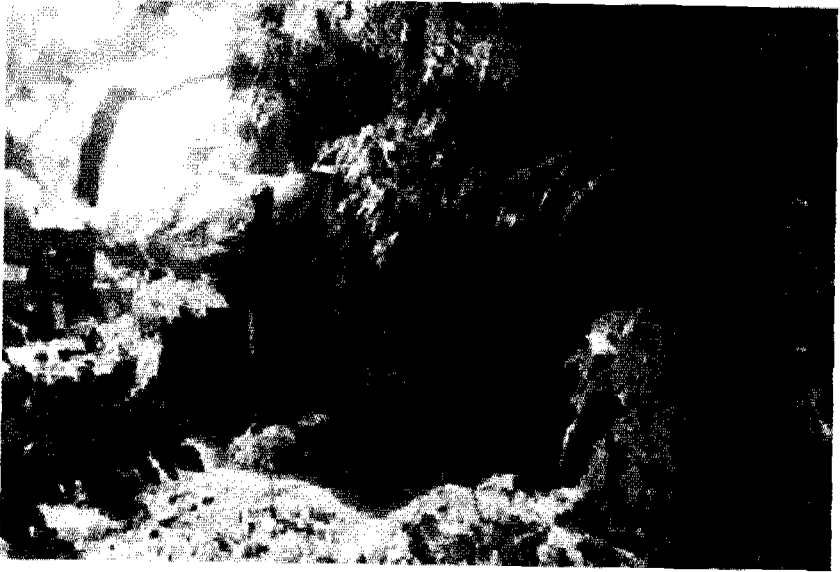
Planche I : Les Niayes de Patte-d'Oie/Cambérène

Photo 1 : un membre de l'équipe de recherche s'entretenant avec un maraîcher



Photo 2 □ un membre de l'équipe de recherche s'entretenant avec des maraîchers

Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des eaux utilisées

● *Choix des sites*

Les critères de sélection sont basés sur l'importance de l'activité dans le site, et la pratique de l'utilisation des eaux usées pour l'arrosage des cultures. Au début de l'étude, quatre sites étaient sélectionnés ; un site à Rufisque et trois sites à Dakar. Après l'enquête socio-économique, le site de Rufisque a été abandonné. En effet, ce site qui s'était révélé intéressant au niveau de la phase de prospection a finalement été déserté par les agriculteurs du fait du déversement dans le réseau d'égout de rejets industriels récents particulièrement toxiques. Finalement seuls les sites de Ouakam, Patte d'Oie-Cambérène et Pikine ont été suivis.

Ainsi ont été collectées :

- les eaux usées brutes de Ouakam où il existe une intense activité agricole ;
- les eaux de céanes et eaux usées brutes à Pikine ;
- les eaux de puits et céanes de Patte d'Oie-Cambérène.

● *Échantillonnage*

Dans le cadre de l'analyse de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux utilisées pour l'arrosage des légumes, un échantillonnage de type stratifié a été adopté. La première strate concerne le choix des types d'approvisionnement. Nous avons privilégié les céanes (puits peu profond permettant d'accéder à la nappe), les puits et les eaux usées situés dans les champs des agriculteurs qui étaient sélectionnés par les enquêtes socio-économiques, agronomiques et épidémiologiques.

La deuxième strate porte sur une discrimination climatique pouvant affecter les caractéristiques des eaux. Ainsi trois pé-

riodes de prélèvement ont été choisies ; une pendant la saison froide et sèche, une pendant la saison chaude et sèche et une pendant la saison chaude et humide (saison des pluies). Pour chaque période, une semaine entière est échantillonnée. Il faut noter que les résultats présentés ici ne concernent que les périodes humides et les périodes froides. L'envahissement du site de la Patte d'oie par les eaux usées de la station de Cambérène au cours d'un conflit avec les riverains nous a empêché par souci d'homogénéité des résultats de faire l'échantillonnage du site pendant la saison froide.

La troisième strate de l'échantillonnage concerne la discrimination journalière. En effet, la qualité des eaux usées est fortement liée au comportement des populations qui la produisent. Ainsi, selon les jours de grandes lessives (culturellement, dans les maisons sénégalaises, il y a des jours favorables pour la lessive) et selon les journées de vendredi où les grandes ablutions sont faites pour la prière musulmane (plus de 95% de la population est musulmane) les caractéristiques des eaux usées varient. Pour tenir compte de cette variation journalière, nous avons échantillonné tous les jours de la semaine.

La quatrième strate d'échantillonnage concerne la variation quotidienne des eaux usées. En fonction des activités réalisées au cours de la journée, le déversement dans le réseau présente des caractéristiques différentes. Un échantillon moyen a été réalisé pour atténuer au maximum cette variation. Les échantillons sont prélevés et conservés dans une glacière contenant de la glace, toutes les deux heures, entre 7 heures du matin et 18 heures du soir.

En ce qui concerne les eaux de céanes et de puits qui ne sont pas concernées par les variations quotidiennes et journalières, nous avons opté, pour avoir une idée de la qualité moyenne des eaux, d'échantillonner 6 céanes et 2 puits différents.

Pour le suivi microbiologique et parasitologique, des prélèvements instantanés sont réalisés au niveau des sources d'approvisionnement en eau des maraîchers dans des flacons stériles et envoyés immédiatement au laboratoire d'analyse.

● *Choix et analyse des paramètres de pollution*

Pour évaluer l'impact de la qualité de l'eau sur les rendements agricoles et sur la qualité sanitaire des légumes produits dans la zone, les paramètres suivants ont été analysés :

- les matières en suspension (MES) ;
- la matière organique biodégradable à travers la DBO₅ ;
- la matière organique totale à travers la DCO ;
- l'azote, à travers l'ammonium, les nitrates et nitrites ;
- les phosphates ;
- le potassium ;
- les coliformes fécaux ;
- les streptocoques fécaux ;
- les parasites.

❖ *Importance des paramètres dans l'activité*

➤ *Matières en suspension (MES)*

La teneur en MES doit être aussi faible que possible en raison d'une part des risques d'obstruction des systèmes d'irrigation utilisés, d'autre part du colmatage possible des sols. Les teneurs proposées dans la littérature sur le sujet indiquent des valeurs limites comprises entre 20 et 30 mg/l.

➤ *Matière organique (DBO₅, DCO)*

La présence de matière organique dans les eaux destinées à l'agriculture s'accompagne d'une minéralisation de cette der-

nière grâce aux microorganismes du sol (bactéries, protozoaires, champignons...). Cette minéralisation, plus ou moins rapide, dépend de nombreux facteurs extérieurs tels que la température, l'humidité, etc. Elle conduit à la formation d'humus stable et à la libération progressive de composés minéraux ou gazeux (CO_2 , NH_4 , Mg^+ , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^- , Ca^{++} , K^+ , etc.) dans l'eau interstitielle. Par opposition aux éléments minéraux provenant des engrais de synthèse et qui sont directement utilisables, la disponibilité des éléments fertilisants de la matière organique qui se compose d'éléments majeurs comme l'azote (N), le phosphore (P_2O_5) et la potasse (K_2O) et d'oligo éléments (fer, manganèse, bore, amine, etc.) est retardée et progressive. Cependant, l'apport par l'eau de quantités notables de matières organiques est également un facteur important dans le colmatage des sols. En effet, les apports de matières organiques favorisent le développement de la végétation, celle-ci générant à son tour de la matière organique engendrant ainsi un processus de colmatage. Lors des périodes de submersion trop importantes ou dans des zones de stagnation de l'eau sur des terrains peu drainant, le développement d'algues qui apparaît peut être aussi à l'origine de l'obstruction des pores.

> Azote (N)

Directement assimilable sous forme NO_3^- ou sous forme organique après minéralisation. Les formes ammoniacales NH_4^+ se fixent sur le complexe adsorbant, mais une partie peut se volatiliser (NH_3). On peut noter trois principales caractéristiques au niveau de cet élément :

- c'est le principal facteur de croissance des végétaux. Son action bénéfique se manifeste au niveau de la production globale de matière sèche ;
- absorbé tardivement, il peut provoquer un retard de mise à fruit en prolongeant le développement végétatif ;

- une surconsommation d'azote, en développant exagérément le volume du végétal, le rend fragile et augmente la sensibilité aux maladies. Les excès d'azote sont souvent nuisibles à la qualité et à la conservation.

➤ Phosphore (P)

Il est disponible dans la solution du sol sous forme d'ions phosphoriques (H_2PO_4^- ou HPO_4^-). Il est aussi présent, en grande quantité, sous d'autres formes, minérales ou organiques, moins disponibles pour la plante. On rencontre trois cas :

- La forme diffusible : anion lié par l'intermédiaire des formes calciques et magnésiennes au complexe argilo-humique.
- Les formes combinées ; immobilisées dans les sols acides par les hydroxydes d'aluminium et de fer (sa libération demande un chaulage et un apport d'humus).
- Les formes insolubles : en terre calcaire, l'acide phosphorique donne des phosphates de calcium, dont certaines formes sont insolubles.

C'est surtout un transporteur d'énergie. C'est aussi un facteur important de croissance. Il développe les racines, favorise la fécondation, la maturation, la migration des réserves et la transmission des caractères héréditaires.

➤ Potassium (K)

Dans le sol, le potassium utilisable par la plante est soit immédiatement disponible, car en solution dans l'eau, soit adsorbé dans le complexe argilo-humique et libéré ou échangé dans la solution du sol. En améliorant le transit de l'eau, il diminue la transpiration et confère à la plante une meilleure

résistance à la sécheresse. Le potassium améliore la qualité des parois cellulaires d'où une fermeté supérieure des produits végétaux et une résistance accrue aux maladies (Odet *et al.*, 1989).

➤ Coliformes fécaux et les streptocoques fécaux

Ce sont des bactéries non pathogènes, qui se développent dans le tube digestif des personnes. Elles sont faciles à détecter et sont pour cela utilisées comme indicatrices de contamination fécale. Selon les directives de l'OMS, une eau d'irrigation de cultures de légumes susceptibles d'être consommés crus, ne devrait pas présenter une concentration en coliformes fécaux supérieure à 1000 par 100ml.

➤ Parasites

Ce sont soit des protozoaires, soit des helminthes qui, trouvés sur des légumes consommés crus, peuvent être sources d'infestation. Notons également que certains d'entre eux transmissibles par voie cutanée sont dangereux par leur simple présence dans l'eau d'arrosage.

❖ *Analyses des paramètres dans les eaux*

➤ Demande Biologique en Oxygène (DBO₅)

Des échantillons frais de 100 ml sont versés dans des bouteilles à DBO puis analysés grâce à un DBOMètre numérique à six postes. Au bout du cinquième jour la lecture est faite directement sur le cadran d'un BOD Sensor de type Velp Scientifica de fabrication italienne. Le résultat est directement affiché en mgO₂/l.

➤ Matières en suspension (MES)

Elles sont mesurées par filtration. Un échantillon donné (dépendant de sa charge) est filtré sur papier filtre à l'aide d'une

pompe à membrane. Au préalable, le filtre mouillé puis séché, déposé dans une coupelle en aluminium, est pesé avant filtration. Après filtration, le filtre chargé est pesé à nouveau dans la même coupelle après séchage. La différence de poids entre les deux pesées indique le poids en matières en suspension (MES), exprimé en mg/l.

➤ Demande chimique en Oxygène (DCO)

Elle est mesurée à l'aide des tubes à DCO prêtes à utilisation de Palintest de la gamme 50-2000 mg/l O₂. 2 ml d'échantillon sont ajoutés au tube pré-rempli. Le tout est mélangé puis chauffé à la température de 150 °C pendant 2 heures. Après refroidissement, la DCO est lue avec un spectrophotomètre Palintest 7000. Le résultat est directement donné en mg/l O₂.

➤ Phosphate (PO₄⁻)

Il est mesuré par le Palintest « High range » basé sur la méthode vanadomolybdate. Le tube de test est rempli de 10 ml d'échantillon. On y ajoute des tablettes fournies, après une période d'attente de 10 minutes, le résultat est donné par lecture directe au spectrophotomètre Palintest 7000 en mg de PO₄ /l.

➤ Ammonium (NH₄⁺)

Il est mesuré par le Palintest « gamme de 0-50 mg/l N ». Le test est basé sur la méthode au bleu d'indophenol à l'aide de tubes d'essais pré-remplis. 0.2 ml d'échantillon sont ajoutés au réactif fourni, ensuite après avoir touillé, d'autres tablettes fournies sont ajoutées au mélange. Après 10 mn d'attente, le résultat, au spectrophotomètre, est donné en mg/l N.

➤ Nitrates (NO_3)

Ils sont dosés par le Palintest « gamme 0-20 mg/l N ». Le test passe d'abord par une réduction des nitrates en nitrites. Ces derniers sont déterminés par la réaction avec le diazonium. Aux tubes à essais fournis sont ajoutés 20 ml d'échantillon puis les réactifs impliqués dans la réaction. La lecture est faite au spectrophotomètre, en mg/l N, après une attente de 10 mn.

➤ Nitrites (NO_2)

Ils sont dosés par le Palintest « gamme 0-1.6 mg/l NO_2 ». 10 ml d'échantillon sont versés dans un tube à essais. On y ajoute une tablette de Nitricol. Après une attente de 10 mn, on lit le résultat en mg/l N au spectrophotomètre.

➤ Potassium (K)

Il est également dosé par le Palintest « gamme 0-12 mg/l ». La méthode utilisée est la réaction avec le sodium tetraphénylbromure. Le tube à essais est rempli de 10 ml d'échantillon auxquels est ajoutée une tablette fournie. La réaction produit une turbidité qui est mesurée. Le résultat est affiché en mg/l K au spectrophotomètre.

➤ Bactériologie

L'analyse des **coliformes fécaux** et des **streptocoques fécaux** a été confiée au Laboratoire d'Analyse et d'Essais de l'École Supérieure Polytechnique de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

➤ Parasitologie

L'analyse parasitologique des eaux est effectuée sur un échantillon de 10 ml qui est centrifugé à 1500 tours pendant 5 mn.

Le culot est lu au microscope et les résultats sont exprimés en nombre de parasites par 10 ml.

Impacts de l'utilisation des eaux usées sur la pratique culturale et les rendements

L'étude a été menée chez les maraîchers de la Niaye de Pikine qui constitue le plus important site d'agriculture urbaine de la région de Dakar.

Certains maraîchers s'approvisionnent en eau d'irrigation à partir de céanes qui sont des trous qui captent la nappe phréatique à une profondeur de 2 à 5 mètres.

D'autres s'approvisionnent à partir d'un exutoire des eaux usées domestiques de la ville de Pikine. Nous avons procédé à un recensement exhaustif des effectifs des exploitants du site et des types d'activités agricoles qui y sont menées. Les résultats de ce recensement nous ont servi de support pour la détermination des exploitations échantillons à suivre.

● *Échantillonnage*

Sur la base des données du recensement, nous avons pu déterminer le nombre d'agriculteurs utilisant l'eau de céane et celui des agriculteurs utilisant les eaux usées. À partir de la même source d'information, nous avons déterminé les légumes cultivés dans la zone. Ensuite nous avons choisi les légumes les plus cultivés (la laitue, la tomate, l'oignon et le «jaxatu») pour en faire notre critère principal pour le choix des exploitations devant servir de base pour l'échantillon que nous avons déterminé par tirage.

Ainsi notre dispositif s'est articulé autour d'une exploitation par spéculation avec 2 répétitions, ce qui donne une taille de 8 exploitations par mode d'approvisionnement en eau, soit 16 exploitations pour les 2 modes d'approvisionnement.

Pour approcher les itinéraires techniques, nous avons retenu 9 planches de culture par spéculation et par exploitation. Le choix de ces planches a été établi spatialement selon la méthode des «carrés de rendement», à partir des diagonales de la parcelle. Les mesures et observations ont été opérées sur ces planches.

● *Observation et notations*

Elles ont porté essentiellement sur les points suivants :

- les statuts ;
- les itinéraires techniques ;
- les cycles et rendements.

Impacts sanitaires sur la qualité des produits et la santé des agriculteurs

L'équipe de recherche est composée d'un médecin spécialisé en Santé Publique, d'un médecin parasitologue, d'un doctorant en médecine ainsi que des Infirmiers chefs de poste de santé de Castors et Diokoul à Rufisque.

Les examens parasitologiques sont effectués au niveau du Laboratoire de Parasitologie du CHU de Fann alors que la microbiologie est assurée, comme indiqué plus haut, par le Laboratoire d'Analyses et d'Essai de l'École Supérieure Polytechnique de Dakar (ESP).

● *Choix des sites et des données*

Il s'agit :

- des produits agricoles arrosés avec des eaux de céanes, de puits ou avec des eaux usées brutes à Pikine et Ouakam et Patte D'Oie-Cambérène ;
- des selles, urines, et sang des agriculteurs de Ouakam et Pikine.

- *Collecte des données*

En ce qui concerne les légumes, avant la récolte, nous avons prélevé sur des sachets plastiques stériles les légumes en entier.

Pour les prélèvements des selles, urines et sang, les populations ont été d'abord informées des objectifs et du déroulement des actions. À cet effet, un contact est d'abord établi avec la communauté par les membres de l'équipe de recherche ce qui nous a facilité la tâche à Pikine et Ouakam.

Les prélèvements sont ensuite conservés dans une glacière pour acheminement le même jour vers les laboratoires d'analyse.

- *Analyse des données*

L'examen microbiologique des eaux usées, des eaux de céanes et des produits agricoles consiste en une identification et un comptage des coliformes fécaux au niveau des différents échantillons. Les résultats sont exprimés en densité moyenne de coliformes fécaux par millilitre d'eau ou gramme de produit.

Quant à l'analyse parasitologique, elle consiste en une recherche de kystes, de trophozoïtes, de larves et d'œufs de parasites.

Pour l'analyse quantitative, différents procédés ont été utilisés :

- légumes : pesés puis trempés dans du sérum physiologique stérile pendant 48 heures, l'eau est ensuite centrifugée à 1500 tours/minute pendant 5 minutes. Le culot est recueilli et examiné entre lame et lamelle, et le résultat exprimé en nombre de parasites/quantité de légumes ;

- selles : examen direct puis examen après concentration utilisant la méthode de Ritchie modifiée qui consiste à diluer les selles dans du formol à 10% et après tamisage, laisser sédimenter pendant 1 minute. Ensuite, ajouter de l'éther. Après centrifugation à 1500 tours / minute pendant 5 minutes, le culot est recueilli et examiné entre lame et lamelle.
- urine : centrifugation de 10 ml d'urine à 1500 tours/minute pendant 5 minutes. Le culot est recueilli et examiné entre lame et lamelle, résultat exprimé en nombre de parasites/10ml d'urine.
- sang : pour la confection d'une goutte épaisse, la goutte de sang recueillie au niveau du doigt est colorée au Giemsa pendant 20 à 30 minutes après déshémoglobination à l'eau d'une durée de 3 à 5 minutes. La lecture est faite et la densité parasitaire est déterminée en cas de positivité. Pour cela, 200 globules blancs sont comptés et le nombre de parasites est multiplié par 40 pour exprimer le résultat par mm³ de sang.

Les populations présentant une affection intercurrente ainsi qu'une parasitose ont été prises en charge par l'équipe médicale.

Analyse des perspectives d'avenir et de leurs impacts

La réutilisation des eaux usées dans l'agriculture urbaine se présente à l'heure actuelle, comme une alternative réaliste et opportune. Cependant, des mesures d'accompagnement doivent être mises en œuvre dès à présent, pour respecter les normes de qualité des produits.

Plusieurs scénarii peuvent être envisagés :

- une sensibilisation des agriculteurs aux risques encourus ;
- une irrigation par système de tranchée rustique ou au *goutte à goutte* ;

- une restriction des cultures aux légumes mangés cuits et/ou aux cultures d'agrumes;
- une épuration des eaux usées avant réutilisation.

C'est dans le cadre de ces perspectives que nous avons inclus dans le projet un volet de valorisation des eaux traitées par lagunage à Castors (Rufisque).

Nous avons voulu savoir :

- si les eaux usées traitées avaient un impact sur les rendements agricoles ;
- si les eaux usées traitées avaient un impact significatif sur la qualité sanitaire des produits ;
- si le mode d'irrigation pouvait jouer un rôle important sur la qualité sanitaire des produits ;
- si le type de légume cultivé était important au niveau de la contamination microbienne.

● *Impact du traitement des eaux usées*

Initialement les essais devaient être conduits simultanément au niveau des deux stations réalisées par ENDA à Rufisque sur les sites de Castors et Diokoul, Cependant, du fait de sa proximité à la mer et de la salinité supposée de son sol, la station de Diokoul n'a pas été retenue pour les expériences de réutilisation en agriculture. Par contre, pour la station de Castors, sa situation en zone Niayes Sud dont il présente les mêmes caractéristiques climatiques a été un atout pour son choix. Néanmoins, sur le plan pédologique le sol est différent de ceux des Niayes (sablonneux et humifères). En effet, le site se trouve sur une ancienne décharge d'ordures et ceci constitue un handicap.

Il faut signaler que deux séries d'essais ont été menées au cours de la réalisation du projet. Le premier a eu lieu pendant

la phase 1 de l'étude, quand la station est occupée par plusieurs macrophytes au sein de ses bassins. Dans ce premier essai, le protocole indiqué ci-dessous a été appliqué.

➤ **Matériel végétal**

Le choix initial du matériel reposait sur la nature de l'organe à récolter afin de s'aligner sur la gamme de la consommation sénégalaise. Ainsi, ont été retenues les espèces suivantes :

- tomate: variété mongal ;
- chou: variété Africa cross ;
- carotte: variété New kuroda ;
- laitue: variété pierre benite ;
- «jaxatu» : variété keur m'bir n'dao (aubergine amère).

➤ **Traitements**

La méthodologie repose sur un traitement principal qui porte sur l'emploi de l'eau épurée avec deux variantes(A et B) et un traitement secondaire en guise de témoin avec l'emploi de l'eau courante de robinet.

A : Eau épurée sans emploi d'engrais

B : Eau épurée avec emploi d'engrais

C : Eau de robinet avec emploi d'engrais

➤ **Dispositif**

Les essais revêtant essentiellement un caractère comparatif, nous avons opté pour le dispositif en blocs pour pallier toute discrimination, avec une parcelle élémentaire de 5m² et deux répétitions par culture.

➤ **Mesures et observations**

Elles ont porté principalement sur 3 critères :

- Précocité ;

- Phénotype ;
- Rendement et qualité.

> Conduite des cultures

Les semis ont été effectués à la date du 08 -04 -2000 pour toutes les espèces et tous les traitements sur une parcelle de pépinière de 5m² par traitement. La carotte a fait l'objet d'un semis direct à la même date. En pépinière, la levée a été très bonne pour le traitement A, partielle pour B et nulle pour C. Le phénomène s'explique par une mauvaise appréciation du terrain (ancienne décharge) qui n'a pas reçu une pré-irrigation adéquate, la semence étant la même pour les trois traitements et aussi par le fait que la pépinière de A était plus ombragée que celle de B et de C qui était exposée au soleil. Ceci s'est confirmé au niveau du semis direct de la carotte car seule la planche ombragée de B a correctement germé.

Le repiquage a été effectué selon le dispositif indiqué dans le tableau 1.

Tableau 1 : Dispositif de repiquage des légumes

Cultures	Interlignes	Écartements	Densité
Tomate	0.5 m	0.5 m	20
Plants Jaxatu	0.6 m	0.5 m	20
Plants Chou	0.35 m	0.3 m	48
Plants Laitue	0.30 m	0.3 m	48
Plants Carotte	0.2 m	-	-

La fertilisation concerne les traitements B et C . Chaque planche a reçu 20 litres de matière organique (fumier) au moment de la préparation. La fertilisation minérale a été apportée en fumure de fond et en couverture selon le plan suivant (tableau 2) :

Tableau 2 : Plan de fertilisation des planches

Cultures	Engrais						
	Fumure de fond			Fumure de couverture 1		Fumure de couverture 2	
	DAP (g)	Potomag (g)	K ₂ SO ₄	Urée (g)	K ₂ SO ₄ (g)	Urée (g)	K ₂ SO ₄ (g)
Tomate -Jaxatu- Carotte	100	150	-	50	-	50	100
Chou	100	-	100	50	-	50	100
Laitue	100	150	-	50	50	-	-

En ce qui concerne la protection, signalons que les planches de pépinière ont été systématiquement recouvertes de voile Agryl durant tout leur cycle, ce qui nous a évité de faire des traitements phytosanitaires. En culture nous avons opté pour une stratégie de prévention en faisant des traitements réguliers tous les 15 jours. Les produits utilisés sont :

- Insecticides: Diméthoate, Tralométrine, Métamidophos,
- Endosulfan, Carbofuran
- Fongicides: Carbendazime -Iprodione

À cause du décalage accusé en pépinière avec les resemis, les dates de récolte n'ont pu être harmonisées pour les différents traitements. Elles se faisaient au besoin pour chaque parcelle et chaque traitement. Toutes les récoltes ont été pesées pour la détermination des rendements.

● *Impact du mode d'irrigation et du choix des types de légumes*
Cette seconde partie de l'expérimentation concerne la phase 2 de l'étude qui correspond au fonctionnement en microphytes de la station de Castors.

Il s'agit d'un essai factoriel (à trois facteurs) combinant les bloc (répétitions), le mode d'irrigation et les traitements. Le protocole expérimentale utilisé à Castors est le suivant :

- dispositif expérimental en bloc aléatoire complet (BAC), avec deux blocs, deux modes d'irrigation et quatre traitements ; ce qui fait au total 16 parcelles élémentaires (PE) ;
- irrigation à la rigole ou raie (sans pommelle) ;
- irrigation par aspersion (avec pommelle).

Les deux modes d'irrigation sont choisis comparativement pour étudier leur effet sur les différentes composantes du rendement et sur leur degré de contamination en agents pathogènes (parasites et bactéries) et en métaux lourds.

Pour le matériel végétal, signalons que pour la laitue, la variété utilisée est la Blonde de Paris alors que pour la tomate, les essais ont portés sur la variété Mongal.

Les traitements utilisés sont au nombre de 4 :

- T1: EU-F- (eaux usées avec fertilisation) ;
- T2: EU-SF (eaux usées sans fertilisation) ;

- T3: ESDE-F (eau du robinet avec fertilisation) ;
- T4: ESDE-SF (eau du robinet sans fertilisation) qui constitue le témoin.

Pour la laitue, la surface des parcelles élémentaires est 3 m² ; 1,2m x 2,5m. La fertilisation utilisée sera celle recommandée par le Centre pour le Développement de l'horticulture de Cambérène (CDH), à savoir : 250 kg/ha d'engrais 10-10-20 en fond, et à 20 jour après plantation. C'est ainsi qu'un amendement conséquent avec du fumier bien décomposé a été apporté dans toutes les parcelles élémentaires à raison de 30 tonnes par ha (9kg/PE).

Le semis a été effectué le 15 janvier 2002 en pépinière de 2 planches distinctes, une irriguée avec des eaux usées (à repiquer dans les futures parcelles qui vont recevoir cette eau comme traitement), et l'autre avec l'eau de ville (pour les mêmes raisons).

Le repiquage a eu lieu le 15 février 2002 avec des écartements de 0,30 m x 0,25, ce qui fait une densité de 40 plants par m². Superficie totale de l'essai laitue : 48 m². Quantité de semences utilisées : 500gr/ha.

Pour la tomate, la surface des parcelles élémentaires est 6 m², soit 2 m x 3 m. La fertilisation utilisée est celle recommandée par le CDH, à savoir : 250 kg/ha d'engrais 10-10-20 en fond et 200 kg/ha de 10-10-20 à 15, 30, 50 et 80^{ème} jour après repiquage. Un amendement conséquent avec du fumier bien décomposé a été ensuite apporté dans toutes les parcelles élémentaires à raison de 30 tonnes par ha (18 kg/PE). Le semis a été effectué le 15 janvier 2002 en pépinière de 2 planches distinctes, comme pour la laitue et le repiquage a eu lieu le 15 février 2002, avec des écartements de 0,5 m x 0,5 m, ce

qui donne une densité de 24 plants par PE. La superficie totale de l'essai est de 96 m² et la quantité de semences utilisées est de 500 gr/ha. L'essai a été récolté à partir du 23 mai 2002, soit 128 jours après le semis.

Une irrigation à raison de 6 mm/jour (dose préconisée par le CDH et qui correspond à 6 litres par m²) était appliquée pour toutes les parcelles élémentaires quelle que soit l'eau d'irrigation et le mode d'irrigation.

Pour l'eau usée d'irrigation les caractéristiques suivantes ont été déterminées :

- o Au démarrage de l'expérimentation, Conductivité = 2490mS/cm ; pH = 8,35 ; Salinité = 1,3 pour mille ; TDS (sels totaux solubles) = 1250 mg/l ;
- o A deux mois de végétations, Conductivité = 2145mS/cm ; pH = 7,36.

Il faut reconnaître que la légère salinité de l'eau et son alcalinité ne sont pas propices aux cultures maraîchères.

Une protection phytosanitaire préventive avait été instaurée à base de manébe (fongicide), contre les champignons du sol et de Diméthoate (insecticide), pour le contrôle des populations d'insectes.

> Critères observés

Dans le cadre de l'exploitation des résultats, les critères suivants ont été notés :

- Existence de fonte de semis en pépinière ;
- Date de repiquage ;

- Nombre de manquants une semaine après repiquage ;
- Vigueur des plants à 2 mois (suivant un indice de 1 à 4) ;
- Poids moyen d'une pomme de laitue, nombre total de fruits et poids moyen d'un fruit ;
- Taux de présence des plants à la récolte (permet d'étudier le maintien du peuplement au cours du développement végétatif) ;
- Taux de matière sèche des fruits (permet de déceler les aptitudes théoriques de conservation des produits horticoles) ;
- Rendement total ;
- Pourcentage de fruits attaqués par récolte ;
- Rendement corrigé (avec un taux de présence à la récolte ramené à 100 %) ;
- Analyse minérale des fruits (métaux lourds) ;
- Analyse bactériologique (coliformes fécaux et Streptococcus fécaux).

➤ Analyse statistique

Elle a été faite par l'étude du tableau d'analyse de variance des différents critères étudiés, et lorsque c'est nécessaire, un test de comparaison des moyennes aux seuils 5 et 1% est réalisé.

● Co-compostage de macrophytes et d'ordures ménagères : Effets du produit sur une culture de tomate (*Solanum lycopersicum*) selon la nature de l'eau d'irrigation

Des ordures ménagères collectées avec le système «porte à porte» sont convoyées par charrettes jusqu'à la station où le tri sélectif est opéré par des membres du GIE formés à cet effet. Les éléments organiques sont entreposés (en attendant d'accumuler une quantité suffisante) puis sont compostés. Les déchets non fermentescibles sont séparés selon leur nature

(gravats, verres, chiffons, etc...) et pesés. Le processus de compostage, dans les deux stations a été effectué selon la technique des tas coniques, sur des aires cimentées.

Les relevés de température sont assurés au moyen d'un thermomètre à sonde. Afin de maintenir un taux d'humidité suffisant, les tas doivent être irrigués.

Pour avoir l'impact de l'utilisation des eaux usées dans le processus, les tas sont irrigués, dans un cas, avec de l'eau de robinet et dans l'autre avec de l'eau usée traitée.

Des retournements sont régulièrement opérés pour homogénéiser la matière en décomposition permettant ainsi une meilleure circulation de l'air. Ceci favorise également l'abaissement éventuellement de la température [pour éviter une «stérilisation» du milieu (ALBERI, 1984)] et un redémarrage (en multipliant les surfaces de contact).

Des compléments en additifs (fientes de volailles, os broyés, cendres) sont régulièrement apportés pour améliorer le rapport C/N et influencer qualitativement sur la composition du compost mature final.

Des échantillons de matière organique en cours de biodégradation sont prélevés de façon périodique (tous les 15 jours) afin d'évaluer l'évolution du pH du milieu.

À partir de 3 types de compost (compost 1 : compost de Diokoul; compost 2 : compost de Castors, arrosé à l'eau usée traitée et compost 3 : compost de Castors arrosé à l'eau de robinet), nous avons dosé certains éléments comme le Phosphore (par colorimétrie), le Calcium et le Magnésium (par spectrométrie d'absorption atomique) et le Potassium (par photométrie de flamme).

Les mêmes travaux sont effectués sur l'azote par la méthode de Kjeldalh, sur le carbone par la méthode de Wakley et Black. L'analyse des métaux lourds (Cd, Hg, Pb, Cu, Cr) est faite par spectrométrie d'absorption atomique.

Nous avons également procédé à l'extraction des éléments hydrosolubles sur le compost 2 et le compost 3 à l'évaporateur rotatif selon la méthode de SECK, (1987) modifiée.

Nous avons vérifié la fertilité biologique des composts par des tests comparatifs de germination et de croissance *in vitro* sur des milieux gélosés avec des extraits hydrosolubles de composts 2 et 3.

Des recherches agronomiques en milieu réel ont servi à évaluer l'effet des 3 types de compost sur le développement (biomasse végétale primaire) et les rendements de la tomate, *Solanum lycopersicum* (les fruits, ou biomasse secondaire).

Pour chaque type de compost (CD : Compost de Diokoul, CCr : Compost de Castors avec eau de robinet, CCeu: Compost de Castors avec eau usée), 4 parcelles de 4 m² ont été amendées et sont comparées à 4 parcelles témoin (T: sans compost), soit au total 16 blocs randomisés. Comme fumure de fond toutes les parcelles ont reçu de la matière organique (20 t/ha), de l'engrais minéral (10-10-20) à raison de 300 kg/ha.

Les essais ont reçu du compost (20 t/ha). De la fumure d'entretien a été en outre apportée 20 jours après le repiquage avec de l'engrais minéral (10-10-20), 40 jours après le repiquage avec de l'urée et du sulfate de potassium (K₂SO₄) et 60 jours après le repiquage avec de l'engrais minéral (10-10-20).

III

RÉSULTATS

Description et caractérisation socio-économique de l'agriculture urbaine utilisant les eaux usées à Dakar

- *Valorisation des eaux usées dans la région de Dakar : quelles potentialités ?*

(Si dans les pays développés, les problèmes de collecte et d'évacuation sont pratiquement maîtrisés, celui du traitement des eaux demeure toujours actuel. Par contre dans les pays en développement, aucun de ces points n'est résolu. Dans la ville de Dakar, seuls 66 000 m³ d'eaux usées sont collectés actuellement par un réseau d'assainissement (JICA et MH, 1994) représentant un peu plus du tiers du total produit par jour. Des exemples d'utilisation d'eaux usées en agriculture urbaine sont largement répandus à travers le monde. Israël est l'un des pays qui a le plus investi dans l'utilisation des eaux usées en agriculture, soit environ 1,3 millions de m³ par an. Les eaux usées rejetées à Dakar auraient pu aider à combler le déficit en eau si quelques préalables étaient respectés avant toute utilisation. Des études récentes menées dans la zone urbaine de Dakar ont montré que la population a développé une stratégie locale qui s'est traduite par une utilisation des eaux usées comme source d'eau d'arrosage (Planche IV Photos 1 à 6). À l'heure actuelle, quatre sites sont principalement concernés par la réutilisation des eaux usées dans

l'agriculture urbaine. Il s'agit de Pikine, Cité SHS, Ouakam et Mermoz (carte 1).

● *Description des sites*

Un inventaire des zones susceptibles d'abriter une importante activité agricole urbaine et où sont faits des déversements d'eaux usées urbaines a permis de cibler les quatre sites suivants : Ouakam, Patte d'Oie-Cambérène, Pikine, et Rufisque.

➤ **Le site de Ouakam**

Pour une grande partie, les cultures se localisent sur une bande côtière allant de Fann-Mermoz à la mosquée de la Divinité de Ouakam. Les exploitations sont, pour la plupart petites et se situent en aval des canalisations, non loin des exutoires d'eaux usées et à une faible distance de la plage. Ces eaux proviennent du camp militaire qui jouxte la côte (Planche II, photo 3). Les maraîchers creusent le sol pour recueillir et retenir un certain temps les eaux usées (Planche II, photo 4). À partir de ces points, les eaux sont acheminées par des tranchées rustiques pour irriguer les cultures ou puisées à l'arrosoir ou au seau et aspergées directement sur les cultures (ce qui augmente les risques de contamination). Une trentaine d'exploitants, d'origine guinéenne pour l'essentiel, s'adonne au maraîchage sur une superficie totale d'environ 11 ha (carte 2).

➤ **le site de Pikine-Cambérène-Patte d'Oie**

Le site est localisé dans la zone des *Niayes* qui sont des dépressions interdunaires plus ou moins inondées durant la saison des pluies, constituant les principaux sites de production dans Dakar. C'est une zone vaste d'environ 650 ha (cartes 3 et 4), limitée à l'est par le CES (Collège d'Enseignement Secondaire) Canada, à l'ouest par la Patte d'Oie, au nord par les Parcelles Assainies et au sud par les HLM Maristes. Dans ce

site, bien que les exploitants utilisent, pour l'essentiel, des céanes comme source d'approvisionnement en eau, nous nous sommes d'avantage intéressés aux maraîchers travaillant avec les eaux usées. En effet, suite au colmatage du tuyau d'évacuation des eaux usées par les populations de Cambérène, excédées par le déversement des eaux usées de la station d'épuration de Cambérène sur la plage de leur village, le refoulement de ces dernières dans les environs de la station, a inondé beaucoup de parcelles situées dans cette zone. Cette eau, très polluée, a causé d'importants dégâts en inondant les champs (Planche II, photo 1 et 2). Par contre les parcelles situées en hauteur (sur les versants des dunes) sont apparemment moins touchés par le phénomène.

À l'autre bout de ce site, derrière le CES Canada de Pikine, de nombreux horticulteurs, du fait de la salinité des céanes, n'hésitent pas à percer les tuyaux d'évacuation des eaux usées de l'ONAS (Office National d'Assainissement du Sénégal) pour y brancher des tuyaux en PVC, qui viennent alimenter les céanes en eaux usées (Planche IV, photo 3). Ces tuyaux sont souvent dissimulés avec du sable ou des branches. Ce procédé permet d'utiliser intensément l'eau usée, et parfois, le système est soutenu par l'utilisation de motopompe (Planche IV, photo 6). Ce site se caractérise aussi par une grande production de plantes ornementales tout au long de la Nationale 1 entre la Patte d'Oie et la Cité Lobatt Fall.

» Le site de Rufisque

À l'entrée de Rufisque, les agriculteurs installés sur le site dit *Gadié*, à quelques centaines de mètres de la station d'épuration de Diokoul, ont une tradition d'utilisation des eaux usées, non en raison de la proximité de la station mais du fait de l'émissaire des HLM de Rufisque qui traverse les champs.

Planche II : Les Niayes de Patte d'Oie/Cambérène et Ouakam sites de maraîchage à Dakar

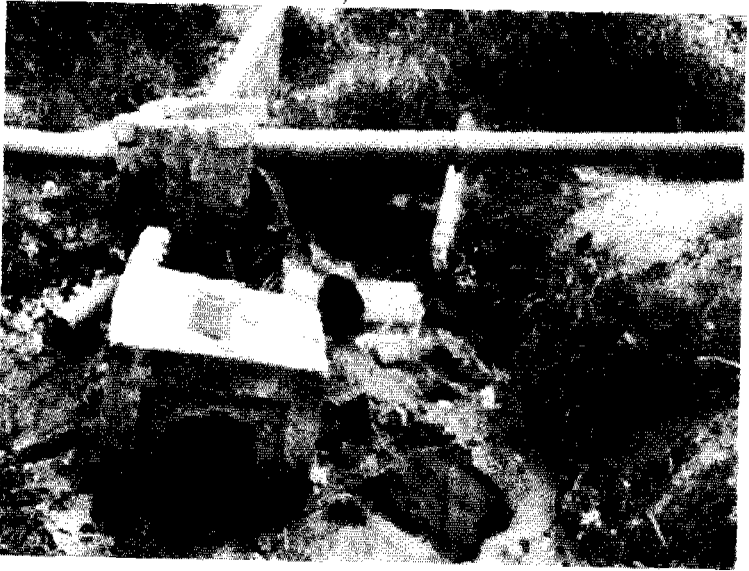


Photo 1 : tuyaux de l'ONAS déversant l'eau usée dans les champs de la Patte d'Oie



Photo 2 : mare d'eau usée inondant les champs situés à la hauteur de la Patte-d'Oie

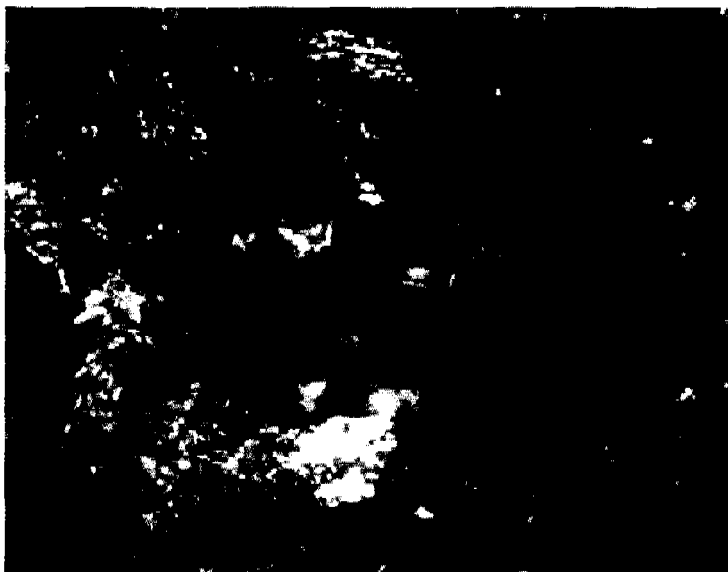


Photo 3 : une vue du canal d'évacuation des eaux usées cassé pour récupérer les eaux à Ouakam

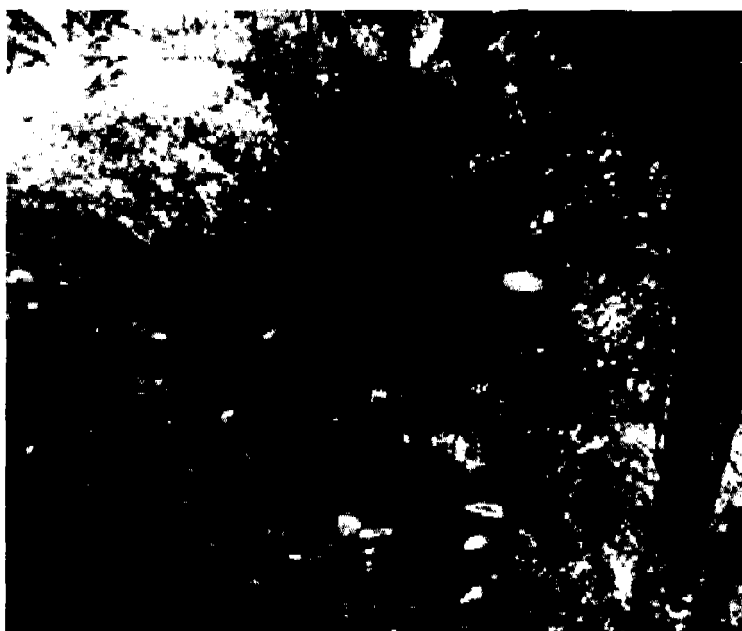


Photo 4 : utilisation de l'eau usée dans l'irrigation et l'arrosage des cultures à Ouakam

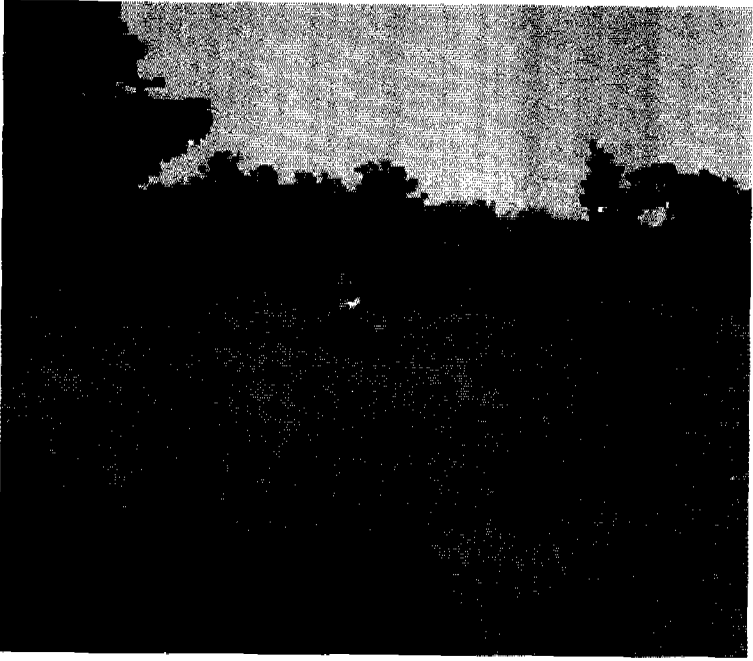
Planche III : Les Niayes de Pikine

Photo 1 : parcelle d'oignon arrosée avec l'eau usée à Pikine



Photo 2 : récolte et vente de tomates dans la parcelle à Pikine

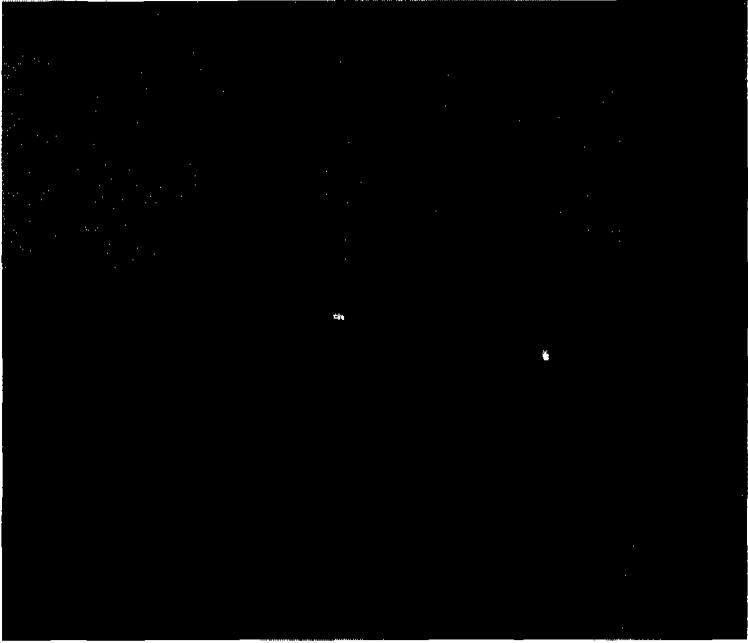


Photo 3 : femmes commerçantes venues s'approvisionner en produits maraîchers



Photo 4 : vue générale d'une parcelle de laitues arrosée avec des eaux usées à Pikine

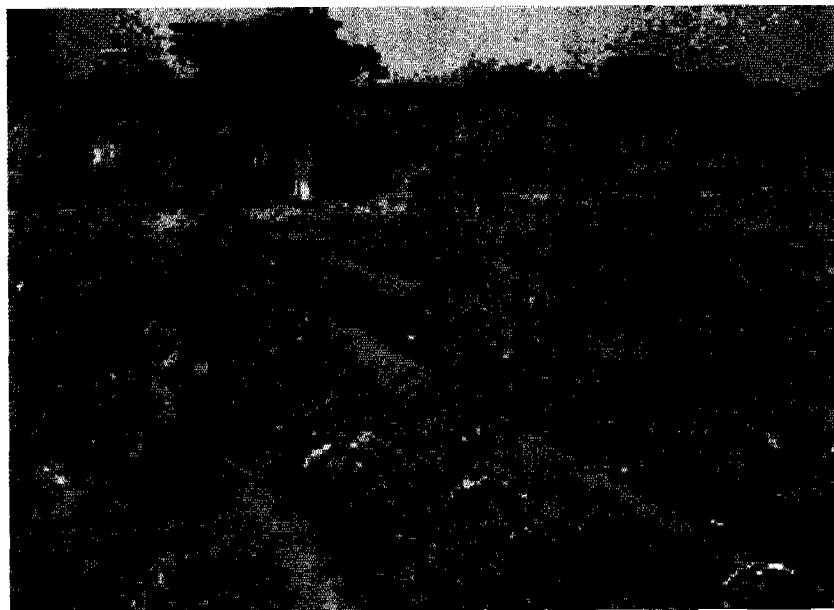


Photo5 : association laitues et «jaxatu» dans une parcelle sur le site de Pikine (eaux de céanes naturelles)



Photo 6 : arrosage de laitues avec des eaux usées à Pikine

Planche IV : Le site de Rufisque



Photo 1 : émissaire bouché pour dévier l'eau à Rufisque



Photo 2 : la récupération de l'eau de l'émissaire dans un grand bassin circulaire à Rufisque

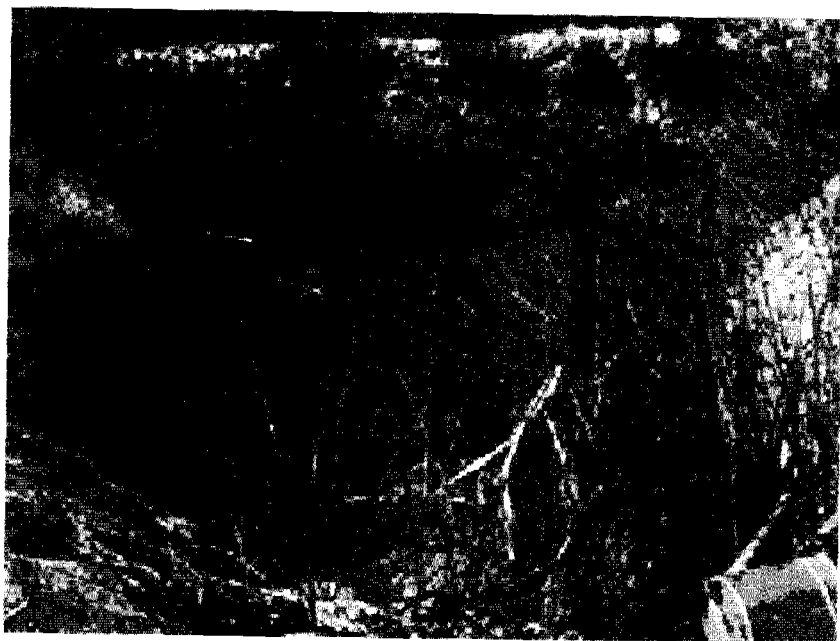


Photo 3 : remplissage d'une céane par de l'eau usée à Pikine



Photo 4 : maraîchage expérimental à la station de Castors



Photo 5 : maraîcher plongeant dans la céane d'eau usée pour remplir ses arrosoirs à Pikine



Photo 6 : système d'irrigation des eaux usées alimenté par une motopompe

En effet, de petits aménagements ont été réalisés autour des regards de l'émissaire pour dévier l'eau usée vers les champs (Planche IV, photo 1 et 2). Mais, d'après les quelques agriculteurs trouvés sur le site, les eaux usées de l'usine de la tannerie *Marisel* rejetées dans l'émissaire, ont, du fait de la forte salinité, rendu impropre cette eau à l'agriculture. Ceci a occasionné la délocalisation progressive d'une partie de la production vers d'autres sites où l'eau est disponible. Seuls quelques agriculteurs sont restés sur le site, grâce à la présence d'une « céane » dont l'eau permet de diluer celle de l'émissaire. Actuellement, environ 5 ha seulement sont exploités. Ceci représente le dixième de la surface disponible.

● *Caractéristiques socio-économiques et techniques*

Les systèmes de culture développés dans ces sites, sont très diversifiés de par leur taille, leur degré d'intensification, leurs spéculations et la finalité de l'entreprise (activité principale ou secondaire du chef d'exploitation). Les techniques d'exploitation sont variables et sont tributaires des disponibilités en ressources naturelles (notamment l'eau), l'environnement socio-économique, la proximité des marchés de consommation, la destination des productions, le mode de tenure des terres, les superficies cultivées.

➤ **Profil des agriculteurs**

L'attrait du maraîchage, ces dernières années, est dû à l'importance considérable de la crise économique aggravée par la chute des prix à l'exportation des cultures de rente (arachide etc.), à la forte croissance urbaine et la disponibilité d'une main d'œuvre abondante. Les principaux acteurs de cette activité urbaine sont d'anciens agriculteurs ruraux et même urbains ayant migré à Dakar suite aux années de sécheresse et à la dégradation de leurs conditions de vie. Pour leur insertion urbaine, ces anciens agriculteurs (58,3%) ve-

nant de l'intérieur du pays se sont investis dans une activité qu'ils connaissent bien et qui, en plus, est rentable eu égard à la forte demande. On y note des profils divers composés d'artisans (18,6%), de commerçants en faillite ou en situation précaire (2,1%), de pêcheurs (4,2%), d'anciens étudiants ayant obtenus leur licence ou des retraités qui se sont convertis en agriculteurs.

Les résultats de nos enquêtes ont montré que l'âge moyen est de 47 ans. Ils sont en général des hommes (87,5%) qui sont mariés (79,2%). Cet état matrimonial et familial leur confère des responsabilités qu'ils doivent assurer grâce à une activité génératrice de revenus.

Comme 55 % d'entre eux n'excèdent pas l'âge de 49 ans, ils paraissent aptes à mener de telles activités. Néanmoins, une part non négligeable d'agriculteurs est âgée de plus de 60 ans surtout dans le site de Ouakam. Soulignons aussi que les femmes sont bien présentes sur le site de Ouakam.

L'activité principale des producteurs reste l'agriculture (75%) qui est pratiquée par presque toutes les ethnies mais avec une prédominance des Wolofs (37,6%), Toucouleur (22,9%) et des Sérères (18,8%) (Planche V, Fig.4). L'on note aussi une forte colonie guinéenne à Ouakam.

➤ **Superficie cultivée**

Les exploitations maraîchères familiales de type traditionnel représentent la grande majorité des exploitations au Sénégal (près de 70%) et sont généralement situées dans les Niayes. Elles ont en moyenne une superficie de 0,1 à 1 ha (Mbaye, 1999). En ce qui concerne les sites retenus dans le cadre de notre étude, la taille moyenne des cultures est estimée à 503 m². Il s'agit de petites exploitations, situées à l'intérieure

des villes, qui participent au dynamisme et au succès de la filière. La plupart des exploitations sont de type familial. La production vise la subsistance du groupe. Ce type d'exploitation est caractérisé par une très grande autoconsommation. Les revenus générés servent essentiellement à l'achat de vivres. Cette catégorie concerne les petites surfaces entretenues par des maraîchers démunis mais aussi par des femmes surtout du côté de Ouakam.

Dans l'ensemble, les maraîchers utilisant les eaux usées exploitent des domaines relativement petits comparés à ceux qui utilisent les céanes. Le recours aux investissements utiles est limité par la taille réduite de certaines exploitations qui, non seulement, empêche le fonctionnement adéquat au niveau de l'approvisionnement en intrants (semences, engrais, matériels agricoles, etc.) mais aussi contrarie la rotation des cultures.

> Eaux utilisées

1 - *les eaux de céane* (puits de 1 à 3 m de profondeur et de 4 à 5 m de largeur) : dans la zone étudiée, on y trouvait des mares disséminées qui permettaient dans les conditions climatiques normales de fournir de l'eau d'arrosage ; mais, avec la sécheresse, les quelques rares mares qui existent sont jugées trop salées pour faire du maraîchage. Actuellement, seules des céanes permettent le maintien de cette culture. Cependant, cette eau douce, reposant sur une *loupe* d'eau salée ne peut être exploitée que de façon limitée sous peine de pollution des nappes par une intrusion saline (Niang, 1997).

2 - *les eaux de pluie* : dans certains sites visités, certains maraîchers pensent que la pluie empêche la respiration normale du sol. Avec la pluie, tous les champs sont pratiquement inondés. Seule la zone de Ouakam est exploitée sous pluie.

3 - *Eaux usées* : le maraîchage est normalement un système de culture intensive qui demande un apport obligatoire et régulier en engrais pouvant représenter 23 % en moyenne des charges totales d'exploitation. Cette exigence du maraîchage et surtout la pénurie d'eau expliqueraient le recours aux eaux usées qui sont riches en éléments fertilisants. Ce qui pousse les agriculteurs à l'utilisation de cette " manne ", c'est avant tout sa disponibilité et sa richesse (37,6 %), mais aussi son accès gratuit (33,4 %). Selon les agriculteurs, cette eau, riche en éléments minéraux et très économique, permet d'utiliser moins d'engrais. De par leur important volume, ces eaux usées peuvent combler le déficit en eau des exploitations. Dans certains endroits, elles constituent l'unique source d'approvisionnement : c'est le cas à Ouakam. Il faut noter que cette eau usée n'est pas traitée. A Pikine, les exploitants ont développé toute une stratégie pour lutter contre la salinité des mares et des céanes. En effet, le mélange des céanes avec l'eau usée amenée par un tuyau de fortune branché au réseau de l'ONAS, est un procédé utilisé par les maraîchers de cette zone pour repousser les eaux salées (Planche IV, photo 3).

D'une manière générale, plus de 80% des exploitants, sur les trois sites étudiés, déclarent ne pas disposer de l'eau nécessaire pour l'irrigation des surfaces disponibles. Malgré tout, les taux de satisfaction les plus importants semblent être notés chez les exploitants utilisant les eaux usées brutes.

> **La qualité des sols**

Les sols sur lesquels se déroule cette activité sont jugés de très bonne qualité (52,1%). Moins de 3% les jugent médiocres (Planche V, Fig.6).

➤ **Équipements**

Le matériel utilisé ne coûte pas cher et concerne les outils de binage, de désherbage, d'émondage, de sarclage et de repiquage. En d'autres termes, le matériel utilisé est constitué de hilaires, râteaux, binettes, fourches, pics, dabas, pelles, etc. Ce matériel confirme la nature de l'agriculture qui reste traditionnelle.

➤ **Nombre de personnes par exploitation**

Pour l'ensemble du pays la population totale moyenne d'une unité de ce type d'exploitation, est de 10 à 12 personnes dont 3 à 4 actifs familiaux et 1 à 2 actifs extérieurs à la cellule familiale. (MEACC, 1996). Les exploitations visitées se caractérisent par leur taille très réduite de la main d'œuvre. La taille moyenne est de 2,1 personnes. La plupart des personnes sont soit des membres de leur famille (fils, neveux, petits fils...), soit des permanents, soit des saisonniers (*navétane* ou *surga*).

➤ **Période de culture**

L'agriculture urbaine se particularise, selon les résultats de notre étude, par sa presque non-saisonnalité (Planche V, Fig. 7). 73% des agriculteurs pratiquent leurs activités durant toute l'année. Ce pourcentage est de 99% pour les agriculteurs utilisant les eaux usées. Le nombre moyen de mois de travail est d'environ 10 mois sur 12. Rares sont ceux qui ne travaillent que durant l'hivernage ou la période chaude (4,2%).

➤ **Charges d'exploitation**

Il a été difficile d'avoir des informations sur les charges d'exploitation par récolte du fait du caractère *informel* qui entoure l'activité. Les données que nous avons pu obtenir montrent des variations énormes entre les exploitations. Les résultats de l'étude révèlent que :

- la préparation des sols coûte en moyenne 8.682 Fcfa avec des sommes allant sur une plage de 500 à 150 000 Fcfa ;

- l'équipement coûte un peu plus cher à 10 300 Fcfa en moyenne ;
- les engrais et pesticides coûtent en moyenne 4021 Fcfa ;
- les semences coûtent en moyenne 7140 F CFA.

Cette faiblesse des charges peut s'expliquer entre autres par l'utilisation des eaux usées qui, d'après les exploitants, diminue certaines charges d'exploitation comme celles inhérentes à l'utilisation d'éléments fertilisants. Ces charges sont de loin inférieures à celles pratiquées généralement autour des grandes villes du Sénégal et ailleurs sur le continent. Ces écarts peuvent être liés à la qualité de informations fournies par les agriculteurs.

➤ **Techniques culturales**

Les agriculteurs associent, sur une même parcelle, différentes activités : soit du maraîchage et de l'arboriculture, soit de l'arboriculture et la culture de céréales, soit du maraîchage seulement. La plupart des exploitants s'investissent dans le maraîchage (43,8%), le maraîchage et l'arboriculture (31,3%), dans l'arboriculture et la culture de céréales (16,7%). Dans ce dernier cas, il s'agit essentiellement de la culture du maïs sous pluie à Ouakam.

Il faut aussi signaler que les eaux usées et celles des céanes sont les principales sources d'arrosage et d'irrigation. En fait, les céanes sont directement creusés dans les champs alors que les eaux usées sont amenées soit par des canaux en PVC (22,9%), soit par tranchées rustiques (35,4%). Il faut noter que l'aspersion à l'arrosoir (capacité d'environ 10 litres) représente la technique (41,7%) la plus utilisée (Planche III, photo 6). On notera aussi qu'au niveau de ces exploitations, d'autres techniques telles que la localisation ou irrigation par

une tranchée qui apporte l'eau dans un trou creusé au niveau de la parcelle (10,4%) et la raie sont utilisées (2,1%). Il arrive que deux techniques telles que l'aspersion et la localisation soient associées (2,1%).

> Les rendements obtenus :

Les cultures fruitières et maraîchères présentent des potentialités de rendement nettement supérieures aux cultures traditionnelles pluviales (mil, sorgho, arachide, coton, riz). L'arachide et la pomme de terre peuvent donner des rendements allant respectivement de 1 à 20 tonnes à l'hectare. L'oignon, le concombre, la patate douce, la tomate, la pastèque, le poivron peuvent donner des rendements supérieurs à 50 tonnes par hectare. Le chou, le melon, l'aubergine, la carotte, le navet, le " Jaxatou " ont des rendements compris entre 20 à 50 t/ha. Le tableau 3 donne des informations intéressantes sur les différentes cultures maraîchères.

Tableau 3 : Information sur les cultures maraîchères

CULTURES	PERIODE SEMIS	SEMENCES pour 100 m ²	CYCLE en jours	RENDEMENTS kgs pour 100 m ²
AUBERGINE	12/12	3 grs/m ²	170-200	250-400
CAROTTE	Octobre-Mars	150 grs	90 -105	150-400
CHOU	Septembre-Juillet	7 grs/2 m ²	95-125	250 -400
GOMBO	12/12	100 grs	140 -160	150 -300
LAITUE	Novembre-Avril	5 grs/5 m ²	70-75	150-250
OIGNON	Novembre-Janvier	60 grs/12 m ²	150-180	200-300
PATATE	12/12	300 boutures	120	250-500
PIMENT	12/12	4 grs/2 m ²	175-240	80-150
POMME DE TERRE	Octobre-Janvier	15-30grs	80-90	200-400
TOMATE	12/12	3 grs/3 m ²	105-150	200-500
JAXATU	12/12	3 grs/2 m ²	145-210	80-200

Nonobstant ces rendements élevés et une forte valeur ajoutée, une bonne partie de ces agriculteurs n'en profitent pas de façon satisfaisante. Ceci est lié au faible niveau d'instruction des producteurs, à la non maîtrise des nouvelles technologies culturales, à l'utilisation de matériels agricoles légers et archaïques, à l'approvisionnement irrégulier d'intrants aux coûts élevés, à un système de distribution peu organisé et à un mode d'utilisation des intrants souvent inapproprié.

Il faut noter que le recours aux eaux usées traitées, riches en éléments fertilisants peut donner des rendements satisfaisants. D'après les exploitants, l'utilisation de l'eau usée est meilleure au plan agronomique notamment au niveau du rendement. Par exemple à Gadia (près de Diokoul à l'entrée de Rufisque), le chou qui y était cultivé avait, d'après les exploitants, la particularité d'être plus grand avec un meilleur goût. Sur le site de Pikine, nous avons, constaté que le Jaxatu (aubergine amère) et la laitue, cultivés avec de l'eau usée, sont plus volumineux que ceux cultivés avec l'eau de céane. De même, selon les agriculteurs, le cycle de culture est moins long lorsque les légumes sont cultivés avec de l'eau usée. Par exemple, d'après les informations fournies par les maraîchers de la Niaye de Pikine, la salade met 20 à 25 jours avec de l'eau usée au lieu d'un mois, pour arriver à maturité. Cependant, d'après eux, au plan de la résistance, les légumes cultivés avec l'eau usée pourrissent plus vite. Par exemple, la laitue doit être impérativement écoulee par les commerçantes dans les 24 heures après la récolte.

Sur le plan phénotypique (ensemble des caractères observables chez un individu), la couleur de la laitue par exemple, est vert foncé, avec des tâches blanches sur les feuilles, dues au système d'arrosage (aspersion). La préférence des eaux usées par certains exploitants peut s'expliquer à travers les propos recueillis auprès d'un vieux maraîcher trouvé à la Patte

d'oie « si j'avais la possibilité d'avoir en permanence cette eau sans être inquiété par le Service d'Hygiène, je pourrai nourrir plus de 30 personnes... ».

➤ Revenu

La combinaison de différents types de cultures (maraîchage, arboriculture, etc.) et parfois, l'association de plusieurs spéculations (Jaxatu et laitue...) dans une même parcelle (Planche III, photo 5), ajoutée à l'absence de la tenue de compte font qu'il est difficile d'évaluer les revenus des maraîchers. De plus il y a souvent une réticence à révéler les gains soit par pudeur soit par crainte (de montrer l'importance des revenus et risquer de voir arriver la concurrence).

Pour plus de fiabilité, nous nous contenterons de donner les recettes obtenues par spéculation et par mode d'approvisionnement en eau recueillies sur le site de Pikine (Tableau 4).

Tableau 4 : Recettes annuelles par spéculation et par mode d'approvisionnement en eau

Cultures	Eaux de céanes			Eaux usées		
	Pikine Ouest			Pikine Nord		
	Surface en m ²	Nombre moyen de cycle par an	Recettes par an en FCFA	Surface en m ²	Nombre moyen de cycle par an	Recettes par an en FCFA
Laitue	246.4	4.455	300 500	226.3	4.75	340 900
Tomate	367.5	1.375	367 380	237	1.75	143 630
Oignon	390	1	777 100	226.2	1.222	274 400
Jaxatu	437.5	1	106 900	231.6	1.6	234 000
Chou	260	1.33	187 700	264.7	1.67	296 700
Piment	600	1	1 125 000	160	1	200 000

Planche V : Situation socio-économique des agriculteurs

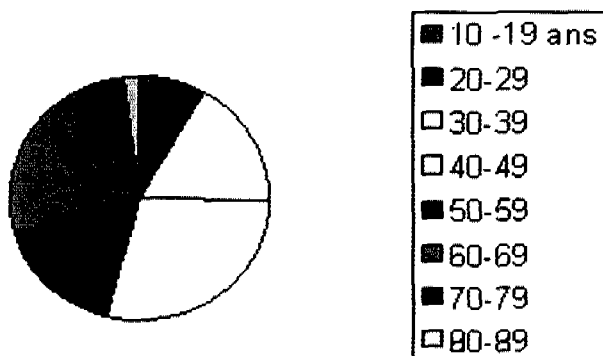


Fig.1 : l'âge des maraîchers

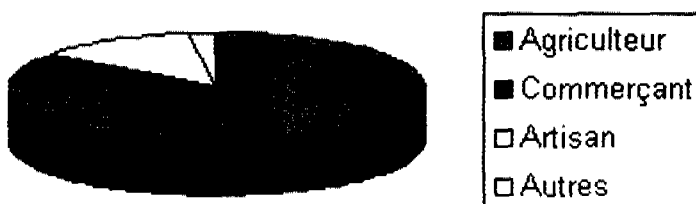


Fig. 2 : les activités principales

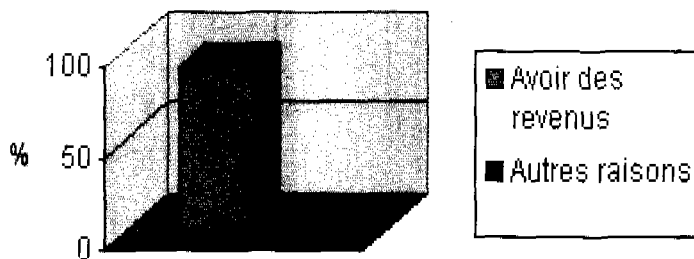


Fig.3 : motivations

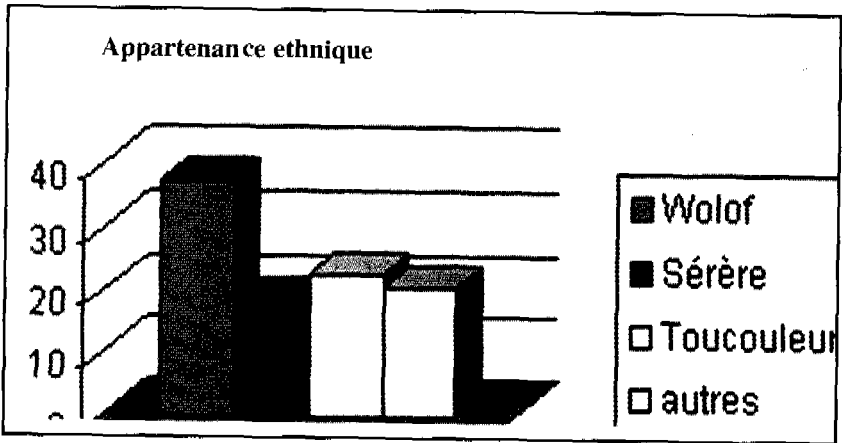


Fig. 4 : appartenance ethnique

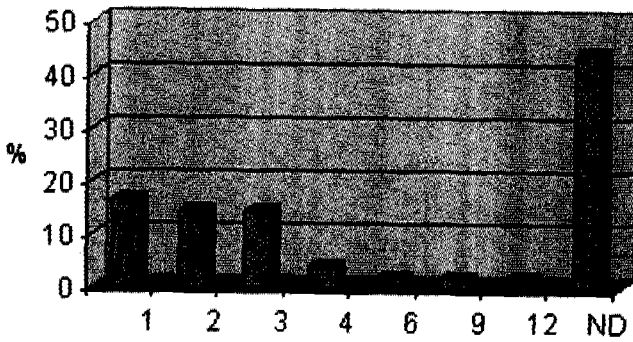


Fig. 5 : nombre de personnes par exploitation

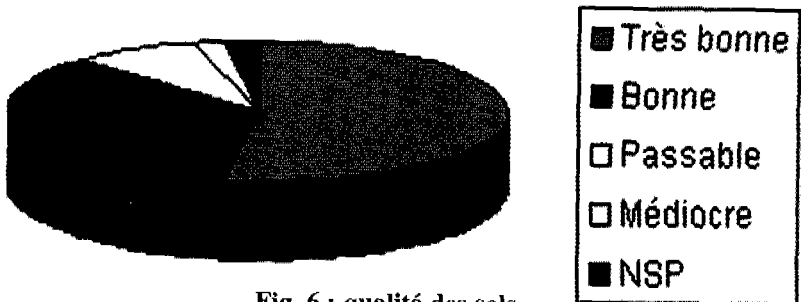


Fig. 6 : qualité des sols

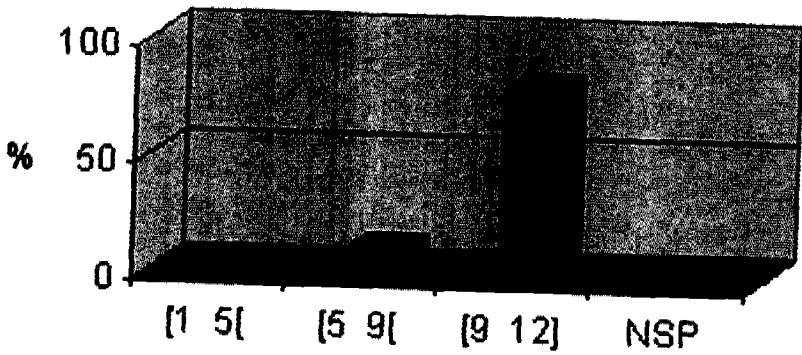


Fig.7 : nombre de mois de travail

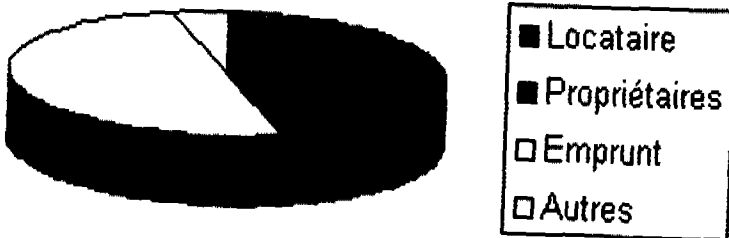


Fig. 8 : statut d'occupation

Planche VI □ : agriculteurs et consommateurs

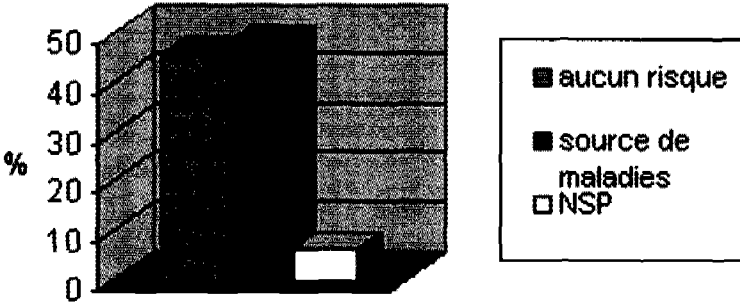


Fig.1 : connaissance des risques chez les agriculteurs

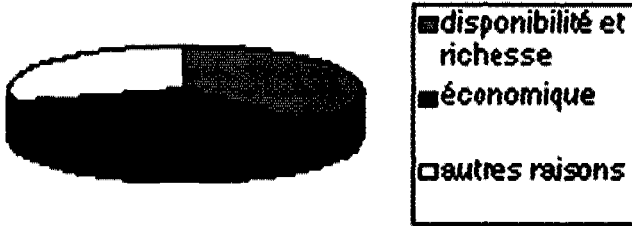


Fig. 2 : raisons de l'utilisation des eaux usées brutes par les agriculteurs

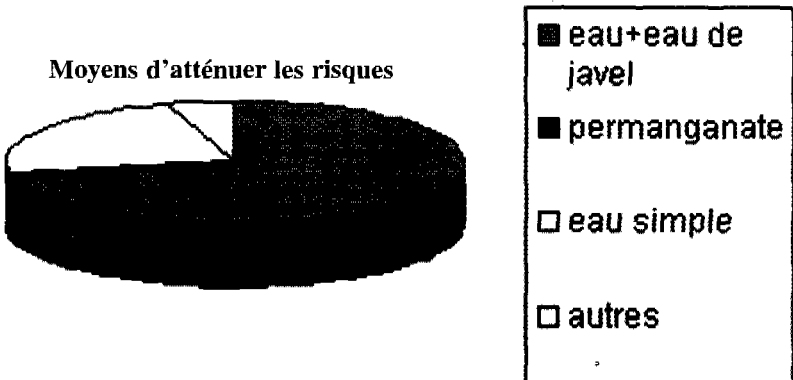


Fig.3 : Solutions adoptées par les consommateurs

➤ **Circuits de commercialisation des produits de l'agriculture urbaine**

Généralement la structure de la production reflète celle de la consommation. Les petites exploitations cultivent des espèces locales, bon marché, pour les consommateurs à moindre revenu. Les légumes récoltées, lorsqu'elles ne sont pas auto-consommées, jouent un premier rôle dans ce sens par le fait de leurs circuits de commercialisation de proximité (de nombreux petits commerces existent dans les quartiers populaires), les exploitants les écoulent, dans la plupart des cas, sur place au niveau du jardin, à des intermédiaires ou revendeurs comme l'illustre les photos 3 et 5 de la planche III, soit au marché ou les deux à la fois. Aussi, quelques rares consommateurs viennent s'approvisionner directement des champs. On peut penser que les consommateurs qui vont directement dans les champs sont ceux habitant non loin des lieux de production. La presque totalité des consommateurs s'approvisionnent en produits maraîchers au niveau des marchés. Les commerçantes ont développé des stratégies qui leur permettent de vendre leurs produits soit à l'unité (salade piment, tomate, « Jaxatou », « Bissap » (oseille), poivron, gombo, oignon) soit par portion (chou, manioc...). Aussi bien les commerçantes que les ménagères à faible pouvoir d'achat journalier, y trouvent leur compte. Les données disponibles sur les prix ne font pas apparaître des taux de marge excessifs si on les compare à d'autres situations. Ainsi, les prix moyens du chou étaient répartis comme suit entre 1989 et 1993 (source : ISRA/CDH) :

- 102 Fcfa/kg payé au producteur ;
- 140 Fcfa/kg payé au grossiste ;
- 200 Fcfa/kg payé à la détaillante.

Plus que le niveau global des prix, c'est la fluctuation saisonnière qui pose problème pour le consommateur. En période de prix bas (février), des observations sur les marchés montrent que les commerçants connaissent des difficultés d'écoulement, les invendus sont fréquents, la consommation est saturée. C'est donc dans les périodes de prix maximum (octobre) que l'effort d'augmentation de l'offre doit porter. Cette augmentation peut se faire par le recyclage des eaux usées, riches en éléments fertilisants, pour servir à l'irrigation de parcelles de production agricole. Cela est surtout vrai dans le site de Pikine en période hivernale où les productions les plus intéressantes sont observées chez les maraîchers disposant de l'eau usée.

- *Opportunités induites par l'agriculture périurbaine*

- **Satisfaction d'une demande urbaine croissante en produits maraîchers, fruitiers et floraux**

La proximité immédiate du grand centre de consommation qu'est Dakar a été un facteur déterminant de développement du maraîchage. La part exacte de sa contribution à la demande de Dakar, qui nécessiterait des enquêtes fines croisant l'origine des produits et leurs quantités sur les marchés urbains, n'est pas connue. Cependant, l'importance relative en tonnages de la région de Dakar par rapport à la production nationale a été estimée et peut servir d'indicateurs approximatifs de sa contribution minimale à la demande urbaine en considérant que l'essentiel des tonnages de cette région est commercialisée vers Dakar et que Dakar absorbe 40 % de la demande en légumes (Seck *et al*, 1997). Ainsi, si nous considérons, à partir des statistiques de la Direction de l'Horticulture, une production nationale de 150 000 tonnes de légumes en 1994/95, auxquelles sont soustraites les exportations de 4500 tonnes et ajoutées les importations de 13 000 tonnes, on

obtient un niveau de consommation apparente de 162 500 tonnes sur lequel la ville de Dakar représenterait 65 000 tonnes. La région de Dakar a produit pour la campagne (1998) environ 40 000 tonnes de légumes – hors haricot vert et melon exportés. La région de Dakar couvrirait donc plus de 60 % de la consommation de Dakar en légumes.

➤ **Contribution à l'amélioration du statut social et nutritionnel des couches défavorisées**

La ville de Dakar concentre plus de 50 % des pauvres urbains et le niveau de vie assez bas des citoyens de même que le manque d'opportunités de trouver un emploi ont aggravé la détérioration de l'environnement et le cadre de vie des quartiers névralgiques de Dakar où les conditions de logement sont précaires (manque d'eau et d'hygiène publique). Le recours au maraîchage comme activité génératrice de revenus, surtout dans les quartiers à proximité de la zone des Niayes, est souvent un début de solution de l'amélioration des conditions de vie des populations. L'agriculture maraîchère constitue pour la population de la ville une source importante d'approvisionnement en fruits et légumes frais. On remarque une mutation des modes de vie et une modification de l'alimentation traditionnelle à base céréalière.

La consommation d'une partie de la production par les producteurs eux-mêmes (surtout au niveau des exploitations maraîchères et fruitières) contribue directement à améliorer la qualité de l'alimentation de leurs familles.

De ce point de vue, l'agriculture urbaine et les activités économiques qu'elle induit, permettent à un nombre important de personnes de se procurer emplois, revenus et un accès, (surtout pour les ménages à faibles revenus), aux produits qui leur permettent d'améliorer la qualité de leur alimentation.

En effet, elle mobilise depuis la production jusqu'à la commercialisation, beaucoup de personnes (travailleurs à temps partiel, salariés en quête de ressources financières supplémentaires, licenciés, retraités et bien d'autres acteurs de corporations socio-professionnelles diverses).

De manière spontanée et informelle, des réseaux d'activités interdépendantes se sont constitués aussi bien en amont qu'en aval de l'agriculture urbaine contribuant ainsi à la création de nombreux emplois dans les filières de prestations de services et artisanales. Les producteurs maraîchers font appel à de nombreux menuisiers métalliques et forgerons pour la fabrication de leur petit outillage (arrosoirs, hilaires, houes, mangeoires, abreuvoirs, etc). Dans le secteur des services, il est fait appel à des charretiers transporteurs de matière organique (fumier, coque d'arachide, déchets de poisson, engrais minéraux...) ou à des petits commerçants distributeurs d'intrants divers conditionnés et adaptés aux besoins et au pouvoir d'achat des exploitants des petits jardins. Les femmes participent également au processus. Elles se spécialisent dans l'identification, la récolte et la vente des productions provenant des jardins maraîchers où elles viennent s'approvisionner. Cette dernière activité leur permet, le plus souvent, d'établir de petits marchés ou étals de légumes à proximité des zones d'habitation. Il faut noter que la présence de nombreux revendeurs qui s'approvisionnent sur les sites de culture est un facteur d'incitation pour les producteurs.

Sur un autre plan, l'exploitation des ordures et déchets de tous ordres a encouragé l'émergence de filières artisanales de *récupération/transformation/commercialisation* qui ont contribué à créer de petits emplois concourant directement à la fourniture d'intrants et de petits matériels agricoles à l'agriculture urbaine. C'est ainsi que l'exploitation des décharges

publiques dans plusieurs endroits de la ville dont celle de Mbeubeuss, permet à plusieurs groupes socio-professionnels émergents de s'exercer. Les artisans-récupérateurs de fer et d'aluminium approvisionnent les petits producteurs en arrosoirs, hilaïres et brouettes. Les pneus et chambres à air usagés servent à la fabrication de puisettes utilisées pour l'exhaure de l'eau des puits et céanes au niveau des petites exploitations maraîchères. L'évaluation économique de toutes ces filières liées à l'agriculture urbaine aiderait les décideurs à mieux appréhender sa vraie place dans la gestion financière de la ville.

Par ailleurs, la recherche et la reconnaissance d'un statut social et la volonté d'organisation affichée par la plupart des producteurs regroupés en coopératives, fédération, GIE à l'instar du GIE Niaye-Bi de Pikine, pour mieux défendre leurs intérêts, sont également fortement perceptibles.

● *Recommandations et suggestions*

Pour lever les contraintes auxquelles l'agriculture urbaine est confrontée, différentes recommandations ont été faites et tournent autour de la maîtrise des coûts, de la réforme foncière, de la disponibilité des eaux usées traitées, etc.

➤ **De la maîtrise des coûts de production**

L'horticulture est une activité qui demande des financements assez importants. La nature et le volume des investissements dépendent en partie du type de culture, du coût des intrants et de l'écoulement. En effet, l'eau, facteur de production important dans l'horticulture, représente 28 à 45% des charges d'exploitation maraîchère et 72% des charges en arboriculture fruitière, à raison de 115 F CFA/m³ d'eau, force est de constater que ce prix peut constituer un facteur limitant dans les conditions actuelles de production. À ces coûts s'ajoutent

les coûts en intrants (semences, pesticides, transports, conservation, ...).

Aussi, les produits horticoles d'importation ont-ils plus de succès par rapport aux produits locaux du fait de leur compétitivité. En effet, en ce qui concerne les produits locaux, les coûts de production élevés ont une incidence défavorable sur les prix de revient. Le consommateur local avec un pouvoir d'achat de plus en plus réduit, s'oriente vers les produits importés qui, du fait qu'ils sont subventionnés, sont plus abordables. Dès lors, il s'avère nécessaire de réduire les coûts de production des produits locaux par une valorisation des eaux usées et leur mise à disposition au niveau des agriculteurs dont le souhait est de répondre aux besoins croissants en fruits, légumes et fleurs d'une population urbaine qui ne cesse de croître.

➤ *Réforme foncière*

Les résultats de nos enquêtes ont révélé que les périmètres maraîchers sont exploités selon trois modes de faire valoir, modes par lesquels les exploitants gèrent leurs parcelles en tant que, "propriétaire" (voie légale ou coutumière) (39,6%), bénéficiaire d'un simple prêt (50%) ou locataire (6,3%).

Il faut noter que l'expansion de la ville a été et est encore à l'origine de la disparition de certaines zones de culture à l'intérieur même des départements de Dakar, Pikine et Rufisque, mais aussi de la réduction de la ceinture verte périurbaine. La colonisation des Niayes par les zones d'habitation s'est effectuée diversement selon les considérations physiques des sites considérés. On peut noter à ce sujet que, face à la nécessité urgente de loger assez vite une importante population, la préservation d'espaces agricoles n'a pas été le souci premier des pouvoirs publics. On peut citer l'actuelle zone des par-

celles assainies entre Dakar et Pikine, qui était une zone prospère de cultures maraîchères et qui a été transformée en zone d'habitat par les pouvoirs publics dès le début des années 80. Plus récemment, la Niaye mariste, zone interstitielle entre l'Est de l'autoroute et l'Ouest du quartier Dalifort a été aussi victime de la « politique du bâtiment » avec la construction des logements des programmes de la SNHLM (Société Nationale des Habitats à Loyer Modéré) et de la SCAT-URBAM (Société Centrale d'Aménagement des terrains urbains). Cette zone, outre le fait qu'elle était exploitée par de petits producteurs maraîchers, était également un site privilégié de regroupement d'une faune riche et variée dont plus de 133 espèces d'oiseaux constituaient une réserve ornithologique non négligeable. La zone de Pikine Cambérène dont le relief accidenté a jusqu'ici limité l'installation d'habitations, fait aujourd'hui l'objet de travaux d'aménagement par de grandes sociétés immobilières suite aux options prises par l'État en matière d'habitat social et en matière de création d'espaces d'utilité publique. Le site du technopole de Dakar occupe une large partie de cette zone baptisée « poumon de Dakar ». De même, dans le département de Rufisque, avec la forte poussée de « l'exode urbain », la ville a tendance à s'étendre vers les zones où sont pratiqués le maraîchage et autres cultures, alors que pour le maraîchage, le niveau de disponibilité en capital foncier apparaît comme déterminant dans le choix des productions et des itinéraires techniques. Ainsi toute la zone du Cap des Biches est maintenant lotie et distribuée à des particuliers qui vont tôt ou tard construire des bâtiments (voir carte 5).

La colonisation de telles zones résulte des spéculations foncières que favorisent d'une part une mauvaise application de la loi 64-46 sur le domaine national et, d'autre part la rapide croissance démographique de Dakar (avec comme corollaire

la forte demande sociale en logement et en habitat). Cette rapide croissance procède d'un fort taux de fécondité et d'un exode rural vers la capitale qui concentre, sur moins de 1% de la superficie nationale, l'essentiel des infrastructures économiques, culturelles et éducatives. Une telle situation n'a pas manqué d'avoir des répercussions sur l'espace non prises en charge par les politiques d'aménagement et d'urbanisation (l'agriculture urbaine ne figure pas de manière apparente comme une priorité dans les politiques et programmes d'urbanisation).

Même si le maraîchage, à l'intérieur d'une ville, utilise généralement des espaces réduits et souvent enclavés, il est en compétition avec l'urbanisation pour la conquête de l'espace. Face à la restriction d'un espace de plus en plus convoité, les producteurs intra-urbains s'installent généralement sans avoir au préalable informé les responsables municipaux ou les attributaires officiels des terrains qu'ils occupent. De ce fait, tant qu'il y aura des espaces non bâtis dans la ville, la tentation de mener une activité agricole subsistera. Les petits producteurs étant conscients que les terres qu'ils occupent peuvent faire à tout moment, l'objet d'une récupération par le propriétaire ou par l'État pour cause d'utilité publique, hésitent souvent à investir dans les parcelles. On peut citer le cas de l'expulsion d'une cinquantaine de maraîchers dans l'enceinte de l'aéroport. Ces derniers se sont redéployés dans des sites riverains comme Ouakam ou derrière le mur de l'aéroport où l'eau usée qu'ils utilisaient était disponible.

En considération de ce qui précède, l'insécurité foncière (absence de bases juridiques et légales et modes d'occupation du sol souvent illicites) a pour conséquence le déguerpissement des périmètres agricoles. Les relatives difficultés à comprendre le droit foncier sénégalais, notamment la Loi sur le Domaine National (LDN) datant de 1964, font

que ceux qui utilisent les terres à des fins agricoles se basent sur une considération traditionnellement admise : “ la terre appartient en premier lieu à celui qui la cultive ”. Or, les exploitants ne peuvent en être qu’attributaires et non-propriétaires. Cette situation représente pour eux un sérieux handicap quant aux éventuels financements car, ne disposant pas de capital terre à faire valoir comme garantie, d’où, “ la nécessité d’accélérer la réforme sur le régime foncier ”. C’est à juste titre que les techniciens de la Direction de l’Horticulture proposent une réforme foncière combinée à une bonne politique hydraulique.

Ainsi, si les agriculteurs étaient les propriétaires des terres qu’ils exploitent, ils pourraient s’engager dans des investissements rentables à moyen et long terme pour assurer des rendements élevés mais aussi, pourraient se servir de leur terre comme garantie pour accéder au crédit.

Les premières actions découlant de la politique de régionalisation et de décentralisation de l’État, avec notamment, le transfert de compétences aux collectivités locales et régionales, amènent aujourd’hui ces dernières à jouer un rôle prépondérant dans l’aménagement et la distribution des terres appartenant à leur zone de compétence. La LDN attribuant un pouvoir discrétionnaire aux présidents des communautés urbaines, quant à l’affectation des terres (Decupper, 1995), il est à craindre que l’absence de critères de distribution bien connus de tous ainsi que des impératifs d’urbanisation , ne sonnent le glas de l’existence de nombreux terroirs agricoles autour de Dakar.

➤ **Disponibilité des eaux usées traitées**

Au niveau de l’agriculture urbaine, la disponibilité de l’eau constitue un véritable problème pour les maraîchers quand

on sait que selon certains producteurs, 50 m³/j sont nécessaires pour un ha. Dans les zones ciblées, les nappes d'eau profondes ont presque tari et les réserves en eau douce reposent sur une langue d'eau salée nécessitant une exploitation très prudente. Aussi, la seule alternative semble se trouver dans la délocalisation d'une partie de la production dans des sites où l'eau usée traitée existe de façon à réduire les risques de dégradation de l'environnement. Pourtant, aussi paradoxale que cela puisse paraître, de considérables volumes d'eaux usées (180 000 m³) se perdent tous les jours dans la mer. Quelles stratégies mettre en place pour faire bénéficier l'agriculture de cette importante manne ? C'est pour répondre à cette préoccupation que Enda a mis en place, à Rufisque, un système novateur de collecte, de traitement et de réutilisation des eaux usées. Ceci est primordial dans une zone sahélienne où la problématique de la maîtrise de l'eau (en particulier sa disponibilité) reste centrale dans les stratégies de développement. Cependant, à l'heure actuelle, les eaux usées brutes, de par leur mode le plus répandu d'utilisation (aspersion par arrosoir) sont responsables de la détérioration de la qualité sanitaire des récoltes.

● *Risques*

L'agriculture urbaine et périurbaine qui s'est développée dans et autour de l'agglomération dakaroise procède d'une part, de la recherche d'une réponse appropriée à la forte demande en produits floraux et maraîchers d'une population en forte croissance et, d'autre part, d'une stratégie d'insertion urbaine des migrants. Cependant, il faut noter que cette activité reste confrontée à plusieurs facteurs limitants parmi lesquels la disponibilité de l'eau et le caractère informel de l'activité.

Aussi pour contourner la principale contrainte qu'est la disponibilité, les agriculteurs ont-ils recours à l'utilisation des

eaux usées brutes qui présentent de potentiels risques sanitaires. En effet, selon certains auteurs « l'examen ponctuel des produits fraîchement récoltés et prêt à la vente a montré une contamination des récoltes en amibes, anguillules, ankylostomes ... » (Niang, 1996). Toutefois, on est tenté de se poser la question de savoir si ces " paysans –citadins " nés ou arrivés en ville, suite à l'exode rural, voient des risques dans le passage d'une agriculture utilisant l'eau propre à une agriculture faite avec des eaux usées non traitées ? Aussi, eu égard au rôle primordial de cette agriculture dans l'approvisionnement des marchés urbains de Dakar en produits maraîchers, il nous semble important d'évaluer, l'opinion des consommateurs sur ces produits, leur connaissance des risques encourus par la consommation de tels produits, les raisons de consommation (ou de non-consommation).

➤ **Niveau de connaissance et attitudes vis-à-vis des risques**

La plupart des agriculteurs interviewés ont déclaré ne pas ignorer le risque sanitaire encouru par l'utilisation des eaux usées (47,9 %). Ceux qui ne considèrent pas cette eau comme source potentielle de maladies sont aussi d'une proportion assez élevée (45,8 %) (Planche VI Fig. 1) Cette proportion est assez inquiétante si l'on sait que l'une des techniques d'arrosage les plus utilisées est l'aspersion qui augmente les risques de contamination des produits tels que la laitue, la menthe, la tomate, etc. Cette situation est d'autant plus grave que seul 14.6 % sont au courant de l'épidémie de typhoïde et de paratyphoïde de 1987 dont la source avait été attribuée à l'utilisation des eaux usées. À la question de savoir quelle est la part de responsabilité de l'utilisation des eaux usées brutes dans l'épidémie de typhoïde et de paratyphoïde, qui avait éclaté à Dakar en 1987, la réponse d'un des exploitants résume à elle seule le sentiment de la plupart des producteurs sur la question « il y a quelques années, une épidémie de

choléra a éclaté et on avait incriminé ceux qui utilisaient l'eau usée, alors que les premières victimes étaient dénombrées dans une des régions du Sénégal où les produits consommés n'ont eu, à priori, aucun contact avec les eaux usées. ». Les maraîchers qui savent que les eaux usées peuvent entraîner un colmatage de la couche superficielle des sols sont de l'ordre de 27.1 % contre 68.8 % qui ignorent ce risque. La salinité et les odeurs ont été aussi évoquées. Le manque d'information des agriculteurs sur les risques sanitaires peut se mesurer par divers facteurs. En effet, les intérêts d'ordre économique et social font que les maraîchers ne se posent pas de question sur la qualité de l'eau. L'observation directe des maraîchers sur ces sites montre que beaucoup d'entre eux ne considèrent point ces eaux comme étant souillées à l'égard desquelles il faut prendre certaines précautions hygiéniques (Planche IV, photo 5). La limpidité de l'eau usée à certains endroits du site de Ouakam conforte la conviction des maraîchers qui se résume en cette formule " quand l'eau est claire, elle est potable, elle est bonne pour arroser les plantes."

L'expérience professionnelle des maraîchers n'a pas permis d'établir un rapport entre l'eau utilisée et les maladies généralement connues des maraîchers et des membres de leur famille. Il y a une logique dans cette vision. En effet, les maraîchers n'ont pas de raison de penser de la sorte, en l'absence d'une théorie de la contamination propre à la problématique biomédicale de la médecine moderne (Ouédraogo *et al.* 1999). En tout état de cause, l'utilisation des eaux usées non traitées est proscrite dans l'agriculture par les services de l'État (Service d'Hygiène...).

➤ **Opinion des consommateurs sur les conditions de production des légumes**

L'attitude des consommateurs vis-à-vis des conditions dans lesquelles les légumes qu'ils achètent sont produits, est assez

mitigée. En effet, la plupart d'entre eux se soucient peu de ces conditions. Aussi, ne jugent-ils pas opportun de se renseigner sur leur provenance. Il semblerait que ce qui leur importe le plus c'est d'avoir les moyens d'acheter les légumes. Même si, quelques uns se soucient de la provenance des légumes achetés, l'on peut se demander s'ils obtiendront l'information.

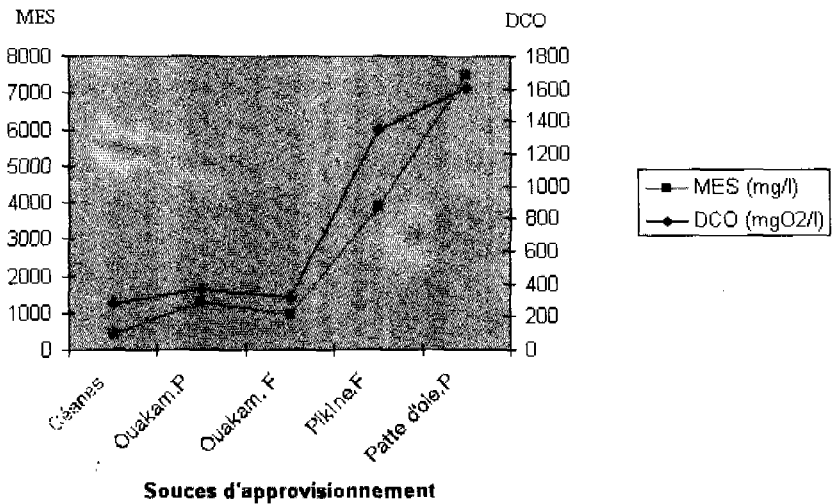
Il est difficile au toucher et à la vue, de distinguer les légumes venant des champs utilisant les eaux usées des autres légumes. Ils sont, dans la plupart des cas, vendus à la même place. De plus, on peut se poser la question de savoir si le vendeur qui se trouve à un autre échelon du circuit de commercialisation des légumes, informerait le consommateur. Le souci d'écoulement de sa marchandise ne l'emporterait-il pas sur les autres considérations ?

Le peu d'intérêt accordé aux conditions de production, découle-t-il du fait que la plupart d'entre eux savent comment atténuer les risques ? Plus de 69,7% ont indiqué qu'ils utilisent la composition " eau + eau de javel " pour désinfecter les légumes ; 2,3% utilisent la solution "permanganate" et 23,25% utilisent l'eau du robinet. Par rapport à la pratique courante, on peut se demander si réellement les consommateurs prennent des dispositions pour atténuer les risques sanitaires, si l'on sait que d'autres études ont montré que : 3% des consommateurs n'assurent aucun traitement et que plus de la moitié des ménages utilise uniquement le rinçage à l'eau du robinet (53%).

Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des eaux utilisées

● Analyse de la variation saisonnière de la qualité des eaux

γ Variations des charges en matières organiques et en matières en suspension



Graphique 1 : Concentration des eaux en MES et en matières organiques

Légende :

Ouakam.P : Ouakam en saison des pluies

Ouakam.F : Ouakam en saison froide

Pikine.F : Pikine en saison froide

Patte d'oie.P : Patte d'Oie en saison des pluies

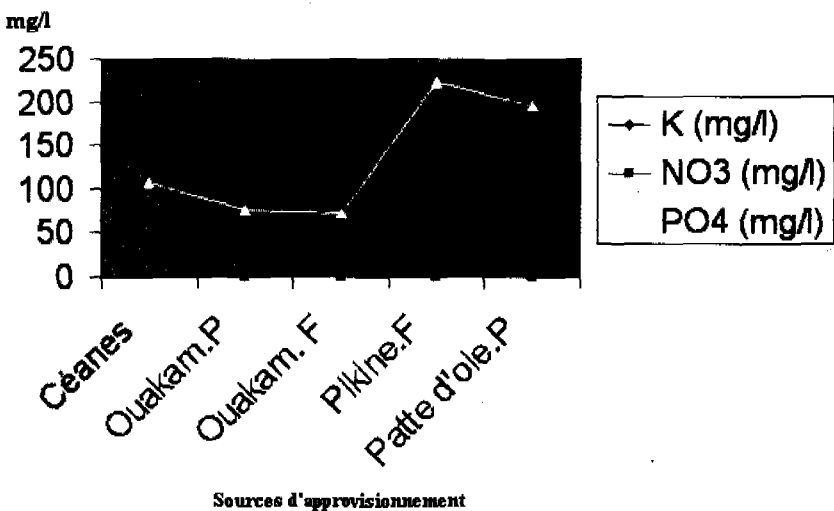
La charge organique représentée par la DCO (Demande Chimique en Oxygène) est un paramètre de fertilisation important pour l'agriculture urbaine. Elle constitue un réservoir permanent qui grâce au concours des microorganismes du sol,

fournissent à la plante, sur une période assez étendue les nutriments au fur et à mesure qu'elle en a besoin.

Par contre, les MES constituées le plus souvent par des matières colloïdales peuvent devenir, à des fortes concentrations, des contraintes pour la durabilité de l'activité, notamment en colmatant les pores du sol, les rendant ainsi de moins en moins perméables.

Seul le site de Ouakam présente les caractéristiques des eaux aussi bien en saison froide qu'en saison des pluies (Graphique 1). Les variations observées à ce niveau sont peu importantes. Ceci serait à mettre au compte du caractère séparatif de ce réseau. En effet le réseau de Ouakam, qui draine les eaux usées d'un camp militaire n'accepte pas les eaux de pluie. Il faut signaler ici son efficacité car la plupart des autres réseaux de la ville sont souvent affectés par des intrusions d'eaux pluviales.

➤ **Variation des concentrations en nutriments**



Graphique 2 : Concentrations des eaux en nutriments

L'azote, le phosphore et le potassium sont des éléments nutritifs indispensables pour la croissance des plantes. L'azote est le principale facteur de croissance des végétaux. Son action bénéfique se manifeste au niveau de la production de matière sèche (Odet *et al*, 1989). Directement assimilable sous forme NO_3^- ou sous forme organique après minéralisation. Une surconsommation d'azote, en augmentant exagérément le volume du végétal, le rend fragile et augmente la sensibilité aux maladies. Les excès d'azote sont souvent nuisibles à la qualité et à la conservation.

Le phosphore est disponible dans la solution du sol sous formes d'ions phosphoriques (H_2PO_4^- ou HPO_4^-). C'est surtout un transporteur d'énergie. C'est un facteur important de croissance. Il développe les racines, favorise la fécondation, la maturation, la migration des réserves et la transmission des caractères héréditaires (Odet *et al*, 1989).

Le potassium améliore le transit de l'eau, diminue la transpiration et confère à la plante une meilleure résistance à la sécheresse. Il améliore la qualité des parois cellulaires d'où une fermeté supérieure des produits végétaux et une résistance accrue aux maladies.

Comme dans le paragraphe précédent, l'analyse des variations au niveau de Ouakam ne montre pas des différences notables entre les saisons froide et humide (Graphique 2).

- *Analyse de la variation journalière de la qualité des eaux*

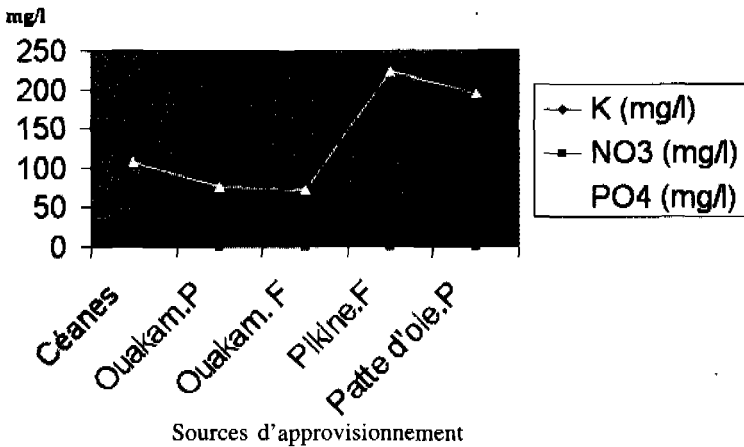
- > **Variation des charges organiques et des MES**

Les graphiques 3, 4, 5 et 6 montrent bien qu'il y a une variation liée au jour. À Ouakam, cette variation est également fonction de la saison. Dans le cadre d'une réutilisation des

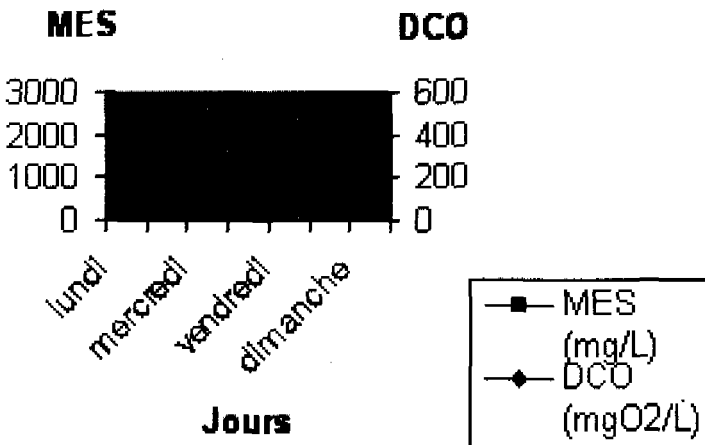
eaux usées en agriculture, cette donnée pourrait aider au choix des jours où les eaux sont les plus favorables.

➤ Variations des concentrations en nutriments

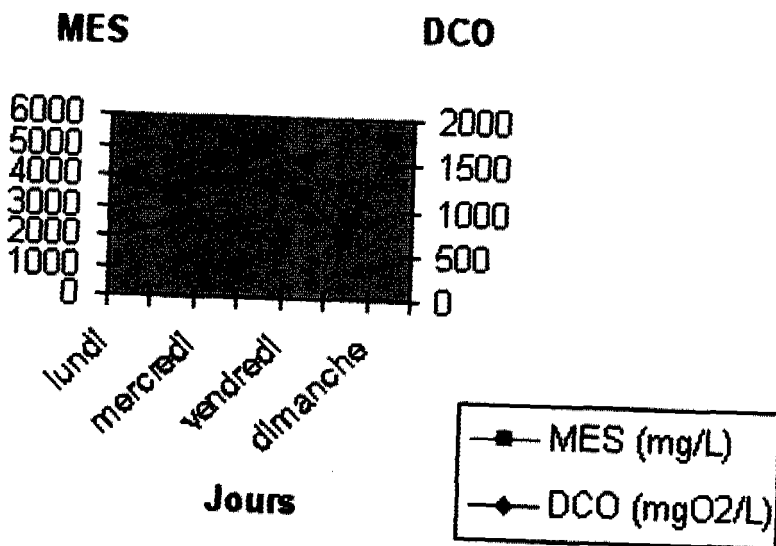
Les graphiques 7, 8, 9 et 10 montrent également une variation liée au jour. Cependant, il faut noter la faiblesse des concentrations en nitrates et la constance des concentrations tout au long de la semaine.



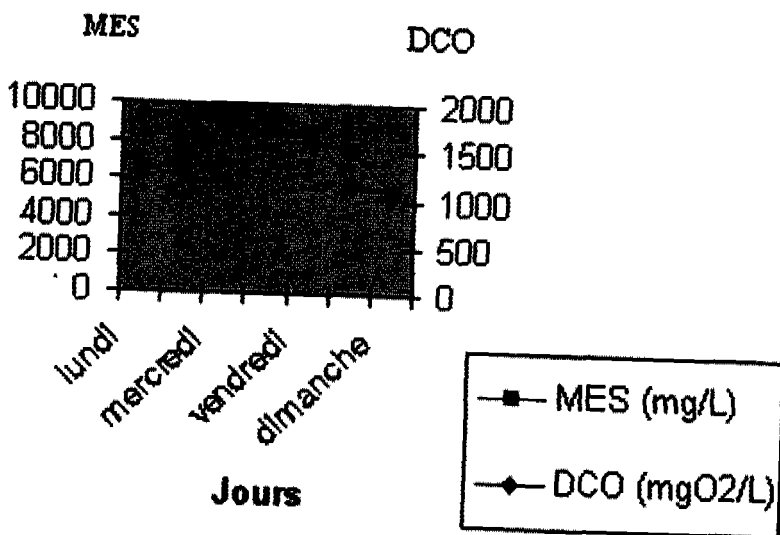
Graphique 3 : Variations journalières à Ouakam en saison froide



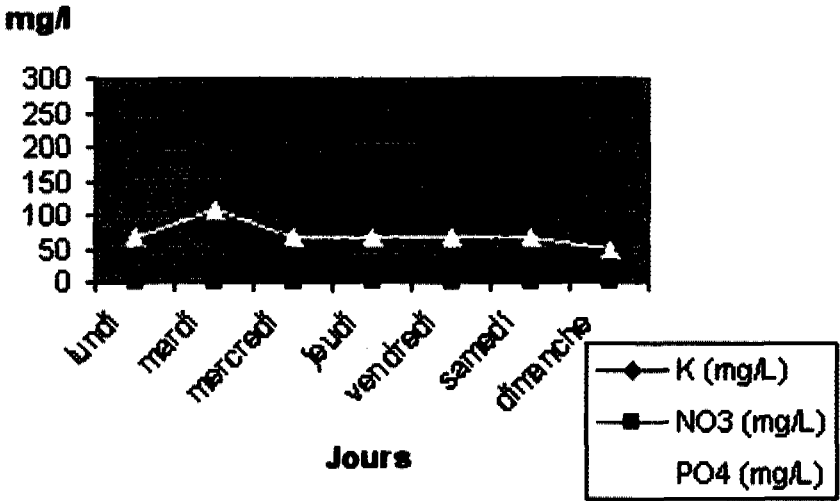
Graphique 4 : Variations journalières à Ouakam en saison des pluies



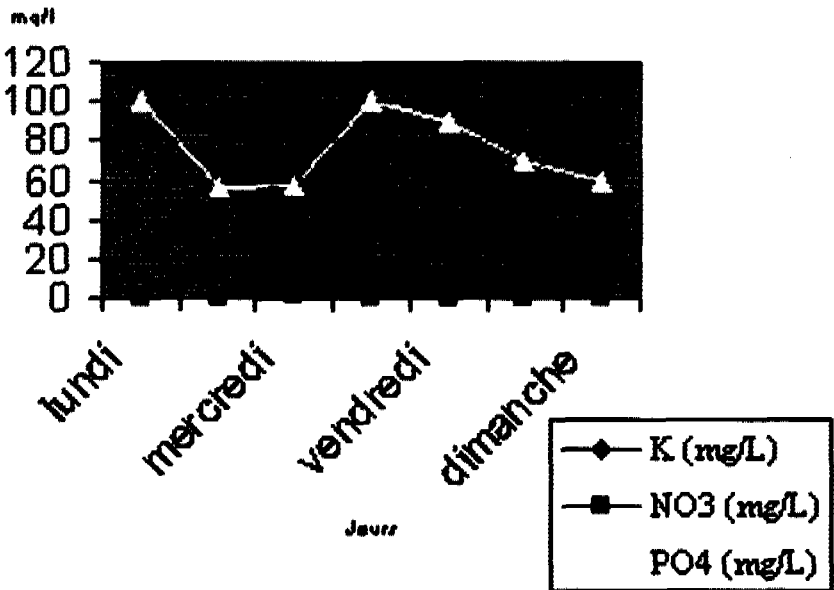
Graphique 5. Variations journalières à Pikine en saison froide



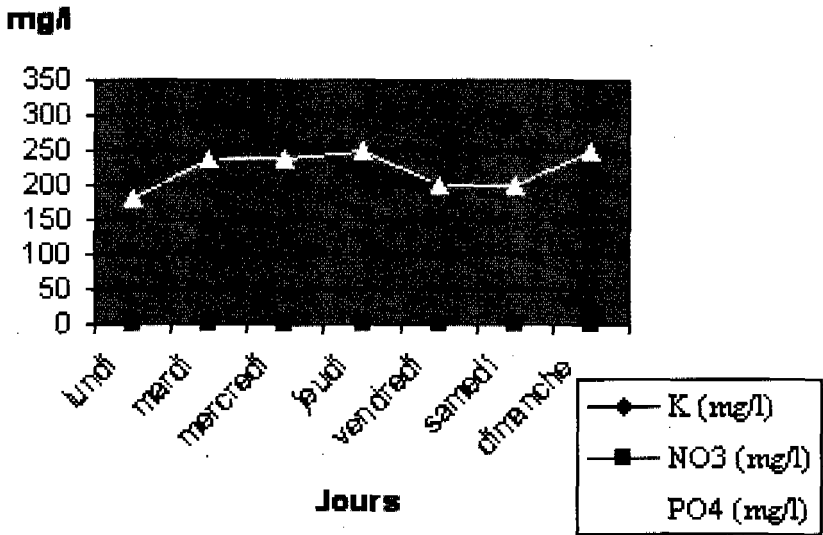
Graphique 6 Variations journalières à la Patte d'oie en saison froide



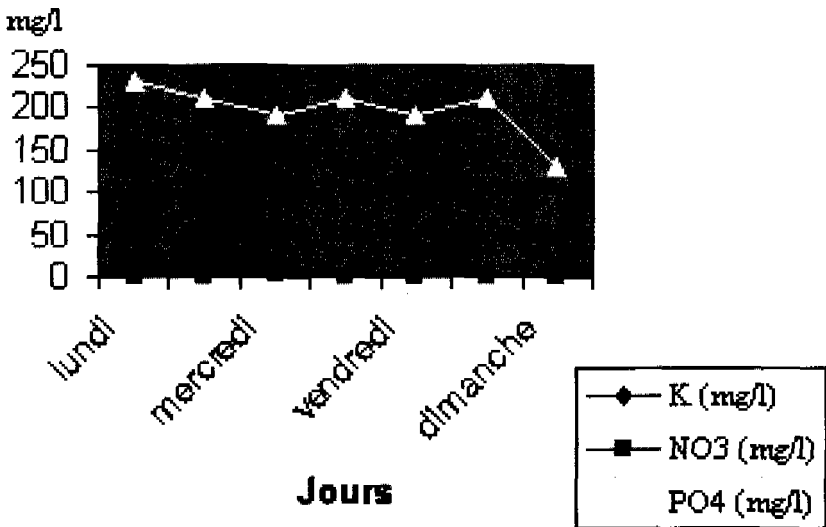
Graphique 7 Variation des concentrations à Ouakam en saison froide



Graphique 8 : Variation des concentrations à Ouakam en saison des pluies



Graphique 9 Variation des concentrations à Pikine en saison froide



Graphique 10 Variation des concentrations à Patte d'Oie en saison des pluies

● *Caractéristiques moyennes des eaux utilisées dans l'agriculture urbaine à Dakar*

Une humidité optimale constante est essentielle dans l'agriculture. Une déficience ou un excès, tant au niveau des quantités d'eau disponibles que de la qualité de celle-ci, affectent le fonctionnement des racines et l'alimentation minérale de la plante. De même, le maintien d'un régime hydrique convenable dans le sol entraîne la nécessité d'une très bonne alimentation minérale.

Le mode d'apport de l'eau est susceptible d'exercer une influence sur l'absorption racinaire.

L'irrigation par aspersion favorise souvent l'enracinement dans une zone superficielle, alors que l'irrigation localisée, bien adaptée, semble conduire à un enracinement dense et régulier, avec une bonne exploration du sol et du sous-sol.

L'irrigation localisée semble modifier également le comportement dans le sol de certains éléments minéraux, en particulier, le phosphore et le potassium, et leur absorption par la plante. Cette action est encore renforcée, sous forme d'irrigation fertilisante, lorsque ces éléments sont incorporés dans l'eau (Martin-Prével *et al.*, 1984). La richesse des eaux usées en ces éléments constitue donc un avantage remarquable. Le tableau 4 présente la concentration des eaux utilisées dans l'agriculture urbaine à Dakar et leur richesse par rapport à deux solutions différentes « Coïc-Lesaint » conseillées dans le cas d'irrigation par solution fertilisante.

	MES	DCO	K	NO3	NO2	P2O5 (mg/l)
Puits	28	300	132	14	0	1,49
Céanes	438	282	100.8	37.1	4.51	80
Eaux usées Ouakam (S.P)	1299	367	64.8	0.41	1.02	57
Eaux usées Ouakam (S.F)	933	317	96	0.08	0.48	55
Eaux usées Patte d'Oie (S.P)	7491	1606	136.8	0.54	0.72	147
Eaux usées Pikine (S.F)	3891	1350	247.2	0.33	2.96	167
Coïc-Lesaint NK= 140 mgN/l	-	-	188	126	-	71
Coïc-Lesaint NK= 252 mgN/l	-	-	320	221	-	106

Tableau 5. Caractéristiques des eaux utilisées par rapport à deux solutions Coïc-Lesaint

Il ressort que les eaux usées utilisées à Pikine et Patte d'Oie se rapprochent le plus des solutions fertilisantes (tableau 5).

● Contamination parasitologique des eaux usées

> À Ouakam

Sites	Parasites observés
Canalisation N°1 de Ouakam	Oeufs d'ascaris-larves de <i>Strongyloides stercoralis</i> , kystes d' <i>Entamæba coli</i> , <i>Endolimax nana</i> , <i>Giardia intestinalis</i> , trophozoïtes d' <i>Entamæba histolytica</i>
Canalisation N°2 de Ouakam	Trophozoïtes d' <i>Entamæba histolytica</i> -larves de <i>Strongyloides stercoralis</i> , kystes d' <i>Entamæba coli</i> , <i>Endolimax nana</i> .
Canalisation N°3 de Ouakam	Larves de <i>Strongyloides stercoralis</i> , kystes d' <i>Entamæba coli</i> , <i>Endolimax nana</i>
Canalisation N°4 de Ouakam	Kystes d' <i>Entamæba coli</i> , <i>Endolimax nana</i> , larves de <i>Strongyloides stercoralis</i>

Tableau 6. Parasitologie des eaux utilisées à Ouakam

Les eaux usées brutes utilisées à Ouakam sont toutes infestées avec surtout une prédominance de larves de *Strongyloides stercoralis* (anguillules) et des kystes d'*Entamæba coli* et d'*Endolimax nana* (tableau 6).

> À Pikine

Densité parasitaire / eau utilisée	Céanes	Eaux usées
Larves de <i>Strongyloides stercoralis</i> (anguillules)	2 larves/10ml	6 larves/10ml
Kystes d' <i>Entamæba coli</i>	0	25 kystes/10ml
Oeufs de <i>Ascaris lumbricoïdes</i>	0	3 œufs/10ml
d'ankylostome	0	1 œufs/10ml

Tableau 7 Parasitologie des eaux à Pikine

La présence de larves d'anguillules dans les eaux de céanes et les eaux usées est assez dangereuse en rapport avec les pratiques de la zone (tableau 7). Ici, les agriculteurs sont exposés autant que les vendeurs, à l'anguillulose, qui est une parasitose qui se transmet par pénétration active de la larve à travers la peau (Arnold *et al.*, 1986). En effet, pour arroser les parcelles, les agriculteurs pénètrent dans les céanes de même que les vendeuses pour nettoyer les légumes achetés. Il en est de même pour l'ankylostomiase, contrairement à l'ascaridiose et l'amibiase dont la transmission se fait par voie orale.

● *Contamination bactériologique des eaux usées*

➤ **À Ouakam**

Sites	Densité moyenne en coliformes fécaux/ml
Canalisation N°1 de Ouakam	42 517 CF/ml
Canalisation N°2 de Ouakam	37 455 CF/ml
Canalisation N°3 de Ouakam	4 682 CF/ml
Canalisation N°4 de Ouakam	47 217 CF/ml

Tableau 8 : Analyse bactériologique des eaux utilisées

Comparé aux normes OMS de réutilisation des eaux usées dans l'agriculture sans restriction, situées à 1000 CF/100 ml, (Mara et Cairncross, 1991) ces eaux sont donc théoriquement inaptes à l'utilisation qui en est actuellement faite (tableau 8).

➤ **À Pikine**

Type d'eau	Densité en coliforme fécaux/ml
Céanes	170 CF/ml
Eau usée brute	110 500 CF/ml

Tableau 9 : Bactériologie des eaux à Pikine

Les concentrations de 17 000 CF/100ml observées dans les eaux de céanes, 17 fois plus élevées que les normes de réutilisation des eaux usées dans l'agriculture sans restriction nous semblent assez inquiétant (tableau 9). Il serait important de déterminer la source d'une telle contamination de ces eaux de céanes.

Impacts de l'utilisation des eaux usées sur la pratique culturale et les rendements

●. Situation des productions

➤ Résultat du recensement : effectifs par activité

ZONES	Chefs d'exploitation			Fleurs	Légumes	Fruits	Individuels	Collectifs
	hommes	Femmes	Total					
Mew	71	6	77	4	74	45	74	3
Neckhe	62	0	62	0	62	33	57	5
Pikine-Zinc	82	6	88	6	87	47	86	2
Guénou Mbao	31	2	33	0	33	20	30	3
N'dingala	21	1	22	3	22	4	21	1
N'dargou	18	1	19	0	19	3	19	0
Château d'eau	61	4	65	1	65	27	65	0
Nane rew	17	1	18	3	17	3	18	0
TOTAUX	363	21	384	18	379	182	370	14

Tableau 10. Recensement des producteurs

Il ressort de ces résultats que l'activité horticole dans la vallée de Pikine polarise 384 chefs d'exploitation dont 21 femmes soit un peu plus de 5.5 % (tableau 10). Parmi ceux-ci, 37 exploitants utilisent les eaux usées soit 10%. Sur cet ef-

fectif, plus de 96 % sont des producteurs individuels, le reste étant organisé en groupes. Le maraîchage demeure la première activité avec près de 99 % des effectifs. Les arbres fruitiers ne sont pas en cultures pures parce que associés au maraîchage. Par contre les fleuristes qui sont plutôt des pépiniéristes ne font que cette activité. Cependant en dehors des statuts individuels ou collectifs des exploitations, les agriculteurs de chaque zone sont organisés en GIE surtout pour la défense de leurs intérêts fonciers.

➤ **Statut et actifs**

Pour ce qui est du mode d'acquisition des terres, l'enquête révèle que seul 1/3 des exploitants sont des propriétaires et ceci par héritage. Les 2/3 restants sont des locataires. La surface moyenne par exploitation est de 1100 m² pour un nombre d'actifs moyen de 2.16 personnes, ce qui correspond à 509 m² par actif.

● *Itinéraires techniques*

➤ **Le parcellaire**

On ne peut pas parler de soles (petite parcelle à l'intérieur du champ) type dans la mesure où la plupart des cultures sont associées à la laitue (surtout le jaxatu). C'est pour cette raison qu'on ne pratique pas de rotations dans cette zone. En ce qui concerne le mode d'aménagement, il n'y a pratiquement qu'une seule allée principale menant à la source d'eau. Il n'y a pas d'allées secondaires entre les planches de culture qui sont identiques pour toutes les spéculations avec des dimensions de 3 m de long sur 1,10 m de large, soit une surface de 3,30 m². De ce fait les agriculteurs sont obligés de marcher sur les bordures des planches pour effectuer les opérations culturales.

> Les semis

Ils sont faits sur des planches identiques à celles des cultures en ce qui concerne les dimensions. Ils sont faits à la volée, ce qui se traduit par une forte densité qui affecte la vigueur des plants et engendre une consommation excessive de semences à hauteur du double des normes préconisées en semis en lignes.

> Les repiquages

Ils se font généralement aux stades indiqués (4 vraies feuilles) avec des écartements irréguliers et faibles pour toutes les spéculations. Ceci se traduit par une forte densité qui affecte le potentiel de croissance des cultures et leurs qualités à la présentation en ce qui concerne la laitue (port dressé, peu de limbe, etc...)

> Les fumures

La fumure organique est systématiquement employée sur les cultures avec les céanes, ce qui n'est pas le cas avec les eaux usées. À titre indicatif, elle est du rapport 5/1 avec des moyennes respectives de 25 et 5 tonnes par hectare pour l'eau de céane et l'eau usée. Elle est rarement enfouie parce qu'épandue en couverture. Le fumier de cheval est celui couramment employé.

La fumure minérale n'est également employée que sur les cultures de céane à de faibles doses. Les engrais utilisés sont le 10-10-20 et l'urée et toujours en couverture.

Les épandages sont faits environ 1 mois après le repiquage avec des doses de 260 kg d'engrais maraîcher 10.10.20 et 180 kg d'urée à l'hectare.

> **Les irrigations**

Elles se font généralement tôt le matin. Les doses moyennes sont de 12 mm pour l'eau de céane, et 10 pour les eaux usées. Elles sont modulées en fonction du stade de développement des cultures avec des minima de 4 mm en début de culture et des maxima de 16 mm en phase fructifère. L'irrigation se fait manuellement avec des arrosoirs de 10 litres.

> **La protection phytosanitaire**

En ce qui concerne le traitement du sol en pépinière, le furadan (carbofuran) est largement utilisé. Cependant en culture, seuls la tomate et le jaxatu font l'objet de protection chimique avec le diméthoate, le méthomyl, le chlorpyrifos-éthyl et le métamidophos comme principaux produits employés pour lutter contre les chenilles et acariens. Les traitements se font à l'aide des arrosoirs à raison de 2 à 3 bouchons du flacon conteneur du produit par arrosoir.

> **Les approvisionnements**

Que ce soit les semences, les engrais ou les pesticides, les agriculteurs utilisent des produits homologués et se ravitaillent auprès des maisons spécialisées de la place. Il n'y a pas d'auto-production de semences comme c'est le cas dans la vallée du fleuve Sénégal et l'achat des plants de pépinières est une pratique courante chez eux surtout pour l'oignon.

● *Les cycles et rendements*

Les mesures à terme de cycles ne concernent pas la laitue, la tomate, l'oignon et le « jaxatu » (aubergine amer).

> Durée du cycle

Cultures	Eaux de céanes			Eaux usées		
	Durée (en jours)			Durée (en jours)		
	Pépinière	Occupation du terrain	Cycle total	Pépinière	Occupation du terrain	Cycle total
Laitue	25	30	55	15	25	35
Tomate	30	90	120	20	75	95
Oignons	30	90	120	20	75	95
Jaxatu	45	120	165	35	100	135

Tableau 11: Impact de l'eau usée sur la durée du cycle du légume cultivé

Comme le montre le tableau 11, l'utilisation des eaux usées diminue la durée du cycle quel que soit le légume. Les gains de temps sont observés aussi bien en pépinière qu'au niveau de l'occupation du terrain. Sauf pour la laitue, les gains de temps sont plus importants entre le repiquage et la récolte.

Ainsi, on peut en déduire, pour les cultures de tomate et « jaxatu », la durée du cycle, quand ils sont arrosés avec des eaux de céanes, autorise 2 à 3 rotations dans l'année. Par contre lorsqu'ils sont arrosés avec des eaux usées, les cultivateurs peuvent faire 4 rotations dans l'année.

De même, arrosé avec des eaux de céanes, l'oignon peut être cultivé 2 fois dans l'année alors qu'avec les eaux usées, il peut être cultivé 3 fois dans l'année.

En ce qui concerne la laitue, sa culture est très difficile pendant l'hivernage, ce qui ne lui donne qu'au maximum 6 rotations dans l'année quand elle est arrosée avec des eaux de céanes. Mais pour les cultivateurs qui utilisent les eaux usées, le premier avantage réside sur le fait que la laitue peut être

cultivée également pendant l'hivernage. On constate une sorte de résistance à l'acidité des eaux de pluies et aux ravageurs. Ceci permet d'avoir jusqu'à 8 rotations dans l'année.

➤ **Rendements**

Cultures	Type d'approvisionnement en eau	
	Céanes	Eaux usées
	Rendements en t/ha	Rendements en t/ha
jaxatu	15,57	07,57
tomate	26,12	22,90
oignon	28,59	26,21
laitue	44,50	39,10

Tableau 12. Impact de l'utilisation des eaux usées sur les rendements

Les rendements sont plus importants en terme de poids au niveau des cultures arrosées avec l'eau de céane qu'au niveau des cultures arrosées avec les eaux usées (tableau 12), même si d'apparence, ces dernières sont plus volubiles.

Impacts sanitaires sur la qualité des produits et la santé des agriculteurs

● *Contamination des légumes*

➤ **À Ouakam**

Type de produits	Densité en coliformes	Densité parasitaire
Tomate	6 550 /gramme	11 larves de <i>Strongyloides stercoralis</i> /380 grammes
Laitue	175 /gramme	2 œufs d'ascaris/170 grammes 5 larves de <i>Strongyloides stercoralis</i> /170 grammes

Tableau 13. Contamination des légumes à Ouakam

Les légumes récoltés, prêts à la vente sont contaminés aussi bien sur le plan bactériologique que parasitologique. Étant donné que la présence d'un seul parasite peut provoquer la maladie chez le consommateur, ces produits peuvent être considérés comme impropres à la consommation (tableau 13).

➤ À Pikine

Type de produits et eau	Densité en coliforme	Densité parasitaire
*Laitue (légume feuille) - Céane	105/gr	$4,7 \cdot 10^{-3}$ larves de <i>Strongyloides stercoralis</i> /gr
- eau usée	29 100/gr	$30 \cdot 10^{-3}$ œufs d'ascaris/gr $162 \cdot 10^{-3}$ <i>Strongyloides stercoralis</i> /gr $4,5 \cdot 10^{-3}$ œuf de trichocéphale/gr $9 \cdot 10^{-3}$ kystes d' <i>Entamœba minima</i> /gr
* Patate (légume tubercule) - eau usée	700 /gr	$23 \cdot 10^{-3}$ œufs d'ascaris/gr
* Jaxatu (aubergine amère) (légume fruit) - eau usées	20/gr	$12 \cdot 10^{-3}$ ascaris/gr

Tableau 14. Contamination des légumes à Pikine

Même si la charge parasitaire des légumes irrigués à l'eau de céanes est moins importante, il n'en demeure pas moins que ces légumes sont inaptes à la consommation. (Tableau 14)

● *Analyse épidémiologique chez les agriculteurs*

➤ **Caractéristiques démographiques de l'échantillon**

Données \ Sites	Ouakam Eaux usées	Pikine Eaux de céanes
1- Age		
Min	04 ans	16 ans
Max	63 ans	63 ans
Moy	35,4 ± 14 ans	40 ± 10 ans
Mode	33 ans	37 ans
2- Sexe		
Féminin	44,5%	2,8%
3- Origine géographique		
	Ouakam : 50%	Pikine : 25%
	Casa- mance : 22,2%	Thiès : 19,5%
	Autres : 27,8%	Autres : 55,5%
4- Instruction		
Absence	44,4%	30,6%
Primaire	33,3%	19,4%
Secondaire	22,2%	8,3%
Arabe	0%	41,7%
5- Situation matrimoniale		
Célibataire	55,5%	
Marié	11,1%	19,4%
		52,8%
6- Nombre d'enfants en charge		
Min	01 enfant	0
Max	07 enfants	16
Moy	14 ± 2 enfants	2,9 ± 3,4
Mode	03 enfants	0 avec mé- diane=2,5
7- Propriété		
Propriétaire	38,9%	27,8%
Locataire	5,5%	72,2%
Ouvrier agricole	55,5%	
8- Superficie du champ		
Min :	0,5 ha	0,010 ha
Max :	2,5 ha	5 ha
Moy :	0,86 ± 0,7 ha	1,22 ha ± 0,94
Mode :	0,5 ha	2 ha
9- Plaintes		
Asthénie	89%	97,2%
Anémie	61%	
Total	19	37

Tableau 15. Identification de la population

> Examen parasitologique des selles

Données \ Site	Ouakam Eaux usées	Pikine Eaux de céanes
1- Prévalence	60%	41,2%
2- Type de parasite observé		
Ascaris	35%	21%
<i>Entamæba coli</i>	27,5%	35%
<i>Endolimax nana</i>	25%	0%
Autres	12,5%*	44%**
Total	19	39

Tableau 16. Parasitoses intestinales observées

Légende : p : non valide

* Trichocéphale, *Giardia intestinalis*

** Trichocéphale, *Schistosoma mansoni*

La prévalence des parasitoses intestinales est plus élevée à Ouakam qu'à Pikine, sans qu'il y ait de différence significative (tableau 16). Les parasites les plus souvent retrouvées sont : *Ascaris*, *Entamæba coli* et trichocéphales. À noter l'existence de *Schistosoma mansoni* à Pikine chez un agriculteur venant d'une autre région où il n'a été noté aucun foyer de cette affection. La prudence s'impose pour cette affection qui est redoutable et très fréquente dans la région nord du pays où des prévalences de 90% à 95% ont été observées dans certaines zones, ceci d'autant plus qu'il existe déjà des cours d'eau au niveau de Pikine. Une recherche du mollusque (Planorbe), hôte intermédiaire du parasite devient nécessaire dans l'estimation du risque de propagation de la maladie.

> Prévalence des parasitoses urinaires

Au niveau de Ouakam, nous avons retrouvé 2 cas de parasitoses urinaires soit une prévalence de 11,1% dont :

- 1 cas de schistosomiase à *Schistosoma haematobium*

- 1 cas de Trichomonase à *Trichomonas vaginalis*

La présence de *Schistosoma haematobium* est survenue chez un agriculteur venant d'une zone endémique.

> Prévalence des parasitoses sanguicoles

À Pikine, nous avons noté 4 cas de porteurs de *Plasmodium falciparum* avec une densité variable entre 95 et 1 384 parasites/mm³ de sang soit une moyenne de 445/mm³ de sang sans aucune manifestation clinique. Cette forte densité parasitaire s'explique par le fait que ces zones ont une endémicité palustre très élevée du fait d'une forte présence d'anophèles. En plus, les conditions environnementales offrent les conditions idéales pour le développement du vecteur. Ces personnes infestées sont des porteurs sains. Ceci peut s'expliquer par le fait que ces agriculteurs ont acquis une certaine immunité relativement protectrice, mais qui peut lors d'un stress ou d'un état de déficience acquise (par la fatigue, par une autre maladie) disparaître entraînant la survenue d'un paludisme grave avec des conséquences sociales et économiques importantes.

Analyse des perspectives d'avenir et de leurs impacts

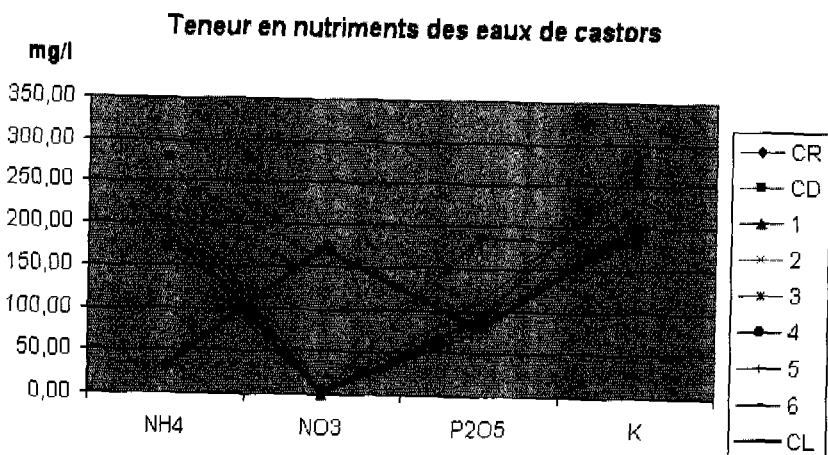
Pour une meilleure valorisation des eaux usées dans l'agriculture urbaine, il faudra envisager parmi les multiples actions à proposer, le traitement des eaux usées avant réutilisation.

Les systèmes classiques de traitement des eaux usées (boues activées, lits bactériens...) restent encore hors de portée (économiquement) des pays en développement. Cependant d'autres alternatives (moins coûteuses) en matière de traitement d'eaux usées existent et doivent retenir notre attention. C'est ainsi que nous avons suivi les eaux traitées issue de la station de traitement par lagunage mis au point par Enda RUP à Castors (Rufisque).

Il s'agit ici d'évaluer la qualité agronomique des eaux traitées, leur impact sur les rendements agricoles et la qualité sanitaire des produits. Nous avons ensuite testé cette eau en faisant varier le type de légume et les modes d'irrigation.

● *Qualité agronomique des eaux traitées*

Les effluents en fin de traitement sont riches en ammonium, phosphates et potassium. Cependant, les concentrations en nitrates, source d'azote directement consommable par les plantes, sont assez faibles. Un amendement adapté pourrait faire de cette source d'irrigation une ressource de valeur.



Graphique 11. Valeur nutritive des eaux de Castors en cultures légumières

Nous avons comparé les teneurs en macro-éléments des eaux de Castors, à la sortie de chaque bassin, à une solution nutritive Coïk-Lesaint conseillée pour l'irrigation des cultures légumières (Odet *et al.*, 1989).

Le graphique 11 montre que les eaux de Castors présentent des concentrations en nutriments assez déséquilibrées par rapport à la solution Coïk-Lesaint (CL). Les concentrations qui en sont les plus éloignées concernent celles de l'ammonium

(NH_4^+) et celle des nitrates (NO_3^-). Ces deux éléments mis à part, les eaux à la sortie du bassin 5 et les eaux en fin de traitement sont celles qui se rapprochent le plus de cette solution nutritive. Un traitement supplémentaire de ré-oxygénation pourrait contribuer à diminuer les charges en ammonium en accélérant le processus de nitrification pour une transformation en nitrate qui semble faire défaut dans l'effluent.

Il faut cependant souligner que l'azote ammoniacal (NH_4^+), hormis le fait qu'il peut être assimilé tel quel par les plantes, est relativement bien fixé par le complexe du sol limitant ainsi les risques de lessivage. Lorsque les conditions de température, d'aération, d'humidité et d'acidité des sols sont optimaux, l'azote ammoniacal est alors transformé en nitrates (NO_3^-) ; forme la plus appréciée par la plante. En période froide, cette transformation est lente. Ceci limite les pertes d'azote par lessivage et évite ainsi la pollution des nappes.

● *Impact de l'utilisation des eaux usées traitées*

> **Rendements**

Cultures	Traitements		
	Eau épurée sans engrais (A)	Eau épurée avec engrais (B)	Eau de robinet avec engrais (C)
Tomate	33,10	36,90	25,00
Jaxatu	7,10	8,60	1,30
Chou	47,80	35,50	32,10
Carotte	11,00	14,80	*
Laitue	26,40	25,92	27,36

*La carotte du traitement C a dégénéré à cause des écarts de chaleur.

Tableau 17. Rendements (T/ha) obtenus à la station expérimentale de Castors

Comme le montre le tableau 17, malgré l'apport d'engrais, l'eau usée traitée présente un rendement supérieur à celui de l'eau du robinet (sauf pour la laitue). Il faut signaler que cette première étude a été réalisée à Castors lors de l'analyse de l'efficacité de la station après quatre années de fonctionnement sans gestion technique.

> **Observations**

Elles ont porté essentiellement sur la précocité, les aspects phénotypiques et les pourritures (chou).

● Précocité

Le traitement principal (eau épurée avec ou sans engrais) manifeste en pépinière une nette précocité de l'ordre de 8 jours par rapport au témoin (eau de robinet), ce qui représente un gain de temps très important dans le calendrier cultural des agriculteurs.

● Phénotypes

Les plants du traitement principal-toutes espèces confondues -affichent une couleur vert foncé très marquée et un développement végétatif très volubile par rapport à ceux du témoin qui sont relativement pâles.

● *Impact du choix du légume et du mode d'irrigation*

Les résultats présentés ici concernent les eaux traitées de Castors en lagunage à microphytes. Les différents résultats de l'essai sont récapitulés dans le tableau 18 et 19 ci-après.

VARIABLE	Moyenne générale	Facteur bloc	Facteur type	Facteur traitement	Interaction irrigation	Coefficient de variation
% de manquants à 1 semaine	17,2	NS	NS	S	NS	40,68
Vigueur à 2 mois	2,80	NS	NS	NS	NS	18,71
Population a la récolte	87,66	NS	NS	S	NS	5,90
Rendement total (T/ha)	6,83	NS	NS	NS	NS	45,15
Rendement corrigé (T/ha)	7,66	NS	NS	NS	NS	43,42
Poids moyen d'une laitue (en grs)	54,77	NS	NS	NS	NS	39,01
Taux de matière sèche	6,71	NS	NS	HS	NS	6,8

Tableau 18: récapitulation des différents résultats de l'essai

Légende : S = différence significative entre les traitements
 HS = différence hautement significative entre les traitements
 NS= différence non significative entre les traitements.

Nb. La vigueur à 2 mois est un paramètre utilisé pour apprécier l'état végétatif de la plante. Elle comporte quatre échelons :

- 1 : faible
- 2 : moyen
- 3 : bon
- 4 : vigueur maximale

VARIABLE	Moyenne générale	Facteur bloc répétition	Facteur type d'irrigation	Facteur traitement	Interaction irrigation Traitement	coefficient de variation
% de manquants à 1 semaine	41,403	NS	NS	S	NS	65,60%
Vigueur à 2 mois	2,81	NS	NS	NS	NS	32,75%
population avant la récolte	77,34	NS	NS	S	NS	18%
Nombre de fruits par Traitement	426,2	NS	NS	S	NS	21,44%
Rendement total (T/ha)	8,10	NS	NS	NS	NS	19,91%
Rendement corrigé (T/ha)	10,22	NS	NS	S	NS	18,39%
Poids moyen d'un fruit (en grs)	19	NS	NS	S	NS	12,64%
Taux de matière sèche en %	8,15	S	NS	NS	S	11,40%

Tableau 19: Récapitulation des différents résultats de l'essai sur la tomate

Légende :

S = différence significative entre les traitements

HS = différence hautement significative entre les traitements

NS= différence non significative entre les traitements.

➤ Facteurs blocs

Dans les cas des deux cultures, les résultats obtenus au terme de l'essai n'ont décelé aucune différence significative entre les différents blocs de culture, ce qui démontre le caractère homogène du champ d'expérimentation.

➤ Facteur irrigation

Il en est de même des deux systèmes d'irrigation utilisés, ainsi, du point de vue agronomique, l'irrigation par aspersion et

celle à la raie sont similaires pour une même dose d'irrigation.

> Contamination par les métaux lourds

Du point de vue chimique, les échantillons de matière végétale prélevés sur parcelles irriguées par aspersion et à la raie ont donné des résultats quasi-similaires quant à leur teneur en métaux lourds : cuivre (Cu), zinc (Zn), cadmium (Cd), mercure (Hg), plomb (Pb) (tableau 20)

Echantillons	Cu (µg/100g)	Zn (g/100g)	Cd (µg/100g)	Hg (µg/100g)	Pb (µg/100g)
Rigole	35	75	0	0	0
Aspersion	32	73	0	0	0

Tableau 20 : Teneur en métaux lourds de la laitue irriguée par aspersion et par rigole

> Contamination bactériologique et parasitaire

Du point de vue bactériologique et parasitaire, une analyse comparative similaire a été effectuée pour caractériser les deux types d'irrigation. Ainsi des échantillons de laitue (deux de chaque) sont analysés avec l'aide de l'équipe médicale du projet et ont donné les résultats présentés dans les tableaux 21 et 22 ci-après :

ECHANTILLONS	Anguillules/100gr	Coliformes /gr	Streptocoques/gr
Laitue aspersion 1	1	40	1020
Laitue aspersion 2	0	250	1800
Laitue rigole 1	4	40	210
Laitue rigole 2	1	30	240

Tableau 21. Récapitulation des résultats de l'analyse bactériologique et parasitaire.

ECHANTILLONS	Anguillules/100gr	Coliformes /gr	Streptocoques/gr
Tomate aspersion 1	0	10	0
Tomate aspersion 2	0	0	0
Tomate rigole 1	0	0	0
Tomate rigole 2	0	0	0

Tableau 22 : Récapitulation des résultats de l'analyse bactériologique et parasitaire pour la tomate.

L'analyse du tableau 21 révèle une faible présence d'helminthes (anguillules) dans le matériel végétal arrosé avec les eaux usées, malgré la grande taille des échantillons (100gr).

Par contre, on remarque nettement que la laitue irriguée par aspersion contient beaucoup plus de germes de coliformes et de streptocoques que celle irriguée par rigole.

L'analyse du tableau 22 dénote de façon claire une absence totale d'œufs d'helminthes et de **Streptocoques** fécaux dans les échantillons quel que soit le mode d'irrigation.

Pour les **coliformes** fécaux, seul un échantillon de parcelle irriguée par aspersion présente une faible quantité, tandis que celles irriguées par rigole en sont indemnes.

Il ressort de l'étude que, plus que le mode d'irrigation, le type de légume cultivé joue un rôle plus important en matière de contamination. Ces résultats doivent être confirmés sur d'autres expériences.

> Développement végétatif

Concernant la laitue, au cours de l'essai les plants irrigués avec les eaux usées ont souffert de la trop grande richesse en éléments fertilisants du champ d'expérimentation. Des en-

quêtes nous ont révélés que ce site constituait un dépotoir de boues des stations d'épuration.

Cette trop grande richesse a dans une large mesure influencé négativement les traitements T_1 (eaux usées avec fertilisation) et T_2 (eaux usées sans fertilisation), effectués avec des eaux usées qui de par leur composition naturelle sont très riches en éléments fertilisants; cette nocivité a été accrue par l'apport d'engrais au traitement T_1 . Autrement dit les parcelles irriguées avec l'eau de ville ont eu un léger meilleur comportement végétatif [surtout la T_3 (eau du robinet avec fertilisation) qui a reçu un apport de fertilisant minéral].

Pour la tomate, la pépinière semée le 15 janvier s'est déroulée dans d'excellentes conditions. Durant cette phase la pépinière irriguée avec les eaux usées a donné un développement spectaculaire, meilleur que celle irriguée avec l'eau de ville avec une absence totale de fonte de semis. Mais, une semaine après le repiquage, le pourcentage de manquant a augmenté de façon exponentielle dans les parcelles irriguées avec les eaux usées, dépassant même les 50%. Les parcelles irriguées avec l'eau de ville, par contre ont eu un comportement meilleur (mais pas de façon significative).

Pour ce qui est du peuplement avant la récolte, la tendance est restée la même, les parcelles irriguées avec l'eau de ville ont obtenu un comportement significativement meilleur que celles irriguées avec des eaux usées.

L'examen de la vigueur à deux mois confirme la même tendance observée pour les deux premiers critères avec un comportement végétatif légèrement meilleur des parcelles irriguées avec l'eau de ville. Il faut reconnaître que les parcelles irriguées avec les eaux usées ont été pénalisées par la forte salinité et le seuil du pH légèrement au-delà de la neutralité des eaux.

A deux mois de végétation (correspondant à la période de récolte de l'essai laitue), le pH et la conductivité étaient beaucoup plus faibles (respectivement 7,36 et 2145 μ S/cm). Par la suite, ils se sont accrus et ont endommagé les traitements T₁ (eaux usées avec fertilisation) et T₂ (eaux usées sans fertilisation) effectués avec les EU.

Du point de vue phytosanitaire, on n'a pas noté d'attaques de chenilles qui constituaient les insectes les plus dangereux des cultures de tomate durant cette période. La fréquence des traitements y a été pour beaucoup. Par contre les mouches blanches (insectes vecteurs de virose) le Tylev et le Stolbur de la tomate (maladies virales) et l'alternariose (maladie fongique) ont été au rendez-vous en fin de culture.

> Rendement

Concernant la laitue, les écarts significatifs notés dans le développement végétatif ne se sont pas répercutés au niveau des rendements avec la même ampleur. En effet les différences observées au niveau des rendements ne sont pas significatives. Autrement dit la laitue irriguée avec des eaux usées sans apport d'engrais a valablement concurrencé celle irriguée avec de l'eau de ville avec fertilisation.

Ainsi du point de vue agronomique, la réutilisation des eaux usées en culture de laitue, avec une fertilisation modulée en fonction de la richesse du sol peut valablement concurrencer la pratique de la même culture irriguée avec de l'eau de ville avec fertilisation.

Pour la tomate, dans l'ensemble, les rendements sont relativement faibles avec une moyenne générale de 8,10T/ha. Ceci a été l'apanage des mauvaises conditions dans lesquelles l'essai s'est déroulé (non assiduité des irrigations telle que préconisée dans le protocole).

Avec les différentes composantes du rendement que sont : le rendement total, le rendement corrigé, le nombre de fruits par traitement et le poids moyen d'un fruit, la différence est significativement nette au profit des traitements effectués avec l'eau de ville (pour le rendement total, la différence est hautement significative allant même jusqu'au dédoublement). Ainsi les parcelles traitées avec l'eau de ville ont obtenu les meilleurs rendements, le plus grand nombre de fruits, mais aussi les meilleurs calibres.

La tendance observée sur le développement végétatif s'est traduit par une meilleure floraison et une meilleure fructification des traitements T_3 (eau de ville avec fertilisation) et T_4 (eau de ville sans fertilisation). Il faut signaler que les traitements T_1 et T_2 ont subi les effets néfastes de la salinité et du pH trop élevés.

➤ **Capacité de conservation**

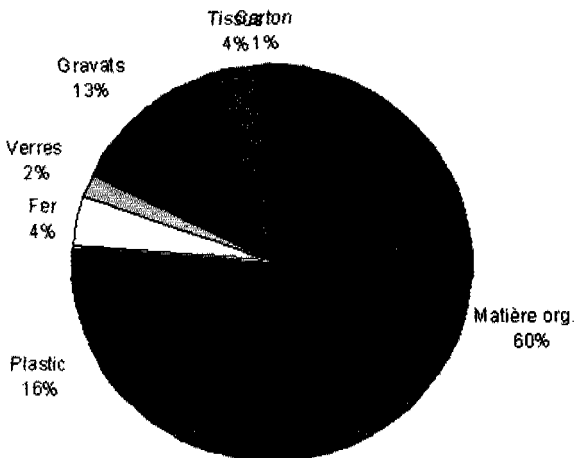
Au niveau de la laitue, l'étude des résultats du taux de matière sèche a révélé que les traitements T_1 et T_2 ont des taux de matière sèche significativement supérieurs aux autres. Ce qui présage de meilleures aptitudes à la conservation pour la laitue irriguée avec des eaux usées traitées.

Pour la tomate (qui est un légume fruit) l'étude du taux de matière sèche n'a pas révélé (à l'opposé de la laitue qui est un légume feuille) de différences significatives entre les différents traitements. Autrement dit les fruits obtenus avec les différents traitements (eaux usées et eau de ville) ont des capacités de conservation quasi-similaires.

● *Co-compostage de macrophytes et d'ordures ménagères : effets du produit sur une culture de tomate (Solanum lycopersicum) selon la nature de l'eau d'irrigation*

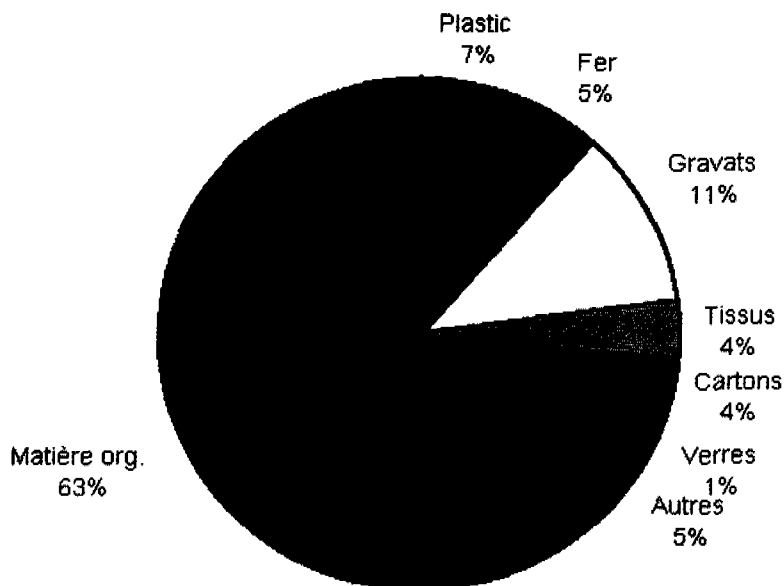
➤ Composition des ordures

Le tri des ordures indique une importante présence de substrats biodégradables (graphique 12 et graphique 13), soit près de 60 % de la masse totale dans le cas de Diokoul. Ces matériaux organiques sont suivis par les plastiques et le gravier. L'examen minutieux des déchets organiques montre cependant que les restes de cuisine et autres résidus de jardins représentent de faibles proportions contrairement aux pailles et aux crottes d'animaux. On note une prépondérance des substrats fermentescibles dans le quartier de Castors, avec un habitat majoritaire de fonctionnaires (63%) contre 60% à Diokoul, quartier de pêcheurs, cet écart semble lié à la différence du niveau de vie des populations. Il faut noter cependant un important résidu de gravats contrairement aux pourcentages signalés par N'gnikam *et al.*, (1995) et Gougou (1995) avec respectivement 5,9% à Yaoundé et 1 % à Yamoussoukro.



Graphique 12 : Composition moyenne des ordures ménagères à Diokoul

Composition des ordures



Graphique 13 : Composition des ordures ménagères à Castors

> Caractéristiques chimiques des différents composts obtenus

Il faut rappeler que le compost 1 est fabriqué à partir des ordures ménagères de Diokoul, il est arrosé avec les eaux usées traitées de la station de lagunage de Diokoul. Le compost 2 est fabriqué à Castors à partir des ordures ménagères du quartier arrosé avec les eaux usées traitées de la station de lagunage de Castors. Enfin, le compost 3 est fabriqué à partir des ordures de Castors mais cette fois arrosé avec l'eau du robinet. «Il faut signaler que dans tous les cas, nous avons noté une thermophase qui avoisine par moment les 70°C. On observe après un traitement approprié (retournement), une évolution de la température des tas conforme à un bon processus de compostage (Mustin, 1987 ; Seck, 1987).»

Les dosages du carbone et de l'azote montrent que les composts matures ont des rapports C/N très proches. Ces rapports sont relativement bas et montrent que ces composts se sont fortement minéralisés. Utilisés en agriculture ils apparaissent plutôt comme des engrais organiques que comme des amendements organiques (Mustin, 1987). Les teneurs obtenues en P et K sont conformes à celles d'un bon terreau organique et sont proche des résultats obtenus à partir de substrats organiques ligneux plus homogènes (Seck *et al.*, 1998). Le dosage des métaux lourds révèle des quantités raisonnables, puisque selon Guene, (1995), qui trouve pour le Pb une concentration de 0,99, la norme moyenne en Suisse est de 1,2%.

La qualité de notre produit est confortée par les chiffres rapportés par Vermande, (1995). On notera l'absence du Pb, du Cu et du Cr dans le compost 3.

Éléments	Compost 1	Compost 2	Compost 3
C/N	8,0	8,9	8,5
K (%)	1	1,3	1,1
P (mg/100g)	10,8	10,4	9,63
Mg (%)	0,47	0,49	0,43
Ca (%)	4,98	5,27	3,19
Cd (%)	<0,003	<0,003	<0,003
Hg (%)	0,019	0,004	0,006
Pb (%)	0,004	0,003	0
Cu (%)	0,0054	0,0011	0
Cr (%)	0,0015	0,002	0

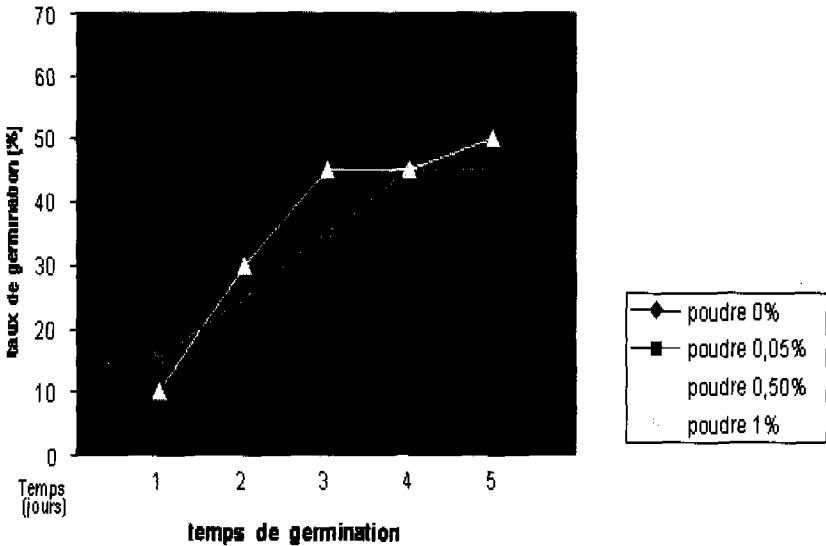
Tableau 23 : Analyse chimique comparative de 3 types de compost

➤ Tests de germination et de croissance in vitro

● Effets des poudres de compost 2

Les résultats indiquent, pour ces paramètres, un effet stimulant pour de très faibles concentrations (graphique 14). Nous avons noté, avec des matériaux différents, une réaction similaire mais seulement au niveau de la germination alors que pour la croissance un effet inhibiteur directement lié à la concentration du produit avait été observé (Seck, 1987, Seck *et al.*, 1991), Sifi (1986), Hennequin *et al.*, (1967), Krogstad *et al.*, (1975) ont rapporté des données semblables.

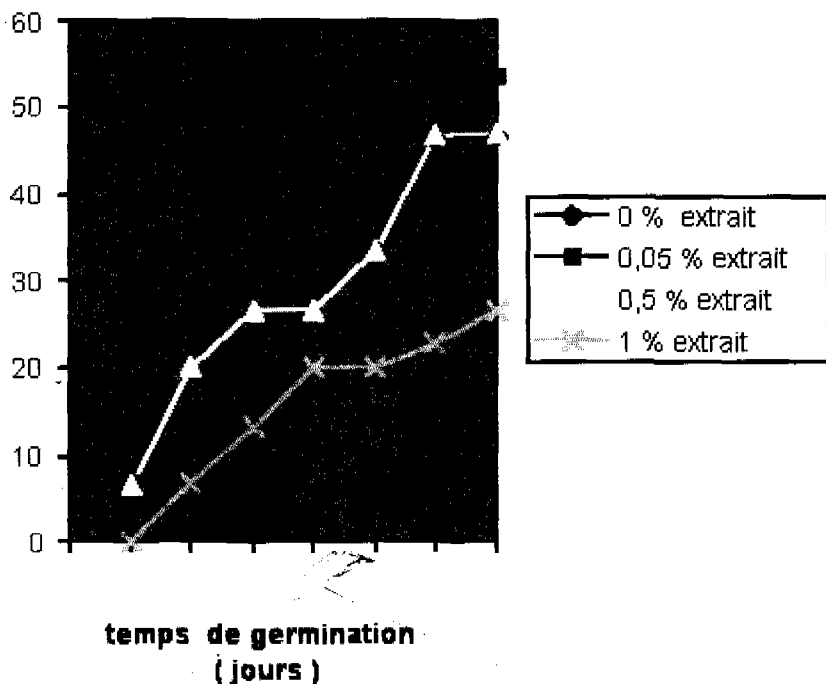
Effets des poudres sur la germination de tomate



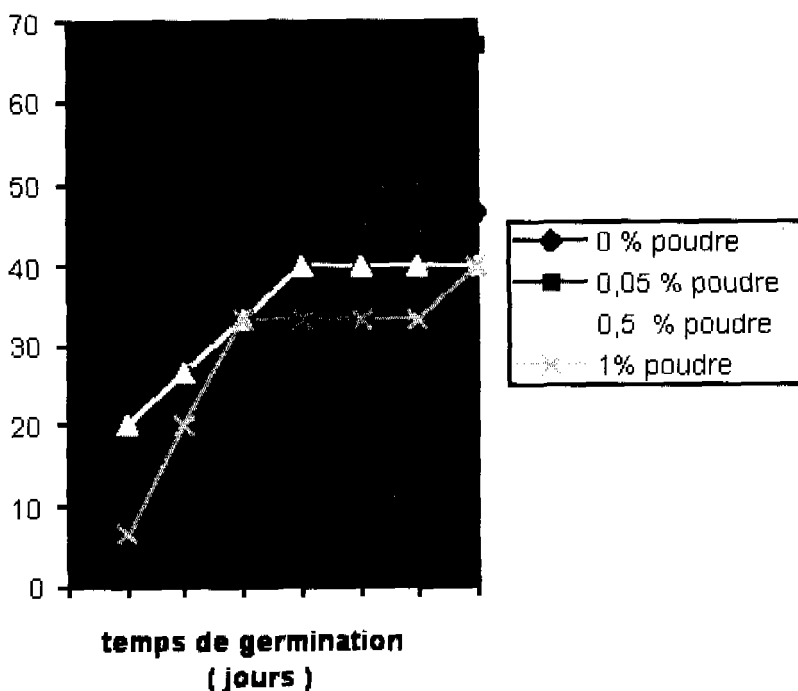
Graphique 14 : Effets des poudres de compost 2 sur la vitesse de germination de graines de tomate

Tests de germination et de croissance avec les extraits et poudres du compost 3

L'effet stimulant est moins évident. Ces résultats sont plus proches de nos observations antérieures mais avec des balles de riz (Seck *et al.*, 1991). Les taux de germination sont nettement inférieurs à ceux obtenus avec le compost 2, cette différence est aussi confirmée par les tests de croissance sur les extraits (graphique 15). Par contre ces données ne se sont pas répétées avec les poudres (graphique 16) où les écarts ne sont pas significatifs et même parfois inversés. Apparemment les eaux usées traitées ont une action plus bénéfique sur la physiologie de la tomate.



Graphique 15 : Effets des extraits de compost 3 sur la germination



Graphique 16 : Effets des poudres de compost 3 sur la germination

L'évaluation de la production maraîchère indique que les parcelles ayant reçu du compost et arrosé à l'eau usée, donnent de meilleurs rendements moyens, soit 26.26 t/ha contre 13.06 pour l'eau de robinet, 15.52 pour le compost de Diokoul et 11.12 pour le témoin.

A l'évidence l'eau usée a eu un effet stimulant sur le développement des cultures et on doit admettre que sa charge minérale a renforcé en qualité et en quantité la nutrition végétale relativement à ce paramètre.

On a constaté par ailleurs que les cultures des parcelles amendées en composts ont mieux résisté aux attaques qui se sont traduites par des rendements très médiocres dans les champs environnants ainsi le compost aurait un effet positif sur la capacité de résistance des végétaux à certaines maladies cryptogamiques.



Photo 1. Parcelle témoin



Photo 2. Parcelle avec compost de Diokoul



Photo 3. Parcelle avec compost de Castors eaux usées

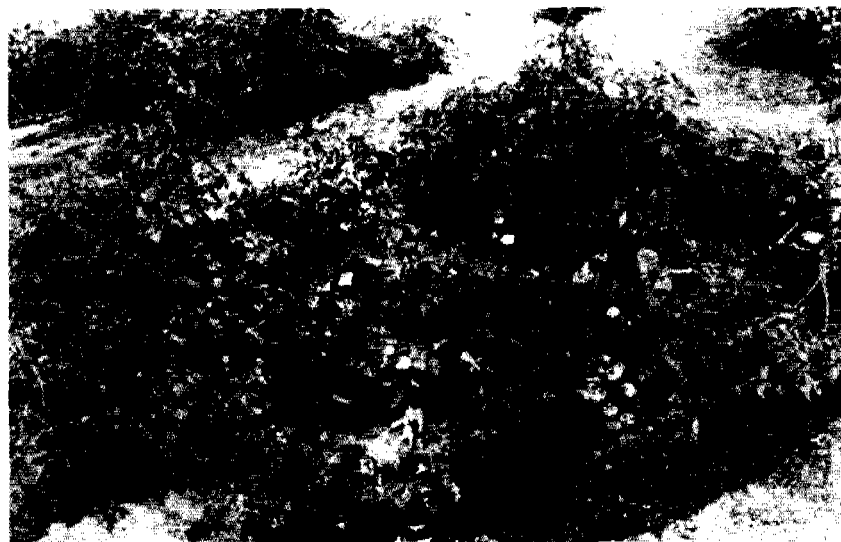


Photo 4. Parcelle avec compost de Castors eau du robinet

Conclusion

Avec 384 exploitations couvrant 42,24 ha et polarisant 830 actifs, la vallée de Pikine peut être considérée comme un vivier qui contribue d'une façon notable à la lutte contre la pauvreté.

Elle facilite également l'approvisionnement des populations riveraines en légumes et fruits.

Le développement de l'activité bien que techniquement limité est surtout entravé par le statut foncier précaire des exploitants qui, de ce fait, ne peuvent pas faire d'investissements importants par crainte d'être expropriés à tout moment. Une éventuelle restructuration de l'activité horticole dans la zone passe par la résolution du problème foncier.

Par ailleurs, pour pallier la seconde contrainte constituée par la pénurie en eau, l'utilisation des eaux usées peut constituer une alternative assez intéressante. Les études réalisées ont montré que les eaux usées utilisées présentent des caractéristiques différentes en fonction du site. Ainsi, ces eaux sont plus riches en nutriments à Pikine et Patte d'Oie qu'à Ouakam. Il a été noté également que leurs caractéristiques varient en fonction du jour considéré. Cette donnée peut être utilisée dans le sens de l'élimination des eaux les moins favorables.

Il a été noté enfin, en considérant quelques types de solutions fertilisantes conseillées dans l'irrigation des légumes, que les eaux usées de Pikine et Patte d'Oie sont les plus proches de ces solutions. Il faut noter enfin que les eaux de céanes présentent les plus importantes concentrations en nitrates, élément fertilisant le plus rapidement utilisable par la plante, mais qui est également rapidement perdu par infiltration hors d'atteinte des racines.

Il ressort également de l'étude que l'utilisation des eaux usées diminue la durée du cycle quel que soit le légume. Ce qui a pour conséquence une augmentation notable sur les rendements.

Malgré tout, la contamination bactériologique et parasitologique sont des paramètres à prendre en compte. Notre étude a montré la présence de parasites dont la contamination se fait par pénétration directe à travers la peau (Ankylostomes, Anguillules), aussi bien dans les eaux usées que dans les eaux soit disant saines (céanes). Or, pour arroser les parcelles, les agriculteurs pénètrent dans les céanes pour remplir leur arrosoir, de même que les vendeuses, pour nettoyer les légumes achetés. À ce niveau, on peut dire que les vendeuses risquent plus d'être contaminées que les agriculteurs puisqu'elles passent plus de temps dans l'eau que ces derniers. En effet elles peuvent mettre 30 à 45 mn dans l'eau sans en ressortir pour nettoyer minutieusement les laitues. Leur peau a ainsi largement le temps de ramollir ce qui facilite la pénétration des parasites. Par contre, les agriculteurs qui ont un rythme d'arrosage intense passent moins de temps dans l'eau. Malgré tout, après quelques passages, leur peau peut être suffisamment ramollie pour permettre une infestation.

Les études épidémiologiques réalisées dans les deux sites ont révélé une différence au niveau des prévalences parasitaires,

cependant celle-ci n'est pas significative. Il se pose alors, le problème de la maîtrise des sources de contamination des zones d'approvisionnement en eau. Interdire l'utilisation des eaux usées et même préconiser le traitement de ces dernières avant réutilisation serait insuffisant, si les autres sources de contamination ne sont pas cernées.

Par ailleurs, les essais de valorisation des eaux traitées de Castors dans l'agriculture ont montré que ces dernières augmentent les rendements pour ce qui concerne la laitue. Par contre pour la tomate, ceci n'a pas été observé. Au contraire, les meilleurs rendements ont été obtenus avec l'eau de la ville. Nous avons également noté qu'une irrigation par raie diminue les risques de contamination microbiologique. Cependant plus que tout, la culture de légume fruit semble être plus déterminant dans l'abaissement de l'impact sur la qualité sanitaire des légumes.

Face au coût élevé de l'eau de la S.D.E. pour l'irrigation des exploitations, face à l'éventualité d'une interdiction de l'utilisation abusive des puits dans la zone des Niayes (en cas de surexploitation, il y aurait un risque d'intrusion de la nappe salée) et enfin face à la diminution d'année en année des surfaces cultivées (soit 56 ha en 33 ans) (Niang *et al.* 2002), l'utilisation des eaux usées traitées se présente comme une perspective assez intéressante pour maîtriser l'intensification des productions. Devant l'utilisation de plus en plus importante de l'eau usée brute dans le maraîchage, les suggestions suivantes ont été retenues :

- le traitement des eaux résiduaires avant réutilisation (dans le cas où des réseaux d'égouts existent) par des techniques dites extensives et économiquement abordables ;

- la limitation de la réutilisation des eaux usées à certaines cultures qui sont les moins sensibles à la transmission des maladies (arbres fruitiers) ;
- l'adoption de méthodes d'irrigation « plus hygiéniques » que celles traditionnellement utilisées (aspersion, arrosoirs) telles que l'épandage souterrain ou l'irrigation par raies ;
- la limitation de l'exposition humaine par une éducation en matière d'hygiène de base et par le port de bottes et de gants.

En plus des contrôles sur le terrain pour faire observer la loi 71-83 portant le code de l'hygiène en son article L 41¹, le Service d'Hygiène doit effectuer des campagnes de sensibilisation sur les risques sanitaires encourus par les agriculteurs et les consommateurs.

Si dans la filière alimentaire, le risque zéro est difficile à obtenir, il est plus que temps d'y introduire la notion de traçabilité curative, gage de sécurité. Il s'agit de localiser et de suivre les sources de contamination des aliments de la production à la consommation. Il faut également mieux informer et rassurer les consommateurs, qu'en prenant des précautions d'ordre hygiénique, ils peuvent être à l'abri de certains risques liés à la consommation des produits cultivés avec les eaux usées non traitées.

Face aux coûts élevés des stations d'épuration de type extensives, ENDA a proposé un système, avec des techniques extensives d'épuration des eaux usées, adapté au contexte local

¹ Le déversement ou le dépôt des déchets, les vidanges de matières fécales sont interdits sur tous les terrains où sont cultivés des fruits ou des légumes susceptibles d'être consommés crus et dont la partie comestible peut se trouver au contact de ces déchets .

et capable d'apporter des solutions aux problèmes d'assainissement du pays. Ce système novateur de collecte et de traitement des eaux usées peut être considéré comme une stratégie de développement par la réutilisation des eaux usées en agriculture urbaine.

Bibliographie

- Arnold et al.(1986). Encyclopédie médicale de l' Afrique Larousse Afrique, 287 p
- Agence de Développement Municipal (ADM). (1999). Audits urbain, organisationnel et financier de la ville de Rufisque. Vol 2, Dakar, 199 p.
- Bakker N. (2000). Growing cities, growing food, 2000
- Decupper J. (1995). L'horticulture, première richesse du Sénégal. Bull. d'information économique de la chambre de commerce, d'industrie et d'agriculture de Dakar, n°51, p.51
- Diallo S, Konate L, Ndir O, Dieng Y, Dieng Th, Bah I.B, Faye O, Gaye O. (2000). Le paludisme dans le district sanitaire centre de Dakar (Sénégal). Données entomologiques, parasitologiques et cliniques. *Cahiers Santé* ; **10** : 221-9.
- Diaw F. (2000). Le péril chimique dans les niayes, in Le Soleil du 13 Novembre 2000
- Dieng Y, Tandia A. A, Wane A.T, Gaye O, Diop E.S, Diallo S. (1999). Les parasitoses intestinales chez les habitants d'une zone périurbaine à nappe phréatique polluée par les nitrates d'origine fécale (Yeumbeul, Sénégal). *Cahiers Santé* ; **9** : 351-6.

- Diouf D. (2000). Les plantes génétiquement modifiées : la révolution agricole du troisième millénaire ", in *Le Soleil du 23 Octobre 2000*
- Dupriez H. et de Leener P. (1987). Agriculture Tropicale en milieu paysan africain, Editions Terres et Vie, Belgique, 1987, 282 p.
- Fall, C. (1992). Communication orale lors de la semaine de l'IFAN.
- Gaye O, Faye O, Dieng Y, Ndir O, Feller-Dansokho E, Lakh N.C, Diallo S. (1997). Le paludisme en milieu urbain : cas de la ville de Rufisque au Sénégal. *Dakar Médical* ; 42, 1, 54-8.
- Guene O. (1995). Valorisation des déchets organiques dans les quartiers populaires des villes africaines. Résultats préliminaires. Dans proceeding de la 1^{ère} conférence du Réseau Africain du Compost. Ed. SECK M.A.Dakar, 148-156
- Gougou A. (1995). Problématique des ordures ménagères en Cote d'Ivoire, indicateurs de gestion des déchets solides. Dans proceeding de la 1^{ère} conférence du Réseau Africain du Compost. Ed. SECK M.A., Dakar, 61-83
- Hennequin J.R., Juste C. (1967). Présence d'acides phénols libres dans le sol : Étude de leur influence sur la germination et la croissance des végétaux. *Ann. agron.*, 18, 5, 545-569
- Infoterra. (1996). La gestion et l'exploitation des eaux usées dans la région de Dakar (Sénégal). Infoterra Afrique de l'Ouest, n°2, février 1996, 63 pp.
- ISRA. (1997). Plan stratégique de l'ISRA. Zone des Niayes. ISRA-CDH, octobre 1997, 75 p.

- Krogstad O., Solbraa K. (1975). Effects of extracts of crude and composted bark from spruce on some selected biological systems. *Acta agricultura scandinavica*, 25, 306-312
- Mara D et Cairncross S. (1991). Guide pour l'utilisation sans risques des eaux résiduaires et des excreta en agriculture et aquaculture. Mesures pour la protection de la santé publique. OMS. 205 p
- Martin-Prével P., Gagnard J., Gautier P. (1984). L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 810 p.
- Mbaye A. et Moustier P. (1999). L'agriculture urbaine Dakaroise, 23/02/99, p.41
- Mbaye M. (2000). Prévalence des parasitoses intestinales à Dakar- Résultats d'études effectuées dans les districts sanitaires ouest et nord. *Thèse Pharmacie Dakar*, n° 31.
- Mbodj A. (2000). les producteurs à l'assaut des goulots d'étranglement in *Le Soleil du Mardi 9 Mai 2000*
- Ministère de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement, (1986). Plan directeur d'urbanisme de Dakar 2001, Juillet 1986, 255 P.
- Mougeot L. (1996). Urban agriculture in Africa, Kenya, 1996, 284 p.
- Mustin M. (1987). Le compost, gestion de la matière organique. Éditions Françoise Dubusc, Paris 954 pages
- Ndaw M. (2000). Fruits et légumes le malaise de la filière horticole" in *Sud Quotidien n°2123 du 03 Mai 2000*

- Ngingue M. (1992). Les cultures maraîchères au Sénégal, mémoire de fin d'étude, Ecole Normale Supérieure d'Enseignement technique et Professionnel, UCAD, Dakar, 48 p.
- N'gnikame, N'doumbe, N'ktoh, Wethe J. (1995). Mise en place de dix compostières dans les quartiers de Yaoundé: Animation et participation des populations. Dans *proceeding de la 1^{ere} conférence du Réseau Africain du Compost*. Ed. SECK M.A., Dakar, 31-60
- Niang S. (1996). Utilisation des eaux usées domestiques en maraîchage périurbain à Dakar (Sénégal) in *Sécheresse, vol7, n°3 Septembre 1996 ; 217-223*
- Niang S., Diop B. S., Mbeguere Mb. & Radoux M. (1997). Optimisation des rendements de six stations miniatures d'épuration par voie naturelle soumises à des eaux usées urbaines fortement chargées. *Bull. Inst. fond. Afr. noire Cheikh Anta Diop, Dakar. sér. A, vol 49 ; 191-204.*
- Niang S, Sarr O, Diarra K, Dieng Y, Toure K, Gaye M, Seck M, Diop S, Ngingue M, Guisse Mb. Y. (2001). L'agriculture péri-urbaine dans les niayes de dakar, une contribution à la sauvegarde de la biodiversité dans les zones humides tout en préservant la santé des populations locales. Rapport scientifique, IFAN Ch. A. Diop. Septembre 2001. 52 p.
- Seck M.A.(1987). Le compostage des coques d'arachide:une technique permettant d'améliorer la qualité des sols sahéliens. Thèse de 3^{ème} cycle, Université de Nancy1,139pp.
- Seck M.A. et Kilbertus G. (1991). Compostage des balles de riz: Analyses chimique, microbiologique et toxicité

résiduelle sur le *Solanum lycopersicum*. Rapport au PNUD, 18 pp.

Seck *et al.* (1997). Impact des eaux usées sur les produits maraîchers in *Info CREPA*, n°22,

Smith O. B. (1999). Agriculture urbaine en Afrique de l'Ouest : une contribution à la sécurité alimentaire et à l'assainissement des villes, Juillet 1999, CRDI, 212 p.

Seck M.A. and Gilles L. (1998). Utilisation of *Casuarina equisetifolia* residues inorganic farming systems of the Niayes (Senegal). Proceedings of the international conference on sustainable agriculture for food, energy and industry, James and James Ed., vol.1, 615-617

Sifi B.(1987). Valorisation des écorces de chêne (*Quercus pedunculata*) et de leurs substances hydrosolubles. Thèse de 3^{ème} cycle, Université de Nancy 1,239 pp.

PHELUT E., (2000). Mise en place d'un système d'information géographique en milieu urbain pour le quartier de Diokoul – ville de Rufisque (Sénégal), 2000, 49 p.

ODET J., MUSARD M., WACQUANT C. (1989). Mémento fertilisation des cultures légumières. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (Ctifl). 22 rue Bergère 75009 Paris. 398 p.

Ouédraogo, B. *et al.* (1999). Perception de l'eau, de l'hygiène et des maladies chez les maraîchers de Ouagadougou in *Info CREPA* n°23 Janvier-Février-Mars 1999. P. 9 à P. 17)

Wermande P. (1995). Les aspects scientifiques, techniques et environnementaux liés au compostage des déchets en Afrique. Dans Proceedings de la 1^{ère} conférence du Réseau Africain du Compost. Ed. SECK M.A.,157-161.

Partie III

Efficacité du traitement par lagunage des eaux usées de Castors et Diokoul (Rufisque, Sénégal)

Efficacité du traitement par lagunage des eaux usées de Castors et Diokoul (Rufisque, Sénégal)

Résumé

La station de Castors a été conçue pour fonctionner en lagunage à macrophytes avec *Pistia stratiotes* (L.). Cette plante est une herbe en rosette flottant librement à la surface de l'eau et est assez semblable à la laitue d'où le nom commun de laitue d'eau. Ses racines finement ramifiées plongent dans l'eau participant ainsi activement au procédé de traitement. Cette plante appartenant à la famille des Aracea est très répandue dans les régions tropicales et subtropicales. L'absence de gestion technique dans la station de Castors a été à l'origine de la colonisation des bassins d'épuration par des plantes aquatiques qui se sont implantées spontanément. Nous avons noté la présence de *Typha australis* (Shum.& Thonn.), *Eragrostis diplachnoides* (Steud.), *Echinochloa pyramidalis* (Hitchc. & Chase), *Pistia stratiotes* (L.), *Amaranthus viridis*, *Tamarix senegalensis* (DC.), et *Blumea aurita* (DC.).

La comparaison des rendements en présence de macrophytes ou en lagunage à microphytes montre que pour l'abattement des MES, les rendements sont plus faibles en lagunage à microphytes, 89 % contre 94 %. Pour l'abattement de la DBO₅, l'efficacité du lagunage à macrophytes est toujours supérieur, 81% contre 46 %. Il en est de même pour la DCO, mais ici la

différence est assez faible, 76 % contre 65 %. En ce qui concerne l'épuration tertiaire, la domination du lagunage à macrophytes est présente pour l'élimination de l'ammonium et des nitrates 42 % et 31 % contre 18% et un rendement négatif pour les nitrates en lagunage à microphytes. Par contre pour l'élimination des phosphates, le lagunage à microphytes semble plus efficace, 66 % contre 42 %. Par rapport aux valeurs guides proposées par la Directive européenne, les effluents de Castors en présence de macrophytes, respectent cette Directive pour la DCO, la DBO5 et les MES, par contre en lagunage à microphytes, seuls les rendements pour l'abattement des MES sont respectés. Par rapport aux valeurs indiquées par le Projet de normes de rejet sénégalais, seule la rétention des MES en présence de macrophytes est respectée. Concernant la désinfection, les normes de réutilisation en agriculture sans restriction édictées par l'OMS ne sont pas respectées pour l'abattement de coliformes fécaux par contre les parasites sont retenus à 100%.

Par ailleurs cette étude a permis de proposer pour Castors des valeurs pour l'équivalent habitant qui sont de 40 litres par habitant par jour pour une DCO de 82 g par habitant par jour, une DBO5 de 38 g par habitant par jour et des MES de 152 g par habitant par jour. Ces valeurs sont pour le moment provisoires et seront confirmées au cours de la phase 2 de l'étude.

I

Problématique

Dans un contexte défavorable de cycles successifs quasi-permanent de sécheresse, de développement urbain anarchique, de conjoncture économique et de dévaluation de la monnaie, les services publics des grandes villes du Sénégal ont vite montré leurs limites. Ce qui est à l'origine de la dégradation du niveau de vie des populations et de la qualité de l'environnement. Aujourd'hui, l'augmentation du volume des eaux usées étroitement liée à la croissance urbaine pose un grave problème d'assainissement.

Aussi, la gestion des eaux résiduaires dans les grandes villes et même dans les villes secondaires constitue un des défis majeurs à relever dans les programmes de gestion urbaine des municipalités d'Afrique et des autres pays en développement. D'ailleurs, dans la plupart des pays en développement, ce volet de la gestion urbaine est pris en charge au niveau national. En effet cette gestion des eaux résiduaires qui comprend la collecte des eaux usées depuis les lieux de production (à partir des maisons, entreprises ou service), jusqu'à leur traitement avant rejet en passant par leur canalisation vers les stations de traitement est un poste assez dispendieux. Il faut reconnaître que si dans les pays développés, les problèmes de collecte et d'évacuation sont quasi dépassés, celui du traitement des eaux demeure toujours actuel. Par contre dans les pays en développement, aucun de ces points n'est résolu. Ainsi sur 180 000 m³ d'eaux usées produites par jour

par la ville de Dakar (Dakar et Pikine), seulement 37 % sont collectés actuellement par un réseau d'assainissement (JICA et MH, 1994).

Plusieurs techniques d'épuration dites classiques (boues activées, lits bactériens, bio-disques...) ont été mises au point depuis quelques décennies. Ces procédés assurent le plus souvent les traitements primaire et secondaire. L'épuration tertiaire et la désinfection sont très coûteuses et ne sont généralement pas réalisées. Néanmoins, ces techniques sont performantes en zone urbaine, principalement en raison de leur demande modérée en surface pour l'emprise au sol. Mais pour les petites et moyennes agglomérations, leur coût par équivalent-habitant devient trop élevé. Et dans la perspective d'une réutilisation des eaux dans l'agriculture urbaine, le problème de la désinfection se pose. Ces stations nécessitent un traitement chimique complémentaire (généralement la chloration), pour assurer la désinfection.

Il faut signaler que le Sénégal a, depuis 1970, déployé d'énormes efforts pour le traitement des eaux usées urbaines. C'est ainsi qu'on peut compter à Dakar cinq stations d'épuration des eaux usées, toutes de types classiques. La plus ancienne date de 1971 et était de type « lit bactériens ». On peut y compter en plus trois autres de type « boues activées » et une de type « lagunage à microphytes ». Aujourd'hui, une seule de ces stations, celle de Cambérène dimensionnée pour 100 000 équivalent habitant pour un coût de 2,5 milliards de francs CFA (avant dévaluation), est fonctionnelle (Niang, 1995). Il ne fait plus de doute que les technologies sophistiquées, importées des pays développés ne suffisent pas pour résoudre les problèmes d'assainissement des pays en développement (niveau élevé des investissements et de l'entretien, comportements non conformes des populations bénéficiaires, ainsi que le manque de capacité d'adaptation des structures chargées de ces questions en dépit de l'évolution de la capacité des acteurs de la société civile dans ce domaine).

Par ailleurs, une intégration de l'assainissement dans une perspective de développement devrait envisager la réutilisation des déchets traités comme ressources exploitables dans l'agriculture urbaine des pays arides et pauvres. En effet, les résultats des enquêtes de terrain ont montré chez les agriculteurs adeptes de la pratique, une économie en eau et en intrants assez notable. Malgré tout, il faudra tenir compte des risques de contamination et propagation de maladies au niveau de la population. La recherche a montré, qu'à côté des technologies classiques d'épuration des eaux usées très coûteuses, existaient des technologies alternatives financièrement accessibles qui pourraient être adaptées au contexte le plus local. Contrairement aux précédentes, ces techniques d'épuration dites extensives n'utilisent pas d'énergie artificielle pour leur fonctionnement. Elles se fondent sur l'énergie solaire et le pouvoir auto-épurateur des écosystèmes aquatiques, semi-aquatiques et terrestres. Ces procédés sont capables d'assurer toute la chaîne d'épuration (primaire, secondaire, tertiaire et désinfection). Pour les pays en développement, ils présentent des avantages certains liés entre autres, à leurs coûts d'entretien relativement faibles et à leur gestion de type agricole qui ne nécessite pas de personnel qualifié.

En réalité, le schéma de principe de l'épuration des eaux par lagunage est très simple. Les eaux usées subissent un traitement biologique grâce à un système de bassins placés en série et exposés à l'air libre. Ces lagunes sont aussi appelées bassins de stabilisation. Les bassins ont une faible profondeur et une grande surface favorisant une épuration bactérienne aérobie sans avoir à dépenser de l'énergie pour la fourniture d'oxygène puisqu'il est fourni par les microphytes et par un grand interface air-eau. La succession de plusieurs bassins en série permet la réalisation des étapes suivantes :

- une décantation primaire pour l'élimination des matières en suspension qui s'effectue par simple sédimentation. Ce processus physique assez lent, a le temps de s'effectuer car l'une des particularités des stations de lagunage est le temps de séjour qui est très long ;
- une épuration secondaire permet la dégradation des molécules organiques résultant de l'activité des microorganismes présents dans l'eau qui utilisent l'oxygène fourni par le phytoplancton (photosynthèse) ;
- une épuration tertiaire qui peut être partiellement réalisée en fin de station où on assiste à un phénomène d'eutrophisation, c'est-à-dire un développement exceptionnel d'algues. Les éléments éliminés durant ce traitement sont l'azote et le phosphore ; le lagunage à macrophytes joue à ce niveau, un rôle important ; en effet les plantes présentes dans le milieu utilisent pour leur nutrition les matières minérales issues de la dégradation des molécules organiques ; ceci a pour conséquence de limiter la prolifération des algues microscopiques et le phénomène d'eutrophisation (à condition qu'une partie des plantes soient régulièrement extraite du milieu).

Les eaux usées apportent une grande quantité de matière organique. Elle est minéralisée par des décomposeurs (bactéries et champignons). Une partie peut être directement assimilée par des animaux (protozoaires et métazoaires). La décomposition et la digestion aérobie de cette matière carbonée produisent du dioxyde de carbone. Les organismes hétérotrophes utilisent donc cette matière carbonée comme source d'énergie nécessaire à leur métabolisme en consommant de l'oxygène. Par ailleurs, les organismes autotrophes assimilent le dioxyde de carbone pendant la photosynthèse et dégradent l'oxygène en présence de lumière, alors qu'en absence de lumière, le phénomène s'inverse.

Les éléments nutritifs issus de la dégradation de la matière organique se présentent sous forme soluble, colloïdale et particulaire et permettent, grâce à la présence du gaz carbonique, de produire de la matière végétale par photosynthèse. L'énergie fournie à l'écosystème provient du rayonnement solaire. La biomasse végétale produite à partir de la photosynthèse, qui fournit en même temps l'oxygène nécessaire aux organismes aérobies (niveau de production primaire), nourrit le niveau des consommateurs représentés par les herbivores et les carnivores.

Cet écosystème est le siège de nombreuses relations : compétition, parasitisme, prédation, symbiose, qui participent à son autorégulation.

Une partie de la matière organique arrivant dans le système va sédimenter au fond où règnent des conditions anaérobies. La dégradation de cette matière organique se fera en deux étapes : d'abord par des bactéries aérobies et aéro-anaérobies facultatives (avec production d'acides volatils), puis par des bactéries anaérobies strictes qui continuent le processus de dégradation grâce à la fermentation méthanogène (dégagement de méthane).

L'oxydation de l'ammonium issu de la dégradation de la matière organique sera l'opération des bactéries nitrifiantes (genres *Nitrosomonas* et *Nitrobacter*). Celles-ci sont des transformateurs de fin de cycle car elles ne se développent que dans des milieux où la matière organique est dégradée en molécules simples et où les autres bactéries aérobies ont terminé leur rôle. D'autre part, la nitrification se fait généralement à pH 6-9, en présence d'un taux d'oxygène inférieur à 2 mg.L^{-1} . Si toutes ces conditions sont réunies, l'oxydation de l'ammonium se fera en deux étapes : d'abord en nitrites puis en nitrates. La dénitrification s'effectue dans le fond de

l'étang, c'est-à-dire en anaérobiose. L'azote N_2 ainsi formé repart dans l'atmosphère.

Concernant le phosphore, cet élément essentiel de la matière organique est souvent un facteur limitant pour la croissance des organismes autotrophes. Dans l'eau usée, il se trouve sous forme d'orthophosphates, de polyphosphates, de phosphates organiques dissous ou solubles (acides organiques, phospholipides, etc.). La dégradation du phosphore organique en milieu aérobie donne des sels d'acide phosphorique.

Il faut signaler que l'efficacité de ces techniques est fortement liée aux caractéristiques des eaux qu'elles reçoivent mais aussi aux conditions climatiques locales. Ainsi, pour étudier les performances de ces procédés au Sénégal, l'IFAN. Ch. A. Diop et l'Institut des Sciences de l'Environnement de Dakar en collaboration avec la Fondation Universitaire Luxembourgeoise de Belgique, avaient bénéficié, depuis 1990, du concours financier du CRDI, de l'AGCD et de la Région Wallonne de Belgique, pour faire des essais sur place, avec des eaux usées et des macrophytes locales. Une station expérimentale fut alors construite en 1992, sur le site de la station d'épuration des eaux usées urbaines de Dakar, localisée à Cambéréne (banlieue de Dakar). Le but de l'expérimentation était de proposer des systèmes d'épuration adaptés au contexte local et capables d'apporter des solutions aux problèmes d'assainissement du pays. Il fallait également envisager de fournir dans certains cas, des eaux traitées parfaitement réutilisables en maraîchage selon les recommandations de l'OMS, tout en étudiant les possibilités de valorisation des sous produits du traitement. Les résultats obtenus sont relatifs aux rendements épuratoires atteints par les différents procédés d'épuration testés ainsi qu'aux bilans hydriques pendant la période expérimentale allant de 1993 à 1996.

Le protocole expérimental était composé de 18 bassins de 1m² répartis sur trois niveaux de six bassins chacun. Les procédés de traitement testés étaient les suivants :

- deux bassins à *Typha australis* et deux bassins à *Phragmites vulgaris* (roseaux) pour reproduire le lagunage à plantes fixées ;
- deux bassins sans plantes pour reproduire le lagunage à microphytes ;
- deux bassins à *Pistia stratiotes* pour reproduire le lagunage à plantes flottantes ;
- deux bassins remplis de gravier nu à granulométries différentes pour reproduire la filtration ;
- deux bassins remplis de gravier à granulométries différentes, sur lequel des plantes ligneuses sont implantées, afin de reproduire l'épandage sous plantation ligneuse.

L'étude a montré que, sur le plan de la quantité d'eau disponible après traitement, de tous les systèmes testés, le marais à *Typha australis* (à l'état adulte), les épandages sous *Eucalyptus camaldulensis* et *Casuarina equisetifolia* sont les plus évapotranspirants (au moins 3 fois plus que le lagunage à microphytes). Ils sont suivis en cela par l'épandage planté d'*Azadirachta indica*, et par le marais et à *Phragmites vulgaris*, qui présentent des pertes en eau environ 2 à 3 fois plus importantes que le lagunage à microphytes. La prairie à *Pistia stratiotes* est légèrement plus évapotranspirante que le lagunage traditionnel (1,2 fois). Par contre, ce dernier présente une évaporation 3,4 fois plus élevée que le système à gravier nu qui est ainsi celui qui produit les plus importants volumes d'eau traitée (Niang, 1999).

Dans une perspective de réutilisation en maraîchage, il est important de disposer de suffisamment d'eau après le traite-

ment. En considérant le bilan hydrique, l'épandage sous gravier nu, le lagunage à microphytes et la prairie à *Pistia* apparaissent comme les systèmes qui conviennent le plus.

Les systèmes testés, pris isolément, montrent, par rapport aux charges d'alimentation, des abattements absolus assez importants pour tous les paramètres considérés. Malgré tout, seule la prairie à *Pistia* respecte les normes de rejet de la CEE relatives à l'élimination des MES, tandis que tous les autres systèmes sont conformes aux normes d'élimination de la pollution carbonée, à l'exception du lagunage à microphytes et du marais à *Phragmites*. La désinfection est le critère le plus important pour la réutilisation en maraîchage. Jusqu'en 1996, les essais menés à la station de Cambérène ont montré que les normes OMS de réutilisation en maraîchage sans restriction, n'avaient pas été atteintes. Par ailleurs, la comparaison des différentes performances montre qu'aucun de ces procédés, pris individuellement, ne s'est révélé supérieur aux autres pour l'ensemble des paramètres de pollution considérés. De plus, il est important de noter, que les taux de restitution de l'azote Kjeldahl et du phosphore varient d'un système à l'autre. L'évaluation de la capacité fertilisante des effluents traités exigera le dosage des formes oxydées de l'azote. Ainsi, dans la perspective d'une réutilisation en maraîchage, une des solutions serait la combinaison de procédés d'épuration (pour améliorer l'efficacité du traitement) mais également un choix de techniques d'irrigation appropriées sur des cultures les moins susceptibles de transmettre des maladies.

Toujours dans cette recherche de solutions alternatives, l'ONG ENDA-Tiers Monde, à travers son équipe RUP (Relais Urbain pour le Développement Participé), dans le cadre de son programme, PADE (Processus d'Amélioration Durable de l'Environnement), de mise en place de systèmes d'assainissement à la portée des populations des quartiers pauvres, a

installé en 1994 et en 1995 deux stations d'épuration des eaux usées domestiques à Castors et à Diokoul (Rufisque, ville secondaire du Sénégal). Ces stations ont été construites sur la base d'une autorisation préfectorale et communale (la Commune ayant fourni les deux terrains) à l'aide d'un financement conjoint de l'ACDI et de l'Union Européenne, à la demande de la population locale, excédée par l'insalubrité qui régnait dans leurs quartiers.

La première est située dans un quartier d'habitat planifié et est dimensionnée pour environ 300 concessions (la concession regroupe 8 à 15 personnes) et la seconde, dimensionnée pour environ 150 concessions se trouve dans une zone d'habitat spontané et côtier. Les deux stations ont été conçues suivant la technique de lagunage à macrophytes flottantes à *Pistia stratiotes* (laitue d'eau) (Charbonnel, 1989). Mais l'innovation la plus audacieuse est le système de collecte et de transport qui approvisionnent le système de traitement. En effet, après passage dans un dégraisseur, les eaux ménagères rejoignent les eaux vannes au niveau d'un décanteur (mini-fosse septique) où elles séjournent environ quatre heures, avant d'arriver dans le réseau petit diamètre (PVC, 110 mm) qui les acheminera à la station de traitement.

Le fait que cette technologie ait subi une première évaluation par un délégué de l'Union Européenne (TTT, 1996) dont les résultats avaient été largement diffusés et le fait qu'elle ait été sélectionnée parmi les « best practices » à la réunion d'Istanbul ont beaucoup contribué à la vulgarisation de ces technologies alternatives et non conventionnelles. Mais dans son désir de procéder à un changement d'échelle qui doit passer nécessairement par l'utilisation de celles-ci, par d'autres acteurs et particulièrement le secteur privé et professionnel, le PADE a dû se rapprocher de l'ONAS, structure responsable de l'assainissement au Sénégal. Ainsi avec l'aide d'autres

partenaires tels que l'IFAN, l'ESP, l'ISE de l'UCAD, la Commune de Rufisque, les différents GIE impliqués, le PPGE/7ème FED, des termes de référence ont été négociés, en vue de permettre des consultations libres et organisées pour diagnostiquer ces technologies et formuler des recommandations d'amélioration. Cette documentation scientifique ainsi que celle qui suivra la phase post-évaluation des recommandations serviront à constituer les éléments de validation et de normalisation qui enrichiront le cahier des charges de l'ONAS et diversifieront davantage le choix des familles sénégalaises et africaines (à travers l'UADE), dans l'acquisition d'équipements d'assainissement.

Cependant, autant que la solution technologique, l'appropriation par les communautés de base constitue un volet primordial dans la recherche de solutions durables. Les difficultés pour atteindre ces objectifs sont réelles. Malgré tout, le processus amorcé à Rufisque par Enda-RUP a pu, grâce à l'implication des populations, mettre en place un Fonds de roulement (revolving fund) pour continuer à financer l'assainissement dans les quartiers pauvres et cette fois avec leur propre épargne, passé l'appui financier initial de la coopération canadienne qui a commencé en octobre 1990 et dont le retrait s'est effectué graduellement pour prendre fin en décembre 1996.

En 1998, un protocole d'accord a été signé entre Enda-RUP, promoteur du Programme d'Amélioration de l'Environnement (PADE) dans les quartiers de Castors et Diokoul, à Rufisque et l'IFAN de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Ce protocole a permis à l'IFAN de monter une équipe de recherche pluridisciplinaire dont l'une des tâches est de collaborer avec Enda-RUP dans la documentation scientifique de son programme à Rufisque en vue de répondre aux recommandations de la mission d'évaluation de 1996.

C'est ainsi que le présent projet, dont l'objectif est de promouvoir, au niveau des populations et des institutions, une politique intégrée de gestion des déchets (solides et liquides) prenant en charge en même temps les questions de santé publique, de l'emploi des jeunes, de la production de nourriture et de la valorisation du travail de la femme dans la communauté; en somme toutes les questions liées à la gestion de l'environnement urbain, est né.

Le but de l'étude est de fournir aux populations et aux institutions gestionnaires du développement urbain, un procédé de collecte, d'évacuation, de traitement et de réutilisation des eaux usées approprié, économiquement viable et reproductible, techniquement satisfaisant et socialement accepté, pour aider à résoudre les problèmes de sécurité alimentaire et de santé publique.

Il est prévu ensuite, en vue d'un transfert de la méthodologie, un inventaire des principales zones situées dans l'agglomération de Dakar, aptes à abriter une importante activité agricole.

Les objectifs spécifiques se résument ainsi :

- Évaluation de l'efficacité des systèmes à moindre coût préconisés dans l'épuration des eaux usées pour une réutilisation dans l'agriculture urbaine, la production de compost, la pisciculture, et des capacités d'implication des populations locales dans la prise en charge de l'évacuation et du traitement des eaux usées qu'elles produisent ;
- Évaluation des aspects institutionnels liés à la mise en place, à la prise en charge de la gestion et de l'entretien ainsi qu'à la vulgarisation des systèmes d'assainissement utilisant des techniques alternatives (par rapport aux techniques classiques), en somme à l'appropriation de ces nouvelles techno-

logies par les autorités communales et/ou nationales responsables de l'assainissement ;

- Évaluation de l'implication des femmes dans le processus d'appropriation du procédé et évaluation de leur participation ;
- Caractérisation chimique et biologique, dosage des métaux lourds et des éléments toxiques dans les eaux utilisées dans l'agriculture urbaine à Dakar ;
- Évaluation des impacts de l'utilisation des eaux usées en agriculture urbaine à Dakar sur le plan des rendements et de la qualité des produits ;
- Analyse socio-économique des groupements d'agriculteurs urbains, de leur système de production, de leur capacité de mobilisation et d'adaptation à l'innovation ;
- Analyse épidémiologique de l'impact sanitaire de l'utilisation des eaux usées en agriculture urbaine : impact sur les utilisateurs et les consommateurs des produits ;
- Évaluation de la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture urbaine, en pisciculture et des autres possibilités de réutilisation.

Ce projet a reçu en 1998 le financement conjoint du CRDI, de l'ACDI, du programme LIFE du PNUE et de l'IFAN Ch. A. Diop qui a construit un laboratoire d'analyse et inséré dans son organigramme un laboratoire de traitement des eaux usées. À l'issue de deux ans et demi d'investigation, trois rapports sont présentés :

- le premier porte sur l'appropriation institutionnelle et communautaire du PADE,
- le deuxième sur la valorisation des eaux usées dans l'agriculture urbaine à Dakar et ses perspectives d'avenir,

- le troisième sur l'analyse technique de l'efficacité des stations d'épuration des eaux usées de Castors et Diokoul.

Le présent rapport traite de l'efficacité des stations d'épuration de Castors et Diokoul. Nous présentons dans la première partie de l'étude le bilan de la situation après quatre années de fonctionnement sans gestion technique. Dans la seconde partie de l'étude, les résultats présentés reflètent l'efficacité de la station de Castors après une année de fonctionnement en lagunage à microphytes. La station de Diokoul ayant connu beaucoup de problèmes au cours de cette étude, nous avons jugé que les résultats obtenus pour cette station sont insuffisants pour une analyse approfondie. Ainsi, à titre indicatif, ils seront présentés en annexe.

II

Méthodologie

- *Description des ouvrages*

Les ouvrages réalisés à travers ce programme consistent en :

- un vidoir avec filtre-dégrillage, deux bacs dégraisseur et un petit décanteur-liquéfacteur situés à l'intérieur des concessions. Ces ouvrages ont pour rôle de retenir les graisses, le sable et les diverses matières solides susceptibles d'obstruer les égouts. Leur coût est d'environ 175 000 Fcfa par concession (Planche 1, photo 1) ;
- deux réseaux d'égouts de diamètre 110 mm avec regards qui s'étendent sur une longueur de 4000 m. Leur coût est estimé à environ 17 000 000 Fcfa ;
- deux stations d'épuration pour traiter les eaux usées provenant des concessions : celle de Castors qui s'étend sur une superficie de 0,5 ha comprend un décanteur digesteur (Planche 1, photo 2) suivi de 6 bassins de lagunage et a coûté 14 000 000 Fcfa (Planche 1, photo 3) et celle de Diokoul qui occupe une superficie de 0,7 ha avec un décanteur digesteur suivi de 4 bassins de lagunage ; son coût est de 11 000 000 Fcfa.

Il faut signaler, qu'avant la mise en place du traitement semi-collectif, les actions étaient orientées vers la mise en place de fosses septiques toutes eaux dans les zones à nappe phréatique profonde. Leur coût unitaire est estimé à 270 000 Fcfa.

PLANCHE I

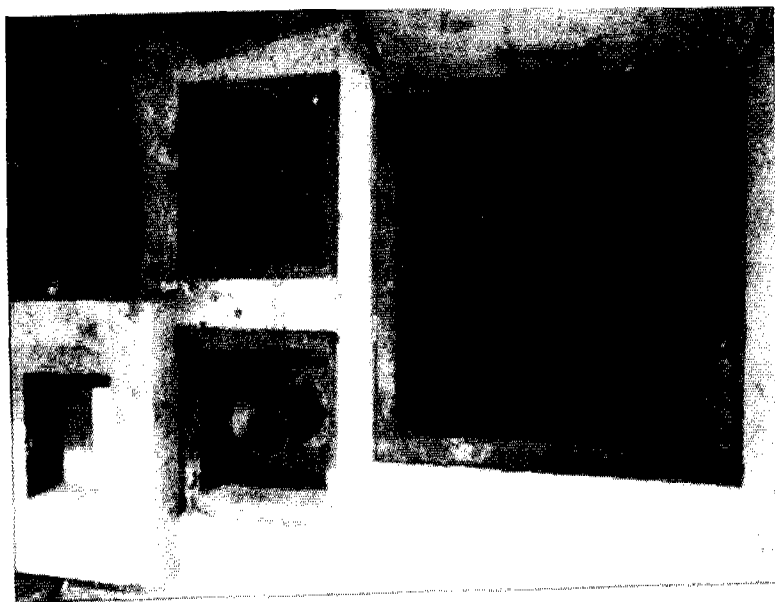


Photo 1 : Équipement dans les concessions

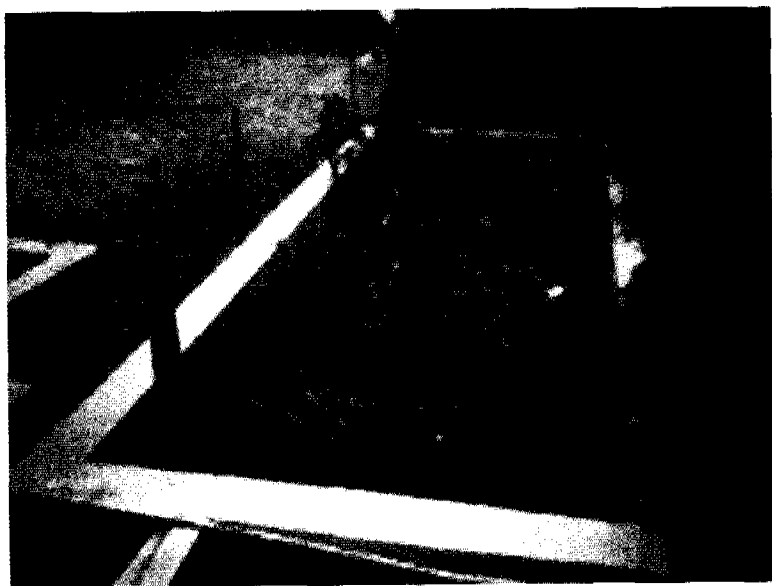


Photo 2 : Décanteur-digesteur



Photo 3. : Station d'épuration

- *Protocole d'étude*

Le protocole initial s'était proposé d'étudier l'efficacité des stations de Castors et Diokoul en mode lagunage à macrophytes et l'impact économique et sanitaire des eaux usées traitées par ces stations dans l'agriculture urbaine. Après avoir fait le bilan de la situation des deux stations au terme de six années de fonctionnement sans gestion technique, nous avons nettoyé tous les bassins pour procéder à l'implantation des macrophytes (*Pistia stratiotes* à Castors et *Typha australis* à Diokoul). Au niveau de Diokoul, un accident est survenu pendant la saison des pluies de 2000. Une forte pluie survenue au moment où les bassins étaient vidés a provoqué un affaissement des bassins. Il a fallu trouver des fonds pour reconstruire ces bassins. Ceci a beaucoup influé sur la mise en place du protocole. De plus une fois les réparations terminées, nous avons eu beaucoup de mal pour l'implantation des *Typha* sur le site. Aujourd'hui seul l'implantation d'un bassin sur trois a réussi. Les efforts sont poursuivis pour réussir l'implantation des deux bassins restant. Nous avons donc jugé opportun de ne pas présenter des analyses sur Diokoul dans ce rapport mais nous comptons introduire les résultats de Diokoul dans le dernier rapport de mars. Cependant, les mesures de débit ont été réalisées dans le cadre du présent rapport.

Concernant la station de Castors, plusieurs tentatives de ré-implantation des *Pistia* ont été menées après l'étude du bilan de la situation. Les premières opérations menées pendant la période froide n'ont pas eu de succès. À l'époque nous avions pensé que la période n'était pas favorable. En effet même si, sous nos climats il n'y a pratiquement pas de période de repos végétatif, on observe souvent une sorte de ralentissement de la vie végétative. Nous avons alors repris les implantations en période chaude. La première fut réalisée au début

du mois de juin 2001, elle n'a tenu que 8 jours. Une seconde a été réalisée au début du mois de juillet. Beaucoup d'espoir était perçu, car celle-ci avait tenu 17 jours. La troisième, réalisée en août, en pleine saison chaude et humide, en a donné encore plus, car au bout de 10 jours, la multiplication des plantes avait commencé. Malheureusement, au bout de 52 jours, nous avons constaté des flétrissements qui ont abouti rapidement au dépérissement des plantes. Pour pouvoir respecter le timing du programme de recherche, étant donné, par ailleurs, que des problèmes identiques peuvent apparaître partout et perdurer, nous avons décidé de surseoir à l'implantation des *Pistia* à Castors et d'étudier l'efficacité de la station en mode de lagunage à microphytes. Cependant, dans le but de trouver les causes du dépérissement des *Pistia* pour pouvoir y remédier, nous avons étudié la biodégradabilité de l'effluent de Castors en analysant le rapport DCO/DBO₅.

● *Analyses des débits*

L'étude que nous menons intéresse au plus haut niveau les autorités sénégalaises responsables de l'assainissement. Les questions qu'ils se posent se résument surtout en termes de dimensionnement des ouvrages pour une éventuelle intégration dans les cahiers de charges officielles. Pour répondre à ces préoccupations, la connaissance des débits est un paramètre indispensable. Nous avons donc construit des outils de mesure de débit à l'entrée et à la sortie des stations.

Des campagnes de mesures de débit ont été menées pendant la période chaude et humide et une seconde est prévue au cours de la saison froide. La campagne de mesure s'étale sur une semaine pendant laquelle le débit est contrôlé chaque jour. Le débit moyen diurne est d'abord calculé sur 13 heures à partir d'une moyenne de 7 mesures réalisées toutes les deux heures de 7 heures du matin à 19 heures le soir. Ce débit

diurne a été extrapolé sur 14 heures pour représenter le Q_{14} généralement admis comme débit diurne. Selon Valiron (1985), ce débit représente 85 % du global. Les mesures de débits analysées dans cette étude sont basées sur cet hypothèse.

- *Campagnes de prélèvements et d'analyses physico-chimiques*

- *Collecte des échantillons*

Les campagnes d'échantillonnage concernent l'analyse des métaux lourds et l'analyse physico-chimique (DCO, MES, Azote total, Phosphore Total, Nitrates, Nitrites, Ammoniaque et Potassium). Pour les métaux lourds, deux échantillons sont prévus par station ; un à l'entrée et un en fin de traitement. Pour les analyses physico-chimiques, il est prévu huit échantillons à Castors, à l'entrée et à la sortie de chaque bassin de traitement et six échantillons à Diokoul.

Depuis le démarrage de l'échantillonnage, les techniciens des stations prélèvent quotidiennement, à heure fixe, 70 ml d'échantillon qui sont acheminés vers les points de collecte que sont les postes de santé où ils sont transvasés dans une bouteille de 1500 ml puis congelés. Ces opérations qui sont répétées pendant 15 jours fournissent un échantillon moyen. Au 16^{ème} jour les échantillons sont enlevés pour être analysés au laboratoire de chimie de la faculté des sciences et techniques (FST), pour les métaux lourds et au laboratoire de l'IFAN pour les analyses physico-chimiques.

- *Analyse des échantillons*

La DBO_5 est mesurée tous les quinze jours au moment de l'enlèvement des échantillons.

Six échantillons de 100 ml sont versés dans des bouteilles à DBO puis analysés grâce à un DBOmètre numérique à six postes. Au bout du cinquième jour la lecture peut se faire directement sur le cadran d'un BOD Sensor de type Velp Scientifica de fabrication italienne. Le résultat est directement affiché en mgO_2/l .

Les matières en suspension (MES) sont mesurées par filtration. Un échantillon donné (dépendant de sa charge) est filtré sur papier filtre à l'aide d'une pompe à membrane. Au préalable, le filtre mouillé puis séché déposé dans une coupelle en aluminium est pesé avant filtration. Après filtration, le filtre chargé est pesé à nouveau dans la même coupelle après séchage à poids constant. La différence de poids entre les deux pesées indique le poids de matières en suspension (MES), exprimé en mg/l .

La demande chimique en Oxygène (DCO) est mesurée à l'aide des tubes à DCO prêtes à utilisation de Palintest de la gamme 50-2000 mg/l O_2 . Deux ml d'échantillon sont ajoutés au tube pré-rempli. Le tout est mélangé puis chauffé à la température de 150 °C pendant 2 heures. Après refroidissement, le tube est lu à travers un spectrophotomètre Palintest 7000. Le résultat est donné directement en mg/l O_2 .

Le Phosphate (PO_4) est mesuré par le Palintest « High range » basé sur la méthode vanadomolybdate. Le tube de test est rempli de 10 ml d'échantillon on y ajoute des tablettes fournies, après une période d'attente de 10 minutes, le résultat est donné par lecture directe au spectrophotomètre Palintest 7000 en $\text{mg de PO}_4 /\text{l}$.

L'ammonium (NH_4) est mesuré par le Palintest « gamme de 0-50 mg/l N ». Le test est basé sur la méthode au bleu d'indophenol à l'aide de tubes d'essais pré-rempli. 0.2 ml

d'échantillon sont ajoutés au réactif fourni, ensuite après avoir mélangé le tout, des tablettes fournies sont ajoutées au mélange. Après 10 mn d'attente, on lit le résultat au spectrophotomètre. Il est exprimé en mg N /l.

Le phosphore total (PT) est dosé également par le Palintest « gamme 0-12 mg/l P ». Le test est basé sur le dosage des orthophosphates par réaction avec le molybdate d'ammonium et l'acide ascorbique, après une digestion des composés polyphosphatés et du phosphore organique. Pour la phase de digestion, le tube d'essais est chauffé à 100-105°C pendant une heure après avoir ajouté 2 ml d'échantillon et des tablettes fournies. Après refroidissement, d'autres réactifs sont ajoutés. Le résultat est donné par le spectrophotomètre en mg/l P après 10 mn d'attente. Nous avons noté dans les annexes les résultats obtenus pour ce test, mais nous n'en avons pas tenu compte dans la présentation des résultats et des discussions. La raison est que les valeurs obtenus sont moins élevées que celles des phosphates, or c'est le contraire qui est plus logique. Nous avons décidé de faire des analyses comparées dans la prochaine phase pour plus de fiabilité.

L'azote total (NK) est dosé par le palintest « gamme 0-30 mg/l N ». Le test est basé sur le dosage des nitrates après digestion des composés azotés de l'échantillon. Après avoir ajouté 5 ml d'échantillon et les réactifs fournis dans le tube d'essai, ce dernier est chauffé à 105 °C pendant 30 mn. Après refroidissement, 1 ml du mélange est prélevé et mélangé à d'autres réactifs fournis. Les résultats sont donnés par le spectrophotomètre en mg N /l après 3 mn d'attente.

Les nitrates (NO_3) sont dosés par le Palintest « gamme 0-20 mg/l N ». Le test passe d'abord par une réduction des nitrates en nitrites. Ces derniers sont déterminés par la réaction avec le diazonium. Aux tubes à essai fournis sont ajoutés 20 ml

d'échantillon puis les réactifs impliqués dans la réaction. La lecture est faite au spectrophotomètre, en mg/l N, après une attente de 10 mn.

Les nitrites (NO_2) sont dosés par le Palintest « gamme 0-1.6 mg/l NO_2 ». 10 ml d'échantillon sont versés dans un tube à essais. On y ajoute une tablette de Nitricol. Après une attente de 10 mn, on lit le résultat en mg N /l au spectrophotomètre.

Le potassium (K) est dosé également par le Palintest « gamme 0-12 mg/l ». La méthode utilisée est la réaction avec le tetraphénylbromure de sodium. Le tube à essais est rempli de 10 ml d'échantillon auxquels est ajoutée une tablette fourni. La réaction produit une turbidité qui est mesurée. Le résultat est affiché en mg/l K au spectrophotomètre.

● *Campagnes d'analyse microbiologique*

Des rencontres avec le médecin parasitologue responsable des analyses parasitologiques au laboratoire de parasitologie du CHU de Fann/Faculté de Médecine et de Pharmacie de l'UCAD (Université Cheikh Anta Diop) et avec le technicien du laboratoire d'essai de l'ESP (Ecole Supérieur Polytechnique) ont permis de mettre en place un programme de prélèvement des échantillons. Ceci a permis le démarrage des études microbiologiques le 27 mars 2000.

> Les données à collecter

Il s'agit des eaux usées des stations d'épuration de Diokoul et Castors, des produits agricoles provenant du champ d'expérimentation de Castors (rapport II).

> Collecte des données

Nous procédons tous les 15 jours à un prélèvement le matin au niveau des stations sur flacon stérile pour le suivi

microbiologique et parasitologique. Les prélèvements sont ensuite conservés dans une glacière pour acheminement le même jour vers les laboratoires d'analyse.

➤ *Analyse des données*

L'examen microbiologique des eaux usées consiste en une identification et un comptage des coliformes fécaux au niveau des différents échantillons d'eaux usées. Quant à l'analyse parasitologique, elle est essentiellement qualitative dans la première partie de l'étude puis quantitative dans la seconde partie. Elle consiste en la recherche de kystes, de trophozoïtes et d'œufs de parasites.

Pour chaque échantillon, deux prélèvements de 10 ml d'eau sont réalisés dans des flacons de polypropylène stérile. Les flacons sont conservés à une température de 4°C pour les analyses bactériologiques et parasitologiques. Les coliformes ont été dénombrés au laboratoire de l'Ecole Supérieure Polytechnique (ESP) par la méthode de la membrane filtrante. Les résultats sont exprimés en nombre de coliformes fécaux par 100ml. Concernant la parasitologie, 10 ml d'eau sont centrifugés à 1500 tours par minute pendant 5 minutes. Le culot est lu au microscope. Les résultats sont exprimés en nombre de parasites par 10 ml d'eau.

● *Campagnes d'analyses des métaux lourds*

L'analyse des métaux lourds a débuté en mi-mars. Il s'agit dans un premier temps d'identifier qualitativement et quantitativement des métaux lourds tels que : le cuivre, le zinc, le plomb, le cadmium, le mercure, l'arsenic etc., qui pouvaient à priori être présents dans les eaux usées.

L'analyse qualitative (méthode rapide de Charlot ;1980) concernant les métaux lourds (Cu, Zn, Pb, Cd et Hg), n'a pas

donné de résultats concluants; nous en déduisons que ces métaux, même s'ils existaient en solution, ne le seraient qu'à des concentrations très faibles, inférieures aux limites de détection de la méthode: $Pb < 0.5 \text{ mg/l}$, $Cu < 0.5 \text{ mg/l}$; $Cd < 2 \mu\text{g/l}$; $Hg < 1,6 \mu\text{g/l}$. Ces métaux, s'ils étaient présents seraient donc à l'état de traces.

Du fait que les normes généralement acceptées pour les métaux lourds sont très supérieures aux limites de détection présentées par la spectrophotométrie, nous avons convenu d'utiliser la méthode de dosage des traces de métaux en présence de la dithizone à des pH et longueurs d'ondes bien déterminées (Charlot, 1961). Cette seconde méthode d'analyse qui utilise la polarographie permettant de déceler, puis de doser des traces de substances électro-actives et la spectrophotométrie pour les substances non électro-actives et absorbant à une longueur d'onde donnée fut alors testée. C'est ainsi qu'a été décelée la présence de deux substances électro-actives : le Cuivre et le Zinc. Par la suite, les courbes d'étalonnage pour le dosage quantitatif des différents métaux ont été établies.

Il a été procédé également au prélèvement de quelques échantillons de *Pistia stratiotes* (macrophytes) et de produits agricoles issus de l'agriculture expérimentale.

Les eaux usées ont été centrifugées afin d'éliminer les matières en suspension puis digérées avec 5 ml de HNO_3 par 100 ml d'eaux usées.

Concernant les légumes et les *Pistia*, ils ont d'abord été séchées à l'air libre, puis, pour chaque espèce, les différentes parties de la plante (feuilles, racines, tige, peau, chair ou suc) ont été séparées, mixées avec un mixeur broyeur et digérées avec de l'acide nitrique.

● *Inventaire des macrophytes dans les bassins de la station de Castors*

Pour boucler la première phase de l'étude qui consistait à faire un bilan de la situation dans des conditions extrêmes de non-entretien des stations d'épuration, il fallait procéder à un inventaire des macrophytes qui se sont développés dans les bassins de traitement de Castors. Avec l'aide d'un spécialiste de l'IFAN, nous avons réalisé cet inventaire et la répartition spatiale des espèces le 16 avril 2000. Suite à cette étude, un herbier des plantes rencontrées dans les bassins d'épuration à été confectionné.

● *Campagnes de suivi et d'inventaire de la microfaune dans les bassins*

Les activités ont démarré sur le terrain à partir du 1^{er} mars 2000. A cette date les campagnes de prélèvement se sont succédées régulièrement à raison d'une sortie à Castors et Diokoul tous les 15 jours. A chaque sortie, nous effectuons 5 prélèvements dans chaque bassin, ceci nous permet de récolter 35 échantillons à Castors et 25 à Diokoul. Les échantillons sont conditionnés dans des boîtes en plastique contenant de l'alcool hermétiquement clos jusqu'au laboratoire.

Des paramètres de milieu tels que le pH, la température, la présence ou non de plantes sont notés pour chaque échantillon prélevé.

Au laboratoire, la microfaune est triée et conservée dans des flacons de 60 ml contenant de l'alcool propre. C'est à partir de ces flacons de conservation qui constituent le second conditionnement que les analyses sont réalisées. Une fois la détermination faite, les flacons sont isolés dans des boîtes de collections.

La détermination est réalisée à l'aide d'une loupe et d'un microscope. Les espèces sont ensuite dénombrées. Ces espèces sont des Coléoptères, Diptères et Hétéroptères. Nous avons noté la présence de larves de moustiques dans la plupart des bassins. De plus, ces larves appartiennent au genre *Culex* qui, comme le genre *Anopheles* pique les hommes, mais contrairement à ces derniers, ne transmet pas le paludisme. Jusqu'à présent nous n'avons pas rencontré d'*Anopheles*, il est probable que lorsque le niveau de traitement des eaux usées sera amélioré, on verra apparaître les *Anopheles*.

> *Inventaire de la faune Aquatique*

Son but est de réaliser un échantillonnage systématique de la faune aquatique présente dans les bassins d'épuration (Elouard, 1981; Forge, 1981).

L'emploi du filet troubleau constitue le procédé le plus simple. Il suffit de promener devant soi la poche du filet troubleau en lui faisant décrire des zigzags afin de créer des remous dans lesquels viennent se perdre les insectes. L'ensemble du contenu de la poche est ensuite récolté dans des pots remplis d'alcool. C'est seulement au laboratoire que les insectes, même les plus petits, peuvent être facilement retirés des débris végétaux et de la vase. Le tri s'effectue par extraction manuelle à la pince sous loupe binoculaire pour repérer les jeunes larves. La conservation des insectes se fait dans l'alcool 70°. Les échantillons sont ensuite gardés dans des flacons à moitié remplis d'alcool, pourvus d'une étiquette indiquant la date et le lieu de capture ainsi que toutes les indications biologiques susceptibles d'être intéressantes. Nous avons conçu une collection en alcool : ce mode est le seul qui peut être utilisé en ce qui concerne les larves et les nymphes qui se développent exclusivement en milieu aquatique. La détermination des insectes se fait à la loupe et au microscope photonique (Durand et Lévêque, 1981; Grassé, 1951; Hopkins, 1952).

➤ *Analyse quantitative*

Dans le but de dresser un bilan de la situation des stations d'épuration, de définir l'état des systèmes et de déterminer les caractéristiques structurelles et dynamiques des populations d'insectes, nous avons utilisé la méthode statistique descriptive (Scherrer, StatView, 1996).

La récolte de la faune aquatique (composée pour l'essentiel d'insectes) s'est déroulée tous les 15 jours à Diokoul et à Castors. 5 échantillons sont prélevés à chaque fois dans chaque bassin. Ces échantillons sont séparés dans des récipients remplis d'alcool. Au laboratoire, le nombre d'espèces de chaque échantillon est noté. Cette méthode nous a permis d'avoir, pour chaque bassin, une moyenne des différentes espèces rencontrées. En fonction des objectifs recherchés, plusieurs analyses statistiques ont été effectuées en utilisant les moyennes.

● **Évolution spatio-temporelle de la faune aquatique en fonction du niveau de traitement des eaux**

Nous avons utilisé l'analyse de la variance (ANOVA) afin de déterminer la signification du niveau de traitement des bassins sur la dynamique des populations d'insectes. En effet, «pour de nombreuses actions polluantes, il se dégage une tendance générale à l'induction d'une évolution biocénotique caractérisée par une disparition rapide des taxons les plus sensibles, au profit d'un développement parfois important d'autres espèces. Ces organismes peuvent être qualifiés d'indicateurs» (Dejoux, 1988).

La probabilité (valeur de p) de la valeur F pour le niveau de traitement des eaux indique la capacité de ce niveau de traitement des eaux à expliquer le comportement des populations d'insectes dans les bassins. Une faible valeur de p indique que le niveau de traitement des bassins est important pour

expliquer la variation de la dynamique des populations d'insectes.

● **Mesure des rendements et bilan épuratoire**

Pour mesurer le rendement épuratoire entre deux bassins, nous avons comparé les moyennes de 4 espèces indicatrices de pollution le long des bassins et noté les valeurs de p . Les valeurs du rendement épuratoire ont été calculées à partir de celles de p . Une faible valeur de p entraîne en effet un bon rendement.

Rendement = $-\log$ (base 10) p . Si l'écart moyen (E.M.) est positif, la valeur du rendement est positive et on peut considérer que le processus épuratoire se déroule correctement. Si l'écart moyen est négatif, la valeur du rendement est négative et on peut considérer que le processus épuratoire ne se déroule pas correctement.

Ayant travaillé avec le test t de Fisher (qui donne des seuils de signification de 0,05), nous avons considéré qu'un rendement de 1,301 (= $-\log 0,05$) est considéré comme la valeur au delà ou en deçà de laquelle on a une forte ou une faible épuration.

Le bilan épuratoire de chaque station est effectué à partir du calcul des rendements, sur la base de la comparaison des moyennes des 4 espèces bio-indicatrices de pollution (*Pericoma* sp., *Eristalis* sp., *Culex* sp. et *Drosophila* sp.) le long des bassins.

● *Campagnes de suivi de la pisciculture*

L'équipe de recherche sur la valorisation des eaux usées traitées en pisciculture à Diokoul, a débuté ses travaux par l'aménagement de deux étangs d'expérience dont les dimensions sont les suivantes :

- bassin 1 = 4 m * 2 m, soit 8 m²,
- bassin 2 = 8 m * 4 m, soit 32 m².

Les eaux usées utilisées pour la pisciculture, proviennent du quatrième bassin (B4) de la station d'épuration de Diokoul.

Deux étangs expérimentaux ont été creusés et alimentés en eau usée à partir du B4 par un système de trop plein. Les étangs sont reliés au B4 par des tuyaux en PVC d'un diamètre de 125 mm. C'est au mois de février 2000 que les étangs ont été remplis d'eau usée traitée par lagunage. Quinze jours après leur remplissage, les poissons ont été ensemencés. L'espèce choisie pour ce test de pisciculture est un Cichlidae *Sarotherodon melanotheron heudelotii* (Dumeril, 1859). Elle est largement utilisée dans la pisciculture tropicale africaine. La taille maximale de l'animal observée par Daget et Iltis (1965) est de 26 cm. Le corps est recouvert de grandes écailles cycloïdes ou cténoïdes avec deux lignes latérales incomplètes. La nageoire caudale est tronquée. De larges tâches noires irrégulières sont sur la gorge et le bas de la tête. La nageoire dorsale est molle et ornée de bandes foncées obliques. Les *Sarotherodon melanotheron heudelotii* sont microphages et ingèrent du plancton ou de la vase du fond. Les œufs sont d'un teint jaune ocre et légèrement piriformes. Ils sont incubés dans la cavité bucco-pharyngienne du mâle. En raison de l'incubation buccale des œufs, les mâles ont une bouche distendue et un corps efflanqué, ce qui leur donne une allure très différente des femelles.

PLANCHE II



Photo 1 Vue générale des bassins de pisciculture à Diokoul.

Sarotherodon melanotheron heudelotii est une forme estuarienne caractéristique qui s'éloigne rarement de la zone mixohaline et sa capture en mer ou en eau douce est toujours un fait exceptionnel, (Trewavas, 1982).

Les densités d'ensemencement sont de 18 poissons pour le petit étang et de 30 poissons pour le grand étang. Le poids moyen enregistré à l'ensemencement est de 6,2 g par poisson pour le petit étang et 23,9 g pour le grand étang.

Ces poissons font aussi l'objet d'un élevage expérimental à l'IFAN, nous permettant de disposer d'un grand nombre d'individus de bonne qualité sanitaire qui pourront être élevés dans des conditions contrôlées.

Pour le premier essai, nous avons mis 70 poissons dans les étangs remplis d'eau usée. Ils n'ont pas pu survivre 24 heu-

res dans ce milieu. Ainsi, à cause de la mortalité dans les étangs nous avons été amené à effectuer d'autres types de recherche liés à la toxicité des eaux usées.

Pour réaliser cette étude, nous avons installé un dispositif expérimental à la Station d'épuration de Diokoul et au Laboratoire de Biologie marine de l'IFAN. Il est constitué de bacs et d'aquariums pour élever les poissons en diluant progressivement les eaux usées provenant des étangs et du Bassin 4 de cette station jusqu'à obtenir une culture viable.

Les paramètres physico-chimiques de tous les milieux expérimentaux ont été analysés pour mieux cerner l'influence des eaux usées sur la biologie des poissons.

Le milieu aquatique est soumis à une série de paramètres qui influent sur la croissance et la reproduction du poisson. Lorsque ces facteurs s'altèrent au-delà d'une limite de tolérance, ils provoquent la mort de l'animal. Parmi les plus importants figurent la température, l'oxygène dissous, le pH, l'ammoniaque, les nitrates et nitrites. Ces paramètres sont régulièrement mesurés tous les deux jours à l'IFAN et à la Station d'épuration de Diokoul.

➤ *Mesure de la température*

Le poisson est dépourvu d'un mécanisme de thermo-régulation. La température ambiante régit donc son activité vitale (échanges respiratoires, digestion...) ainsi que la vitesse de pénétration et de métabolisme des substances toxiques. Comme d'autres auteurs, nous avons pu montrer que la toxicité des métaux lourds s'accroît à mesure que la température de l'eau s'élève (Ndiaye 1984 ; Bogé et al., 1988). Au niveau du site expérimental, la température est mesurée tous les deux jours avec un thermomètre classique.

> *Mesure de l'oxygène*

L'oxygène est le plus important parmi les gaz dissous dans l'eau ; son dosage est effectué régulièrement dans des bacs et aquariums d'élevage expérimental ainsi que dans le bassin B4 et les étangs de la station.

Un oxymètre électronique de marque «HI 9143 Auto cal Dissolved Oxygen Meter» a permis de mesurer l'oxygène dissous tous les deux jours. Cette technique est plus rapide que la méthode de Winkler du dosage de l'oxygène dissous.

> *Mesure du pH*

L'eau se comporte comme une base faible et en même temps acide parce que capable de gagner ou de perdre un proton.



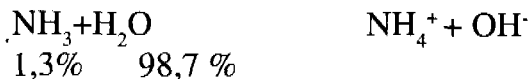
Le pH des bacs et aquariums d'élevage expérimental, bassins et étangs est mesuré régulièrement avec un pH-mètre électronique de marque "HI 48 17 Indicador de pH electronico".

> *Mesure des nitrates et des nitrites*

Dans nos expériences nous avons dosé les nitrates et les nitrites à l'aide d'un kit « Test kit général de Aguas ISO 9000».

> *Mesure d'ammonium*

La molécule non dissociée d'ammoniaque ou NH_3 est extrêmement toxique pour le poisson. L'eau étant faiblement basique par exemple au pH 7,5 son pourcentage de dissociation s'exprime comme suit



L'ammonium est dosé à l'aide d'un «kit aquarpharma» dans les milieux expérimentaux tous les deux jours.

III

Résultats

Comportement des stations en absence de gestion technique

- *Études phytosociologiques de la station de Castors*

L'absence de gestion technique dans la station a été à l'origine de la colonisation des bassins d'épuration par des plantes aquatiques qui se sont implantées spontanément.

C'est ainsi que nous avons noté la présence de huit plantes appartenant à six familles. Ces espèces sont réparties de façon bien déterminée aussi bien par rapport à un même bassin que par rapport à l'ensemble des bassins. Il s'agit de :

- *Typha australis* (Shum.& Thonn) de la famille des Typhacées. On le trouve au bout du bassin 1 où il est faiblement représenté. Au niveau du deuxième bassin, il est localisé au niveau de la première moitié du bassin. Ici, il occupe la quasi moitié du bassin. Il reste dominant encore au niveau du bassin 3, toujours localisé en tête de bassin. On le retrouve enfin en tête de bassin dans le 4^{ème} bassin, n'occupant cette fois, que le quart du bassin.

- *Eragrostis diplachnoides* (Steud.) de la famille des Graminées. Dans le bassin 3 il est présent en faible densité en tête de bassin. Au niveau du bassin 4, il est localisé en bout de bassin, où il est l'espèce dominante et occupe 70 % de la place.

- *Echinochloa pyramidalis* (Hitchc. & Chase) de la famille des Graminées. Il commence à apparaître au niveau du bassin 2 où il est réparti sur la surface totale du bassin. Il y constitue l'espèce dominante avec une densité aux alentours de 80 %. On le retrouve en faible densité dans le bassin 3 où il est confiné en tête de bassin.
- *Pistia stratiotes* (L.) de la famille des Aracées. Il commence à apparaître au niveau du bassin 2 en fin de bassin, avec une densité de près de 50%, puis à nouveau dans le bassin 3, avec une densité d'environ 30%, toujours en bout de bassin.
- *Amaranthus viridis* de la famille des Amarantacées. Il n'est présent qu'en bout de bassin, au niveau du bassin 1 où il occupe une faible densité.
- *Tamarix senegalensis* (DC.) de la famille des Tamaricacées. Ce macrophyte n'est présent qu'au niveau du bassin 1 où il se trouve en faible densité, en bout de bassin.
- *Blumea aurita* (DC.) de la famille des Compositées, n'est présent qu'au niveau du bassin 1 en bout de bassin. Il y occupe une faible densité.

Dans les bassins 5 et 6, on note une absence de macrophytes.

Bilan épuratoire de la station de Castors

Échantillons	MES mg/100 ml	DBO ₅ mgO/l	DCO mgO/l	PO ₄ mg/l	NH ₃ mg/l	PT mg/l	NK mg/l	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	K mg/l
Castors Entrée	7,50	690	2580	102.7	0,7	-	128	5,97	12,5	380
Castors Sortie Décanteur	1,40	617	1645	78.9	0,4	-	167	7,67	12,5	395
Castors Fin de traitement	0,47	132	610	56.1	0,4	-	61	4,07	3,7	350
Rendements en %	93,6	81	76	45	43		52	31	70	8

Tableau 1 : Capacité épuratoire de la station de Castors en absence de gestion technique

La capacité épuratoire de la station de Castors est estimée ici à partir des analyses réalisées sur quatre échantillons moyens (Tableau 1).

> Élimination des Matières en suspension (MES)

Le rendement obtenu pour la réduction des MES est de 93,6 %. Les normes CEE pour la réduction des MES par les stations d'épuration sont fixées à 90 %. Nous pouvons en déduire, pour ce paramètre de pollution, que la station est efficace même en absence de gestion technique. La part de rétention du décanteur-digesteur dans le système est de 81 % alors que l'efficacité des bassins de lagunages est de 66 %.

> Élimination de la DBO₅

Le rendement obtenu pour la réduction de la DBO₅ est de 81%. Les normes CEE du 21 mai 1991 (Radoux *et al.*, 1993) pour la réduction de ce paramètre sont fixées entre 70 et 90%.

Il est aisé de constater que pour la réduction de la DBO_5 , la station de Castors respecte les normes CEE. La part du décanteur-digesteur est très faible, seulement 10% alors que les bassins de lagunage assurent 78,6 % de la rétention.

> *Élimination de la DCO*

Le rendement obtenu pour la réduction de la DCO est de 76%. Les normes CEE pour la réduction de ce paramètre de pollution est de 75 %. La station de Castors, pour ce paramètre aussi respecte les normes CEE. La part du décanteur-digesteur dans cette réduction est assez faible, 36 % alors que les bassins de lagunage assurent 63 % de la rétention.

> *Élimination de l'azote total (NK)*

Le rendement obtenu pour la réduction de l'azote total est de 52 %. Les normes CEE pour la réduction de ce paramètre de pollution est fixé entre 70 et 80 %. Pour ce paramètre, la station de Castor, sans gestion technique, n'atteint pas les normes exigées. On constate une néo-pollution après le passage dans le décanteur-digesteur (-30 % de rendement). Ceci est logique car le temps de séjour dans cet ouvrage permet le démarrage de la dégradation de la matière organique produisant ainsi un surplus de pollution par rapport à l'entrée. La part des bassins dans la réduction du paramètre qui se situe autour de 60 % n'est pas suffisante pour atteindre les normes en absence de gestion technique.

● *Bilan épuratoire de la station de Diokoul*

Échantillons	MES mg/ 100 ml	DBO ₅ mgO/l	DCO mgO/l	PO ₄ mg/l	NH ₄ mg/l	PT mg/l	NK mg/l	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	K mg/l
Diokoul Entrée	4,82	893	2200	152	0,58	-	109	2,95	12,54	37,5
Diokoul Sortie Décanteur	0,98	358	1175	97,5	0,46	-	162	2,30	12,54	77,5
Diokoul Fin de traitement	1,28	95	867	66,3	0,96	-	99	5,08	6,252	97,5
Rendements en %	73	89	60,6	56	- 65		9	- 72	48	32

Tableau 2 : Capacité épuratoire de la station de Diokoul

Comme pour la station de Castors, la capacité épuratoire de la station d'épuration de Diokoul est estimée ici à partir des analyses réalisées sur quatre échantillons moyens (Tableau 2). La particularité de cette station est l'absence de macrophytes dans les bassins prévus pour les accueillir. Le traitement d'épuration est donc assuré uniquement par lagunage à microphytes.

> *Élimination des Matières en suspension (MES)*

Le rendement obtenu pour la réduction des MES est de 73 %. Les normes CEE pour la réduction des MES par les stations d'épuration sont fixées à 90 %. Nous pouvons en déduire, pour ce paramètre de pollution, que les rendements n'atteignent pas les normes CEE. La part de rétention du décanteur-digesteur dans le système est de 79,6 % alors que l'efficacité des bassins de lagunage est négatif, -30 %. En réalité, les bassins produisent une pollution de néo-formation constituée par le développement des algues microscopiques.

➤ *Élimination de la DBO₅*

Le rendement obtenu pour la réduction de la DBO₅ est de 89%. Les normes CEE pour la réduction de ce paramètre sont fixées entre 70 et 90%. Il est aisé de constater que pour la réduction de la DBO₅, la station de Diokoul respecte les normes CEE. La part du décanteur-digester est très importante, 60 % alors que les bassins de lagunage assurent 73% de la rétention.

➤ *Élimination de la DCO*

Le rendement obtenu pour la réduction de la DCO est de 60,6%. Les normes CEE pour la réduction de ce paramètre de pollution est de 75 %. La station de Diokoul, pour ce paramètre ne respecte pas les normes CEE. La part du décanteur-digester dans cette réduction est moyenne, 46,6% alors que les bassins de lagunage assurent 26% de la rétention.

➤ *Élimination de l'azote total (NK)*

Le rendement obtenu pour la réduction de l'azote total est très faible, 9%. Les normes CEE pour la réduction de ce paramètre de pollution est fixé entre 70 et 80%. Pour ce paramètre, la station de Diokoul est très éloignée des normes exigées. Ici également, il y a une néo-pollution après le passage dans le décanteur-digester (-48,6% de rendement). La part des bassins dans la réduction du paramètre se situe autour de 38,8%.

● *Bilan des métaux lourds dans les eaux de Castors et Diokoul*

➤ *Analyse des eaux usées à l'entrée et à la sortie des stations de Diokoul et de Castors*

Après avoir identifié les métaux présents par polarographie, en l'occurrence le Cuivre et le Zinc, nous avons entrepris leur dosage en utilisant la spectrophotométrie.

Les pH à l'entrée et à la sortie des stations varient entre 7,19 et 7,53 à Diokoul et entre 7,57 et 8,00 à Castors. À ces pH, les métaux non complexés se trouvent à l'état de précipités d'hydroxyde. On devrait surtout les retrouver dans les boues.

● *Station de Diokoul*

Quinzaines	Cuivre (en mg/l)			Zinc (en mg/l)		
	Entrée	Sortie	Pourcentage épuración	Entrée	Sortie	Pourcentage épuración
1/3 au 15/3/00	0,432	0,250	42,13	4,511	3,196	29,15
16/3 au 1/4/00	0,168	0,084	50	4,512	0,188	95,83
2/4 au 17/4/00	0,192	0,144	25	5,452	0,94	82,76
17/4 au 3/5/00	0,642	0,216	66,35	6,204	2,444	60,60

Tableau 3 : Concentration des métaux lourds dans les eaux usées de Diokoul

● *Station de Castors*

Quinzaines	Cuivre (en mg/l)			Zinc (en mg/l)		
	Entrée	Sortie	Pourcentage épuración	Entrée	Sortie	Pourcentage épuración
1/3 au 15/3/00	0,402	0,168	58,21	1,88	0,846	55
16/3 au 1/4/00	0,408	0,210	48,53	6,016	0,564	90
2/4 au 17/4/00	0,556	0,252	54,68	1,504	0,940	37,7
17/4 au 3/5/00	0,503	0,204	59,44	4,324	1,692	60,87

Tableau 4 : Concentration des métaux lourds dans les eaux usées de Castors

Les valeurs aussi bien de Cu que de Zn sont cependant faibles, même aux entrées des stations (tableaux 3 et 4). Les normes US, Française et l'UE concernant le Cu acceptables dans les eaux naturelles consommables sont respectivement 1mg/l, 1mg/l et 0,1 mg/l. De ce point de vue, la quantité actuelle de ce métal dans les eaux traitées aussi bien à Diokoul qu'à Castors, ne présente pas de danger pour la réutilisation en agriculture. Au contraire, il est reconnu que ces éléments, à faibles doses, ne présentent non seulement pas de toxicité, mais sont essentiels pour la nutrition et au bon fonctionnement des systèmes enzymatiques.

● *Analyse des métaux dans les Pistia à Castors*

Produits analysés	Cuivre	Zinc
<i>Pistia</i> (stolons et feuilles) (en µg/g)	76,09	269,28
<i>Pistia</i> (racines) (en µg/g)	184,96	601,75

Tableau 5 : Concentration des métaux lourds dans les macrophytes

On voit bien que l'essentiel de l'épuration se fait au niveau des racines (Tableau 5), mais comme pour presque toutes les macrophytes aquatiques (Peng *et al.*, 1995 ; Scholze *et al.*, 1988 ; Rai *et al.*, 1995), la tige et les feuilles participent aussi au processus d'épuration pour un pourcentage non négligeable (29 à 30%). En faisant un recouplement avec les valeurs obtenues à l'entrée et à la sortie concernant les eaux usées, on remarque que la presque totalité de l'épuration est prise en charge par les plantes.

● *Bilan de l'abattement microbiologique*

➤ *Abattement microbiologique à Castors*

Type de bassin	Coliformes fécaux N/100ml	Streptocoques fécaux N/100ml	Parasites
Regard	26.10 ⁶	5.10 ⁶	Kystes (<i>Giardia</i> , <i>Entamaeba coli</i> , <i>Endolimax nana</i>) Trophozoites (<i>Entamaeba coli</i>)
Décanteur	30.10 ⁶	6.10 ⁶	Œufs (<i>Ascaris</i> , <i>Ankylostomes</i> ,) Trophozoites (<i>Entamaeba histolytica</i> , <i>Acantamaeba</i>) Kystes (<i>Endolimax nana</i> , <i>Entamaeba coli</i> , <i>Giardia</i>)
Bassin N°1	8.10 ⁶	2.10 ⁶	Kystes (<i>Entamaeba coli</i> , <i>Giardia</i>)
Bassin N°2	4.10 ⁶	1.10 ⁶	Kystes (<i>Giardia</i> , <i>Endolimax nana</i> , <i>Entamaeba naegleria</i>) Trophozoites (<i>Entamaeba coli</i>)
Bassin N°3	0,5.10 ⁶	0,4.10 ⁶	0
Bassin N°4	0,3.10 ⁶	0,2.10 ⁶	0
Bassin N°5	0,1.10 ⁶	0,02.10 ⁶	0
Bassin N°6	0,2.10 ⁶	0,06.10 ⁶	0

Tableau 6 : Densité moyenne des Coliformes et Streptocoques fécaux et des parasites

➤ **Abattement microbiologique à Diokoul**

Type de bassin	Coliformes fécaux N/ml	Streptocoques fécaux N/ml	Parasites
Regard	-	-	-
Décanteur	8.10 ⁶	3.10 ⁶	Trophozoites (<i>Entamaeba coli</i>) Kystes (<i>Endolimax nana</i> , <i>Entamaeba coli</i> , <i>Giardia</i>)
Bassin N°1	-	-	-
Bassin N°2	-	-	-
Bassin N°3	-	-	-
Bassin N°4	0,03.10 ⁶	0,01.10 ⁶	Kystes (<i>Entamaeba coli</i>)

Tableau 7 : Densité moyenne des Coliformes et Streptocoques fécaux et des parasites de mars à juin 2000

● **Inventaire et évolution spatio-temporelle de la faune aquatique**

➤ **Inventaire de la faune aquatique**

Plusieurs espèces d'insectes appartenant à l'ordre des Hétéroptères, des Coléoptères et des Diptères (Durand et Lévêque, 1981; Jeannel, 1951; Paulian, 1951; Poisson, 1951; Séguy, 1951) ont été récoltées. Chez les Diptères, les larves et les nymphes se développent en milieu aquatique. Pour l'essentiel, ce sont ces stades qui ont été trouvées dans les bassins. Les femelles adultes viennent pondre leurs œufs dans les bassins. Ces œufs éclosent et donnent des larves qui se transforment en nymphes puis en adultes ailés qui vivent hors des bassins. Cependant, il arrive qu'à certaines périodes de l'année, la production d'adultes soit si importante, que ces derniers n'ont pas le temps de quitter la surface de l'eau. Ils se retrouvent alors piégés lors de la récolte. L'identification des adultes est plus facile que celle des larves et des nymphes. S'agissant des Coléoptères et des Hétéroptères, nous avons récolté aussi bien des larves que des adultes, qui se dévelop-

pent et vivent dans l'eau. La biologie et le comportement de toutes les espèces rencontrées dans les sites sont décrits en annexe (annexe II.1).

> *Évolution spatio-temporelle de la faune aquatique en fonction du niveau de traitement des eaux*

Description des bassins

La répartition de la faune aquatique est influencée par la présence de la flore et les conditions physico-chimiques à l'intérieur des bassins (donc le niveau de traitement des bassins). Dans les conditions de conception, on devrait retrouver des Pistia dans tous les bassins aussi bien à Diokoul qu'à Castors. Si l'épuration se déroule correctement, on assiste à une réduction progressive de la pollution du premier au dernier bassin. En réalité, les Pistia n'ont jamais tenu à Diokoul (ceci est probablement liée à une augmentation de la salinité de l'eau des bassins du fait de la proximité de la mer) (Planche III, photo 3). Seule la station de Castors a pu permettre le développement des Pistia (Planche III, photo 1).

Selon certains auteurs (Durand et Lévêque, 1981 et Dray et al., 1993), de nombreux insectes appartenant à différents ordres sont inféodés à la laitue d'eau (Pistia). Habituellement, on constate que la présence de Pistia favorise le développement d'une faune spécifique, notamment les Mansonia spp. (moustique), et une espèce de Mymomyia (moustique) dont les larves introduisent leur siphon dans les tissus des plantes pour en obtenir l'air qui leur est nécessaire (Durand et Lévêque, 1981).

En l'absence d'entretien, nous avons noté, à Castors, une prolifération de plantes autres que les Pistia (Planche III, photo 2). Nous avons analysé les relations entre la faune d'eau douce et la phytosociologie des 6 bassins (Planche IV, photos 1 à 6).

PLANCHE III



Photo 1 et 2 : Vue d'ensemble de la station de Castor

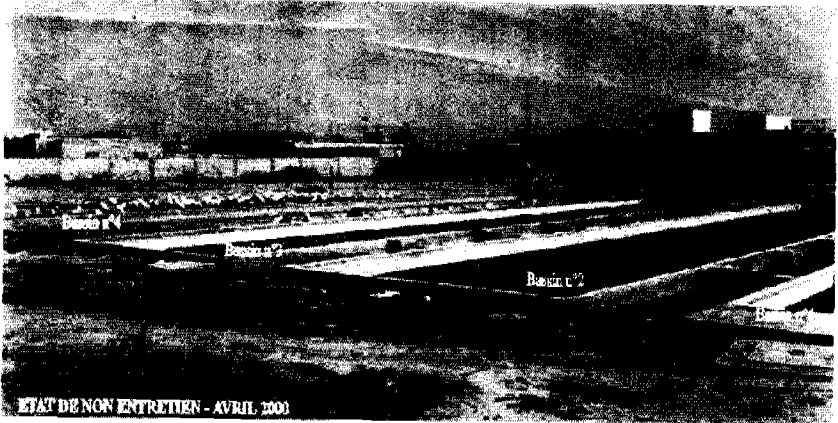
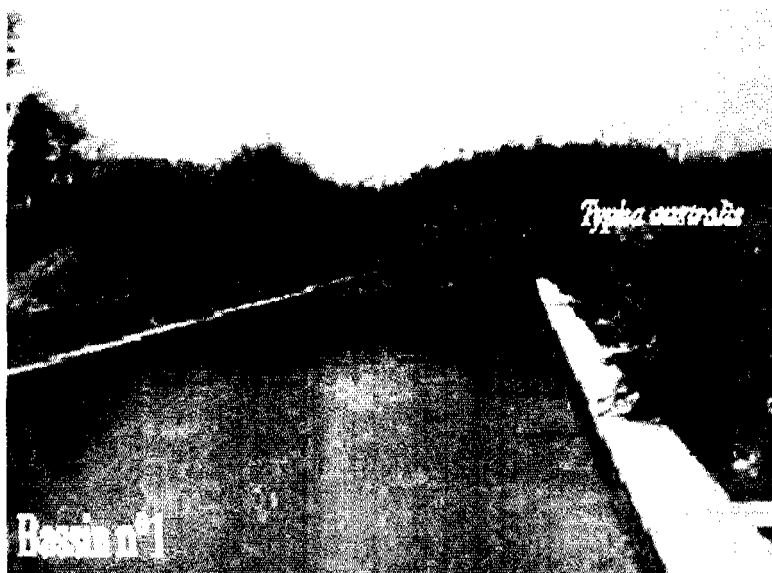


Photo 3 : Vue d'ensemble de la station de Diokoul

PLANCHE IV



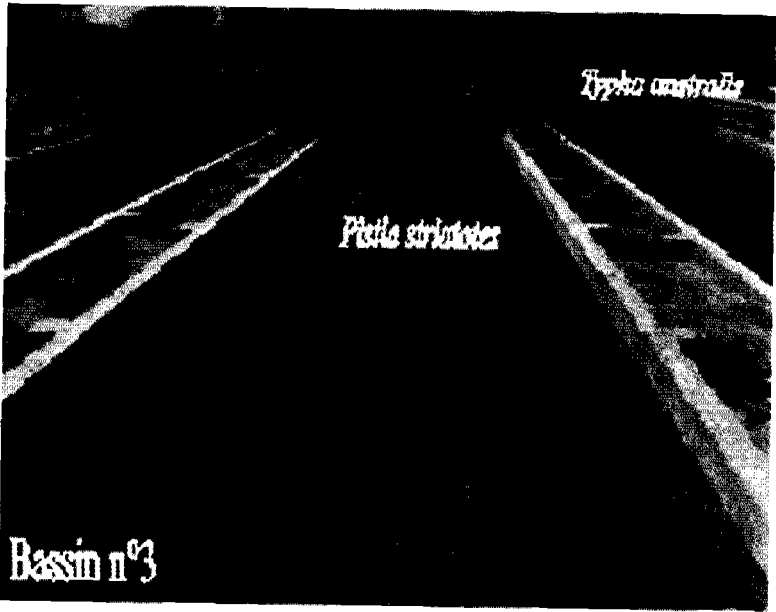




Planche IV (Photo. 1 à 6) : État des bassins à Castor en situation de non entretien avril 2000

Dans le bassin n°1, les plantes répertoriées sont : *Echinochloa pyramidalis*, *Blumea aurita*, *Typha australis*, *Tamarix senegalensis*, et *Amaranthus viridis*. Ces macrophytes sont localisées à une extrémité du bassin. Dans ce bassin, l'espèce d'insecte dominante est *Pericoma sp.* L'analyse qualitative a révélé que c'est une espèce inféodée aux eaux lourdement chargées. Les jeunes stades larvaires de *Pericoma* se développent en très grand nombre dans les boues flottantes à la surface du bassin.

Au niveau du bassin n°2, les plantes aquatiques observées sont : *E. pyramidalis*, *Pistia striatotes* (à l'entrée du bassin), et *T. australis* (au milieu du bassin). Ici, nous avons trouvé les espèces animales suivantes : *Eristalis sp.* et *Tabanus sp.*, *Culex pipiens* (moustiques).

Au niveau du bassin n°3, les plantes observées sont : *E. pyramidalis*, *P. striatotes*, *T. australis* et *Eragrostis diplachnoides*. Nous avons observé la même faune que dans le bassin n°2.

Dans le bassin n°4, on ne retrouve que deux espèces de macrophytes : *T. australis* et *E. diplachnoides* avec les mêmes associations faunistiques que celles observées au niveau des bassins n°2 et 3.

Les bassins n°5 et 6 ne contenaient pas de plantes : ce sont des gîtes dit ouverts. On y a observé des *Culex pipiens*, des *Drosophila sp.*, et des Coléoptères appartenant à divers espèces (Voir annexe II.2, Tableaux n°1 à 3).

Dans les bassins de Diokoul où on ne note la présence d'aucun macrophyte, l'analyse qualitative de la microfaune n'a révélé aucune différence fondamentale entre les deux sites. Aujourd'hui, nous pouvons à partir de nos données faire une

corrélation entre la faune observée et la présence des macrophytes.

● *Dynamique des populations*

Nous avons suivi la dynamique globale des espèces dominantes et bio indicatrices de pollution (cf. annexes: biologie et liste des espèces trouvées) dans les deux sites, de mars à mai 2000. Il s'agit de *Culex pipiens*, *Drosophila sp.*, *Eristalis sp.*, et *Pericoma sp.*

C'est ainsi qu'à Castors, l'analyse de la planche V montre une augmentation de la population des moustiques (*Culex pipiens*) entre mars et mai 2000. La population moyenne des *Drosophila* évolue en dent de scie durant le trimestre. Nous avons constaté qu'elle était beaucoup moins importante en début de mois qu'en milieu de mois durant le trimestre. *Eristalis* présente une moyenne insignifiante à l'échelle du site. Enfin, mis à part la deuxième quinzaine d'avril 2000, on constate que *Pericoma* présente une moyenne assez stable entre mars et mai 2000.

À Diokoul, nous avons privilégié la récolte pour l'analyse qualitative des espèces durant la première quinzaine de mars. Cependant l'analyse de la planche VI montre, pour le reste du trimestre, une augmentation régulière du moustique *Culex pipiens* dans ce site, au fil du temps. *Drosophila sp.* présente des moyennes globalement plus importantes que *Culex pipiens* même si l'évolution de sa population semble plus stable dans le temps. Mis à part la deuxième quinzaine de mars et la première quinzaine de mai, les populations d'*Eristalis sp.* et *Pericoma sp.* présentent une moyenne insignifiante.

➤ *Évolution spatio-temporelle des espèces*

Nous avons analysé (ANOVA) l'évolution spatio-temporelle des espèces à l'intérieur des deux sites. Cette évolution n'a été analysée qu'en avril et en mai à Castors et uniquement en avril à Diokoul (Tableaux n°1 à 3, annexes II.3). La raison en est simple : au mois de mars nous avons privilégié les analyses qualitatives (détermination des espèces) dans les deux sites tandis qu'au mois de mai, du fait de l'encroûtement du bassin n°1 à Diokoul, nous n'avons pas pu comparer les moyennes des échantillons des 4 bassins.

À Castors, l'évolution comparée des moyennes des espèces dans les bassins aux mois d'avril et de mai montre que les espèces *Pericoma sp.* (surtout localisée dans le bassin n°1) et *Drosophila sp.* (surtout localisée dans le bassin n°6) sont peu distribuées. En revanche, le moustique *Culex pipiens* est largement distribué dans le site : il a été récolté dans pratiquement tous les bassins au mois d'avril. Par rapport au mois d'avril cependant, *Culex pipiens* augmente de manière significative au mois de mai dans le bassin n°4 ($p < 0,0001$). La même tendance a été observée pour *Drosophila sp.* au niveau du bassin n°6 ($p=0,0001$). *Eristalis sp.* présente des moyennes insignifiantes par rapport aux autres espèces du site.

Les comparaisons inter mensuelles des moyennes globales des espèces dans les bassins montrent qu'au mois d'avril, c'est le bassin n°6 qui regroupe le plus grand nombre d'individus suivi des bassins n°1 et 4. Pour le bassin n°6, les moyennes des espèces ont été plus importantes dans la première quinzaine d'avril que dans la deuxième ($p=0,01$). En revanche au mois de mai, le plus grand nombre d'individus a été observé dans le bassin n°4, ceci durant tout le mois. Par ailleurs, durant la deuxième quinzaine du mois de mai, nous avons noté

une augmentation significative des individus au niveau du bassin n°6 ($p=0,02$) par rapport au début du mois.

Les comparaisons inter mensuelles des espèces durant les deux mois montrent une stabilisation de la moyenne de *Culex pipiens* durant le mois d'avril. En revanche, durant ce mois, on note une augmentation de la moyenne de *Drosophila* entre la première et la deuxième quinzaine d'avril ($p=0,02$). Les mêmes tendances ont été observées pour *Culex pipiens* et *Drosophila sp.* au mois de mai.

Entre les mois d'avril et mai, on constate une certaine stabilité des moyennes des espèces dans la station de Castors. Les variations inter mensuelles observées n'ont pas été globalement significatives. Les figures 7 et 8 (Planche VII) représentent une vue globale du site durant les mois d'avril et de mai.

À Diokoul, l'essentiel des espèces est regroupé dans le bassin n°4. On y note une nette dominance de *Drosophila sp.* suivie de *Culex pipiens*. Les moyennes des autres espèces répertoriées sont insignifiantes.

Les comparaisons inter mensuelles des moyennes globales des espèces dans les bassins en avril montrent une stabilisation des populations durant le mois à l'intérieur du bassin n°4. En revanche, s'agissant des autres bassins, nous avons noté une augmentation des moyennes des individus durant la deuxième quinzaine. Les différences des moyennes observées entre le début du mois et la deuxième quinzaine sont significatives au niveau des bassins n°1 ($p=0,006$), n°2 ($p=0,01$) et n°3 ($p=0,036$). Bien distribué dans tous les bassins, *Drosophila sp.* est dominant dans le bassin n°4 (Planche VIII, fig. 4). En revanche, *Culex pipiens* est, pour l'essentiel, surtout localisé dans le bassin n°4.

L'évolution inter mensuelle des espèces durant le mois d'avril montre, pour *Drosophila sp.*, une certaine stabilisation des moyennes observées dans la première et la deuxième quinzaine : la chute de la moyenne observée durant la deuxième quinzaine n'est pas significative ($p=0,3$). En revanche, s'agissant du moustique *Culex pipiens*, nous avons observé une augmentation sensible de la population durant la deuxième quinzaine ($p=0,02$).

A Diokoul, le site offre une certaine stabilité : les variations inter mensuelles des moyennes des espèces observées n'ont pas été globalement significatives. La figure 5 (Planche VIII) offre une vue globale du site durant le mois d'avril.

➤ *Mesure des rendements et bilan épuratoire*

Nous avons suivi l'évolution de la moyenne de 4 espèces bio indicatrices de pollution (*Pericoma sp.*, *Eristalis sp.*, *Culex pipiens* et *Drosophila sp.*) le long des bassins d'épuration (Voir Annexe II.3, Tableaux 1 à 3). La planche IX a été réalisée à partir des informations recueillies dans les Tableaux 1 à 3 de l'Annexe II.3 (voir matériel et méthodes).

➤ *Évaluation de la situation dans les bassins à Castors et à Diokoul*

L'analyse des Tableaux n°1 à 3 (Planche IX) montre une évolution du bilan épuratoire en dents de scie à Castors. Globalement, cette tendance a été confirmée durant tout le trimestre.

À Diokoul, nous avons observé une forte épuration des bassins n°2 et 3 en mars et avril. Au niveau du bassin n°4, nous avons assisté à une augmentation progressive de la pollution durant le trimestre. Cette poursuite de la pollution est illustrée en mai, par l'encroûtement du bassin n°1 et la pullulation des Diptères indicateurs de pollution (*Culex pipiens* et *Drosophila sp.*).

À Castors, la situation est illustrée par une colonisation à partir du mois d'avril, du bassin n°5 (qui était exempt de faune aquatique) par le moustique *Culex pipiens* et *Drosophila sp* entre autres espèces. Cette observation est confortée par les résultats des autres volets.

D'une manière générale, nous avons noté la tendance à une baisse globale du rendement épuratoire dans les deux sites.

➤ *Risques sanitaires liés à la prolifération des moustiques.*

Entre mars 2000 et mai 2000, la seule espèce de moustique que nous avons observée est *Culex pipiens*. Nous avons montré (voir résultats analyse qualitative) que ce moustique était un vecteur potentiel de filariose, et était responsable de beaucoup de nuisance au niveau des populations de Diokoul et Castors, à cause de ses piqûres (voir volet socio-économique). L'étude quantitative a également permis de dénombrer des populations larvaires qui se chiffraient en milliers de larves par gîte. Il existe donc un risque sanitaire lié à la prolifération de ces moustiques.

PLANCHE IX

Tab. 1 : Mars 2000

CASTORS			DIOKOUL		
Bassins	Rendements	Observations	Bassins	Rendements	Observations
B1/B2	>4	Bilan positif : forte épuration de B2 par rapport à B1	B1/B2	>4	Bilan positif : forte épuration de B2 par rapport à B1
B2/B3	0,0036	Bilan épuration presque nul : Très faible tendance à la repollution de B3	B2/B3	>4	Bilan positif : forte épuration de B3 par rapport à B2
B3/B4	<4	Bilan négatif : forte pollution de B4 par rapport à B3	B3/B4	-0,93	Rendement presque nul ; faible tendance à la pollution de B4 par rapport à B3
B4/B5	>4	Bilan négatif : forte épuration de B5 par rapport à B4			
B5/B6	<-	Bilan négatif : forte pollution de B6 par rapport à B5			

Tab. 2 : Avril 2000

CASTORS			DIOKOUL		
Bassins	Rendements	Observations	Bassins	Rendements	Observations
B1/B2	>4	Bilan positif : forte épuration de B2 par rapport à B1	B1/B2	>4	Bilan positif : forte épuration de B2 par rapport à B1
B2/B3	0,099	Bilan épuration presque nul : Quasi arrêt de l'épuration à B3	B2/B3	>4	Bilan positif : forte épuration de B3 par rapport à B2
B3/B4	<4	Bilan négatif : forte pollution de B4 par rapport à B3	B3/B4	<-4	Bilan négatif : forte pollution de B4 par rapport à B3
B4/B5	>4	Bilan positif : forte épuration de B5 par rapport à B4			
B5/B6	<-4	Bilan négatif : forte pollution de B6 par rapport à B5			

Tab. 3 : Mai 2000

CASTORS			DIOKOUL		
Bassins	Rendements	Observations	Bassins	Rendements	Observations
B1/B2	> 4	<i>Bilan positif : forte épuration de B2 par rapport à B1</i>	B1/B2		<i>Très forte pollution de B1 entraînant un encroûtement</i>
B2/B3	-0,0013	<i>Bilan épuration presque nul : faible tendance à la repollution de B3</i>	B2/B3	1,43	<i>Bilan positif : épuration moyenne de B3 par rapport à B2</i>
B3/B4	< -4	<i>Bilan négatif : forte pollution de B4 par rapport à B3</i>	B3/B4	< -4	<i>Bilan négatif : forte pollution de B4 par rapport à B3</i>
B4/B5	> 4	<i>Bilan positif : forte épuration de B5 par rapport à B4</i>			
B5/B6	< -4	<i>Bilan négatif : forte pollution de B6 par rapport à B5</i>			

N.B. : Rendement significatif = $-\log 0.05 = 1.301$; c'est la valeur au-delà ou en-deça de laquelle l'épuration se déroule plus ou moins bien.

Abréviations : B1 à B6 = Bassin n° à Bassin n° 6

Planche IX (Tab. 1 à 3) : Bilans épuratoires

● *Valorisation des eaux traitées en pisciculture*

Les eaux usées traitées par lagunage à la Station de Diokoul de février à août 2 000 ne permettent pas aux poissons de survivre dans les étangs conçus pour la pisciculture, c'est ainsi que différentes expériences ont été menées dans le but de trouver une gamme de dilutions d'eau usée permettant aux poissons de survivre.

Dispositif expérimental	Paramètres physico-chimiques				
	O ₂ dissous en mg/l	Nitrate en mg/l	Nitrites en mg/l	Ammonium en mg/l	pH
Bassin d'épuration N°4	0	+200	+40	1.5	8.2
Étangs de pisciculture	0	+200	+40	0.5-1.5	8.3
CL-100 ° eaux usées	0	+200	+40	0.5-1,5	8.0
CL-100] eaux usées	0 8.0	+200	+40	0.5-1	
CL-100 ^ eaux usées	0	+200	+40	1.5	8.0
CL-0 1/7 eaux usées	4.5 3.5	200	4	3	7.9
Eau de ville	8	20	0	3	7.7-7.9

Tableau 8 : Dispositif expérimental pour étudier la toxicité des eaux usées de Diokoul

Nous avons rassemblé sur un même tableau (Tableau 8) les différentes concentrations létales et les données des paramètres physico-chimiques. L'analyse de ce tableau permet de constater que les poissons ne supportent pas le manque d'oxygène dissous

Les taux de nitrate sont toujours élevés quelles que soient les concentrations utilisées, mais ne sont pas très nocifs par rapport aux nitrites où une concentration supérieure à 4 ppm entraîne la mortalité des poissons. Nous avons également constaté l'absence d'oxygène dans les étangs et au B4, même si la concentration est diluée quatre fois ceci est due au caractère très chargé des eaux usées de cette station traitée uniquement par lagunage.

Les mesures du pH du B4 et des aquariums pollués par les débris d'aliments sont très comparables. Le pH des autres bacs expérimentaux est très proche du pH du bac témoin rempli de l'eau de ville. Les pH les plus favorables à la survie des poissons se situent entre 5,0 et 9,5. Par ailleurs, la mise en œuvre de tels tests nous permet d'envisager l'apport alimentaire de ces eaux usées dans la pisciculture péri-urbaine.

Nous avons ensuite mis en place un dispositif expérimental (Tableau 9) pour voir l'effet de la réutilisation des eaux usées traitées sur l'alimentation des poissons. Il faut signaler que les bacs d'expérimentation ont reçu une aération artificielle durant toute l'expérimentation.

Bacs d'élevage avec eaux usées de Diokoul diluées 7 fois.		Bacs d'élevage avec eau de ville	
Avec alimentation	Sans alimentation	Avec alimentation	Sans alimentation

Tableau 9 : Apport alimentaire des eaux usées dans la pisciculture

Avec les eaux usées et l'apport d'aliments, on constate une diminution du poids moyen des poissons et le rapport intestino-somatique est de 9,63%.

Lorsqu'on n'apporte pas d'alimentation supplémentaire, le poids moyen des poissons diminue encore plus (14,28% de moins). On observe une déformation de l'allure général des poissons, le rapport intestino-somatique est de 8,57 % et la mortalité atteint 50%.

Dans l'eau de ville, sans apport d'alimentation, les poissons perdent du poids, leur rapport intestino-somatique est de 8,85% et la mortalité atteint 40%. Par contre si l'alimentation est distribuée régulièrement le poids moyen des poissons passe du simple au triple (de 10 à 30 g), le rapport intestino-somatique passe à 17,24 % et les organes génitaux deviennent nets permettant ainsi de procéder au sexage.

Ainsi, même diluées sept fois, les eaux traitées de Diokoul ne peuvent permettre à l'état actuel du niveau de traitement la réutilisation en pisciculture de Tilapia.

Comportement des stations après vidange et remise en route

● *Suivi du débit des effluents dans les stations*

La maîtrise des débits des effluents est une condition indispensable pour assurer un traitement efficace. En effet ce paramètre est un outil qui permet un bon dimensionnement des ouvrages d'assainissement.

Il faut signaler que les stations de Castors et Diokoul ont été construites sur la base d'une évaluation moyenné théorique des rejets au Sénégal. Celle-ci se situe autour de 40 litres par habitant par jour. Ainsi la station de Castors, dimensionnée

pour 300 concessions devrait recevoir théoriquement, en comptant une moyenne de 10 personnes par concession, un débit estimé à 120 m³ par jour. Tandis que Diokoul, dimensionnée pour 170 concessions, devrait accueillir un débit de 68 m³.

A l'heure actuelle, les deux stations en question n'ont pas encore atteint le nombre de branchements prévu, malgré les demandes qui s'accumulent. Le premier totalise aujourd'hui 153 branchements et le second 85 branchements.

Deux raisons peuvent être évoquées pour la mise en attente de ces demandes :

✓ la première est liée à la documentation scientifique sur le fonctionnement de ces stations actuellement en cours, qui nécessite une stabilité des paramètres ;

✓ la seconde est liée à la pérennisation du processus qui nécessite le transfert des demandes et des procédures d'emprunt à un organisme financier spécialisé (tel que l'avait proposé l'atelier sur le FOCAUP. Cf. Rapport 1).

Dans le cadre de cette étude, il a été aménagé des ouvrages de mesure des débits à l'entrée et à la sortie de chaque station. Les mesures ont été réalisées durant les mois d'octobre (en fin de saison des pluies) et de janvier (en début de saison froide). Les résultats pour le mois d'octobre donnent pour la station de Castors un débit sur 14 heures (Q_{14}) de 54 000 litres soit 54 m³ ceci correspond à un débit sur 24 heures (Q_{24}) 63 m³ par jour, en considérant que le débit sur 24 heures représente 85 % du Q_{14} (Valiron, 1985). Pour la saison froide, les débits notés sont de 86 m³ par jour. Dans le cas de Diokoul, les mesures de la saison des pluies donnent pour le Q_{14} , 145 m³ correspondant à un Q_{24} de 171 m³. Pour la saison froide, les mesures donnent un débit journalier de 111 m³.

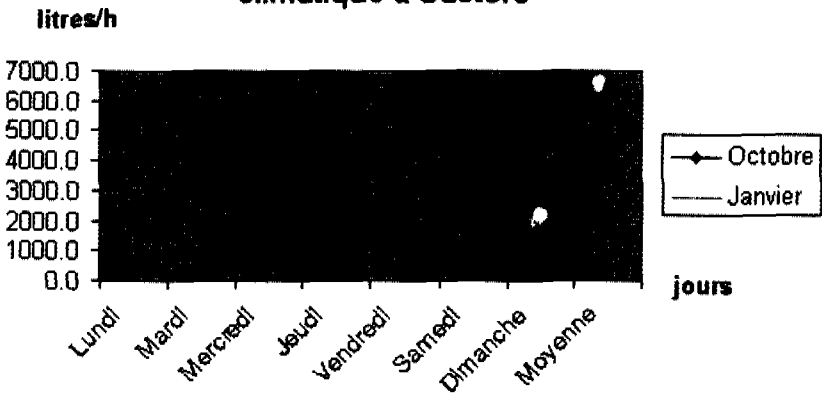
Il ressort de ces premiers résultats, que la station de Castors qui est théoriquement dimensionnée pour recevoir 120 m^3 d'eaux usées par jour n'a pas encore atteint son débit nominal et donc peut encore accepter des branchements supplémentaires, théoriquement autour de 40 m^3 . Cependant, il est paradoxale de noter que les débits sont plus élevés en saison froide qu'en saison des pluies sous des températures plus fortes. La seconde phase du projet devra confirmer cette tendance observée et lui trouver une explication.

La station de Diokoul initialement prévue pour accueillir 68 m^3 en reçoit aujourd'hui en pointe 171 m^3 alors que seule la moitié des concessions prévues est connectée à la station. Par contre au niveau des variations saisonnières des débits, les tendances observées sont conformes aux prévisions. Néanmoins la seconde phase de l'étude devra confirmer les débits notés et lever toutes les contradictions relevées.

➤ *Variation quotidienne des débits à Castors*

Comme le montre le graphique 1, les débits les plus élevés sont notés le mardi, pendant l'hivernage et le lundi, en saison froide. Les plus faibles débits sont observés le mardi et le samedi. Ces différences doivent être liées à la répartition journalières des activités consommatrices d'eau (jours de lessive, de grands nettoyages).

Variation des débits journaliers par période climatique à Castors

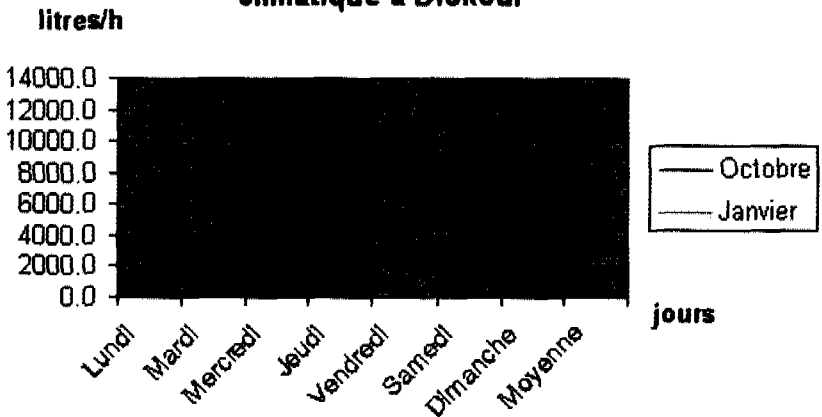


Graphique 1 : Variation quotidiennes des débits à Castors

> *Variation journalière des débits à Castors*

Le débit de pointe est noté à 7 heures en octobre et 15 heures en janvier (graphique 2). Ceci correspond au moment de l'arrivée des eaux de bains de la population pendant la saison chaude et la saison froide qui se situent à des moments différents.

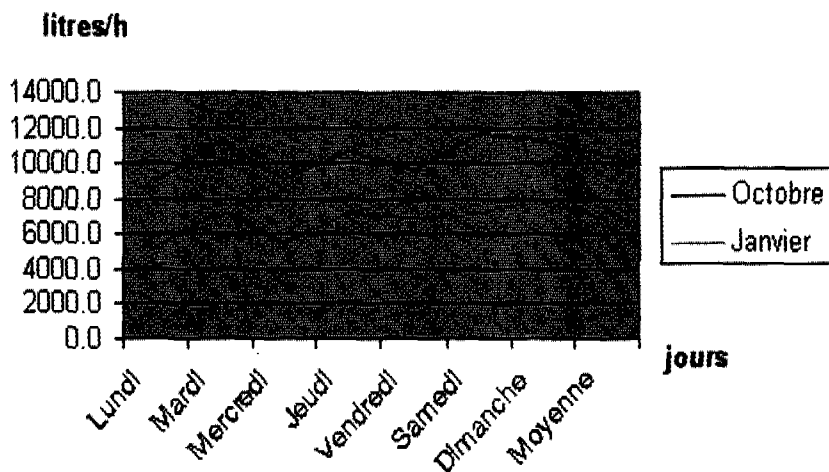
Variation des débits journaliers par période climatique à Diokoul



Graphique 2 : Variation moyennes journalières des débits à Castors

➤ *Variation quotidienne des débits à Diokoul*

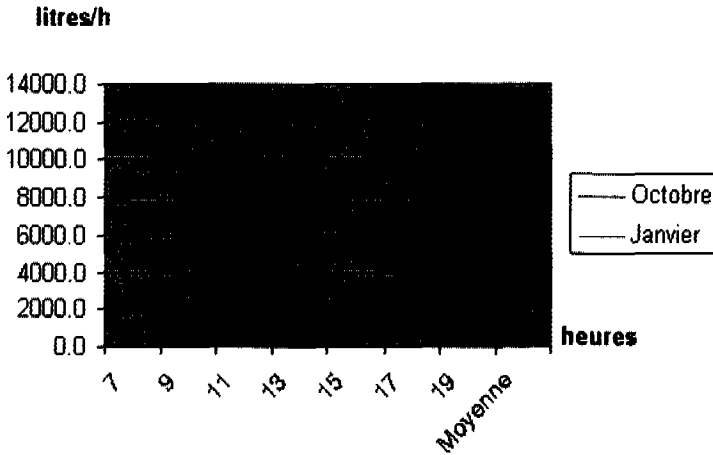
Contrairement à ce que l'on observe à Castors, ici les plus forts débits sont notés le mardi, le samedi et le dimanche. Le lundi et le mercredi présentent le plus faibles débits (graphique 3). Ces variations sont constantes quelque soit la période climatique. Il faudra trouver l'explication probablement dans la différence de comportement liée à la différence ethnique. En effet, Diokoul est un quartier habité en grande majorité par des lébous, ce qui n'est pas le cas pour Castors.



Graphique 3 : Variation quotidiennes des débits à Diokoul

➤ *Variation journalière des débits à Diokoul*

Les débits de pointe sont notés à 11 heures en saison chaude et humide et à 15 heures en saison froide (graphique 4).

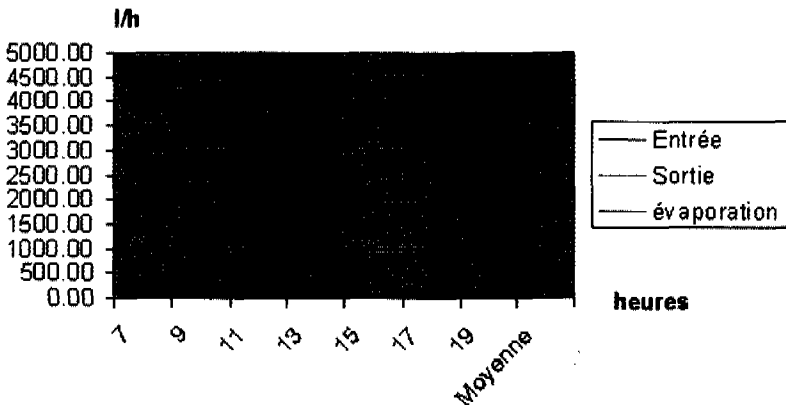


Graphique 4 : Variation horaire des débits à Diokoul

↳ *Variation journalière de l'évaporation à Castors*

On peut noter trois pointes au niveau de la courbe d'évaporation (graphique 5). Une à 7 heures, une à 11 heures et la dernière à 15 heures. Les deux dernières nous semblent logiques car elles correspondent aux moments les plus chauds de la journée. Par contre la pointe de sept heures nous pose un problème. En effet, à ce moment, il ne fait pas encore suffisamment chaud pour expliquer cette pointe.

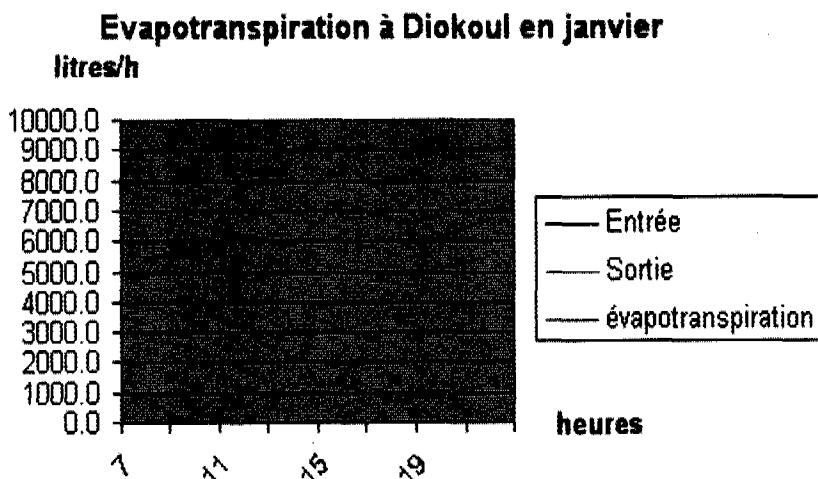
Evaporation à Castors en Octobre 2001



Graphique 5 : Évolution de l'évaporation journalière à Castors

> *Variation journalière de l'évaporation à Diokoul*

À Diokoul la courbe de variation de l'évapotranspiration présente une pointe très distincte qui correspond à la période la plus chaude de la journée (graphique 6). Ceci est conforme aux attentes.



Graphique 6 : Évolution journalière de l'évapotranspiration à Diokoul

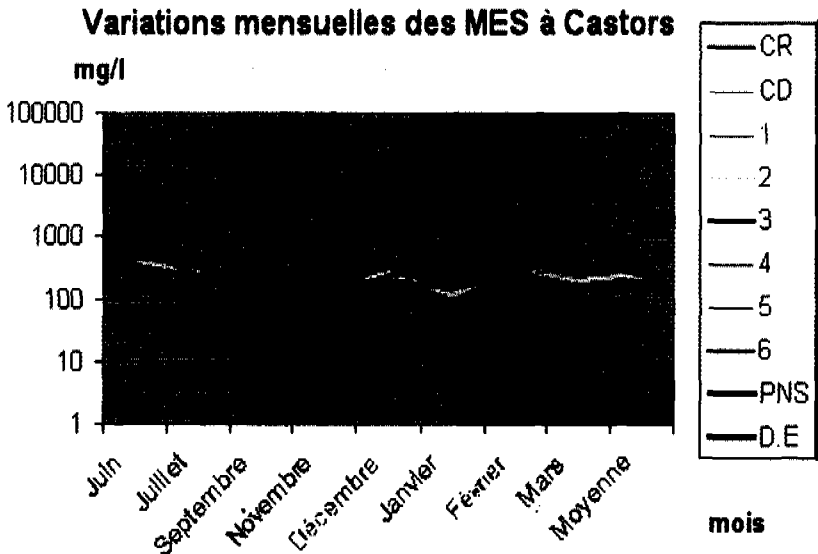
● *Bilan épuratoire à Castors*

Nous allons nous intéresser principalement aux mesures des MES qui représentent la pollution primaire, à la DCO et la DBO_5 pour la pollution secondaire, aux phosphates, à l'ammonium et aux nitrates pour la pollution tertiaire et enfin à la désinfection et à l'élimination des métaux lourds.

> *Épuration primaire à Castors*

La pollution primaire concerne les matières en suspension (MES). La station reçoit en moyenne, en terme de concentration, 3689 mg/l soit un flux de 277 kg de matières en suspension par jour. Les concentrations en fin de traitement sont de 391 mg/l, soit un flux de 11 kg par jour. Les rendements obtenus sont de 89 % en valeur relative et 96 % en valeur absolue.

Le décanteur assure 30 % de l'élimination des MES en rendement relatif. Les bassins 2 et 3 présentent chacun un rendement relatif de 93%, supérieur au rendement obtenu en fin de traitement (graphique 7). Ceci s'expliquerait par la pollution de néoformation liée au développement des algues. Malgré tout, les normes recommandées ne sont atteintes ni pour le Projet de Normes de rejets des eaux usées Sénégalais (PNS) ni pour la Directive Européenne (D.E).



Graphique 7 : Suivi des MES sur la station de Castors de juin 2001 à mars 2002

> *Épuration secondaire*

Caractérisée par la DCO et la DBO₅, elle correspond à l'élimination de la matière organique. Les concentrations moyennes notées sont de 2000 mgO₂/l pour la DCO et 613 mgO₂/l pour la DBO₅ à l'entrée et respectivement 691 et 331 mgO₂/l pour la DCO et la DBO₅ en fin de traitement.

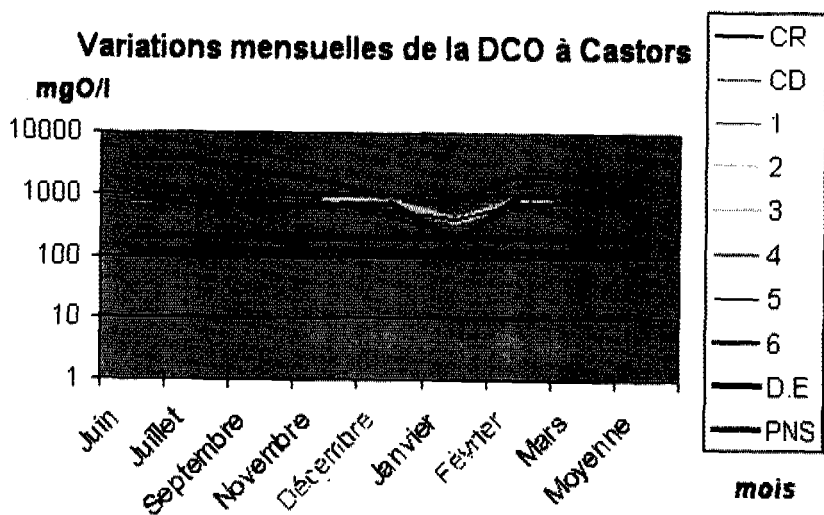
En terme de flux, les charges observées sont de 150 kg par jour pour la DCO et 46 kg par jour pour la DBO₅. Ceci correspond à des rendements en valeur relative de 65 % pour la

DCO et 73% pour la DBO_5 tandis qu'en valeur absolue, ils atteignent 87% pour la DCO et 80% pour la DBO_5 .

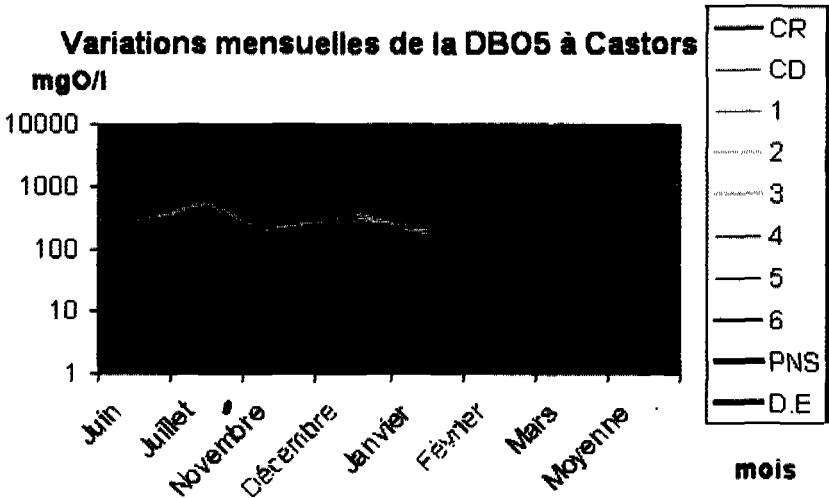
La part du décanteur dans le rendement relatif est de 45 % pour la DCO et 49 % pour la DBO_5 . Ainsi, il faut retenir que l'essentiel de l'abattement est réalisé au niveau du décanteur. Il faut remarquer également que les charges les plus faibles sont notées au mois de janvier pour la DCO et au mois de novembre pour la DBO_5 (graphique 8 et 9).

Pour ce qui concerne l'abattement de la DCO, les rendements en valeur relative obtenus au niveau des bassins 2 et 3 sont équivalents aux rendements en fin de traitement alors que pour l'abattement de la DBO_5 , les rendements des bassins 2 et 3 sont meilleurs qu'en fin de traitement.

Bien que les rendements observés soient élevés, il faut remarquer enfin qu'ils ne répondent ni aux normes recommandées par le Projet de Normes de rejets des eaux usées Sénégalais (PNS) ni à celles de la Directive Européenne (D.E.).



Graphique 8 : Suivi de la DCO sur la station de Castors



Graphique 9: Suivi de la DBO₅ sur la station de Castors

> *Épuration tertiaire*

√ *Abatement de l'ammonium*

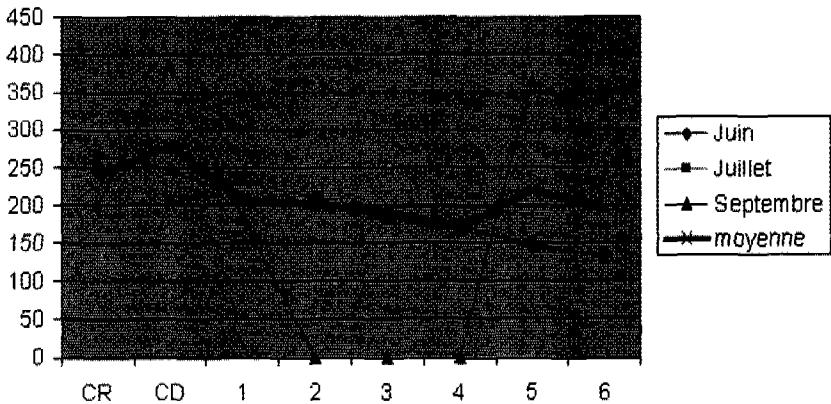
Pour des problèmes d'ordre technique il n'a pas été possible de mesurer l'azote total, on s'intéressera aux valeurs obtenues pour l'ammonium et les nitrates. Les concentrations en ammonium notées sont de 238 mg/l à l'entrée et 195 mg/l en fin de traitement. En terme de valeur absolue, la station reçoit par jour 17 kg d'ammonium et en restitue en fin de traitement 6 kg.

Contrairement à l'élimination des MES et de la DCO, on obtient un rendement en valeur relative de 18% seulement en fin de traitement. Par contre, à la sortie du bassin 3, le rendement atteint 22 %. Malgré tout, en valeur absolue, le rendement globale atteint 66 %.

La part du décanteur est négative dans l'élimination de ce paramètre. Ce qui est logique pour le rôle qu'il joue dans le

système. En effet, il contribue à la dégradation de la matière organique, ce qui se manifeste par une augmentation de la concentration en ammonium à la sortie de ce dernier. On constate également que le rendement baisse à nouveau à la sortie du bassin 4 (graphique 10).

Variation de l'ammonium en mg/l

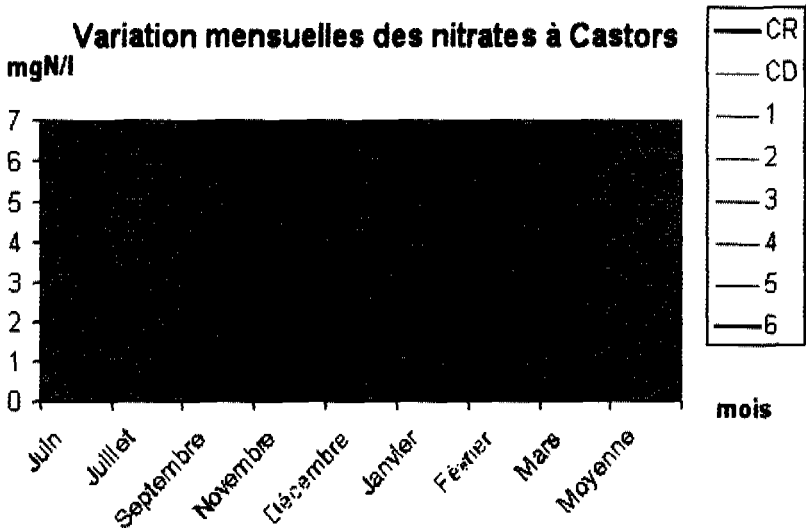


Graphique 10 : Suivi de l'ammonium sur la station de Castors

√ Abatement des nitrates

Les concentrations notées sont de 0,8 mg/l à l'entrée et 1,1 mg/l en fin de traitement. En terme de flux, la station reçoit 0,06 kg de nitrates par jour et en évacue 0,03 kg par jour.

Les rendements d'élimination des nitrates sont négatifs en valeur relative (graphique 11) mais atteignent 50% en valeur absolue. Au niveau du décanteur, on obtient un rendement négatif en valeur relative par contre, les meilleurs rendement son obtenus au niveau du bassin 2 (50 % en valeur relative).

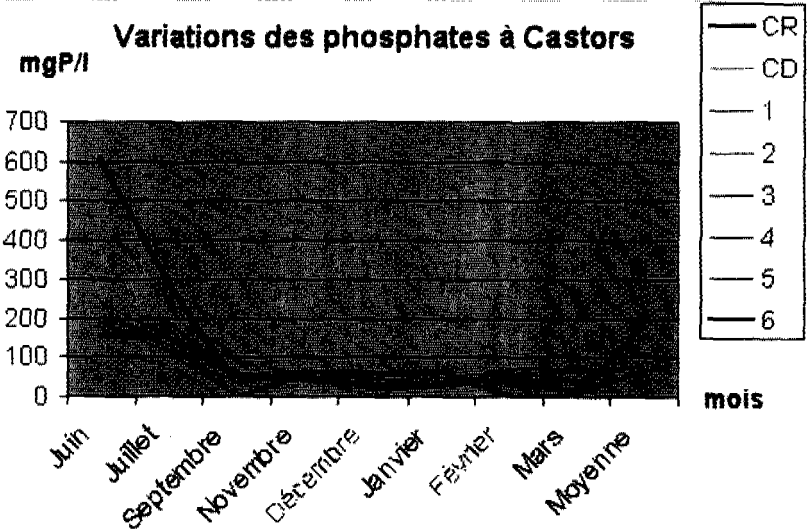


Graphique 11 : Suivi des nitrates sur la station de Castors

√ Abatement des phosphates

Les concentrations observées sont de 187 mg/l à l'entrée de la station et 63 mg/l en fin de traitement. Cela correspond à un flux quotidien de 14 kg entrant contre 1,70 à la sortie.

En valeur relative, les rendements sont de 66 % en fin de traitement. En valeur absolue, les rendements atteignent 83% en fin de traitement. La part la plus importante est assurée par le décanteur (50 %). Les rendements obtenus au niveau des bassins 2 et 3 sont légèrement inférieurs à ceux qui sont notés en fin de traitement (respectivement, 57 et 54 %) (graphique 12).



Graphique 12 : Suivi des phosphates sur la station de Castor de juin 2001 à mars 2002

» Désinfection

√ Abatement des bactéries

Bassins	Juin	Juillet	Août	Décembre	Janvier	Février	Mars	Moyenne
	Coliformes fécaux (Nb/100ml)	Coliformes fécaux (Nb/100ml)	Coliformes fécaux (Nb/100ml)	Coliformes fécaux (Nb/100ml)	Coliformes fécaux (Nb/100ml)	Coliformes fécaux (Nb/100ml)	Coliformes fécaux (Nb/100ml)	Coliformes fécaux (Nb/100ml)
Castors Entrée					3.10 ⁶	40.10 ⁶	33.10 ⁶	25.10 ⁶
Castors Décanteur	14.10 ⁶	0.09.10 ⁶	13.10 ⁶	0.4.10 ⁶	4.10 ⁶	32.10 ⁶	20.10 ⁶	12.10 ⁶
Castors Bassin 1	-			4.10 ⁶	0.1.10 ⁶	0.1.10 ⁶	16.10 ⁶	6.10 ⁶
Castors Bassin 2	-			0.2.10 ⁶	0.7.10 ⁶	0.9.10 ⁶	0.1.10 ⁶	0.7.10 ⁶
Castors Bassin 3	-			0.1.10 ⁶	0.6.10 ⁶	0.7.10 ⁶	0.6.10 ⁶	0.7.10 ⁶
Castors Bassin 4	-			0.5.10 ⁶	0.3.10 ⁶	0.4.10 ⁶	0.6.10 ⁶	0.5.10 ⁶
Castors Bassin 5	-			0.2.10 ⁶	0.4.10 ⁶	0.2.10 ⁶	0.2.10 ⁶	0.3.10 ⁶
Castors Bassin 6	0.8.10 ⁶	0.4.10 ⁶	0.2.10 ⁶	0.2.10 ⁶	0.2.10 ⁶	0.2.10 ⁶	0.2.10 ⁶	0.3.10 ⁶

Tableau 10 : L'abattement des coliformes fécaux dans les bassins de Castors

Les charges moyennes en coliformes fécaux obtenues à l'entrée de la station varient autour de 25.10^6 par 100 ml. En fin de traitement, elles se retrouvent à 03.10^6 par 100 ml (Tableau 10). Ce qui correspond à un taux d'élimination de 98,8 %. Au niveau du décanteur, le taux d'élimination se situe à 52 % alors que pour les bassins 2 et 3 on atteint 97 %.

Malgré tout, les concentrations en fin de traitement ne répondent pas aux normes de réutilisation en agriculture sans restriction. En effet pour la culture des légumes consommés crus, les normes bactériologiques recommandées ne dépassent pas 1000 coliformes fécaux par 100 ml. Ici, la moyenne en fin de traitement est 300 fois plus élevée.

√ *Abattement des parasites*

Les parasites isolés dans les eaux comportaient des helminthes et des protozoaires

Bassins	Helminthes (Nb/10 ml)		Helminthes (Nb/10 ml)		Helminthes (Nb/10 ml)		Helminthes (Nb/10 ml)
	Juin	Juillet	Août	Décembre	Janvier	Février	Mars
Castors Entrée	-	-	-	-	0	4 larves <i>S. stercoralis</i>	2 œufs <i>Ascaris</i>
Castors Décanteur	0	2 œufs <i>Ascaris</i> 3 <i>S. stercoralis</i>	4 <i>S. stercoralis</i>	0	0	1 larves <i>S. stercoralis</i>	3 larves <i>S. stercoralis</i>
Castors Bassin 1	-	-	-	0	0	0	1 larves <i>S. stercoralis</i> 1 œufs <i>Ascaris</i>
Castors Bassin 2	-	-	-	0	0	2 larves <i>S. stercoralis</i>	1 larves <i>S. stercoralis</i>
Castors Bassin 3	-	-	-	0	0	0	0
Castors Bassin 4	-	-	-	0	2 œufs <i>Ascaris</i>	0	0
Castors Bassin 5	-	-	-	0	0	0	0
Castors Bassin 6	0	0	0	0	0	0	0

Légende: *S. stercoralis* ; *Strongyloides stercoralis*

Tableau 11 : Abattement des helminthes dans la station de Castors

Dans ce groupe, nous avons identifié *Ascaris lumbricoides* et *Strongyloides stercoralis* appelé aussi Anguillule (Tableau 11). Ils sont tous les deux pathogènes mais leur transmission se fait différemment. En effet, *Ascaris* est transmis par voie orale à partir de ses œufs qui s'embryonnent dans le milieu extérieur (dont la chaleur et la teneur en humidité sont des facteurs déterminants). Il détermine une parasitose intestinale qui est l'ascaridiose. Concernant *Strongyloides stercoralis*, il est transmis par voie transcutanée donc lors de la marche à pied nu dans la boue ou le sol humide où la larve qui est la forme infectante de ce parasite se trouve. La contamination est aussi possible en buvant de l'eau contenant la larve qui passe à travers la muqueuse buccale. Cette larve, pour survivre dans le milieu extérieur, a aussi des exigences thermiques et hygrométriques qui sont présentes dans la station. Elle détermine aussi une parasitose intestinale appelée anguillulose. Il est remarquable de constater qu'après le bassin 4, l'élimination des helminthes est complète.

Bassins	Protozoaires (Nb/10 ml)		Protozoaires (Nb/10 ml)		Protozoaires (Nb/10 ml)		Protozoaires (Nb/10 ml)
	Juin	Juillet	Août	Décembre	Janvier	Février	Mars
Castors Entrée	-	-	-	-	2.tropho. <i>E.coli</i> 6.kystes. <i>E.coli</i> 5.kystes. <i>E.nana</i>	8.kystes. <i>E.coli</i>	0
Castors Décanteur	1. <i>E.coli</i>	12. <i>E.coli</i> s	0	2 <i>E.nana</i> 2. <i>Giardia</i>	2.kystes. <i>E.coli</i> 12.kystes. <i>E.nana</i> 8.kystes. <i>Giardia</i>	2.kystes. <i>E.coli</i> 4. <i>E.h</i> <i>minuta</i>	2.kystes. <i>E.coli</i> 7.kystes. <i>Giardia</i>
Castors Bassin 1	-	-	-	0	5.kystes. <i>E.coli</i> 3.kystes. <i>Giardia</i>	5.kystes. <i>E.coli</i> 6.kystes. <i>E.nana</i> 7.kystes. <i>Giardia</i>	2.kystes. <i>E.coli</i> 3.tropho. <i>E.h.h</i> 5.kystes. <i>Giardia</i>
Castors Bassin 2	-	-	-	0	0	2.kystes. <i>Giardia</i>	5.tropho. <i>E.h.h.</i>
Castors Bassin 3	-	-	-	0	0	2.tropho. <i>E.h.h.</i>	0
Castors Bassin 4	-	-	-	0	0	0	0
Castors Bassin 5	-	-	-	1.tropho. <i>E.histolytica</i>	0	0	0
Castors Bassin 6	0	0	0	3.tropho. <i>E.histolytica</i>	0	0	0

Légende: *E. coli* ; *Entamoeba coli*. tropho. ; trophozoïte. *E. nana* ; *Endolimax nana*. *E. histolytica* ; *Entamoeba histolytica*, *E. h. h.* ; *Entamoeba histolytica histolytica*

Tableau 12 : Abattement des protozoaires dans la station de Castors

Dans le groupe des protozoaires (Tableau 12), nous avons identifié des amibes composées d'espèces non pathogènes (*Entamoeba coli* et *Endolimax nana*) et d'espèces pathogènes (*Entamoeba histolytica* qui est l'agent de l'amibiase et un autre protozoaire, *Giardia intestinalis*, responsable de la giardiase, parasitose intestinale).

L'amibiase est à localisation initiale intestinale mais peut secondairement envahir le foie et constituer un abcès amibien hépatique. Sa transmission se fait essentiellement par voie orale, d'une manière directe par les mains sales, ou indirecte par l'eau et les aliments souillés (de la même manière que les formes non pathogènes, par le biais de leurs kystes). Il en est de même pour *Giardia intestinalis*.

Il est remarquable de noter l'incidence de l'absence de parasites en fin de traitement excepté pour les protozoaires au mois de décembre, pendant lequel, les parasites sont absents dans les bassins 1, 3 et 4, puis réapparaissent au niveau des bassins 5 et 6 sous formes de trophozoïtes (fait qu'il s'agira d'expliquer). Dans le cadre d'une réutilisation dans l'agriculture, la contamination parasitologique est de plus en plus privilégiée sur la contamination bactériologique. Ainsi, les eaux issues de la station seraient donc parfaitement réutilisables en agriculture sans restriction si l'on ne considère que le critère parasitologique.

➤ *Abattement des métaux lourds*

L'eau constitue le milieu le plus important pour les micro polluants en général et les métaux lourds en particulier. Elle permet des réactions chimiques en fonction des paramètres (acidité, basicité, température, oxygène dissous,...) qui gouvernent la solubilisation des métaux. La coexistence de deux phénomènes que sont la bio magnification et la bio-accumu-

lation permet aux éléments présents sous forme de traces de se concentrer tout au long de la chaîne alimentaire. Selon les métaux, les éléments lourds peuvent se présenter sous forme de sels (solubles en général) ou sous forme d'oxydes (peu solubles) qui s'accumulent par sédimentation. La solubilité est le paramètre déterminant du comportement du métal. Si la solubilité est bonne, le métal va passer dans les nappes ou dans les plantes (bio disponibilité). Il y a plusieurs situations possibles selon la variété de la plante :

✓ la plante peut être peu tolérante et meurt en présence de métaux lourds ;

✓ il y a des plantes qui réagissent en sécrétant des acides qui réduisent la mobilité des métaux, diminuant ainsi leur absorption par le matériel végétal

✓ il y a des plantes qui réagissent en sécrétant des acides qui réduisent la mobilité des métaux, diminuant ainsi leur absorption par le matériel végétal ;

✓ il y a des espèces végétales tolérantes aux métaux lourds et qui les accumulent. Ce sont les plantes métallophiles. Elles absorbent les métaux lourds par les racines et certaines d'entre elles les laissent passer au niveau des parties supérieures.

Selon les objectifs visés on peut choisir l'une des catégories pour faire de la bio-indication ou de la phyto-remédiation.

L'analyse qualitative réalisée au début de l'étude avait permis de détecter le cuivre et le zinc dans les eaux usées de Castors. Le suivi de ces métaux dans les bassins a donné les résultats présentés dans le Tableau 13.

Station de CASTORS							
Bassin	Teneur en Cu (mg/l)				Teneur en Zn (mg/l)		
	Septembre	Décembre	Janvier	Février	Décembre	Janvier	Février
CR	0,148	0,2233	0,2212	0,3124	1,6789	1,6791	2,2220
CD	0,078	0,1877	0,1870	0,2088	1,4001	1,3841	1,5933
C1	0,068	0,1255	0,1416	0,1766	1,1343	1,1230	1,4290
C2	0,056	0,0997	0,1250	0,1156	1,1098	0,9810	1,1980
C3	0,044	0,0802	0,0808	0,0860	0,9982	0,6010	0,9230
C4	0,012	0,0723	0,1075	0,0750	0,8230	0,7980	0,8220
C5	0,032	0,0865	0,1113	0,0840	0,8876	0,8260	0,9090
C6	0,016	0,1145	0,1115	0,1015	0,8860	0,8230	0,9130
Valeurs guides	Eau potable : 1 à 2 mg/l Agriculture : 0.2 mg/l (pour 10 000 m ³ /ha/an) Pisciculture : <1 mg/l				Eau potable : 3 à 5 mg/l Agriculture : 2 mg/l Pisciculture : quelques mg/l		

Tableau 13 : Abatement des métaux lourds à la station de Castors

Les valeurs trouvées sont faibles et ne présentent pas de danger pour la réutilisation de l'eau dans les activités telles que l'agriculture et la pisciculture. En effet les valeurs guides consignées dans le tableau 13 sont supérieures aux valeurs trouvées dans les eaux de la station. De plus les eaux de boisson et de culture ne doivent pas être exemptes de cuivre. Ce métal joue un rôle fondamental dans la synthèse de l'hémoglobine et entre en jeu dans plusieurs processus biologiques. Les besoins quotidiens de l'homme sont estimés à 2 mg.

Pour la pisciculture il est recommandé d'avoir des teneurs en cuivre inférieures à 1 mg/l pour la majorité des espèces, tandis que pour l'agriculture il est recommandé d'utiliser une eau de teneur inférieure à 0,2 mg/l sans dépasser 10 000 m³ par hectare et par an. Les connaissances sur la toxicité de cet élément pour les cultures sont insuffisantes à l'heure actuelle. On observe des taux d'épuration importants entre l'entrée et la sortie de la station. A partir du décanteur on observe une baisse de la teneur en cuivre quand on passe successivement de C_R au bassin C₄ qui a la plus faible teneur. Ensuite on note une légère augmentation de la teneur de cuivre à partir du bassin C₄. Aucun apport n'étant effectué, cette augmentation ne peut s'expliquer que par l'évaporation des eaux.

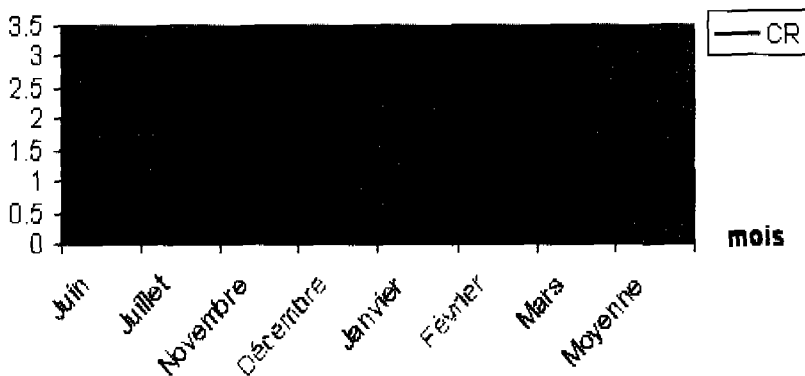
Pour ce qui est du zinc, on observe le même comportement. Les taux d'épuration sont importants entre les entrées et les sorties de la station. La plus faible teneur en zinc est obtenue au mois de janvier dans le bassin C₃ et dans tous les autres cas le meilleur taux d'épuration est obtenu dans le bassin C₄. Il convient de noter que les eaux à la sortie des stations ne présentent aucun danger pour ce qui concerne le cuivre et le zinc. Les eaux sont qualifiées pour ces paramètres à partir du bassin 1 et peuvent être utilisées aussi bien en agriculture qu'en pisciculture.

Dans la suite du travail nous continuerons à nous intéresser au cuivre et au zinc mais aussi aux métaux présents sous forme de traces qui ont une grande toxicité (mercure, cadmium et plomb) afin de qualifier totalement les eaux de la station. En effet, l'acquisition d'un nouvel appareil capable de détecter des traces très faibles nous permettra de réaliser ce travail important.

● *Analyse de la biodégradabilité des effluents à Castors*

Très souvent, la biodégradabilité d'un effluent est estimée en fonction du rapport DCO/DBO₅. Ce rapport marque la part relative des matières rapidement biodégradables dans l'ensemble des matières oxydables (Bechac *et al.*, 1983). Ce rapport ici, est en moyenne de 2,1 et correspond donc à la définition d'un effluent urbain. Ces valeurs sont généralement inférieures à 2.5. Cependant, à une certaine période de l'année nous avons noté un rapport supérieur à 2,5 (graphique 13). Nous pensons que ceci a joué un rôle dans les échecs répétés d'implantations de *Pistia stratiotes* dans les bassins. Il est à supposer qu'une activité hautement polluante, non déclarée, est menée dans le quartier. Il s'agira de découvrir cette activité avec l'aide de l'équipe socio-économique et les GIE du quartier, mais aussi grâce au suivi scientifique des caractéristiques physico-chimiques des effluents. Cette analyse sera réalisé avant la mise en place de la seconde phase.

Variations mensuelles du rapport DCO/DBO₅ à l'entrée de la station de Castors



Graphique 13 : Suivi de la variation de la biodégradabilité dans la station de Castors

● *Caractéristiques spécifiques de la station de Castors*

L'analyse de l'efficacité d'une station d'épuration est liée à des notions comme l'équivalent-habitant, les charges hydrauliques et polluantes, l'évaporation/évapotranspiration, les temps de séjours, les caractéristiques techniques des ouvrages...

À Castors, la station d'épuration est composée d'un ouvrage de mesure de débit à l'entrée et d'un décanteur qui déverse par gravité dans six bassins de type aérobie facultatif, configurés en série. Le circuit hydraulique se fait en quinconce et par gravité en translation de surface (schéma et dimensions en annexes). Le volume utile de l'ensemble des bassins est de 720 m³.

Avec un débit moyen de 75m³ par jour et un taux d'évaporation de 64%, le temps de séjour peut être estimé à environ 38 jours. Selon Meron *et al.* (1965) In Gloyna (1972), après 20 jours de rétention dans un ensemble de bassins aérobies facultatifs et moyennant chloration, l'effluent peut être utilisé

pour l'irrigation de n'importe quelle culture ainsi que pour diverses opérations industrielles. Ici cette période est largement dépassée.

Par ailleurs, les enquêtes menés par les GIE de Castors ont montré que 153 maisons sont connectées au réseau d'assainissement. Il est ressorti de cette étude que le nombre moyen d'habitants par maison est de 12 personnes. Ainsi la population globale desservie par le système peut être estimé à 1836 personnes. Ceci donne un équivalent habitant de 40 litres par jour qui confirme la base théorique du dimensionnement. Au niveau de la pollution, cela correspond à des équivalents habitants de 82 g par jour en DCO, 38 g par jour en DBO₅ et 152 g par jour en MES. Cependant, les mêmes enquêtes à Castors ont montré que la consommation en eau par habitant est située autour de 32 litres par jour. Il faut donc penser qu'il est possible qu'un nombre important de personnes piratent le réseau ou qu'il existe d'autres sources d'approvisionnement en eau potable pour ces populations. En effet, les consommations en eau ont été établi à partir des factures d'eaux des maisons. La deuxième phase de l'étude devrait s'atteler à résoudre ce problème. Jusque-là, les chiffres indiqués en équivalent-habitant devraient être considérés comme provisoires. Il faut signaler enfin que s'il y avait confirmation d'un rejet anarchique important d'eaux usées non prétraitées dans les regards, cela pourrait aussi bien compromettre le fonctionnement du réseau que celui de la station de traitement.

● *Inventaire et évolution spatio-temporelle de la faune aquatique*

➤ *Inventaire de la faune aquatique (Annexe, tableau n°1 à 4).* Plusieurs espèces d'insectes appartenant à l'ordre des Hémiptères, des Coléoptères et des Diptères ont été récoltées et déterminées (Durand et Lévêque, 1981; Jeannel, 1951; Paulian, 1951; Poisson, 1951; Seguy, 1951). Certaines sont

en voie de l'être. Nous présentons leur liste exhaustive dans les tableaux n°1 à 4. La biologie, la systématique et le rôle pathogène de la plupart d'entre elles ont été déjà décrites .

La plupart des insectes répertoriés dans les tableaux n°1 à n°4 (Annexe) sont peu nombreux et n'ont donc pas été pris en compte dans le dénombrement et le calcul statistique. La présence de ces insectes offre un intérêt systématique du fait même de leur présence dans ces types de bassins : elles traduisent une diversification du nombre de taxons dans le site.

> *Évolution spatio-temporelle des espèces*

Nous avons analysé les résultats de mai 01 à février 02.

√ *Les diptères*

L'essentiel des arthropodes récoltés dans les bassins sont des diptères. L'analyse de la figure 1 montre que la répartition de ces insectes est étroitement liée au degré d'épuration des bassins ($p < 0,0001$). Le nombre moyen global des diptères augmente de manière linéaire du bassin n°1 au bassin n°6. Cette répartition linéaire le long des bassins est due aux *Drosophila* qui sont les plus nombreux : la moyenne globale dans le site est de 4138 ± 567 . Cependant, elle culmine à plus de 10 000 au niveau du bassin n°6. Puis viennent les *Culex pipiens* où une moyenne globale de 611 ± 146 a été observée dans le site. Ils ont été surtout observés au niveau des bassins n°4, 5 et 6 où des moyennes avoisinant 1500 ont été observées.

L'analyse de la figure 2 montre que *Culex pipiens* s'est surtout développé aux mois d'août 2001 et de janvier 2002 au niveau des bassins n°4, 5 et 6. Globalement trois pics de développement (surtout de *Drosophila*) ont été observés en août 2001, novembre 2001 et février 2002.

√ *Les coléoptères*

Il ne semble pas y avoir d'impact du degré d'épuration sur la répartition des coléoptères : ces derniers sont répartis de manière pratiquement homogène dans les bassins (à partir du bassin n°1). Les plus fréquents sont *Hydrophila* ($0,38 \pm 0,16$), *Rhantaticus* ($0,021 \pm 0,01$) et *Cybister* ($0,035 \pm 0,01$). C'est au niveau des bassins n°3 et 5 que le plus grand nombre d'hydrophiles a été observé.

√ *Les Hétéroptères*

Contrairement aux coléoptères, l'impact du degré d'épuration des bassins sur les hétéroptères est important ($p < 0,002$). Les hétéroptères les plus fréquents sont *Nepa*, *Notonecta*, *Mesovelina* et *Anisops*. Les plus grandes moyennes ont été observées chez *Notonecta* ($0,36 \pm 0,01$) et *Anisops* ($0,19 \pm 0,1$).

➤ *Risque sanitaire lié à la prolifération des moustiques*

Globalement, le risque sanitaire lié à la présence de moustiques est limité. Aucune larve d'anophèle vecteur du paludisme n'a été observée. Les larves de *Culex pipiens* n'ont été récoltées que durant la période d'août 2001 à janvier 2002. Les nuisances dues à *Culex pipiens* ont été beaucoup plus importantes durant le lagunage à macrophytes.

Le travail de détermination des insectes se poursuit. Nous envisageons, (1) de poursuivre les identifications, (2) de procéder à l'élaboration de fiches microphotographiques utiles pour un non spécialiste, (3) de procéder également à une étude comparative beaucoup plus fine de l'impact des différents types de lagunages sur la dynamique des arthropodes qui colonisent les bassins, particulièrement les moustiques. Pour ce faire, il serait important de recueillir des informations sur la nature et l'impact sanitaire de la faune d'eau douce lorsque le lagunage à macrophytes sera réalisé. Il est d'ailleurs à pré-

voir que lorsque les conditions optimales de lagunage à macrophytes seront réunies qu'on assiste à une diversification du nombre de taxons, d'où la nécessité d'avoir recours à un systématicien.

Variations de l'efficacité de la station de Castors

La station de Castors a été conçu pour fonctionner en lagunage à macrophytes avec *Pistia stratiotes* (L.). Cette plante est une herbe en rosette flottant librement à la surface de l'eau et est assez semblable à la laitue d'où le nom commun de laitue d'eau. Ses racines finement ramifiées plongent dans l'eau. Cette plante appartenant à la famille des *Aracea* est très répandue dans les régions tropicales et subtropicales. Aujourd'hui, après plusieurs tentatives d'implantation de *Pistia* qui ont avortés, nous avons été contraint d'étudier l'efficacité de la station en lagunage à microphytes. Les résultats obtenus ont été comparés à ceux de la première phase dans le tableau 14.

Paramètres	Lagunage à macrophytes			Lagunage à microphytes		
	Entrée	Décanteur	Bassin 6	Entrée	Décanteur	Bassin 6
MES en mg/l	750	140	48	3689	2598	394
DBO ₅ en mgO/l	690	617	132	613	313	331
DCO en mgO/l	2580	1645	610	2000	1094	691
NH ₄ ⁺ en mg/l	0.7	0.4	0.4	238	278	195
NO ₃ ⁻ en mg/l	6.0	7.7	4.1	0.8	1.1	1.1
PO ₄ en mg/l	103.0	79.0	56.0	187	89	63
K ⁺ en mg/l	380	395	350	219	177	169

Tableau 14 : Évolution comparative des concentrations à Castors en lagunage à macrophytes et à microphytes

Il faut reconnaître que les charges à l'entrée sont parfois deux à cinq fois plus élevées pour certains paramètres dans la seconde phase que dans la première. Nous pensons que ceci est imputable à la différence de saison. En effet les eaux semblent beaucoup plus chargées en saison des pluies qu'en saison froide. Ceci étant dit, nous constatons que pour l'abattement des MES, les rendements sont plus faibles en lagunage à microphytes ; 89 % contre 94 %.

Pour l'abattement de la DBO_5 , l'efficacité du lagunage à macrophytes est toujours supérieur, 81% contre 46 %. Il en est de même pour la DCO, mais ici la différence est assez faible 76 % contre 65 %. En ce qui concerne l'épuration tertiaire, la domination du lagunage à macrophytes est présente pour l'élimination de l'ammonium et des nitrates 42 % et 31 % contre 18% et un rendement négatif pour les nitrates en lagunage à microphytes. Par contre pour l'élimination des phosphates, le lagunage à microphytes semble plus efficace ; 66 % contre 42 %.

Conclusion

Grâce à la mise en place des ouvrages de mesure de débit à l'entrée et à la sortie des stations de Castors et Diokoul, nous pouvons dire aujourd'hui que les quantités d'effluents reçues par les stations sont maîtrisées. Les réseaux dans les deux cas étant de type unitaire et le nombre de branchements étant soit connu soit facilement identifiable eu égard à la taille relativement circonscrite des réseaux, des données comme l'équivalent-habitant, les dimensionnements réels des ouvrages deviennent accessibles. En effet, la plupart (pour ne pas dire toutes) des données qui ont servi de base de dimensionnement des ouvrages d'assainissement dans le pays et peut-être même dans la sous-région ont été extrapolées à partir des données européennes ou américaines. La mise à disposition de chiffres réels à Castors et Diokoul qui sont deux quartiers de typologie différente (habitat planifié et habitat spontané), (même si parfois, ces chiffres demanderont à être réajustés), permettra d'avoir des chiffres plus proches de la réalité du pays et même de la sous-région que ceux qui sont extrapolés à partir de l'Europe ou des Amériques. Ainsi, cette étude a permis de proposer pour Castors des valeurs pour l'équivalent-habitant qui sont de 40 litres par habitant par jour pour une DCO de 82 g par habitant par jour, une DBO₅ de 38 g par habitant par jour et des MES de 152 g par habitant par jour. Ces valeurs sont pour le moment provisoires et seront confirmées au cours de la phase 2 de l'étude.

La comparaison des rendements en présence de macrophytes ou en lagunage à microphytes montre que pour l'abattement des MES, les rendements sont plus faibles en lagunage à microphytes, 89% contre 94%. Pour l'abattement de la DBO_5 , l'efficacité du lagunage à macrophytes est toujours supérieur, 81% contre 64%. Il en est de même pour la DCO, mais ici la différence est assez faible, 76% contre 64%. En ce qui concerne l'épuration tertiaire, la domination du lagunage à macrophytes est présente pour l'élimination de l'ammonium et des nitrates 42% et 31% contre 20% et un rendement négatif pour les nitrates en lagunage à microphytes. Par contre pour l'élimination des phosphates, le lagunage à microphytes semble plus efficace, 66% contre 42%. Par rapport aux valeurs guides proposées par la Directive européenne 91/271/CEE (Radoux *et al.*, 1993) (70-90% pour la DBO_5 , 75 % pour la DCO et 90% pour les MES), les effluents de Castors en présence de macrophytes, respectent cette Directive pour la DCO, la DBO_5 et les MES, par contre en lagunage à microphytes, seuls les rendements pour l'abattement des MES sont respectés. Par rapport aux valeurs indiquées par le Projet de normes de rejet sénégalais, seule la rétention des MES en présence de macrophytes est respectée.

Les résultats notés à Castors pour le lagunage à macrophytes montrent que les valeurs d'abattement de la DBO_5 obtenus sont conformes avec à celles qui sont rencontrées habituellement dans le monde. En effet en Inde, les valeurs oscillent entre 74 et 95 %, en Alaska, entre 75 et 80 % au Canada, dans la Province Maritime elles sont autour de 85 % tandis que dans l'Ontario et la Province des Prairies elles se situent à 90 % (Gloyna, 1972).

Il a été observé enfin à Castors, un rapport DCO/ DBO_5 moyen situé autour de 2 généralement admise pour des eaux usées domestiques. Cependant de temps en temps on a rencontré

des valeurs nettement supérieures. Cette valeur qui témoigne de la biodégradabilité de l'effluent montre qu'à Castors, il se pourrait que des activités artisanales à fortes pollutions chimiques soient menées. Cette pollution expliquerait la difficulté à faire pousser les *Pistia* dans les bassins. Dans les activités du prochain trimestre, il est demandé à l'équipe socio-économique de s'investir dans l'identification de ces activités.

Pour l'élimination des métaux lourds, les résultats montrent que les concentrations notées en fin de traitement sont inoffensifs pour la réutilisation dans l'agriculture.

Par ailleurs, dans le cadre de la réutilisation agricole des eaux traitées à Castors, les résultats parasitologiques sont très encourageant. Par contre, les résultats bactériologiques sont assez loin des normes. Mais si l'on se réfère à la nouvelle tendance des épidémiologistes qui privilégient de plus en plus le risque parasitaire dans la réutilisation des eaux usées en agriculture, les eaux traitées à Castors sont aptes pour une réutilisation agricole sans restriction. Il faudra au préalable cerner les sources de la contamination notée au mois de Décembre en fin de traitement.

Concernant le risque de la propagation du paludisme lié à la présence des bassins de lagunage de la station de Castors, les analyses biologiques ont montré l'absence d'anophèle (vecteur du parasite responsable de la maladie) dans le site.

Il faut rappeler que le programme de recherche initial se proposait d'étudier l'efficacité des stations d'épuration de type lagunage à macrophytes à Rufisque. Il s'avère qu'après plusieurs tentatives de ré-implantation des *Pistia* à Castors, sans succès (le plus long séjour des plantes dans les bassins est de deux mois), **nous nous sommes résolu à continuer le proto-**

cole en mode lagunage à microphytes eu égard aux échéances du projet. A Diokoul, le protocole visant la mise en place de macrophytes fixées de type *Typha australis* (Scum.& Thonn.) de la famille des *Typhacea* a montré plus de succès, même si celle-ci n'est pas complète. En effet, un seul bassin sur les trois prévus a connu un développement correct de la plante qui a colonisé tout le bassin. Dans les deux autres bassins, la couverture reste incomplète. Ceci nous a poussé à ne présenter les résultats de Diokoul qu'en Annexe.

Il faut enfin signaler que les tentatives de réutilisation des eaux traitées en pisciculture ont toutes échoué. En effet, les eaux diluées sept fois n'ont pas permis un grossissement des poissons qui ne s'alimentent pas dans ces conditions.

Bibliographie

- Agence Japonaise de Coopération International (JICA),
Ministère de l'Hydraulique République du Sénégal
(MH). (1994). L'étude sur l'assainissement de Dakar et
ses environs. Rapport de soutien (ébauche). Pacific Con-
sultants International, Tokyo en association avec To-
kyo Engineering consultants Co.LTD., Tokyo.
- Arrignon J. (1998). Aménagement piscicole des eaux dou-
ces. 5e édition Londres, Paris et New Yorks. 598 pages.
- Béchac J. P., Boutin P., Mercier B., Nuer P. (1983). Traite-
ment des eaux usées. Eyrolles, Paris, 281 p.
- Bogé G., Ndiaye P., Roche H. et Pérès G. (1988). Effets
subletaux du chrome hexavalent à des concentrations
non létales sur l'enzymologie de l'intestin de *Salmo*
gavidnerii et de *Dicentrarchus labrax* (pisces). J.
Physiol. Paris, 83 : 57 - 63.
- Brix, H. (1997). Do macrophytes play a role in constructed
treatment wetlands. Wat. Sci. Tech. Vol. 35, N° 5 , 11-
17
- Charbonnel Y. (1989). Manuel du lagunage à macrophytes
en régions tropicales. Agence de Coopération Culturelle
et Technique (ACCT) Paris 37 p.

- Charlot O. (1961). Dosage colorimétrique des éléments minéraux -Principes et méthodes, 2^{ème} édition, Masson et Cie Editeurs.
- Charlot O. (1980). Analyse qualitative rapide des cations et des anions, *dunod*, 4^{ème} édition, Paris.
- Daget J. et Iltis A. (1965). Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et saumâtres). Mem. IFAN no74. 385 pages.
- Darriet F. (1998). La lutte contre les moustiques nuisants et vecteurs de maladies. Ed. KARTHALA-ORSTOM, Paris. 111 pages.
- Dejoux C. (1988). La pollution des eaux continentales africaines. Expériences acquises, situation actuelle et perspectives. Ed. ORSTOM, Paris. 513 pages.
- Dray F. A., Center, T. D., & Habeck, D. H. (1993). Phytophagous insects associated with *Pistia stratiotes* in Florida. Environ. Entomol. 22 (5): 1146-1155.
- Durand J-R ET Lévêque, C. (1981). Flore et faune aquatique de l'Afrique sahélo-soudanienne. Ed. ORSTOM, Paris. II: 553-581.
- Elouard J-M. (1981). Les Diptères. In: Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanienne. Ed. ORSTOM, Paris. II : 553-581.
- Forge P. (1981). Les Coléoptères. In: Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanienne. Ed. ORSTOM, Paris. II : 487-516.
- Gloyna E. F. (1972). Bassins de stabilisation des eaux usées. OMS, Genève, 187 p.
- Hillel I.S., Avener A., Badri F., Eliyahu R., Perez Y. (1986). Wastewater irrigation in developing countries. Health effects and technical solutions. World Bank technical paper. N° 51. 325 p

- Hopkins G.E. (1952). Mosquitoes of the Ethiopian Region. Vol. I, larval bionomics of mosquitoes and taxonomy of culicine larvae. Seconde Edition (London).
- Jeannel R. Ordre des Coléoptères (Sous ordre des Adephaga). *In*: Traité de Zoologie. Ed. MASSON & C^{ie}, Paris (VI^e). IX : 1027-1068.
- Ministère des Mines de l'Artisanat et de l'Industrie (M.M.A.I). (2001). Projet de norme de rejets des eaux usées. (PNS 05-61). Institut Sénégalais de Normalisation. Dakar, 21p.
- National Academy of Sciences (NAS). (1972).
- Ndiaye P. (1984). Recherche concernant l'écotoxicologie aigue et chronique de trois substances chimiques de référence (bichromate de potassium, chlorhydrate d'anibine et l'acide trichloracétique) pour diverses espèces de poissons: *Brachydanio rerio*, *Dicentrarchus labrax* et *Salmo gavidnerii*. Thèse de Doctorat de 3^e cycle Université Aix-Marseille III. 143 pages.
- Niang S. (1999). Utilisation des eaux usées brutes dans l'agriculture urbaine au Sénégal : bilan et perspectives. *In* Agriculture urbaine en Afrique de l'Ouest. Une contribution à la sécurité alimentaire et à l'assainissement des villes. CRDI/CTA. Édité par O.B. Smith. 211 p.
- Niang S. (1996). Utilisation des eaux usées domestiques en maraîchage périurbain à Dakar (Sénégal).. Sécheresse. N°3, vol 7; 217-223.
- Niang S. (1995). Évacuation et traitement des eaux usées urbaines de Dakar. Bilan de la situation, comportement des populations et perspectives d'avenir : premières contributions pour le choix d'un système de traitement des eaux usées urbaines de Dakar par Mosaïques Hiérarchisées d'Écosystèmes Artificiels. Thèse de 3^{ème} cycle en Sciences de l'environnement. Institut des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences et Tech-

- niques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Thèse N° 114, 108 p.
- Paulian, R. (1951). Ordre des Coléoptères (Sous ordres des Heterogastra et des Haplogastra). *In: Traité de Zoologie*. Ed. MASSON & C^{ie}, Paris (VI^e). IX : 892-1026.
- Peng J., Stevens D. K and Yiang X. (1995). A pioneer project on wastewater reuse in China, *Water Research*. Vol. 29, pp. 357-363,.
- Poisson R. (1951). Ordre des Hétéroptères. *In: Traité de Zoologie*. Ed. MASSON & C^{ie}, Paris (VI^e). X : 1657-1803.
- Radoux M., Compere P., Kemp D., Klaessens D., Nemcova M., Perin M. et Viance S. (1993). Aménagement intégré du terriil de Germignies-Sud. Suivi scientifique de la station-pilote d'épuration. Rapport annuel. Fondation Universitaire Luxembourgeoise. Arlon, Belgique. 63 p.
- Rai U. N., Sinha S., Tripathi R. D. and Chandra P. (1995). Wastewater treatability potential of some aquatic macrophytes: Removal of heavy metals, *Ecological Engineerjng*, 5. 5-12.
- Sanio M.R., Burack D. & Siddiqui S. (1998). Reuse of urban waste for agriculture : an investment program for progressive action. Phase1 Report. World Engineering Partnership for Sustanaible Development. 53 p.
- Scherrer, B. (1984). Biostatistique. Ed. Gaétan Morin, Montreal, Paris, Casablanca. 841 pages.
- Scholze R. J., Smith Jr.E. D., Bandy J. T., Wu Y. C. and Basilico J.V. (1988). Biotechnology for degradation of toxic chemicals in hazardous wastes, *Noyes data Corporation, Park Ridge, New Jersey*, pp 102-119.
- Séguy E. (1951). Ordre des Diptères. *In: Traité de Zoologie*. Ed. MASSON & C^{ie}, Paris (VI^e). X : 449-744.

- Seidel, K. (1976). Macrophytes and water purification. In Biological Control of Water Pollution. Edited by Joachim Tourbier and Robert W. Pierson, Jr. University of Pennsylvania Press. 109-121.
- Shuval H.I., Adin A., Fattal, B., Rawitz E. & Yekutieli P. (1986). Wastewater Irrigation in developing Countries. Health Effects and Technical solutions. World Bank technical paper number 51. 324 p.
- StatView. (1996). Manuel de référence de statView: (Abacus Concepts, Inc., CA). Ed. ALSYD. 497 pages.
- Subra R. (1971). Études écologiques sur *Culex pipiens fatigans* Wiedemann, 1828 (Diptera, Culicidae) dans une zone de savane soudanienne ouest-africaine. Dynamique des population pré-imaginales. Cahiers ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol., IX, 73-102.
- Thui T., T. (1996). Projet de développement communautaire et d'environnement urbain à Rufisque (Sénégal). Contribution à l'évaluation de la phase I du projet. Enda-RUP, PRECEUP. 50 p.
- Trewavas E. (1982). Tilapia : Taxonomy and speciation. In : The biology and culture of tilapias; R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-Mc Connell Eds. ICLARM. Conf. Proc. 7,3-13.
- Valiron F. (1985). Gestion des eaux. Alimentation en eau, assainissement. Cours de l'école nationale des Ponts et chaussées. Presse de l'école nationale des Ponts et chaussées. France, 550 p.

Annexes

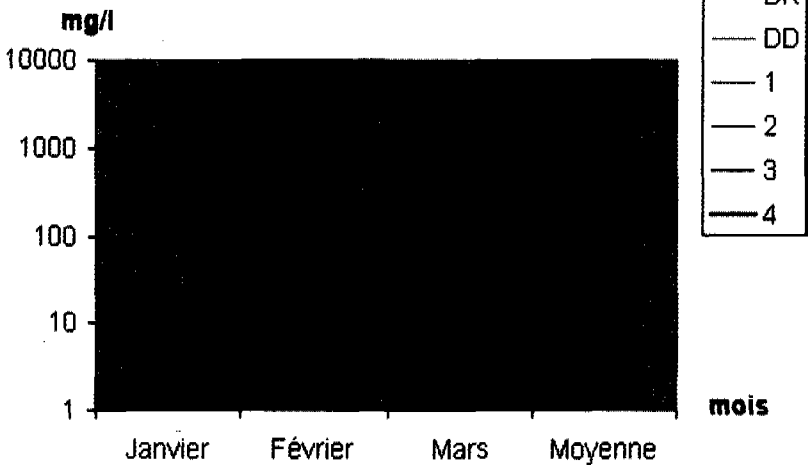
ANNEXE I.1

SUIVI DES PARAMÈTRES DE POLLUTION À LA STATION DE DIOKOUL

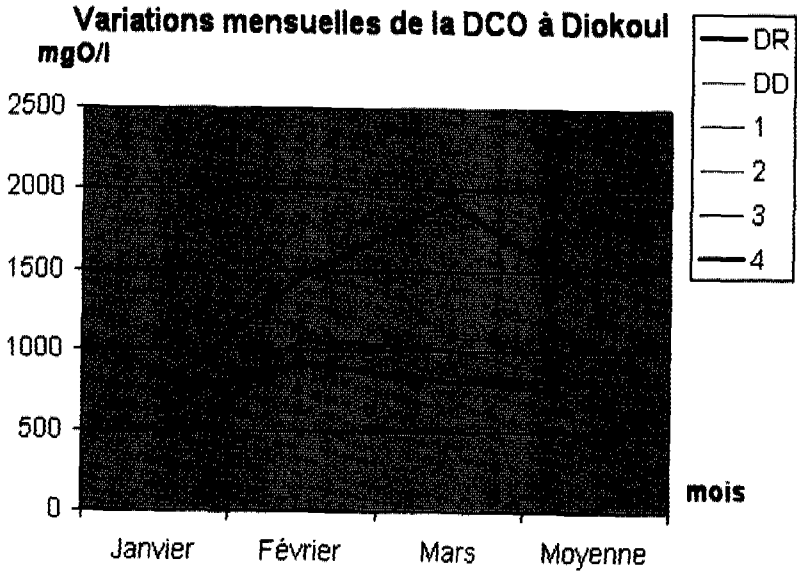
À titre indicatif, nous présenterons les résultats de Diokoul. Cependant, du fait des problèmes que cette station a connu, le suivi n'a été réalisé que sur une période de trois mois, période très insuffisante pour approfondir la réflexion en terme d'efficacité. Nous comptons sur la deuxième phase de l'étude pour mieux traiter les questions de cette station.

> Variations mensuelles des MES

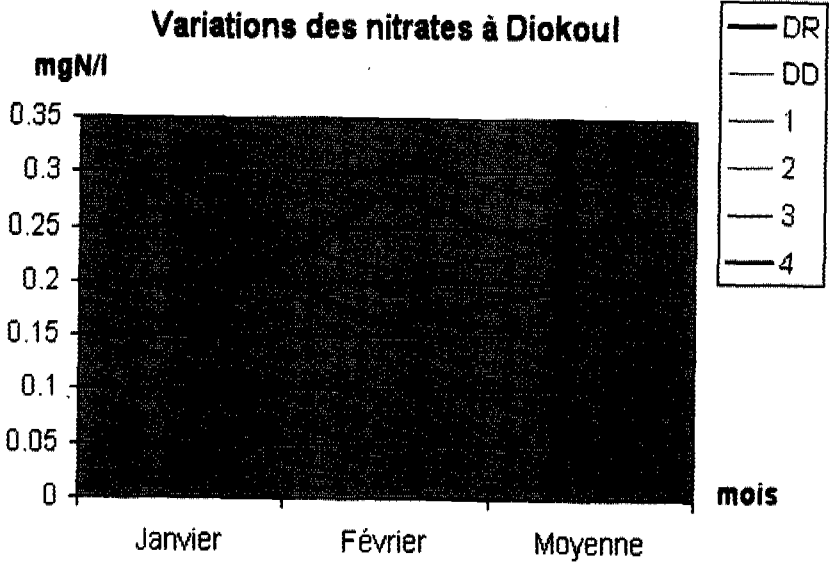
Variations mensuelles des MES à Diokoul



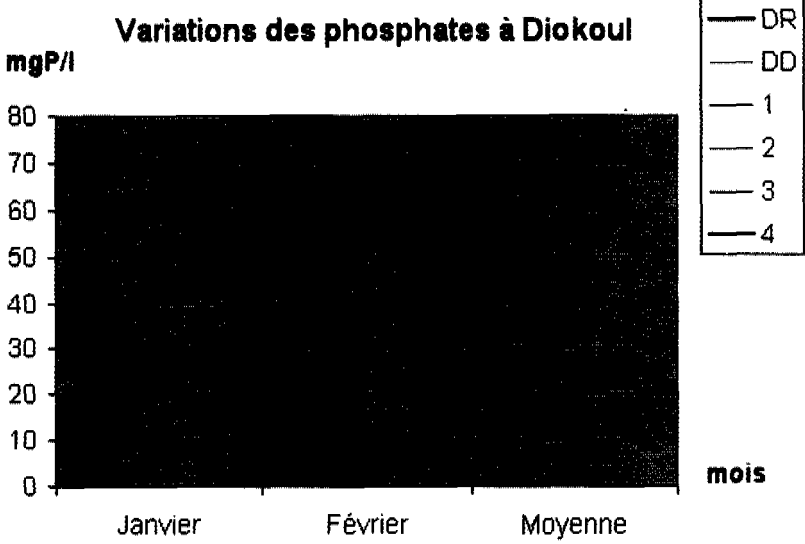
> *Variations mensuelles de la DCO*



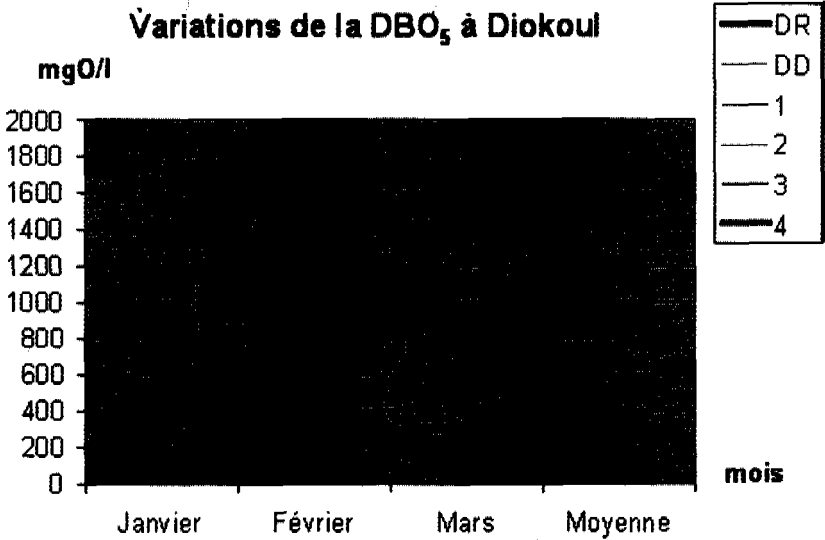
> *Variations mensuelles des nitrates*



> Variations mensuelles des phosphates



> Variations mensuelles de la DBO₅



➤ *Abatement des métaux lourds à Diokoul*

Station de DIOKOUL						
Bassin	Teneur en Cu (mg/l)			Teneur en Zn (mg/l)		
	Décem bre	Janvier	Février	Décem bre	Janvier	Février
DR	0,3342	0,2996	0,2422	2,5562	2,1847	2,1318
DD	0,2676	0,2232	0,2236	1,9453	1,6976	1,710
D1	0,1966	0,1671	0,1352	1,5523	1,2315	1,1060
D2	0,1769	0,1641	0,1267	1,2214	1,1819	1,009
D3	0,1621	0,1482	0,1378	1,1921	1,1180	1,1220
D4	0,1677	0,1580	0,1377	1,2108	1,2090	1,1210

➤ *Abatement des parasites à Diokoul*

-MOIS DE JANVIER

LIEU PRELEVEMENT	HELMINTHES (Nb / 10 ml)	PROTOZOAIRES (Nb / 10 ml)
DR	1larve <i>S. stercoralis</i>	0
DD	0	4 kystes <i>E. coli</i>
D1	0	0
D2	0	0
D3	0	0
D4	0	0

DR = Regard Diokoul ; DD = Décanteur Diokoul

D1 = 1^{er} bassin ; D2 = 2^e bassin

E. coli = *Entamoeba coli*

S. stercoralis = *Strongyloides stercoralis*

-MOIS DE FEVRIER

LIEU PRELEVEMENT	HELMINTHES (Nb / 10 ml)	PROTOZOAIRES (Nb / 10 ml)
DR	2 larves <i>S.stercoralis</i>	3 kystes <i>E.coli</i> +5 kystes <i>Giardia</i>
DD	1 larve <i>S.stercoralis</i> + 1 œuf <i>Ascaris</i>	5 kystes <i>Giardia</i>
D1	0	0
D2	0	0
D3	0	0
D4	0	0

-MOIS DE MARS

LIEU PRELEVEMENT	HELMINTHES (Nb / 10 ml)	PROTOZOAIRES (Nb / 10 ml)
DR	4 œufs <i>Ascaris</i> + 3 larves <i>S. stercoralis</i> + 1 œuf <i>Ankylostome</i> + 1 œuf <i>H. nana</i>	6 kystes <i>E.coli</i> + 1 tropho <i>E. h.h</i>
DD	2 larves <i>S. stercoralis</i>	2 tropho <i>E. coli</i> + 1 kyste <i>Giardia</i>
D1	0	3 tropho <i>E. h h</i>
D2	0	0
D3	0	0
D4	0	0

Tropho = trophozoïte

E. h.h.= *Entamoeba histolytica histolytica*

H. nana = *Hymenolepis nana*

➤ *Abattement des bactéries à Diokoul*

Nombre des coliformes fécaux au mois de janvier :

LIEU DE PRELEVEMENT	COLIFORMES FECAUX (Nb / ml)
DR	225 000
DD	215 000
D1	20 000
D2	13 400
D3	3 000
D4	2 000

Nombre de coliformes fécaux au mois de février :

LIEU DE PRELEVEMENT	COLIFORMES FECAUX (Nb / ml)
DR	174 000
DD	82 000
D1	25 500
D2	5 550
D3	3 750
D4	1 060

Nombre de coliformes fécaux au mois de mars :

LIEU DE PRELEVEMENT	COLIFORMES FECAUX (Nb / ml)
DR	202 000
DD	35 000
D1	16 400
D2	2 550
D3	2 150
D4	305

Annexe I.2

Analyse physico-chimique des eaux usées des stations de Castors et Diokoul à Rufisque de février à juin 2000

Série N°1. 16 février-02 mars

Échantillons	MES mg/100 ml	DBO ₅ mgO/l	DCO mgO/l	PO ₄ mg/l	NH ₄ mg/l	PT mg/l	NK mg/l	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	K mg/l
CR	40	648	2560	72	0,60	-	-	10	20	580
CD	12	562	2000	65	0,58	-	-	6	15	680
C1	101,6	-	690	-	-	-	-	-	-	-
C2	274,8	-	800	-	-	-	-	-	-	-
C3	102,4	-	610	-	-	-	-	-	-	-
C4	19,2	-	600	-	-	-	-	-	-	-
C5	58	-	620	-	-	-	-	-	-	-
C6	130	59	630	45,6	0,52	-	-	0,2	5	570
DR	71,6	762	1220	63	0,48	-	-	0,8	15	630
DD	209,5	297	940	55	0,54	-	-	0,8	10	760
D1	10	-	850	-	-	-	-	-	-	-
D2	24,8	-	730	-	-	-	-	-	-	-
D3	102,4	-	580	-	-	-	-	-	-	-
D4	134,4	43	630	33,2	1	-	-	6,2	0	300

Série N°2. 12 mars-27 mars

Échantillons	MES mg/100ml	DBO ₅ mgO/l	DCO mgO/l	PO ₄ mg/l	NH ₄ mg/l	PT mg/l	NK mg/l	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	K mg/l
CR	520	735	1960	92	0,74	32	128	7,5	15	270
CD	200	675	1920	59	-	9,6	167	13	10	270
C1	240	-	1620	-	-	7,35	-	7	5	-
C2	120	-	980	-	-	5,2	-	8	5	-
C3	20	-	790	-	-	4,3	-	4	5	-
C4	40	-	370	-	-	7,7	-	9,5	10	-
C5	65	-	730	-	-	4,65	-	7,5	5	-
C6	20	118	640	40,4	0	7,45	61	7	5	180
DR	360	919	2040	83	0,26	28	109	4	15	200
DD	40	421	1620	46	-	7,55	162	4,5	10	270
D1	60	-	1340	-	-	4,55	-	7	10	-
D2	240	-	1400	-	-	5,75	-	7,5	10	-
D3	120	-	1080	-	-	7,25	-	13	10	-
D4	120	70	1060	36	0,62	5,75	99	8,5	5	150

Série N°3. 30 mars-14 avril

Échantillons	MES mg/100 ml	DBO ₅ mgO/l	DCO mgO/l	PO ₄ mg/l	NH ₄ mg/l	PT mg/l	NK mg/l	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	K mg/l
CR	1720	686	3360	77	0,58	28,6	205	0,4	0	370
CD	320	616	1320	41,6	0,26	-	-	0	10	270
C1	40	-	810	-	-	-	-	-	-	-
C2	80	-	610	-	-	-	-	-	-	-
C3	80	-	700	-	-	-	-	-	-	-
C4	80	-	560	-	-	-	-	-	-	-
C5	8	-	520	-	-	-	-	-	-	-
C6	20	221	530	44,4	0,62	16,8	-	0,4	0	340
DR	120	<999	1620	62	0	23,5	-	2	0	390
DD	140	356	900	59	0,5	-	-	0	15	210
D1	100	-	870	-	-	-	-	-	-	-
D2	60	-	930	-	-	-	-	-	-	-
D3	160	-	710	-	-	-	-	-	-	-
D4	60	173	830	47	1,2	17	-	2,8	10	340

Série N°4. Juin

Échantillons	MES mg/100 ml	DBO ₅ mgO/l	DCO mgO/l	PO ₄ mg/l	NH ₄ mg/l	PT mg/l	NK mg/l	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	K mg/l
CR	720	-	2440	170	0,92	-	-	0	15	300
CD	28,8	-	1340	150	0,40	-	-	4	15	360
C1	77,2	-	570	-	-	-	-	-	-	-
C2	96,4	-	630	-	-	-	-	-	-	-
C3	7,6	-	650	-	-	-	-	-	-	-
C4	67,2	-	680	-	-	-	-	-	-	-
C5	87,2	-	590	-	-	-	-	-	-	-
C6	20,8	-	640	94	0,52	-	-	4,6	5	310
DR	1380	-	3920	400	1,60	-	-	5,2	20	530
DD	3,6	-	1240	230	0,34	-	-	1,6	15	670
D1	55,2	-	1600	-	-	-	-	-	-	-
D2	96	-	1140	-	-	-	-	-	-	-
D3	53,6	-	1000	-	-	-	-	-	-	-
D4	198	-	950	150	0,70	-	-	2,8	10	400

Analyses microbiologiques à Castors

Série 1. Densité moyenne de coliformes fécaux au mois de mars 2000

Type de bassin	Densité moyenne de coliformes fécaux /ml
Regard	342.000
Décanteur	504.000
Bassin N°1	104.000
Bassin N°2	49.9000
Bassin N°3	5.400
Bassin N°4	3.440
Bassin N°5	1.900
Bassin N°6	1.800

Série2. Densité moyenne de coliformes fécaux au mois d'avril 2000

Type de bassin	Densité moyenne de coliformes fécaux /ml
Regard	180.000
Décanteur	249.000
Bassin N°1	59.700
Bassin N°2	20.200
Bassin N°3	4.100
Bassin N°4	1.787
Bassin N°5	324
Bassin N°6	930

Tableau 3 : Densité moyenne de coliformes fécaux au mois de mai 2000

Type de bassin	Densité moyenne de coliformes fécaux /ml
Regard	Non fait
Décanteur	133.500
Bassin N°1	Non fait
Bassin N°2	Non fait
Bassin N°3	Non fait
Bassin N°4	Non fait
Bassin N°5	Non fait
Bassin N°6	1.485

Série 4. Densité moyenne de streptocoques fécaux au mois d'avril 2000

Type de bassin	Densité moyenne de streptocoques fécaux /ml
Regard	46.000
Décanteur	71.000
Bassin N°1	20.000
Bassin N°2	8.000
Bassin N°3	3.600
Bassin N°4	2.200
Bassin N°5	140
Bassin N°6	530

Série 5. Densité moyenne de streptocoques fécaux au mois de mai 2000

Type de bassin	Densité moyenne de streptocoques fécaux /ml
Regard	Non fait
Décanteur	46.500
Bassin N°1	Non fait
Bassin N°2	Non fait
Bassin N°3	Non fait
Bassin N°4	Non fait
Bassin N°5	Non fait
Bassin N°6	635

Série 1. Caractéristiques parasitologiques de la station au mois d'avril 2000

Type de bassin	Parasites
Regard	Kyste de Giardia Trophozoïtes d'Entamaeba coli
Décanteur	Œufs d'Ascaris Œufs d'Ankylostomes Trophozoïtes d'Entamaeba histolytica histolytica Kystes d'Endolimax nana Kystes de Giardia Kystes d'Entamaeba coli
Bassin N°1	Kystes d'Entamaeba coli
Bassin N°2	Trophozoïtes d'Entamaeba coli Absence de parasites
Bassin N°3	Absence de parasites
Bassin N°4	Absence de parasites
Bassin N°5	Absence de parasites
Bassin N°6	Absence de parasites

Série 2. Caractéristiques parasitologiques de la station au mois de Mai 2000

Type de bassin	Résultat obtenu
Regard	Non fait
Décanteur	Kystes d' <i>Entamaeba coli</i> Œufs d' <i>Ascaris</i> Kystes de <i>Giardia</i>
Bassin N°1	Non fait
Bassin N°2	Non fait
Bassin N°3	Non fait
Bassin N°4	Non fait
Bassin N°5	Non fait
Bassin N°6	Absence de parasites

Série 3. Caractéristiques parasitologiques de la station au mois de Juin 2000

Type de bassin	Résultat obtenu
Regard	Kystes d' <i>Entamaeba coli</i> Kystes d' <i>Endolimax nana</i> Kystes de <i>Giardia</i> Trophozoïtes d' <i>Entamaeba coli</i>
Décanteur	Trophozoïtes d' <i>Acanthamaeba</i> Kystes d' <i>Endolimax nana</i>
Bassin N°1	Kystes de <i>Giardia</i>
Bassin N°2	Kystes de <i>Giardia</i> Kystes d' <i>Endolimax nana</i> Kystes d' <i>Entamaeba naegleria</i>
Bassin N°3	Absence de parasites
Bassin N°4	Absence de parasites
Bassin N°5	Absence de parasites
Bassin N°6	Absence de parasites

Série 1. Densité moyenne de coliformes et streptocoques fécaux au mois de Mai 2000

Type de bassin	Densité moyenne de coliformes fécaux /ml	Densité moyenne de streptocoques fécaux /ml
Décanteur	79.500	26.950
Bassin N°1	Non fait	Non fait
Bassin N°2	Non fait	Non fait
Bassin N°3	Non fait	Non fait
Bassin N°4	260	120

Série 1. Caractéristiques parasitologiques de la station au mois d'Avril 2000

Type de bassin	Résultats obtenus
Décanteur	Kystes de Giardia
Kystes d'Entamaeba coli	.
Bassin N°1	Non fait
Bassin N°2	Non fait
Bassin N°3	Non fait
Bassin N°4	Absence de parasites

Série 2. Caractéristiques parasitologiques de la station au mois de Mai 2000

Type de bassin	Résultats obtenus
Décanteur	Trophozoïtes d'Entamaeba coli- Kystes de Giardia Kystes d'Endolimax
Bassin N°1	Non fait
Bassin N°2	Non fait
Bassin N°3	Non fait
Bassin N°4	Kystes d'Entamaeba coli

Annexe I.3

Analyse physico-chimique des eaux usées des stations de Castors et Diokoul à Rufisque de juin 2001 à mars 2002

Variations mensuelles des MES à Castors de juin 2001 à mars 2002

	Juin	Juillet	Septembre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Moyenne
CR	5180	2608	5028	730	278	396	4208	11084	3689.0
CD	772	328	2224	239	403	736	1644	14444	2598.8
1	354	226	252	330	167	245	241	341	269.5
2	372	270	-	121	270	113	311	200	236.7
3	353	116	-	175	191	146	300	376	236.7
4	770	202	-	131	236	211	212	384	306.6
5	565	310	200	161	194	149	216	1292	385.9
6	777	222	333	152	363	207	376	724	394.3
PNS	50	50	50	50	50	50	50	50	50.0
D.E	35	35	35	35	35	35	35	35	35.0

Variations mensuelles des MES à Diokoul de janvier 2002 à mars 2002

	Janvier	Février	Mars	Moyenne
DR	1098	2692	12	1267.3
DD	238	2936	344	1172.7
1	122	280	24	142.0
2	186	432	664	427.3
3	191	236	292	239.7
4	211	260	160	210.3
PNS	100	100	100	100
D.E	35	35	35	35

Variations mensuelles de la DCO à Castors de juin 2001 à mars 2002

	Juin	Juillet	Sepetmbre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Moyenner
CR	3400	3400	2040	1680	790	750	2120	1820	2000.0
CD	1480	1080	420	940	1000	600	1480	1750	1093.8
1	730	740	280	750	570	480	720	1000	658.8
2	760	710	-	760	810	390	860	740	718.6
3	910	610	-	750	670	340	710	940	704.3
4	1180	640	-	700	520	400	720	780	705.7
5	770	770	520	710	430	220	680	740	605.0
6	840	620	670	610	710	170	930	980	691.3
PNS	200	200	200	200	200	200	200	200	200.0
D.E	125	125	125	125	125	125	125	125	125.0

Variations mensuelles de la DCO à Diokoul de janvier 2002 à mars 2002

□	Janvier	Février	Mars	Moyenne
DR	700	1460	1920	1360.0
DD	360	1840	1080	1093.3
1	450	1080	860	796.7
2	290	1060	1020	790.0
3	450	910	820	726.7
4	690	920	800	803.3
D.E	125	125	125	125

Variations mensuelles de la DBO₅ à Castors de juin 2001 à mars 2002

	Juin	Juillet	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Moyenne
CR	1067	1426	659	805	756	919	773	612.7
CD	508	675	546	594	643	686	637	313.4
1	270	-	259	255	362	421	-	241.5
2	281	-	205	291	189	-	-	290.4
3	237	513	156	373	173	-	-	237.5
4	286	-	194	243	227	-	-	210.3
5	-	-	183	297	151	-	-	330.8
6	237	367	145	302	-	405	529	330.8
PNS	80	80	80	80	80	80	80	80.0
D.E	25	25	25	25	25	25	25	25.0

Variations mensuelles des NO₃ à Castors de juin 2001 à mars 2002

	Juin	Juillet	Septembre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Moyenne
CR	0.75	0.6	0.24	0.55	3.25	0.11	0.1	-	0.8
CD	5.31	0.86	-	0.09	0.37	0.32	0.43	0	1.1
1	0.75	0.78	0.26	0.33	0.37	0.6	0.2	0.17	0.4
2	1.02	0.53	-	0.34	0.13	0.27	0.12	0.05	0.4
3	3.54	2.34	-	0.43	0.2	0.35	0.31	-	1.2
4	4.43	0.8	-	0.24	0.25	0.33	0.19	0.15	0.9
5	2.66	1.86	1.05	0.19	0.08	0.38	0.17	0.14	0.8
6	6.2	0.73	0.44	0.12	0.24	0.35	0.14	0.18	1.1

Variations mensuelles des NO₃ à Diokoul de janvier 2002 à mars 2002

	Janvier	Février	Moyenne
DR	0.24	0.16	0.2
DD	0.01	0.12	0.1
1	0.26	0.21	0.2
2	0.13	0.17	0.2
3	0.22	0.31	0.3
4	0.16	0.28	0.2

Variations mensuelles des PO₄ à Castors de juin 2001 à mars 2002

	Juin	Juillet	Septembre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Moyenne
CR	610	290	35	65	56	64	-	-	186.7
CD	200	150	93	54	-	56	30	39	88.9
1	160	190	40	61	43	47	67	42	81.3
2	190	110	-	61	50	34	56	63	80.6
3	240	150	-	55	32	32	49	39	85.3
4	190	130	-	46	19	24	74	67	78.6
5	150	190	51	53	32	29	61	11	72.1
6	150	150	58	42	22	27	42	10	62.6

Variations mensuelles des PO₄ à Diokoul de janvier 2002 à mars 2002

	Janvier	Février	Moyenne
DR	1	68	34.5
DD	35	19	27.0
1	30	39	34.5
2	45	42	43.5
3	55	49	52.0
4	27	29	28.0

Variations mensuelles du Potassium à Castors de juin 200 à mars 2002

	Juin	Juillet	Septembre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Moyenne
CR	410	135	-	170	160	220	-	-	219.0
CD	430	120	-	210	250	160	30	39	177.0
1	650	290	45	160	170	150	67	42	196.8
2	510	230	-	170	190	-	56	63	203.2
3	480	160	-	130	220	130	49	39	172.6
4	490	160	-	160	150	-	74	67	183.5
5	430	130	-	220	150	110	61	11	158.9
6	365	145	170	240	210	-	42	10	168.9

Annexe II.1

Biologie et liste des espèces récoltées

Ordre des Diptères

Dans cet ordre on distinguera deux groupes, les Nématocères (moustiques au sens large) et les Brachycères (mouches au sens large).

Espèce n°1 : *Culex pipiens fatigans* Wiedeman, 1828

Position systématique : Ordre : Diptera Linné, 1758

S/ordre : Nematocera, Latreille, 1825

Famille : Culicidae Latreille, 1825

S/famille : Culicinae Théobald, 1905

Lieux de développement : Les larves se développent dans des eaux lourdement souillées, dans les égouts et dans les fosses septiques. Le moustique est inféodé aux collectivités urbaines.

Comportement : La femelle pique toute la nuit et peut vivre plus d'un mois si les conditions d'humidité et de température lui sont favorables. La présence de l'eau est absolument nécessaire pour provoquer la ponte. Les femelles de *Culex pipiens* sont autogènes : elles peuvent produire une première nacelle d'œufs sans avoir pris aucune nourriture, en utilisant les réserves accumulées au cours de la vie larvaire. Le moustique est obscuricole et habite surtout les parties souterraines des immeubles. Les femelles attaquent l'Homme et les oiseaux. C'est un moustique sténogame, c'est-à-dire qu'il est adapté au confinement étroit des habitations. Il peut multiplier sans arrêt ses générations durant toute l'année surtout quand la température augmente (Darriet, 1998; Séguy, 1951; Subra, 1971).

La bio-écologie de ce moustique est de nos jours indissociablement liée à l'activité des hommes et à l'évolu-

tion de leurs villes. On peut de ce fait considérer *Culex pipiens* comme un marqueur écologique capable de quantifier le degré d'urbanisation d'une localité. Beaucoup d'auteurs pensent que ce moustique est en passe de devenir un insecte social spécialement adapté à la condition humaine. Cette situation n'est pas sans susciter des inquiétudes quand on estime que la moitié de la population africaine est urbaine mais implantée dans des espaces de plus en plus restreints.

Rôle pathogène : lorsqu'ils sont en nombre très élevé, les *Culex pipiens* provoquent des nuisances chez l'homme à cause de leur piqûres. *Culex pipiens* est également vecteur urbain de la filariose de Bancroft (qui affecte les hommes) en Asie, en Afrique orientale, à Madagascar et dans la plupart des îles du sud-ouest de l'océan Indien (Seychelles, Comores, Maurice, Réunion...).

De plus ce moustique fait partie des hôtes intermédiaires du *Dirofilaria immitis* (filariose) du chien : ce qui lui confère également une importance vétérinaire.

Espèce n°2 : *Pericoma* sp.

Position systématique: Ordre : Diptera Linné, 1758

S/ordre : Nematocera, Latreille, 1825

Famille : Psychodidae, Bigot, 1854

S/famille : Psychodinae Rondani, 1841

Lieux de développement : Les œufs sont pondus dans les endroits humides ou marécageux. Les larves se développent dans les fosses septiques des maisons, dans les conduits d'écoulement d'eaux usées lourdement chargées et dans les couches des appareils filtrants.

Comportement : Au niveau des concessions, les adultes sont attirés par la lumière. De plus, ils sont nombreux sur les feuilles des arbustes et sur les herbes des endroits humides.

Rôle pathogène : Les adultes se nourrissent du nectar des fleurs et ne piquent donc pas l'Homme et le bétail.

Espèce n°3 : *Stratiomyia longicornis* Scop.

Position systématique : Ordre : Diptera Linné, 1758

S/ordre : Brachycera Macquart, 1834

Famille : Stratomyiidae Latreille, 1802

Lieux de développement : Eaux douces ou salées.

Comportement : Les adultes sont peu actifs et peuvent piquer l'homme.

Rôle pathogène: Inconnu.

Espèce n°4 : *Tabanus* sp.

Position systématique : Ordre : Diptera Linné, 1758

S/ordre : Brachycera Macquart, 1834

Famille : Tabanidae Leach, 1819

Lieux de développement : Les larves aquatiques peuvent se développer dans les eaux saumâtres ou salées. Elles sont très voraces et peuvent attaquer d'autres insectes, notamment des Homoptères inféodés aux *Echinocloa pyramidalis* (plantes) des bassins n°2 et n°3 à Castors. Elles peuvent se dévorer entre elles.

Comportement : Chez les adultes, le vol est extrêmement rapide. Les femelles seules sont vulnérants : elles piquent les grands vertébrés et occasionnellement l'homme.

Rôle pathogène : L'appareil buccal et le système digestif des Taons servent de réceptacle à de nombreux organismes pathogènes pour l'homme et le bétail.

Espèce n°5 : *Eristalis* sp.

Position systématique : Ordre : Diptera Linné, 1758

S/ordre : Brachycera Macquart, 1834

Famille: Syrphidae Leach, 1819

Lieux de développement : Les adultes d'Eristales pondent leurs œufs dans les eaux lourdement souillées où les larves se développent rapidement. On les retrouve dans les mares d'eau sales, dans les égouts et dans les conduits d'évacuation des eaux ménagères.

Comportement : Les larves sont très voraces. Beaucoup errent sur les végétaux (*Echinocloa pyramidalis* des bassins n°1 et 2) où elles font la chasse à de petits Homoptères (Puce-rons). Elles sont de couleur verte, brune ou jaune et ressemblent à des sangsues. Elles sont retenues sur les feuilles ou les tiges des végétaux par une sécrétion gluante fournie par les glandes buccales annexes.

Rôle pathogène : Les larves d'Eristale sont accusées de provoquer des myases intestinales. C'est un accident probablement dû à la malpropreté des malades.

Espèce n°6 : *Drosophila* sp.

Position systématique : Ordre : Diptera Linné, 1758

S/ordre : Brachycera Macquart, 1834

Famille : Drosophilidae Loew, 1862

Lieux de développement : Les larves très actives, coprophages, vivent dans les substances en décomposition.

Comportement : Les adultes sont fortement attirés par les substances odorantes. Elles sont nuisibles lorsqu'elles attaquent les appartements où elles recherchent les liquides fermentés, les compotes de fruits, les confiseries, les marmelades, qu'elles remplissent de leurs larves.

Rôle pathogène: Inconnu.

Espèce n°7 : *Ephydra riparia* Fall.

Position systématique : Ordre : Diptera Linné, 1758

S/ordre : Brachycera Macquart, 1834

Famille : Ephydridae Loew, 1862

Lieux de développement : Larves très actives, coprophages et vivent dans les substances en décomposition.

Rôle pathogène: Inconnu

Ordre des Coléoptères**Espèce n°1: *Cybister* sp.**

Position systématique: Famille : Dytiscidae

S/famille : Dytiscinae

Lieux de développement et comportement : Mœurs amphibies. Adaptés à la nage du fait de la transformation des pattes postérieures en rames. Larves carnassière possédant un long prolongement anal qui leur permet d'atteindre plus aisément l'interface eau-air. L'air nécessaire à la respiration est stocké entre les élytres et les tergites abdominales chez les adultes.

Espèce n°2: *Rhantaticus* sp.

Position systématique : Famille : Dytiscidae

S/famille : Dytiscinae

Lieux de développement et comportement : Voir espèce 1.

Espèce n°3 : *Hydrophilus senegalensis*.

Position systématique : Famille : Hydrophilidae

S/famille : Hydrophilinae

Lieux de développement et comportement : Larves carnassières. Habitent essentiellement les eaux stagnantes: les mares herbeuses, les bords des étangs etc. Les adultes emmagasi-

nent l'air non pas sous les élytres mais sous l'abdomen qui est pourvu de soies. Ce sont des insectes marcheurs qui rampent sur le fond. Les adultes contactent l'air atmosphérique par l'intermédiaire des antennes et des palpes.

Espèce n°4 : *Amphiops* sp.

Position systématique : Famille : Hydrophilidae
S/famille : Hydrophilinae

Lieux de développement et comportement : Voir espèce 2.

Espèce n°5: *Berosus* sp.

Position systématique : Famille : Hydrophilidae
S/famille : Hydrobiinae

Lieux de développement et comportement : Ce sont des insectes des mares et des flaques d'eau temporaires.

Ordre des Hétéroptères

Espèce n°1 : *Notonecta* sp.

Position systématique : Famille : Notonectidae Leach, 1815
S/famille : Notonectinae Leach, 1815

Lieux de développement et comportement : Les Notonectes se nourrissent de larves d'insectes, de petits crustacés, de têtards, mais aussi d'alevins de poissons, et sont de ce fait peu appréciés en piscicultures. Ils volent bien et sont attirés par la lumière. Ils nagent vigoureusement sur le dos. Deux gouttières ciliées le long de l'abdomen retiennent l'air pendant la plongée.

Espèce n°2: *Anisops* sp.

Position systématique : Famille : Notonectidae Leach, 1815
S/famille : Anisopinae Bueno, 1923

Lieux de développement et comportement : Voir espèce n°1.

Espèce n°3 : *Nepa sp.*

Position systématique : Famille: Nepidae Latreille, 1802

S/famille : Nepinae Douglas et Scott, 1865

Lieux de développement et comportement : Ce sont de féroces prédateurs. Ils marchent sur le fond ou les plantes aquatiques et chassent à l'affût. Long siphon respiratoire non rétractile au bout de l'abdomen.

Espèce n°4 : *Mesovelia sp.*

Position systématique: Famille : Mesoveliidae Douglas et Scott, 1867

S/famille : Mesoveliinae

Lieux de développement et comportement : Ne nagent pas, mais marchent ou patinent à la surface de l'eau.

Espèce n°5: *Saldula sp.*

Position systématique : Famille : Saldidae Amyot et Serville, 1843

S/famille : Saldinae Van Duzee, 1917

Lieux de développement et comportement: Punaise «sauteuse». Insecte très agile. Halophile.

Annexe II.2 Tableau N° 1 : Moyennes des populations dans les deux sites de mars à mai 2000

Espèces récoltées	CASTORS										DIOKOUL				
	MOYENNES DANS LES BASSINS					MOYENNES DANS LES BASSINS					MOYENNES DANS LES BASSINS				
	Bassin n°1	Bassin n°2	Bassin n°3	Bassin n°4	Bassin n°5	Bassin n°6	Mare	Bassin n°1	Bassin n°2	Bassin n°3	Bassin n°4	Mare			
DIPTERA															
<i>Pericoma</i>	2396,0 ± 236	77,9 ± 17,57	0,8 ± 0,51	0,6 ± 0,84	-	45 ± 0,95	-	100,6 ± 12,85	0,4 ± 0,24	-	13,6 ± 2,58	-			
<i>Eristalis</i>	13,8 ± 4	16,2 ± 4,7	22,8 ± 8,01	6,9 ± 0,86	-	-	-	12,4 ± 2,13	39,8 ± 6,45	1,0 ± 0,77	1,0 ± 0,75	-			
<i>Culex</i>	0,6 ± 0,3	212 ± 68	137,7 ± 47,65	1632 ± 538,92	-	472,2 ± 163,3	156 ± 69,41	28,6 ± 1,12	5,0 ± 0,70	0,6 ± 0,4	0,2 ± 0,2	10,2 ± 0,49			
<i>Drosophila</i>	0,3 ± 0,15	0,6 ± 0,49	2,8 ± 0,94	-	-	1176,4 ± 390	-	104,6 ± 5,3	252,0 ± 29	9,4 ± 1,12	24,4 ± 3,69	-			
<i>Tabanus</i>	0,2 ± 0,13	2,9 ± 0,78	1,4 ± 0,56	0,4 ± 0,22	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Stratiomyia</i>		0,2 ± 0,2	0,5 ± 0,22	0,5 ± 0,22	-	-	-	-	-	-	-	-			
COLEOPTERA															
<i>Hydrphilus</i>	-	-	-	-	-	1,9 ± 0,54	-	-	-	0,6 ± 0,4	-	-			
<i>Rhantiscus</i>	-	-	-	-	-	0,8 ± 0,35	0,7 ± 0,7	-	-	0,2 ± 0,2	-	-			
<i>Amphioxus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2 ± 0,2	-	-			
<i>Cybister</i>	-	-	-	-	-	1,6 ± 0,79	0,1 ± 0,1	-	-	1,6 ± 1,36	-	-			
HETEROPTERA															
<i>Nepa</i>	-	-	-	-	-	0,3 ± 0,21	-	-	-	0,2 ± 0,2	0,2 ± 0,2	-			
<i>Notonecta</i>	-	-	-	-	-	0,1 ± 0,1	-	-	-	-	1,8 ± 1,31	-			
<i>Saldaula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2 ± 0,2	-			

Tableau N°3: Moyennes des populations dans les deux sites en mai 2000

Espèces récoltées	CASTORS										DIOKOUL				
	MOYENNES DANS LES BASSINS					MOYENNES DANS LES BASSINS					MOYENNES DANS LES BASSINS				
	Bassin n°1	Bassin n°2	Bassin n°3	Bassin n°4	Bassin n°5	Bassin n°6	Mare	Bassin n°1	Bassin n°2	Bassin n°3	Bassin n°4	Mare			
<i>Percnoma MA</i>	19714 ± 6038	7.9 ± 1.120	8 ± 1.7	0.3 ± 0.3	-	-	0.7 ± 0.59	-	0.2 ± 0.2	-	9.3 ± 1.57	-			
	0.1 ± 0.1	1 ± 0.39	0.3 ± 0.213	58.7 ± 2.54	1.3 ± 0.517	0.4 ± 0.4	0.1 ± 0.1	-	0.5 ± 0.26	0.3 ± 0.213	0.4 ± 0.4	-			
<i>Eristalis</i>	0.4 ± 0.306	55.6 ± 9.87	854.0 ± 207	1518. ± 4080	142 ± 15.45	7.3 ± 2.84	269 ± 28.97	-	2.5 ± 0.79	0.1 ± 0.615	6310 ± 1296	321 ± 178.2			
<i>Culex</i>	1.1 ± 0.43	0.2 ± 0.2	3.7 ± 1.51	555.4 ± 230.2	52.9 ± 3.39	8232 ± 1658	32 ± 3.77	-	1397.3 ± 217	244.3 ± 95.07	3302.8 ± 589	2900.4 ± 401			
<i>Tabanus</i>	-	2.6 ± 0.92	-	5.1 ± 1.77	-	0.3 ± 0.3	-	-	-	-	-	-			
<i>Ephydrus</i>	0.1 ± 0.1	-	-	162.1 ± 50.60	2.7 ± 0.87	5.1 ± 3.95	-	1.3 ± 0.59	1.4 ± 0.54	0.4 ± 0.306	0.8 ± 0.8	9.7 ± 4.07			
<i>Stratiomyia</i>	-	0.3 ± 0.153	0.1 ± 0.1	-	0.1 ± 0.1	-	0.1 ± 0.1	-	-	-	-	-			
<i>Berosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Hydrophilus</i>	-	-	0.1 ± 0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Rhantatus</i>	-	-	-	-	-	-	0.2 ± 0.13	-	-	-	-	-			
<i>Cybaeus</i>	-	-	-	-	-	1 ± 0.73	-	-	-	0.1 ± 0.1	-	-			
<i>Nepa</i>	-	-	-	-	-	0.7 ± 0.423	-	-	0.6 ± 0.34	0.1 ± 0.1	0.4 ± 0.4	-			
<i>Anisops</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Mesovelia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2 ± 0.2	-			

DIPTERA

COLEOPTERA

HETEROPTERA

Tableau n° 4 : Evolution comparée des moyennes des espèces bio-indicatrices de pollution dans les bassins de traitements des deux sites (mars 2000)

CASTORS						DIOKOUL								
PERICOMA SP.			PERICOMA SP.			PERICOMA SP.			PERICOMA SP.					
Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification
B1/B2	2318,1	253,487	<0,0001	S	B1/B2	100,2	26,162	<0,0001	S	B1/B2	100,2	26,162	<0,0001	S
B2/B3	77,1	253,487	0,5455	NS	B2/B3	0,4	26,162	0,9620	NS	B2/B3	0,4	26,162	0,9620	NS
B3/B4	0,2	253,487	0,9987	NS	B3/B4	NS	253,487	0,9962	NS	B3/B4	-13,6	26,162	0,1168	NS
B4/B5	0,6	253,487	0,9962	NS										
B5/B6	-2,5	253,487	0,9843	NS										
ERISTALIS SP.			ERISTALIS SP.			ERISTALIS SP.			ERISTALIS SP.					
Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification
B1/B2	-2,4	11,128	0,667	NS	B1/B2	-27,4	13,731	<0,0001	S	B1/B2	-27,4	13,731	<0,0001	S
B2/B3	-6,6	11,128	0,2404	NS	B2/B3	38,8	13,731	-	S	B2/B3	38,8	13,731	-	S
B3/B4	15,9	11,128	0,0058	S	B3/B4	0,0	13,731	-	-	B3/B4	0,0	13,731	-	-
B4/B5	6,9	11,128	0,2199	NS										
B5/B6	0	11,128	-	NS										
CULEX SP.			CULEX SP.			CULEX SP.			CULEX SP.					
Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification
B1/B2	-211,7	632,66	0,5061	NS	B1/B2	23,6	2,958	<0,0001	S	B1/B2	23,6	2,958	<0,0001	S
B2/B3	74,6	632,66	0,8145	NS	B2/B3	4,4	2,958	<0,0001	S	B2/B3	4,4	2,958	<0,0001	S
B3/B4	-1494,3	632,66	<0,0001	S	B3/B4	0,4	2,958	0,6744	NS	B3/B4	0,4	2,958	0,6744	NS
B4/B5	1632	632,66	<0,0001	S										
B5/B6	-472	632,66	0,1408	NS										
DROSOPHILA SP.			DROSOPHILA SP.			DROSOPHILA SP.			DROSOPHILA SP.					
Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification
B1/B2	-0,3	417,55	0,9989	NS	B1/B2	-147,4	59,317	<0,0001	S	B1/B2	-147,4	59,317	<0,0001	S
B2/B3	-2,2	417,55	0,9916	NS	B2/B3	242,6	59,317	<0,0001	S	B2/B3	242,6	59,317	<0,0001	S
B3/B4	2,8	417,55	0,9894	NS	B3/B4	-15,0	59,317	0,4346	NS	B3/B4	-15,0	59,317	0,4346	NS
B4/B5	0	417,55	-	-										
B5/B6	-1176,4	417,55	<0,0001	S										

Abréviations : E.M. : Ecart moyen ; E.C. : Ecart critique ; S : Significatif ; NS : Non significatif.

Tableau n° 5 : Evolution comparée des moyennes des espèces bio-indicatrices de pollution dans les bassins de traitement des deux sites (avril 2000)

CASTORS						DIOKOUL								
PERICOMA SP.			PERICOMA SP.			PERICOMA SP.			PERICOMA SP.					
Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification
B1/B2	1443.1	1227	<0.0001	S	B1/B2	32.7	14.544	<0.0001	S	B1/B2	32.7	14.544	<0.0001	S
B2/B3	933.4	1227	0.1338	NS	B2/B3	32.9	14.544	<0.0001	S	B2/B3	32.9	14.544	<0.0001	S
B3/B4	7.5	1227	0.9903	NS	B3/B4	-4.4	14.544	0.5454	NS	B3/B4	-4.4	14.544	0.5454	NS
B4/B5	3	1227	0.9961	NS										
B5/B6	0	1227												
ERISTALIS SP.			ERISTALIS SP.			ERISTALIS SP.			ERISTALIS SP.					
Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification
B1/B2	-2.1	4.61	0.36	NS	B1/B2	5.9	3.152	0.0005	S	B1/B2	5.9	3.152	0.0005	S
B2/B3	0.6	4.61	0.7957	NS	B2/B3	1.4	3.152	0.3757	NS	B2/B3	1.4	3.152	0.3757	NS
B3/B4	-21.9	4.61	<0.0001	S	B3/B4	-0.4	3.152	0.7994	NS	B3/B4	-0.4	3.152	0.7994	NS
B4/B5	23.8	4.61	<0.0001	S										
B5/B6	0.4	4.61	0.8629	NS										
CULEX SP.			CULEX SP.			CULEX SP.			CULEX SP.					
Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification
B1/B2	-409.5	3936.8	0.836	NS	B1/B2	-98.2	1160.13	0.8654	NS	B1/B2	-98.2	1160.13	0.8654	NS
B2/B3	-3204.7	3936.8	0.1088	NS	B2/B3	98.10	1160.13	0.8655	NS	B2/B3	98.10	1160.13	0.8655	NS
B3/B4	-130.9	3936.8	0.9472	NS	B3/B4	-2602.8	1160.13	<0.0001	S	B3/B4	-2602.8	1160.13	<0.0001	S
B4/B5	3071.9	3936.8	0.1239	NS										
B5/B6	-9446.6	3936.8	<0.0001	S										
DROSOPHILA SP.			DROSOPHILA SP.			DROSOPHILA SP.			DROSOPHILA SP.					
Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification
B1/B2	2.8	1916.52	0.9977	NS	B1/B2	-1017	3186.8	0.5233	NS	B1/B2	-1017	3186.8	0.5233	NS
B2/B3	-8.5	1916.52	0.9930	NS	B2/B3	131.2	3186.8	0.9343	NS	B2/B3	131.2	3186.8	0.9343	NS
B3/B4	-141.1	1916.52	0.8835	NS	B3/B4	-12473.1	3186.8	<0.0001	S	B3/B4	-12473.1	3186.8	<0.0001	S
B4/B5	112.6	1916.52	0.9069	NS										
B5/B6	-5696.2	1916.52	<0.0001	S										

ABBREVIATIONS : E.M. : ECART MOYEN ; E.C. : ECART CRITIQUE ; S : SIGNIFICATIF ; NS : NON SIGNIFICATIF.

Tableau n° 6 : Evolution comparée des moyennes des espèces bio-indicatrices de pollution dans les bassins de traitement des deux sites (mai 2000)

CASTORS						DIOKOUL								
PERICOMA SP.			PERICOMA SP.			PERICOMA SP.			PERICOMA SP.					
Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification
B1/B2	19706.1	6449.58	< 0.0001	S	B1/B2	0.2	2.281	0.8599	NS	B1/B2	0.2	2.281	0.8599	NS
B2/B3	-1	6449.58	> 0.9999	NS	B2/B3	-9.3	2.281	< 0.0001	S	B2/B3	-9.3	2.281	< 0.0001	S
B3/B4	7.7	6449.58	0.9981	NS	B3/B4	0	6449.58	> 0.9999	NS	B3/B4	0	6449.58	> 0.9999	NS
B4/B5	0.3	6449.58												
B5/B6	0	6449.58												
ERISTALIS SP.			ERISTALIS SP.			ERISTALIS SP.			ERISTALIS SP.					
Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification
B1/B2	-0.9	2.85	0.5302	NS	B1/B2	0.2	0.756	0.5948	NS	B1/B2	0.2	0.756	0.5948	NS
B2/B3	0.7	2.85	0.6252	NS	B2/B3	-0.1	0.79		NS	B2/B3	-0.1	0.79		NS
B3/B4	-58.4	2.85	< 0.0001	S	B3/B4				NS	B3/B4				NS
B4/B5	57.4	2.85	< 0.0001	S										
B5/B6	0.9	2.85	0.5302	NS										
CULEX SP.			CULEX SP.			CULEX SP.			CULEX SP.					
Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification
B1/B2	-55.2	4364.37	0.9799	NS	B1/B2	1.5	1876.56	0.9987	NS	B1/B2	1.5	1876.56	0.9987	NS
B2/B3	-798.6	4364.37	0.7158	NS	B2/B3	-6309.0	1876.56	< 0.0001	S	B2/B3	-6309.0	1876.56	< 0.0001	S
B3/B4	-40663.8	4364.37	< 0.0001	S	B3/B4					B3/B4				
B4/B5	41375.9	4364.37	< 0.0001	S										
B5/B6	134.8	4364.37	0.9510	NS										
DROSOPHILA SP.			DROSOPHILA SP.			DROSOPHILA SP.			DROSOPHILA SP.					
Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification	Bassins	E.M.	E.C.	Valeur de p	Signification
B1/B2	0.9	1788.7	0.9992	NS	B1/B2	1153.0	1078.3	0.0368	S	B1/B2	1153.0	1078.3	0.0368	S
B2/B3	-3.5	1788.7	0.9969	NS	B2/B3	-3058.5	1078.3	< 0.0001	S	B2/B3	-3058.5	1078.3	< 0.0001	S
B3/B4	-551.7	1788.7	0.5399	NS	B3/B4					B3/B4				
B4/B5	502.5	1788.7	0.5765	NS										
B5/B6	-8179.6	1788.7	< 0.0001	S										

ABBREVIATIONS : E.M. : ECART MOYEN ; E.C. : ECART CRITIQUE ; S : SIGNIFICATIF ; NS : NON SIGNIFICATIF.

Inventaire de la faune aquatique à Castors de juin 2001 à mars 2002

COLEOPTERES	COCCINELLIDAE	Coccinellinae	Scymnus	<i>senegalensis</i>	Mader
COLEOPTERES	HISTERIDAE	-	<i>Hypocaccalus</i>	sp.	
COLEOPTERES	HISTERIDAE	-			
COLEOPTERES	SCARABAEIDAE	Aphodinae	<i>Pharaphodius</i>	<i>discolor</i>	Er.
COLEOPTERES	HYDROPHILIDAE	Hydrophilinae	<i>Berosus</i>	<i>furcatus</i>	Boh.
COLEOPTERES	HYDROPHILIDAE	Hydrophilinae	<i>Enochrus</i>	<i>natalensis</i>	G. HAR.
COLEOPTERES	HYDROPHILIDAE	Hydrophilinae	<i>Berosus</i>	spp.	
COLEOPTERES	HYDROPHILIDAE	Hydrophilinae	<i>Enochrus</i> (s.tr.)	<i>alluandi</i>	Reg.
COLEOPTERES	HYDROPHILIDAE	Hydrophilinae	<i>Regimbarsia</i>	<i>nilotica</i>	Sharp.
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Dytiscinae	<i>Cybister</i>	<i>africanus</i>	Cast.
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Dytiscinae	<i>Ereles</i>	<i>sticticus</i>	Klug
				<i>var. helvolos</i>	
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Dytiscinae	<i>Rhantaticus</i>	<i>congestus</i>	Klug
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Noterinae	<i>Laccophilus</i>	<i>taeniolatus</i>	Reg.
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Noterinae	<i>Canthyrus</i>	<i>koppi</i>	Wehn.
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Hydroporinae	<i>Hydroglyphus</i>	<i>signatellus</i>	(Klug)
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Hydroporinae	<i>Hydroglyphus</i>	<i>geminodes</i>	(Rezb.)
COLEOPTERES	DYTISCIDAE	Hydroporinae	<i>Yola</i>	<i>enigmatica</i>	O. C.

Inventaire de la faune aquatique à Castors de juin 2001 à mars 2002 (suite I)

HYMENOPTERES	BRACONIDAE	Macrocentrinae	<i>Macrocentrus</i>	sp.	
HYMENOPTERES	FORMICIDAE	Formicinae	<i>Camponotus</i>	<i>maculatus</i>	F.
HYMENOPTERES	FORMICIDAE	Formicinae	<i>Acantholepis</i>	<i>capensis</i> subsp. <i>Laevis</i>	Santsch
HYMENOPTERES	FORMICIDAE	Formicinae	<i>Acantholepis</i>	<i>capensis</i>	
HYMENOPTERES	FORMICIDAE	Ponerinae	<i>Euponera</i>	sp.	
HYMENOPTERES	FORMICIDAE	Myrmicinae	<i>Messor</i>	<i>galla</i>	Emery

DIPTERES	MUSCIDAE	Anthomyiinae	<i>Lispa</i>	sp.	
DIPTERES	MUSCIDAE	Muscinae	<i>Musca</i>	<i>domestica</i>	L.
DIPTERES	CALLIPHORIDAE		<i>Lucilia</i>	sp.	
DIPTERES	CALLIPHORIDAE		<i>Chrysomya</i>	<i>chloropyga</i> <i>putoria</i>	Wied.
LEPIDOPTERES	TINAEDAE				
HOMOPTERES	APHIDIDAE	-	<i>Aphis</i>	sp.	
HOMOPTERES	JASSIDAE	-	<i>Exitianus</i>	<i>capicola</i>	(S.T.)

Inventaire de la faune aquatique à Castors de juin 2001 à mars 2002 (suite 2)

HETEROPTERES	LYGAEIDAE	Geocorinae	<i>Geocoris</i>	sp.	
HETEROPTERES	LYGAEIDAE	Orsillinae	<i>Nysius</i>	sp.	
HETEROPTERES	LYGAEIDAE	Cyminae	<i>Ninus</i>	sp.	
HETEROPTERES	LYGAEIDAE		<i>Carayonella</i>	<i>hutchinsoni</i>	
HETEROPTERES	GERRIDAE	Gerrinae	<i>Limnogonus</i>	<i>cereiventris</i> <i>leptocerus</i>	(Reut.)
HETEROPTERES	GERRIDAE	Gerrinae	<i>Limnogonus</i>	<i>leptocerus</i>	
HETEROPTERES	NEPIDAE	Nepinae	<i>Laccotrephes</i>	<i>fabricii</i>	Stal
HETEROPTERES	NOTONOCITIDAE	Anisopinae	<i>Anisops</i>	sp.	
HETEROPTERES	PLEIDAE	-	<i>Plea</i>	sp.	
HETEROPTERES	CIDNIDAE	-	<i>Geotomus</i>	sp.	

Rôle et attributions des institutions intervenant dans la gestion des eaux et l'assainissement

- SONES
- SDE
- ONAS
- MUNICIPALITE

Dans le cadre de l'analyse des structures intervenant dans la gestion des eaux usées et des ordures ménagères, il a été jugé opportun de faire une rapide analyse des questions ayant trait à la décentralisation et qui ont conféré de nouveaux pouvoirs aux régions, communes et communautés rurales.

La réforme sur la décentralisation

Le recueil des textes de la décentralisation fait le point sur les dispositions prises concernant le transfert de compétences aux régions, aux communes et aux communautés rurales. En application des dispositions de la loi 96-07 du 22 mars 1996 », le titre 2, chapitre 2, relatif au domaine de l'environnement et des ressources naturelles, le présent projet de décret précise les modalités d'exercice de compétences nouvellement dévolues aux collectivités locales, ainsi que les mécanismes, procédures et moyens de leur mise en oeuvre.

L'objectif final étant de doter les collectivités locales d'instruments pouvant leur permettre de promouvoir des politiques de développement durable à partir notamment d'une gestion et d'une exploitation rationnelle des ressources naturelles et de l'environnement.

L'accent est mis sur :

- les modalités de planification environnementale (élaboration de plans ou schémas environnementaux) ;

- ▶ les modalités de gestion de l'environnement (contrôle de la pollution des eaux et de l'air, la gestion des déchets) etc. ;
- ▶ la gestion des ressources naturelles (protection et entretien des forêts, la gestion de la faune et des eaux continentales).

Par ailleurs, en son article 3 qui est relatif aux termes du présent décret, les principes suivants sont retenus:

- ▶ L'Etat est garant de la gestion rationnelle des ressources naturelles et de l'environnement et veille sur la pérennité des ressources pour un développement durable.
- ▶ Les collectivités locales gèrent les ressources naturelles et l'environnement dans la limite des compétences qui leur sont transférées. Elles exercent ces compétences en sus des compétences générales qui leur ont été attribuées précédemment par la loi dans ces mêmes domaines.

Dans l'exercice de leurs compétences en matière de gestion des ressources naturelles et de l'environnement, les collectivités locales entretiennent entre elles des relations fonctionnelles en vertu des dispositions de l'article 2 de la loi n° 96-07 portant transfert de compétences aux régions, aux communes et aux communautés rurales.

Les collectivités locales veillent à la protection et à la gestion rationnelle des ressources naturelles et de l'environnement. **Elles suscitent la participation de tous les acteurs dans le strict respect des principes, des orientations politiques, des options techniques et de la réglementation en vigueur.** Les collectivités locales développent **une approche intégrée et participative, favorisent l'interdisciplinarité** et exercent leurs compétences sur la base de plans et schémas.

L'intervention des collectivités locales dans le domaine de l'environnement et de la gestion des ressources naturelles est basée sur les caractéristiques spécifiques à chaque zone éco-géographique.

Rôle et attributions des institutions

Par rapport à la question du rôle et des attributions des différentes structures que sont la SONES, la SDE qui gèrent la production et la distribution de l'eau potable et l'ONAS qui gère l'assainissement en zone urbaine et semis urbaine, il a été jugé utile de faire un bref rappel sur la situation institutionnelle d'avant leur création, c'est à dire entre 1983 et 1995. La Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal (SONEES), société par actions à capitaux publics de droits privé a été créée en 1971 puis érigée en société nationale en 1983 (*Note SONES 26/04/00*).

Elle était chargée de l'exécution de la politique définie par l'Etat dans le domaine de l'Hydraulique et assurait ainsi la gestion totale du secteur en étant maître d'ouvrage, pour l'ensemble des investissements, le service de la dette, la gestion technique et commerciale.

Si cette situation a permis à la SONEES de réaliser des progrès considérables dans la desserte en eau des villes intérieures, pour Dakar, la situation était peu reluisante risquant même de devenir déplorable dans les années à venir, d'où l'urgence alors d'une réforme institutionnelle.

Cette réforme a conduit à terme à la création de trois sociétés dont une Société Nationale de Patrimoine chargée de la maîtrise d'ouvrage des travaux neufs et des renouvellements (SONES), une société privée chargée de l'exploitation (SDE) et un établissement à caractère industriel et commercial (ONAS).

Pour garantir un bon fonctionnement, des conditions de relations précises ont été mises en place entre les différents acteurs:

ETAT-SONES

Un **contrat de concession** est donné à la SONES par L'ETAT lui octroyant ainsi un droit exclusif d'acquisition, de construction des ouvrages et installations de production, de transport et de distribution d'eau au Sénégal. Un **contrat plan** définit les relations fonctionnelles.

ETAT-SDE

Ils sont liés par un **contrat d'affermage** conclu pour une durée de dix ans. La SONES qui est cosignataire de ce contrat en assure la gestion pour le compte de l'Etat.

SONES-SDE

Elles sont liées par un **contrat de performance**.

Rôle et attributions de la SONES

Créée le 07 Avril 1995 par la loi 95-10, la Société Nationale des Eaux du Sénégal joue un rôle-clé dans la stratégie de développement du secteur de l'hydraulique urbaine au Sénégal.

Attributions

Fonctionnant comme une société anonyme, la SONES est également une agence d'exécution des travaux hydrauliques dont la mission principale est :

► d'assurer la gestion et la mise en oeuvre des investissements devant concourir au développement de l'infrastructure.

De plus, par un contrat de concession de travaux publics et de gestion de l'hydraulique urbaine, l'Etat concède à la SONES le droit exclusif de :

- ▶ construire, acquérir et réhabiliter le patrimoine de l'hydraulique urbaine sur l'ensemble du territoire de la République du Sénégal ;
- ▶ assurer la gestion physique, comptable et financière des biens et des droits immobiliers de l'hydraulique urbaine.

Elle est en outre chargée de :

- ▶ assurer la mise en valeur du patrimoine, son amortissement et le service de la dette ;
- ▶ élaborer le plan directeur, la détermination du programme des investissements et de la recherche des financements ;
- ▶ assurer la maîtrise d'œuvre des travaux de renouvellement, d'extension et de réhabilitation ;
- ▶ contrôler la qualité de l'eau selon les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé et de l'amélioration de la qualité des services fournis aux consommateurs et leur sensibilisation.

Rôle et attributions de la SDE

La Société des Eaux (SDE) est une société anonyme chargée de :

- ▶ la production et de la distribution de l'eau en zone urbaine et périurbaine ;
- ▶ l'entretien et le renouvellement du réseau ;
- ▶ la politique commerciale et du recouvrement.

Elle est aussi chargée de la collecte de la taxe de redevance à l'assainissement.

Elle reverse à la SONES et à l'exploitant du service public de l'assainissement (ONAS) les sommes collectées pour leur compte c'est à dire signaler les rubriques :

La SDE est tenue de se conformer aux textes en vigueur en matière d'environnement (**Article 13.7 du contrat d'affermage**).

Elle a l'obligation de s'assurer de la qualité de l'eau distribuée et de se conformer aux recommandations de L'OMS (**Article 36**). Des contrôles sont faits au niveau de l'usine de Gnith, au lac de Guiers, au laboratoire de Saint-Louis (recherche des métaux lourds, chlore, etc.). La SONES exerce aussi sa surveillance sur les exploitations régionales.

Rôle et attributions de l'ONAS

L'office National de l'Assainissement (ONAS) a été créé par Loi N° 9602 du 22/02/1996, Décret N° 96 662 du 7/08/1996.

L'ONAS est chargé de la coordination de toutes les activités relatives à l'assainissement sur le territoire sénégalais aussi bien de type conventionnel qu'autonome. Il est aussi responsable du développement de l'assainissement et cela conjointement avec les différents acteurs oeuvrant dans le domaine notamment les ONG.

Il a pour mission :

- ▶ La planification et la programmation des investissements ;
- ▶ La maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre, la conception et le contrôle des études et des travaux des infrastructures d'eaux usées pluviales ;
- ▶ L'exploitation et la maintenance des installations d'assainissement d'eaux usées et d'eaux pluviales ;
- ▶ Le développement de l'assainissement autonome ;
- ▶ La valorisation des sous-produits des stations d'épuration ;
- ▶ Et enfin toutes opérations se rattachant directement ou indirectement à son objet.

Le branchement à l'égout est une mission qui est exclusivement dévolue à l'*ONAS*, tout comme l'entretien et les réparations dues à la vétusté des ouvrages.

En milieu rural, une circulaire interministérielle du 1er janvier 1984 autorise la création des comités villageois de gestion des ouvrages hydrauliques, en particulier les forages. Ce cadre a été complété par **une autre circulaire (N°720 du 19 mars 1984) réglementant les conditions d'intervention sur les réseaux ruraux**. L'hydraulique rurale s'appuie essentiellement sur l'exploitation des sources d'eaux souterraines.

En zone urbaine beaucoup de problèmes demeurent car toutes les villes ne sont pas assainies. Seules Dakar, Louga, Saint-Louis, Kaolack et Thiès (Saly Portudal) le sont, mais de manière incomplète, d'où des risques permanents de contamination des nappes peu profondes, de pollutions du sol et de l'eau. Toujours, selon le recensement de 1988, seuls 13% des ménages étaient raccordés au réseau d'égout. Une nette amélioration a été observée au cours de années passées, on compte aujourd'hui quelques 59472 branchements.

Par ailleurs, dans le plan de suivi environnemental du Projet Sectoriel Eau, il est prévu le renforcement des moyens de surveillance et de suivi des nappes et des eaux de surface, l'arrêt des prélèvements supplémentaires sur les aquifères du littoral Nord dès 2005 la densification du réseau piézométrique de surveillance des nappes, le raccordement aux conduites d'eau des villages dont les puits sont susceptibles d'être affectés par les nouveaux prélèvements.

Fonctionnement de l'ONAS

Pour son fonctionnement, l'ONAS est sensé bénéficier de différentes redevances :

- ▶ la taxe de redevance de l'assainissement (SDE) ;
- ▶ la taxe à la pollution (Ministère de l'Environnement) ;
- ▶ la taxe sur les constructions nouvelles et anciennes (Ministère de l'Urbanisme) ;
- ▶ la taxe sur les collectivités locales (Communes).

Actuellement, seule la taxe sur l'assainissement est perçue. Cette redevance est une taxe payée par les abonnés des villes assainies (Dakar, Thiès, Louga, St Louis et Kaolack). De manière plus précise, elle s'applique aux seuls abonnés dont la consommation dépasse la tranche sociale, c'est à dire plus de 20 m³ par bimestre et se calcule sur la base de 40 F/m³.

L'enveloppe annuelle de la redevance fluctue, elle est estimée pour l'année 1999-2000 à quelques 1,4 milliard de francs CFA, toutefois le montant perçu réellement est généralement en-deçà du montant collecté. Ce montant permet ainsi de couvrir environ les $\frac{1}{2}$ des charges d'exploitation en matière d'assainissement.

C'est pourquoi dans le cadre de sa politique d'amélioration des conditions de vie des populations, l'ONAS s'investit activement dans la recherche d'appuis extérieurs pour développer ses ressources financières.

De bonnes perspectives sont en vue pour l'obtention de fonds additionnels pour accroître l'appui à l'assainissement, notamment l'assainissement autonome.

Rôle et attributions de la Municipalité de Rufisque

La Municipalité a comme rôle fondamental d'assurer un cadre de vie correct aux populations. Aussi, intervient-elle de manière soutenue dans l'assainissement et l'environnement. Dans le cadre de l'assainissement solide le rôle principal est

l'enlèvement des ordures ménagères. Cependant, dans le cas de la mairie de Rufisque on relève une particularité. Outre son attribution classique, elle est chargée de la gestion des canaux à ciel ouvert. Ce rôle initialement dévolu à la Communauté urbaine au courant des années quatre vingt est actuellement affecté à la ville de Rufisque. Les nombreuses difficultés relevées dans la gestion de ces canaux ont conduit à de multiples réflexions.

Les solutions proposées sont :

- ▶ Procéder à la couverture de tous les canaux ;
- ▶ Faire le pavage des abords, rectifier les pentes et enfin faire déboucher les canaux sur la mer.

De ces deux propositions, la seconde est celle qui convient le mieux car la couverture de ces canaux accroîtrait les risques d'inondations du fait qu'ils servent au drainage des eaux pluviales.

En ce qui concerne l'enlèvement des ordures ménagères qui est une tâche spécifique à la commune, on dénote aussi beaucoup de difficultés dues principalement au (x) :

- ▶ déficit en équipement (la quasi totalité des fourchettes servant à l'enlèvement des ordures sont en panne) ;
- ▶ nouvelles attributions dévolues aux collectivités locales.

C'est le cas des missions d'inspection domiciliaires qui permettent un suivi rapproché des populations. Initialement confiées au Service d'Hygiène, cette tâche est actuellement transférée à la Municipalité qui cependant manque cruellement de moyens pour les assurer convenablement.

Achévé d'imprimer
sur les Presses de l'Imprimerie Saint-Paul
Août 2002



enda : (Environmental Development Action) is an international non-profit organization for participatory environmental development in the Third World, and a joint programme of several organizations including:

The Department of Technical Cooperation for Development which gives support to endogenous development. TCD, United Nations, NY 10.017 (USA).



The African Institute for Economic Development and Planning. This is an autonomous institute under the aegis of the United Nations Commission for Africa. It is a permanent body with activities in the fields of training, research, advisory services and publications. IDEP — P.O. Box 3186, Dakar (Senegal).



The United Nations Environment Programme was founded following the first U.N. Conference on the Human Environment in Stockholm, Sweden. UNEP is based on the conviction that environment, population and resources are inextricably linked in the process of overall development. UNEP — P.O. Box 30552, Nairobi (Kenya).



The Austrian Secretariat of State for international cooperation finances Austrian and international NGOs, with special attention to primary healthcare and appropriate technology programmes. A-1010 Vienna, Ballhausplatz 2 (Austria).



The Swedish International Development Authority is the Swedish government's Agency for technical cooperation. It takes a special interest in environmental development, particularly as regards rural development and education adapted to the Third World. ASDI — Birger Jarlsgatan 61, Stockholm (Sweden).



The Swiss Technical Assistance Service is part of the Ministry of Foreign Affairs and gives support to grassroots development. DDC — 3003 Bern (Switzerland).



The Information, and Non-governmental Organizations Liaison Service of the French Ministry of Development Cooperation. DEVNOG — 1 bis avenue de Villars, 75 700 Paris (France).



Catholic Committee for Development against Hunger. CCFD — 4, rue Jean Lantier, 75001 Paris (France).

Cette étude comporte essentiellement trois volets :

- Politique d'assainissement au Sénégal et participation des populations à la prise en charge de la demande ;
- Valorisation des eaux usées domestiques dans l'agriculture urbaine à Dakar ;
- Efficacité du traitement par lagunage des eaux usées de Castors et Diokoul (Rufisque, Sénégal).

Tout en abordant ces trois volets, l'ouvrage se concentre sur l'utilisation des eaux usées dans l'agriculture urbaine, et les orientations pour l'avenir.

La publication, sous forme d'ouvrage, des études que voici, présente une difficulté, qui est précisément le style que comporte ce format.

Il s'agit, cependant de documents d'évaluation d'une qualité exceptionnelle, ce qui nous a conduits à les mettre tels quels, sans y changer un mot, à la disposition du public concerné.

Au demeurant, nous ne considérons pas que des lacunes ou des faiblesses, qui, bien entendu, sont notre lot, comme celui de tous, ne puissent s'étaler au grand jour. Le vrai problème, c'est que, avec d'autres, nous soyons capables de réfléchir sur ces limites et d'aller plus loin.

**Jacques Bugnicourt
et Malick Gaye**

Ce projet doit beaucoup à la collaboration scientifique d'une importante équipe de recherche et au financement conjoint du CRDI, de l'ACDI, du programme LIFE du PNUE et de l'IFAN qui a construit un laboratoire d'analyse, et inséré dans son organigramme un laboratoire de traitement des eaux usées. Nous remercions également le programme d'assainissement de Rufisque qui constitue le soubassement de l'étude.

Il doit également aux partenaires au développement qui ont soutenu les différentes activités d'Enda RUP au cours de ces dernières années :

- l'ACDI ;
- l'ASDI ;
- l'UE ;
- et le RFAU/AOC.



IFAN



CRDI



ACDI



HEC