



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

20919-F

**BIOGAZ
SENEGAL**

L'Application de la Technologie du Biogaz au traitement des Déchets Industriels au Sénégal



Rapport effectué à la demande de l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel

**Janvier 1994
Institut Technologique Danois
Carl Bro Environment A/S**

Sommaire

	Page
1 Cadre Economique et Industriel pour le Projet au Sénégal	4
2 Cadre Institutionnel et Législatif de la Politique Environnementale	8
2.1 Statu Quo de la Politique Environnementale au Sénégal	8
2.2 Cadre Institutionnel de la Politique Environnementale au Sénégal	10
2.3 Cadre Législatif	12
2.4 Priorités de la Politique Environnementale	13
3 Politique Energetique au Sénégal	14
3.1 La structure du secteur de l'énergie	15
3.2 Les prix de l'énergie au Sénégal	20
4 Les Déchets en relation avec la Technologie du Biogaz	22
4.1 Généralités	22
4.2 Le Biogaz en relation avec les activités agricoles primaires	23
4.2.1 Les caractéristiques des déchets	23
4.2.2 Expérience	24
4.3 Les Ordures Ménagères	25
4.4 Les Eaux Usées	27
4.4.1 La Situation Actuelle et les caractéristiques des déchets	27
4.4.2 L'Expérience du Biogaz dans le domaine des eaux usées	28
4.5 Le secteur industriel	29
5 Identification des Industries où la technologie du Biogaz peut être utilisée	31
5.1 Identification des types de déchets	31
5.2 Les usines de sucre	33
5.3 L'industrie de l'huile végétale	34
5.4 Les conserveries de poisson	36
5.4.1 L'industrie du poisson	36
5.4.2 Caractéristiques des déchets	38
5.5 Les Abattoirs et l'industrie agro-alimentaire	43
5.5.1 Les caractéristiques des déchets	43

5.6	Les brasseries et les distilleries	47
6	L'Infrastructure pour la gestion des Projets de Biogaz au Sénégal	49
6.1	Les Organismes publics impliqués dans le développement du Biogaz	49
6.2	Les Organisations privées et semi-privées impliquées dans le développement du Biogaz	50
6.3	L'éducation et la formation	51
6.4	Les Organisations Internationales	52
6.5	Les Barrières	52
7	Proposition de Projets	53
7.1	Conclusion sur le potentiel d'utilisation du Biogaz à grande échelle dans le secteur industriel au Sénégal	53
7.2	Considérations sur le Programme de Biogaz	55
7.3	Proposition de Projet de Démonstration: Abattoir de Dakar	57
7.4	Proposition de Projet de Démonstration: Conserverie de Poisson de Ziguinchor	57
7.5	Proposition de Projet de Démonstration: Rénovation de la station de traitement des eaux de Camberene	58

1. LE CADRE ECONOMIQUE ET INDUSTRIEL DU PROJET AU SENEGAL

Le Sénégal est un pays en voie de développement, dont les trois quart sont situés dans la zone du Sahel, caractérisée par une faible pluviométrie et une sécheresse périodique.

Comme tous les autres pays d'Afrique, le Sénégal a connu un développement significatif durant les 90 dernières années et compte maintenant 7,7 millions d'habitants. Le taux de croissance annuel de la population a été de 2,8 % dans les années quatre vingt et est estimé à 3 % pour les années quatre vingt dix. Ainsi, la population devrait atteindre les 9,2 millions à la fin du siècle.

Le produit intérieur brut par habitant était de 720 US\$ en 1992. Le développement du PIB a été pendant longtemps relié à la croissance de l'économie française. Le PIB per capita est proche du maximum des pays en voie de développement à revenu moyen.

Cependant, cette connexion monétaire étroite entre le Franc des pays CFA et le Franc Français, avec des taux d'échange fixes à l'étranger, a conduit à la dévaluation du Franc CFA de 50 % début Janvier 1994. En d'autres termes, le développement du PIB a été trop optimiste dans les dernières années et le PIB est relativement inférieur à 720 US\$.

Le Sénégal comprend 200.000 km² dont une grande partie est composée de terres arides et semi-arides. Les terres cultivées représentent 3,4 millions d'hectares qui nécessitent une irrigation; l'eau est rare dans beaucoup de régions et elle est souvent fournie par des réservoirs et des barrages. En raison des caractéristiques sableuses du sol spécialement dans le Nord et l'Est du Sénégal, les engrais qui améliorent la structure de la terre sont recherchés activement par les paysans.

Dans le reste du pays, le sol est excellent. Le vaste éventail de ressources naturelles autorise une production agricole très diversifiée. Bien que le millet et l'arachide soient les deux produits agricoles dominants pour le pays, les activités agricoles le long des rivières Sénégal et Casamance, et dans leurs deltas (production de tomates, coton, sucre, bananes, maïs, pamplemousses) fournissent la plupart des revenus à l'exportation du pays.

Malheureusement, la production agricole commence à souffrir en raison de la pauvre structure de la terre. Le sol est dégradé en raison de la pression de la population agricole vivant sur les ressources disponibles de terres et qui commence à supprimer les méthodes traditionnelles de cultures tournantes.

La croissance rapide de la population dans les zones agricoles fournit des contraintes de nature socio-économique et écologique.

Les contraintes socio-économiques sont nombreuses et dans certains cas très sérieuses. En général, le manque de finances empêche les fermiers d'acheter des semences et d'utiliser les applications techniques afin d'améliorer les récoltes. De plus, la croissance démographique pose des problèmes pour continuer les méthodes de production traditionnelles. La déforestation est un problème grave particulièrement le long des rivières au Sénégal. Elle résulte à la fois de l'utilisation intensive du bois comme combustible et des problèmes institutionnels et de gestion relatifs aux organisations locales des fermiers.

Dans d'autres régions du Sénégal, la base agricole a été érodée par la déforestation qui est réalisée pour l'expansion des cultures par la coupe du bois utilisé comme combustible.

L'élevage de bovins au Sénégal occupe plus de 300.000 familles dans les zones rurales. Alors que le nombre de vaches a diminué de 280.000 à 250.000 durant les dix dernières années, le nombre de moutons et de chèvres a augmenté de 300.000 à 600.000 durant la même période. Comme les chèvres et les moutons contribuent largement à la dégradation de la terre et à la déforestation, la régression de l'élevage bovin a été très négative pour l'environnement dans les zones rurales. Les moutons et les chèvres arrachent l'herbe et mangent les jeunes arbres, laissant le sol nu pour l'érosion.

La structure industrielle du pays est dominée par l'industrie primaire. Le Sénégal a d'importantes mines de phosphates principalement pour l'exportation. Les produits agricoles comme le coton, le sucre, les cacahouètes, l'huile végétale et d'autres produits agricoles représentent plus de 50 % des revenus de l'exportation. De plus, le secteur agricole est le principal générateur d'emplois dans le pays.

L'industrie du poisson a connue une croissance rapide durant les années soixante

dix. A cette époque, la moyenne annuelle de poissons pêchés sur les côtes du Sénégal et traités par l'industrie, principalement à Dakar et Ziguinchor, était de 350.000 tonnes par an. En raison des changements climatiques et de la surpêche le long des côtes du Sénégal, la quantité de poissons capturés annuellement a connu une importante diminution; en 1990 le total des prises s'élevait seulement à 140.000 tonnes. Bien que les autorités sénégalaises soient optimistes, elles ne pensent pas que la quantité de poissons capturés par an puisse augmenter dans le futur proche.

Le secteur de la pêche est cependant très important pour le Sénégal. Plus de 100.000 personnes étaient employées dans l'industrie du poisson à la fin des années quatre vingt et les exportations de poisson représentaient plus de 25 % du revenu total des exportations du Sénégal.

Les espèces suivantes sont exportées principalement vers l'Europe après traitement: Homard, crevettes, sole, thon, seiche. Le thon est une espèce spécialement importante et presque tout le thon est mis en conserve et exporté.

Les principales industries de transformation sont basées sur le traitement des matières premières locales et des produits agricoles déjà cités.

La production d'engrais à partir des phosphates fournit le marché local et représente plus d'un cinquième des exportations. C'est toujours l'industrie agro-alimentaire, comprenant la production de sucre, d'huile végétale, de bière et les conserves de fruits et légumes, qui dominent le complexe industriel au Sénégal avec l'industrie du poisson.

Le développement économique du Sénégal souffre du fait qu'une grande partie de l'économie nationale est subventionnée pour la production et la consommation; ce qui provoque une grande distorsion de l'économie. A certain point de vue, cette politique a été un succès en terme de croissance économique - entre 1980 et 1990, le PIB du Sénégal a augmenté de 2,5 à 3 % par an, ce qui est similaire à la croissance économique de la France. Mais la croissance rapide de la population, qui augmente de 3 % par an, diminue la croissance per capita et crée un problème croissant de chômage, qui a augmenté de façon significative surtout dans la population jeune. En même temps, le Sénégal, comme les autres pays du Franc CFA, a connu un faible développement du PIB durant les trois dernières années. Ce mauvais résultat est à relier à la dévaluation de 50 % du

Franc CFA.

Ce faible développement semble continuer dans les années quatre vingt dix. Un problème important réside dans le faible niveau de compétition des industries de transformation. Bien que les principales industries agro-alimentaires sont privées, le marché intérieur est protégé par de solides barrières de taxes. Pour le moment il n'y a pas de signes que le gouvernement décide d'engager une vaste campagne de privatisation et de baisse des tarifs afin de soumettre l'industrie à plus de compétition.

Ce que le futur développement industriel signifie pour l'utilisation de la technologie du Biogaz pour le traitement des déchets est encore incertain. En principe, l'Etat peut imposer de nouvelles technologies environnementales à une compagnie privée qui demande une licence de production. Mais l'expérience a montrée que la gouvernement est très flexible concernant les restrictions environnementales pour les compagnies privées. La seule exception est l'industrie du sucre de canne dans le nord du pays. En raison du fort risque de pollution de cette industrie, les responsables connectés à la Direction de l'Environnement du Ministère de la Protection de la Nature gèrent l'impact environnemental de la production de sucre avec beaucoup d'attention.

2. CADRE INSTITUTIONNEL ET LÉGISLATIF DE LA POLITIQUE ENVIRONNEMENTALE

2.1 Statu Quo pour la Politique Environnementale au Sénégal

Le Gouvernement du Sénégal a traité les problèmes environnementaux depuis 1971 et a essayé de renforcer une Politique Environnementale soutenue au Sénégal. La première étape de la protection de l'Environnement a été la création en 1971 de la Commission Nationale de l'Environnement pour traiter des problèmes de l'environnement. Dans cette organisation, différents sous-comités ont été créés:

- la sous-commission de sauvegarde des sites naturels
- la sous-commission de la faune
- la sous-commission de la flore
- la sous-commission de la Politique de l'Environnement
- la sous-commission de l'éducation et de la propagande.

Une des raisons de la création de cette organisation a été de présenter une publication à une conférence de l'ONU à Stockholm en 1972 au sujet des problèmes environnementaux au Sénégal. Cependant, le travail effectué par les différentes sous-commissions a été tellement bon que le Gouvernement a décidé en 1973 de créer un bureau, le Secrétariat d'Etat à la protection de la Nature. Ce secrétariat a été étendu plus tard pour inclure les activités normalement traitées par la Direction des Eaux et Forêts et la Direction des Parcs Nationaux.

Plus tard, le Secrétariat décida d'établir une collaboration avec le Ministère du Développement Industriel. La législation actuelle pour l'Environnement a été créée durant cette période de trois ans. Mais face à l'augmentation des problèmes dans les années soixante dix et les conflits croissants des différentes organisations, le Secrétariat d'Etat à la Protection de la Nature a dû trouver des solutions aux problèmes concernant les activités gérées par la Direction de l'Industrie, des mines et de la Géologie, la Direction de l'énergie, et le Bureau des activités artisanales.

Durant la période de 1983 à 1990 avec presque aucune activité de la Direction de l'Environnement, le Secrétariat a été transformé en 1990 en Ministère de la Protection de la Nature avec les institutions suivantes: Direction des eaux,

Forêts et chasse, Direction de conservation des sols et du reboisement, Direction des parcs nationaux, Direction de l'environnement.

Après Avril 1991, la Direction de l'Environnement et la Direction des parcs nationaux ont été intégrés à un nouveau ministère intitulé Ministère du Tourisme et de l'Environnement. Ce changement a été réalisé pour coordonner les différentes activités en rapport avec le développement du secteur touristique.

En raison de ces changements institutionnels et de divers conflits, la politique environnementale au Sénégal n'en est qu'à ses balbutiements:

- * Les préoccupations environnementales sont limitées tant au niveau du public que de la politique.
- * La législation environnementale en vigueur est dépassée bien qu'elle est était mise en place en 1983 et insuffisamment renforcée.
- * Il n'y a pas de ministère indépendant ou d'agence pour l'environnement et très peu de personnel traite des questions environnementales dans les autres ministères.
- * Il existe peu d'informations et de données disponibles sur les niveaux de pollution et leurs impacts au Sénégal, et peu de recherches sont effectuées à l'exception des travaux effectués par des agences sponsorisées.

Ce contexte pose de sérieuses contraintes pour la promotion de la technologie du Biogaz pour le traitement des déchets solides et liquides au Sénégal. La pression politique est très faible pour le traitement des eaux usées municipales et des déchets industriels. La procédure normale consiste à rejeter les eaux usées directement dans les rivières et la mer, et les déchets solides dans des décharges sans tri ni traitement.

A l'exception de l'industrie sucrière - qui est a bien des points de vue une industrie clé du Sénégal - les différentes industries sont en général pas concernées par l'impact de pollution de leurs processus industriels. L'utilisation de technologies plus propres n'entre pas dans les investissements comme une option à prendre en compte.

La mission a à plusieurs reprises ressentie que la direction des industries était très prudente pour donner libre accès aux consultants en environnement à ses installations. Seulement lorsqu'il a été établi que l'objectif principal de la mission était d'étudier les possibilités d'utilisation des déchets industriels pour la production de Biogaz, les propos de la direction ont changé et sont devenus plus optimistes.

Cependant, la situation change lentement. Les problèmes environnementaux deviennent plus apparents et s'intensifient sous la pression de la croissance de la population et l'économie.

Ainsi, plusieurs études d'impact, stratégies et projets pilotes ont été financés au Sénégal par sponsors internationaux comme le PNUD et la Communauté Economique Européenne et des donateurs bilatéraux comme la France, l'Allemagne et la Suède; ceci a amélioré les bases de données pour les initiatives de politique environnementale.

En considération avec l'introduction de la technologie du Biogaz pour le traitement des déchets organiques industriels, la situation impose un mélange de contraintes et d'opportunités:

- Bien que les industriels soient intéressés dans les technologies propres, aucun besoin urgent n'est ressenti en raison de l'absence d'action du gouvernement. Les objectifs à court terme sont ainsi privilégiés au détriment des considérations environnementales. Cela signifie que de fortes subventions seront nécessaires pour persuader les industriels d'appliquer la technologie du Biogaz.
- Cependant, la promotion du Biogaz va entrer dans la ligne de conduite de la société internationale et ses priorités environnementales. Les industriels sont aussi intéressés par les nouvelles technologies qui peuvent apporter un bénéfice à l'économie des usines.

2.2 Cadre Institutionnel de la politique environnementale au Sénégal

Conséquence logique de la politique environnementale au Sénégal, les infrastructures de l'administration pour l'environnement sont peu développées:

- * Le problème majeur pour le Ministère de la Protection de la Nature et la Direction de l'Environnement est le manque de financement pour les études et les projets, et le manque de coordination entre les différents ministères.
- * Les Ministères n'ont pas de mandat suffisant ni de représentation centrale, régionale ou locale capable de participer activement à la gestion environnementale.
- * Le manque d'expertise et, en particulier, de procédures pour une évaluation systématique technico-économique des projets a conduit à l'acceptation de projets non optimisés.

Le Conseil National de l'Environnement a été créé en 1993 pour assurer la coordination entre les activités du Ministère de la Protection de la Nature et les autres Ministères. Mais il n'est pas encore entré en activité.

Au niveau de l'administration locale et régionale dans les Préfectures du Sénégal, il n'y a pas d'administration ou de personnel traitant des problèmes environnementaux locaux, à l'exception de la région de Dakar.

Le nombre de *laboratoires* bien équipés est très limité au Sénégal. Cependant, il existe des laboratoires dont les moyens permettent d'évaluer les propriétés physiques et chimiques de l'eau. Mais les analyses toxicologiques et chimiques des polluants doivent être effectuées à l'Université de Dakar ou en France.

L'introduction du Biogaz comme technologie pour le traitement des déchets industriels peut concerner les Ministères suivants:

- * Le Ministère de la Modernisation et de la Technologie pour le secteur des énergies renouvelables.
- * L'Environnement comme technologie environnementale avec de larges interconnexions.
- * L'Energie comme technologie d'énergie renouvelable.
- * L'Industrie pour les applications à l'agro-industrie.

- * L'agro-industrie comme fournisseur de compost aux fermiers.
- * L'industrie du poisson comme substituant du fuel et moyen de traitement des déchets de poisson.

Le grand nombre de parties intéressées pose un problème de coordination. Dans le cadre d'un programme de Biogaz basé sur les déchets industriels, Le Ministère de la Protection de la Nature devra jouer un rôle dominant et devra informer amplement les autres Ministères des initiatives prises. Mais en raison du large intérêt d'un tel programme, on doit attendre une participation active des différents Ministères.

2.3 Cadre législatif

La loi pour l'environnement actuelle a été instaurée par le Gouvernement début Janvier 1983. La base de cette loi est d'établir une classification des compagnies et des entreprises les plus polluantes au Sénégal. Avec cette loi, l'Etat a des moyens et des lignes de conduite nécessaires au contrôle des différentes industries présentant un risque de pollution majeur pour la nature, la société ou le pays. Selon la loi, les industries et leurs activités sont divisées en deux catégories en fonction du degré de pollution.

En principe, le *cadre législatif primaire* permet aux autorités de répondre aux demandes environnementales de la société moderne; bien que quelques lacunes juridiques aient été identifiées:

- Il n'y a pas de loi générale rendant obligatoire un contrôle intégré de tous les types de pollution.
- Absence de lois concernant le contrôle des produits chimiques.
- Absence de lois concernant les substances dangereuses.

La loi contient certains points faibles et manque de décrets et règlements. Le Gouvernement n'a pas utilisé suffisamment la marge de manoeuvre offerte par le cadre législatif primaire pour implanter des priorités de la politique environnementale sous la forme de directives. De plus il n'existe pas de *normes*

environnementales (légalles ou autres).

L'absence d'objectifs environnementaux définis et de normes pose un problème important pour l'introduction de technologies anti-pollutions dont le Biogaz pour le traitement des déchets. Dans une telle situation, la stratégie logique est d'implanter quelques projets de démonstration de technologies "win-win" pour le contrôle de la pollution. Ce type de projets apporte à la fois des bénéfices environnementaux à la société mais aussi des bénéfices financiers pour les investisseurs. Les systèmes de Biogaz, installés sur les sites industriels pour le traitement de leurs déchets organiques, entre dans cette catégorie.

2.4 Priorités de la Politique Environnementale

Pour le moment, le Gouvernement n'a pas de politique nationale pour l'environnement. Cependant, le Gouvernement suédois a financé en Mai 1992 une étude intitulée "Vers un plan national d'actions pour l'Environnement". Dans cette étude, une tentative de classement des pollutions est présentée par ordre d'importance:

- * Pollution de la terre par les pesticides, les engrais, et les autres agents.
- * Pollution des eaux sous-terraines par les nitrates.
- * Pollution de la mer et des plages (mercure, uranium)
- * Pollution des eaux de surface par les phosphates, les matières fécales et le chrome.
- * Pollution de l'air dans toutes les villes (SO₂, plomb).

Au niveau des autorités communales, les premières préoccupations environnementales concernent le dépôt des déchets solides et liquides.

On peut conclure que la promotion de la technologie du Biogaz pour le traitement des déchets industriels rejoint les besoins des priorités environnementales au Sénégal et spécialement à Dakar.

3. LA POLITIQUE DE L'ENERGIE AU SÉNÉGAL

La question de l'approvisionnement énergétique et de la consommation est d'actualité de puis longtemps dans la sphère politique. Le Sénégal connaît deux problèmes majeurs concernant l'énergie. Premièrement, l'entière dépendance du pétrole importé pour l'énergie "commerciale" augmente la pression sur la balance des paiements. En 1991, les importations nettes de pétrole ont absorbé plus de 50 % des bénéfices sur les marchandises exportées. La chute des prix du pétrole durant les dernières années ne peut pas balancer les effets de la dévaluation du Franc CFA en Janvier 1994. Deuxièmement, la surexploitation des forêts, qui fournissent plus de la moitié des ressources énergétiques est responsable, avec la structure agricole, de la déforestation rapide qui conduit à l'augmentation de la sécheresse et des prix du fuel, bois et charbon.

La politique nationale pour résoudre les problèmes de l'énergie, connue comme le "RENES" (redéploiement énergétique du Sénégal), a pour objectif de réduire la consommation interne de produits pétroliers en remplissant les trois objectifs suivants:

- * *La substitution de la consommation de pétrole par l'utilisation du charbon et de fuel moins chers dans les centrales électriques et l'industrie du ciment.*
- * *La réduction de la dépendance des ressources étrangères pour la fourniture de l'énergie par la promotion des énergies domestiques (hydro-électricité, exploitation de la lignite et de la tourbe locale, promotion des énergies renouvelables).*
- * *La promotion des économies d'énergies par l'implantation de programmes nationaux.*

L'application de la politique RENES à des programmes et des projets opérationnels va nécessiter la résolution des questions importantes décrites ci dessous. Cela signifie également que de forts investissements vont être nécessaires à la transformation du secteur énergétique basé sur un apport d'énergie commerciale à fort coût en un secteur où la fourniture en énergie sera assurée localement et à partir de fuel importé à faible prix de revient mais forts investissements pour son traitement.

3.1 La Structure du Secteur de l'énergie

Les ressources locales en énergie au Sénégal sont importantes comparées aux besoins et relativement diversifiées. Elles comprennent un potentiel hydro-électrique des rivières Sénégal et Gambia (environ 1.400 MW, avec une capacité de production moyenne de 7.500 GWh (1,9 million toe)), des ressources pétrolières non complètement définies, une réserve de gaz naturel (40.000 toe), environ 10 million de tonnes sèches de lignite et de tourbe (3,7 million toe), et un potentiel intéressant de bois combustible (1,3 million toe fournies en 1991). Les énergies à long terme de biomasse sèche (résidues agricoles) et les ressources en soleil et vent ne sont pas négligeables. Le développement de toutes ces ressources peut finalement fournir une bonne proportion des besoins énergétiques du Sénégal. Cependant, à court terme, leur développement est restreint en raison des lieux d'implantation, des lourds investissements requis et de facteurs politiques et institutionnels.

Hydro-électricité:

L'exploitation du potentiel hydro-électrique des rivières Sénégal et Gambia est sous la responsabilité des deux multinationales:

1. L'Organisation pour le développement de la rivière Sénégal (OMVS) dont les membres sont le Mali, la Mauritanie et le Sénégal
2. L'Organisation pour le développement de la rivière Gambia (OMVG) qui regroupe la Gambie, la Guinée Bissau, le Sénégal et . Les projets individuels ne peuvent être réalisés qu'avec l'accord des Etats membres, ce qui peut causer des délais.

De plus pour les deux projets, l'irrigation détermine la justification économique, tandis que la production d'électricité a, au mieux, un rôle d'amélioration du rendement total. Ce faible rendement est largement dû à la situation géographique des sites de production qui se trouvent à 500-750 km des principales zones d'utilisation dans l'ouest du Sénégal; ce qui nécessite d'importants investissements dans les lignes de transmission.

Pétrole et gaz

Les ressources en pétrole n'ont pas encore été bien définies. Le champ Dome

Flore, avec seulement 1,8 million toe (tonne équivalent pétrole), est le seul gisement découvert à nos jours. Le Gouvernement tente d'intéresser les compagnies étrangères à une possible exploitation jointe avec la compagnie nationale Petrosen.

Cependant, il y a une controverse juridique concernant la zone. La recherche de nouvelles réserves va dépendre du succès des efforts d'exploitation que le gouvernement tente de promouvoir. Un petit réservoir de gaz naturel a déjà été utilisé comme base d'opérations pour la turbine du Cap des Biches et doit être suffisant pour générer 90 GWh.

Raffineries de pétrole

La décision des actionnaires (Différentes compagnies pétrolières multinationales) de réorganiser et étendre les capacités de la raffinerie de pétrole de 900.000 à 1,2 million de tonnes semble surprenante à la vue du programme RENES de réduction de moitié de la consommation de produits pétroliers.

Cependant, il semble que les plans d'investissement pour la raffinerie de pétrole soient basés sur l'exportation plus que sur des projets locaux. En raison du manque de raffineries dans les pays voisins comme la Guinée, la Gambie et la Sierra Léone, ces investissements semblent justifiés.

Tourbe

Différentes études sont en cours pour évaluer l'utilisation des gisements de tourbe de Niayes dans les dunes du nord de Dakar. Les principales applications sont la production d'électricité, le fuel industriel et domestique, et la matière organique pour les applications agricoles.

Lignite

Les ressources en lignite du Sénégal ont été localisées durant des forages pour le pétrole, l'eau ou les phosphates, mais pratiquement aucun échantillon n'est disponible pour tester la quantité et la qualité de la lignite découverte.

Bois de combustion

Les forêts sénégalaises ont été réduites de 30 % durant les 30 dernières années et la tendance actuelle prévoit une diminution de 20 % supplémentaires d'ici la fin du siècle. Le reste de la forêt des régions surpeuplées de l'ouest seront bientôt détruites à moins que des mesures urgentes ne soient prises.

Les objectifs de développement dans le secteur du bois dans les régions de l'ouest du Sénégal devraient être:

- * De restructurer le secteur du bois autour des grandes villes afin que l'approvisionnement à moyen terme proviennent de ressources forestières bien gérées.
- * De promouvoir les économies de bois dans les grands centres urbains en augmentant les tarifs et par l'amélioration des fourneaux, et de la distribution et l'utilisation du fuel.

Cependant, afin de remplir ces objectifs, il faudra renforcer le pouvoir des autorités forestières.

Production d'électricité

SENELEC, la compagnie électrique nationale - entreprise d'Etat - consomme annuellement 270.000 tonnes de fuel pour la production électrique; principalement du pétrole lourd.

Il n'y a pas d'importation ou d'exportation d'électricité au Sénégal. Les capacités de production sont d'environ 175 MW, dont 130 MW installé autour de la capitale et le reste réparti autour des différents centres urbains. La demande maximum actuelle est estimée à 108 MW.

Dans le dernier plan de développement de SENELEC, la direction a proposé un programme d'investissement très excessif qui doit augmenter la capacité totale de production à 285 MW.

Une faible quantité de gaz naturel est disponible au Sénégal et la compagnie électrique a installé, au début des années quatre vingt, deux turbines à gaz avec

une capacité de 17 MW et 21 MW. Cependant la production de gaz a chuté de façon importante durant les dernières années. C'est pourquoi la compagnie ne fait fonctionner ces centrales qu'en période de pointe ce qui est aussi logique dans la mesure où les turbines à gaz sont moins efficaces que celles à vapeur. Cependant, en raison du manque occasionnel de gaz, les turbines sont parfois utilisées avec du diesel comme combustible temporaire.

Le secteur industriel et commercial représente plus de 70 % de la demande annuelle en électricité de SENELEC; la demande domestique étant de moins de 30 %. Les zones urbaines et semi-urbaines sont les seules à avoir accès à l'électricité.

La production électrique au Sénégal est basée principalement sur la fourniture d'électricité dans la région de Dakar et des villes de Saint Louis et Kaolack. La demande électrique de ces zones représente plus de 95 % de la production électrique générée par SENELEC.

Les trois régions du centre qui incluent Ziguinchor, Tambacounda et Ourossogui consomment environ 3 % de la production.

Dans les autres villes des zones rurales du Sénégal, SENELEC a installé de petits générateurs diesel. Cependant, cette production électrique représente moins d'un pourcent du total.

Bien que les deux principales industries du Sénégal, la fabrique de sucre (CSS) et SOCANOS, soient connectées au réseau électrique de SENELEC et consomment de façon importante, elles ont leurs propres unités de production d'électricité. Moins de 1 % de la production annuelle de SENELEC est consommé par ces usines.

Les coûts annuels de production sont variables d'une centrale électrique à l'autre. Dans la centrale de Dakar, la consommation de fuel est de 210 g par KWh produit. A Saint Louis et Kaolack, elle s'élève à 245 et 230 g/KWh respectivement. Ces variations s'expliquent par des différences de rendement des installations gérées par SENELEC.

Si du diesel est utilisé au lieu du pétrole lourd, la consommation s'élève à 255 g/KWh pour la centrale de Dakar. Cela peut s'expliquer par la moindre

efficacité des turbines à gaz si elles sont opérées avec du diesel comme combustible.

Comme le prix de l'électricité est un des paramètres clés pour l'application de la technologie du Biogaz, il est nécessaire de regarder plus attentivement la structure des tarifs électriques et leur établissement annuel.

SENELEC a actuellement entrepris une étude détaillée de ses tarifs afin de créer une tarification plus moderne et juste pour ses différents consommateurs dans le futur. Bien que la centrale électrique paye des taxes sur le pétrole lourd bien inférieures à celles appliquées aux autres consommateurs industriels, le prix de l'électricité est relativement élevé comparé aux tarifs électriques européens.

Le prix actuel de l'électricité dépend de la quantité annuelle consommée. Le prix moyen pour une consommation ordinaire de bas voltage (220-240 V) est de 67,03 F.CFA par KWh.

Le secteur commercial doit payer 56,77 F.CFA selon les tarifs actuels.

Les gros consommateurs industriels, qui n'ont pas leur propre centrales de production, payent 37,75 F.CFA par KWh en recevant le courant à haute tension et en utilisant leurs propres transformateurs.

SENELEC a calculé un prix moyen de 56,22 F.CFA par KWh.

Pour une possible production d'électricité basée sur le Biogaz, SENELEC devrait payer seulement 19,9 F.CFA pour acheter l'électricité et la distribuer sur le réseau. Ce prix de vente est un prix maximum et il est basé sur le principe de la substitution.

De plus, afin de payer ce prix, la compagnie électrique a demandé des garanties d'approvisionnement stable et fiable au réseau public. S'il était possible d'obtenir ces garanties, la compagnie électrique pourrait ne pas inclure ces capacités supplémentaires dans leur plans de régulation et le prix de l'électricité vendue pourrait être considérablement réduit.

Selon SENELEC, il est possible d'obtenir un prix élevé pour l'électricité si l'installation de Biogaz avec générateur électrique remplace la totalité ou une

partie de la consommation électrique actuelle d'une industrie spécifique. En d'autres termes, une production de Biogaz peut assurer une réduction de la demande électrique actuelle de l'usine. Cela pourrait être le cas de plusieurs industries du secteur agro-alimentaire au Sénégal.

De l'autre côté, les conventions établies par SENELEC à propos des prix de l'électricité produite par l'industrie et vendue au réseau public doivent être considérés avec beaucoup de prudence.

Lors de la visite de l'usine de sucre du nord du Sénégal (Compagnie Sucrière Sénégalaise CSS), les consultants ont appris que selon le contrat signé entre SENELEC et CSS, les surplus électriques produits par l'usine (25 MWh par mois) devaient être achetés pour 47 F.CFA par KWh. Cependant, comme SENELEC n'a pas payé l'électricité pour une longue période, CSS a stoppé la fourniture en électricité.

3.2 Les prix de l'Energie au Sénégal

Comme il a été mentionné plus haut, les besoins en fuel importé constituent un désavantage pour la Balance des Paiements du Sénégal. Les paiements sont effectués en Dollar américain.

En raison de la dévaluation de 50 % du Franc CFA le 13 Janvier 1994, il y a actuellement une grande incertitude sur les prix du fuel. Selon le Ministère de l'Energie, des Mines et de l'Industrie, il existe plusieurs solutions possibles pour la façon dont le Gouvernement Sénégalais doit répondre au doublement du prix du pétrole importé suite à la dévaluation du F.CFA.

En collaboration avec le Ministère des Finances, la Direction de l'Energie a élaboré plusieurs scénarios afin d'estimer les futurs prix du pétrole importé et l'impact économique si les revenus de l'Etat des taxes douanières et de valeur ajoutés (TVA) restaient inchangés. Comme il était impossible d'obtenir des prévisions réalistes des futurs prix du pétrole, les consultants ont essayé d'estimer les futurs prix des produits pétroliers sur la base de la structure actuelle des prix. Ces estimations sont faites sous l'hypothèse que la structure présente des prix et les taux des différentes taxations restent inchangés.

Dans le tableau suivant, les prix actuels et les estimations pour les différents produits pétroliers sont indiquées.

	Prix avant la dévaluation du F. CFA	Prix après la dévaluation du F. CFA
	F CFA par tonne	F CFA par tonne
Diesel	159,329	252,820
Diesel, SENELEC	131,383	222,356
Fuel, 180 CST	95,320	146,226
Fuel, 380 CST	89,556	123,635

Selon le Ministère de l'Energie, des Mines et de l'Industrie, il n'existe pas de plans actuels pour subventionner la production à partir de biomasse et, bien que la direction soit positive pour un support financier de l'application à large échelle de la production de Biogaz à partir des déchets organiques industriels, la position générale est que le Biogaz comme combustible doit être basé sur le prix économique du fuel. La Direction de l'Energie a déclaré que les subventions du LPG (Gaz Butane) pour l'utilisation domestique vont être réduites dans les années à venir après une campagne de subvention très efficace en faveur de l'introduction de meilleurs fourneaux au Sénégal.

4. LES DÉCHETS EN RELATION AVEC LA TECHNOLOGIE DU BIOGAZ

4.1 Généralités

La technologie du Biogaz n'est développée au Sénégal que dans des secteurs spécifiques ou dans certaines compagnies. En fait, le développement est dominé par un seul type de digesteur commercialisé par une compagnie française avec des agents et des contractants locaux. Selon les personnes rencontrées et les activités présentées, le support semble être relativement faible, bien que de nombreuses institutions aient travaillé avec le Biogaz.

Les premières expériences avec le Biogaz ont commencé avec de petits systèmes de Biogaz très simples, basés sur le principe du Ram Buhk Sing d'Inde et plus tard sur les digesteurs de type chinois. Des expériences et des installations de démonstration ont été réalisées par exemple au CERER à Dakar, où des exemples abandonnés de digesteurs chinois et indiens peuvent être observés. La mission n'a pas réussi à rencontrer du personnel du CERER, ni à obtenir des informations spécifiques sur les expériences et les activités courantes. Il semble que toutes les activités de Biogaz ont été stoppées au CERER il y a plusieurs années.

Dans les papiers fournis à la mission, il était référencé également à une installation de démonstration de 30 m³ avec un moteur à fuel et un générateur qui devait être installé à Sasal. Cependant, comme aucuns résultats spécifiques n'étaient disponibles, il n'est pas possible d'estimer l'expérience acquise.

Le développement courant de la technologie du Biogaz au Sénégal est presque complètement réduite à l'utilisation des digesteurs Transpaille, sans considération du type de déchets, ni des installations.

En général, ce système comprend un digesteur très simple sous la forme d'un cylindre placé horizontalement, au travers duquel les matériaux bruts passent par gravité. Pour être sûr que la paille, les débris flottants et les autres matériaux passent au travers du digesteur avec les liquides, un système de poussée a été introduit, utilisant soit une pompe hydraulique manuelle, soit un système hydrolique motorisé.

Le digesteur Transpaille est fabriqué en acier dans une usine locale de machineries agricoles, SISMAR. Des tailles de 5 m³ à 40 m³ ont été produites. Le nombre total d'installations de ce type semble être d'une vingtaine (voir plus loin).

4.2 Le Biogaz en relation avec les activités agricoles primaires

4.2.1 Caractéristiques des déchets

En général, les déchets agricoles disponibles dans le secteur primaire au Sénégal ont un haut contenu solide (70-90 % de solide total), spécialement durant la saison sèche. Quelques exemples:

- . La paille et l'enveloppe du riz
- . la paille du maïs
- . la paille du coton et la cosse

Dans les zones rurales, ces types de matériaux sont disponibles en grande quantité durant la période de récolte. La majeure partie d'entre eux est abandonnée dans les champs, mais pourrait être collectée pour la production d'énergie.

Les bouses de vaches, moutons et chèvres sont aussi disponibles. Cependant elles sont généralement réparties sur de grandes zones, ce qui rend leur utilisation difficile pour la production de Biogaz. Au niveau familial, il est possible de récolter de petites quantités de fumier pour une production personnelle de Biogaz. La mission n'a pas visité d'élevage de bovins, il est donc difficile d'établir le niveau de production intensives où le fumier pourrait être collecté en grande quantité pour une production de Biogaz au niveau industriel. Cependant, ce type de possibilités a peu de chances d'exister.

Afin de pouvoir utiliser les matières sèches citées pour une production de Biogaz, de grandes quantités d'eau doivent être ajoutées. Même si l'eau est disponible pour addition, le dépôt des liquides semble un problème important. Lors de la saison sèche, le séchage des engrais semble être possible par des moyens naturels. Mais lors de la saison des pluies, cela est impossible, et des engrais relativement humides devraient être répandus dans les champs ou

stockés.

En conclusion, la technologie du Biogaz n'apparaît pas facile à appliquer à large échelle dans le secteur agricole. Cependant, en raison du grand besoin en énergie de ce secteur, il y a de bonnes raisons d'accomplir un travail spécialisé pour développer des types de réacteurs appropriés pour ce genre de problèmes.

4.2.2 Expérience

Au niveau familial, le SAED a réalisé un projet pilote dans la région de Delta près de St Louis. Un nombre de familles ont reçu un digesteur de 5 m³ basé sur le principe Transpaille comprenant un gazomètre et un fourneau utilisable pour la combustion du Biogaz. L'expérience est limitée mais les familles concernées semblent très satisfaites du système. Les femmes sont spécialement contentes dans la mesure où elles sont capables d'engager une plus grande partie de la famille dans la collecte des matériaux d'alimentation du digesteur, que pour les combustibles traditionnels.

Les premiers résultats des installations de démonstration sont:

- . Les digesteurs sont remplis avec un mélange de paille de riz et de fumier, dilué dans de l'eau.
- . La production de gaz est de 3 à 10 m³ par semaine
- . Une famille de 10-12 personnes nécessite environ 1 m³ par jour
- . Le coût de l'installation du digesteur est d'environ 1,5 million de F.CFA, pour une production en série.

Il est trop tôt pour tirer des conclusions définitives sur la viabilité économique du système, mais le coût majeur correspond aux investissements de départ. Cependant, même si de tels investissements peuvent être justifiés à long terme, il est très improbable que les fermiers s'engagent dans de tels investissements privés en raison du niveau des revenus.

4.3 Les ordures ménagères

La collecte et dépôt des ordures ménagères est réalisée au Sénégal par une ancienne compagnie nationale. La firme SIAS est maintenant partiellement privatisée; les principaux actionnaires étant l'Etat, la Ville de Dakar, et d'autres organismes publics.

Le seul partenaire privé est la société privée française de nettoyage SITA, qui détient 7 % des parts.

En principe les opérations de SIAS devraient couvrir tout le pays, mais dans la pratique seule la région de Dakar est desservie. Il existe cependant des plans supportés par les Japonais pour la collecte des déchets dans dix villes provinciales majeures et dans deux cités religieuses. Les représentants de SIAS ont annoncé que aucun traitement ou contrôle des décharges n'était inclus dans le projet.

La situation actuelle à Dakar est la suivante:

- La ville de Dakar a signé un contrat avec SIAS pour la collecte, le balayage, le transfert et le rejet des ordures ménagères et de la plupart des déchets commerciaux. Le contrat s'élève à 2,4 milliard de F.CFA.
- SIAS compte 1500 employés et 150 camions et tracteurs.
- Les déchets industriels sont traités en grande partie directement par les industriels pour la collecte et la décharge. Les représentants de SIAS estiment que seulement 7 à 10 % des déchets industriels sont collectés par SIAS.
- La quantité totale de déchets collectés représente approximativement 3.200 m³ ou 1.450 t/j, collectés sur une surface de 550 km² à partir d'une population d'environ 2,5 millions d'habitants.
- Actuellement, aucun système de traitement des déchets n'est en fonctionnement. Cependant, un système de compostage situé près de la décharge de M'Bebeuss a existé.
- Une étude a été réalisée récemment sur la quantité et le type de déchets

industriels produits à Dakar. Les organisateurs de l'étude étaient l'INSA de Lyon, le Ministère de l'Environnement, et SIAS. La quantité totale de déchets industriels à la décharge était estimée pour 50-70 % de la production de déchets.

De loin, le plus urgent problème des déchets solides dans la région de Dakar semble être l'immense problème environnemental à la décharge:

- La Décharge est située à M'Beubeuss, à environ 25 km du centre ville en direction du nord-ouest.
- La décharge couvre environ 500 hectares et n'est pas contrôlée. Elle ne possédait aucuns équipements de mesure de pollution à l'origine. Récemment des mesures ont été effectuées révélant des taux significatifs de pollution des eaux sous-terraines de la région et très forte pollution du Lac voisin de M'Beubeuss. Cependant, il ne semble pas que les ressources en eau à Thiaroye soient touchées.
- Les représentants de SIAS ont constaté des fuites de méthane qui peuvent présenter des risques d'explosion.
- SIAS voudrait fermer la décharge mais, en raison de problèmes de localisation, une nouvelle décharge devrait être située à 60 km - ce qui augmenterait de beaucoup le coup de la collecte.
- SIAS vend de petites quantités de compost provenant de l'ancienne zone de compostage. Un prix indicatif est de 4500 F.CFA par tonne.

Le traitement des ordures ménagères dans les villes de province:

Aucune information n'a été fournie par SIAS. Cependant à Louga, il existe un projet intitulé Projet Environnement Urbain de Louga. Ce projet comprend des expériences de compostage avec différents types de déchets.

Le but du projet est triple:

- De produire du compost en partie pour les jardins potagers, en partie pour une ceinture végétale de 20 m autour de la ville, afin d'augmenter la protection contre le vent et les tempêtes de sable provenant des zones

arides autour de la ville.

- De nettoyer la ville en collectant et traitant les déchets déposés en ville.
- De fournir du travail et de contribuer ainsi à la réduction du chômage.

Le projet a été soutenu par le Gouvernement Français et le BRGM qui sert de consultant. Les rapports mis à la disposition de la mission ont montré les résultats du compostage aérobie, les figures concernant les jardins potagers mais aucune expérience sur la collecte des déchets n'était mentionnée.

Une partie du projet exécuté par SAED près de St Louis comprend l'installation d'un digesteur transpaillé de 5 m³ dans un des villages. Il est prévu d'alimenter ce réacteur à partir des déchets ménagers collectés dans le village. Cependant, à par cela, il semble ne pas y avoir d'expérience sénégalaise disponible concernant l'exploitation des ordures ménagères par la technologie du Biogaz.

4.4 Les eaux usées

4.4.1 La situation actuelle et les caractéristiques des eaux

Le secteur des eaux usées au Sénégal comprend principalement les installations présentes à Dakar et quelques installations industrielles spécifiques.

La situation dans la région de Dakar est décrite dans le rapport "Towards a National Plan of Action for the Environment".

La majeure partie de Dakar est équipée avec un système d'égouts connectés soit directement à la mer, soit à l'aide d'un système de canaux ouverts à la mer.

La quantité totale de pollution déversée dans la mer a été estimée à:

BOD	65 t/j
COD	160 t/j
Azote total:	18 t/j
Phosphore total:	5 t/j

Les décharges industrielles ont lieu dans le port de Dakar par cinq majeures

entrées.

La pollution industrielle totale est dans ce contexte estimée à un tiers de la charge totale de pollution pour le BOD et le phosphore et un peu moins pour l'azote. D'un point de vue environnemental, il semble plus urgent de résoudre le problème des rejets ménagers. Cependant, comme il l'a été mentionné plus haut, certaines industries ont des décharges importantes, considéré du point de vue de la charge concentrée. Certaines de ces industries pourraient réduire la charge en matière organique par l'utilisation d'un traitement par le biogaz de certains déchets ou flots d'eaux usées.

4.4.2 L'expérience du Biogaz dans le secteur des eaux usées

L'expérience du traitement des eaux usées n'est généralement pas très favorable au Sénégal au niveau municipal.

Par exemple, à Dakar, il existe cinq stations de traitement des eaux, mais seulement une d'entre elles est opérationnelle à Camberene.

La station de Camberene est prévue pour environ 100.000 personnes équivalents, mais la charge courante est seulement de 25 % de la capacité.

L'installation est une unité de boue actives équipé d'un digesteur pour produire du Biogaz à partir des boues primaires et secondaires produites. Le digesteur n'est rempli qu'à un faible degré et la capacité réelle du système n'a pas été complètement prouvée par le mode actuel d'opération.

Le rapport conclue:

- que la charge de l'installation pourrait être augmentée pour un coût minimum pour augmenter les effets environnementaux des investissements déjà réalisés.
- que la capacité totale de l'installation peut être étendue à 500.000 personnes équivalents pour un coût approximatif de 90 million de Franc français - un investissement de moins de 200 Franc Français par PE, ce qui semble relativement attractif.

En relation avec le développement du Biogaz, on peut conclure qu'il est important de rendre ce digesteur opérationnel. Ceci peut être réalisé en augmentant la charge soit par l'extension de la station, soit par la combinaison des boues à d'autres types de déchets. Le potentiel de production de gaz d'une telle installation est assez important pour avoir une bonne économie, si un système de générateur est installé.

4.5 Le secteur industriel

L'expérience du Biogaz dans l'industrie inclue un projet pilote avec un réacteur "transpaille" installé en 1989 aux abattoirs de Thies.

L'installation de Thies consiste en :

- un digesteur de 40 m³ Transpaille alimenté par les déchets des vaches abattues,
- deux gasomètres en plastique
- un système de générateur électrique (18 KVA)
- un système de traitement des eaux usées comprenant un bassin de sédimentation, un réservoir aérobic et deux bassins avec des macrophytes, qui sont récoltés alternativement et utilisés dans le digesteur.

L'expérience technique de ce système semble assez réussie mais les résultats économiques sont relativement faibles. Ces mauvais résultats peuvent être attribués à la faible charge du réacteur comparé au niveau prévu lors de sa conception. Une comparaison entre les résultats estimés et réels est présentée dans le tableau suivant.

	Valeur lors du Design	Operation actuelle
Apport de biomasse	76 t DS/an	35-40 t DS/an
· Viscères	4 t DS/an	
· Fumier		
Production		
· Biogaz	13,000 m ³ /an	5,500-6,200 m ³ /an
· Electricité	12,700 KWH/an	5,100-5,500 KWH/an
Compost produit	44 t DS/an	20-25 t DS/an
Résultats économiques	27 million FCFA	
· Coût de construction	1.1 million FCFA/an	
· Opération et maintenance	Coût de traitement de 3-600 FCFA/t carcasse	
· Résultat net		

La mission n'a pas eut connaissance d'autres utilisations du Biogaz dans le secteur industriel au Sénégal.

La mission n'a pas entendu parlé d'autres expériences d'utilisation du Biogaz dans le secteur industriel au Sénégal.

5. IDENTIFICATION DES INDUSTRIES OU LA TECHNOLOGIE DU BIOGAZ PEUT ÊTRE APPLIQUÉE

5.1 Identification des types de déchets

Evaluation des déchets industriels de Dakar et de leur potentielle utilisation pour la production de Biogaz

Le tableau 5.1.1 montre l'analyse générale de la composition des déchets recueillis à Dakar. En général les déchets contiennent un fort pourcentage de matière organique. Il est important de noter que les déchets contiennent très peu de métaux - signe qu'un haut niveau de récupération s'opère.

CATEGORIES	DAKAR	PIKINE	RUFISQUE
Déchets organiques	43 à 60	34 à 43	35
Textiles	2 à 9	2 à 5	6
Papier carton	6 à 24	4 à 7	6
Métaux ferrugineux	2 à 5	1 à 3	3
Métaux non ferrugineux	0	0	0
Plastique	2 à 7	2 à 4	5
Verre	1 à 3	0,5 à 2	1
Ceramiques, poteries	0,5 à 6	1 à 4	2
Divers	0,5 à 5	6 à 9	10

Tableau 5.1.1

En 1990, SIAS a inventorié les différents types de déchets collectés à partir des industries. Il est estimé que SIAS collecte environ 5.000 m³ par mois sur un total d'environ 70 industries. 2.000 m³ de ces déchets (20 %) proviennent de 24 industries agro-alimentaires. Cependant, il n'est pas clair de différencier entre les déchets de production et les déchets totaux (incluant les papiers et les plastiques, etc). Par exemple, l'industrie du poisson apporte 996 t/mois à partir de 12 industries (50 % du total de l'apport agro-alimentaire). Cependant, on trouve des indications dans le rapport qui suggèrent que cet apport ne comprend pas uniquement les déchets du traitement industriel du poisson, mais aussi les déchets des vastes bateaux usines (armements) qui déversent leurs produits et leurs déchets dans le port.

Une autre source d'information est une étude plus récente mais non publiée effectuée par le Ministère de l'Environnement sur le rejet de polluants par les plus grandes industries (annexe 1).

Des tableaux recus, il est possible de sélectionner les industries, qui semblent particulièrement intéressantes. Elles sont citées dans le tableau suivant.

Tableau 5.1.2 Déchets industriels intéressants pour la production de Biogaz

Nom de l'industrie	Production/ type de déchets	Déchets solides , t/jour Total/Organique *	Eaux usées m ³ /jour et degré de pollution **
SNCDS	Conserves de poisson	32/32	400 E
SITRAF	Jus de fruit, ananas + mangue	1.5/1.5	172 E
Armement DAK Pêche	Déchets de poisson et autres	0.4/0.4	8 E
SOPICA Siguinchor	Déchets de poisson	8/8	65
SOBOA	Brasserie		
CSS - Richard Toll	Production de sucre	120/120	24,000 E
SEIB- Diourbel (Sonacos)	Raffinerie d'huile végétale	70/70	500
Sonacos Dakar	Raffinerie d'huile végétale	2 - déchets d'angils	
Boulangerie Pâtisserie	Productions de gâteaux	4/4	
Abattoir de Dakar	Viscères	9/9	220 E

* "organique" indique seulement l'origine des déchets et non pas la fraction de matière organique mesurée comme solides volatils qui correspond à 50-80 % de la matière sèche, qui ne constitue qu'une partie des données suivantes.

**

Degré de pollution: E= élevé, M= moyen, F= faible

L'opinion générale des consultants est les industries mentionnées offrent de bonnes potentialités pour l'utilisation des technologies du Biogaz soit seules soit en combinaison entre différentes industries utilisant une installation commune de Biogaz. Dans certains cas, les industries peuvent combiner leur déchets avec ceux de l'agriculture pour diluer différents types de déchets et pour faciliter l'écoulement des engrais produits.

Cependant, la liste ci-dessus n'est pas exhaustive. Il est évident que beaucoup d'autres industries seront des candidats potentiels lors que la technologie du Biogaz sera mise en place.

Afin d'illustrer les différentes possibilités, plusieurs cas ont été analysés dans la suite de ce chapitre.

5.2 Les usines de sucre

Le Sénégal a une fabrique de sucre locale à Richard Toll utilisant la production de sucre de canne de la zone irriguée par la rivière Sénégal.

La production totale de sucre de l'usine est de 90.000 tonne de sucre par an à partir de 500.000 tonnes par an.

Système de production d'énergie

Le procédé de fabrication est la méthode classique utilisant la canne. Cela signifie que la bagasse (résidue de la canne après extraction) est utilisée comme combustible pour fournir la majeure partie de l'énergie nécessaire à la production; à l'inverse des usines utilisant la betterave à sucre. En fait, dans le cas de Richard Toll, il y a beaucoup plus de bagasse disponible que ce qui peut être utilisé pour la production d'énergie de l'usine elle même.

Les systèmes de production de vapeur et le générateur de l'usine ont une capacité bien supérieure à celle requise pour la production. C'est pourquoi, la CSS a signé un contrat avec SENELEC pour vendre l'électricité au réseau public au prix de 47 F.CFA le KWh.

Durant la campagne (6 mois par an), l'usine peut fournir jusqu'à 1 MW, et le reste de l'année l'usine peut fournir jusqu'à 5-6 MW. Cependant, la fourniture électrique a été interrompue car SENELEC ne payait pas l'électricité. Une dette de 70 million de F.CFA n'a toujours pas été réglée.

Caractéristique des déchets

Les composants majeurs des déchets de l'usine de sucre sont:

- Les bagasses avec un volume total de 290.000 tonnes par an, dont 70-80 % est utilisé couramment pour la production d'énergie.
- Les boues de sédimentation du jus de sucre. Ces boues sont sujettes à une extraction supplémentaire de sucre et apportées ensuite dans les champs comme conditionneur de sol.
- Les eaux résiduelles qui correspondent à 600.000 m³ par an. Ces eaux résiduelles sont très polluées avec du sucre et d'autres composants organiques dissous. Pour cette raison, ces eaux sont pompées vers un bassin à quelques kilomètres de l'usine pour y être traitées. Le système consiste en un réservoir anaérobie suivi par plusieurs bassins à algues (aérobies ou anaérobie). Au niveau du rejet, les eaux sont traitées au niveau des standards européens.

Les eaux traitées sont utilisées pour l'irrigation.

En regard des technologie du Biogaz, les boues et les eaux résiduelles pourraient représenter une source d'énergie idéale. Cependant, comme il y a un surplus de bagasse et qu'un système technique est déjà en place pour cette source d'énergie, il n'existe pas de justification économique pour établir une production de Biogaz à partir de ce type de déchets.

5.3 L'industrie de l'huile végétale

L'industrie de l'huile végétale au Sénégal est basée sur l'arachide produite localement. La production totale était de 600.000 tonnes en 1993. De plus, de l'huile de soja, tournesol et colza sont importées et raffinées au Sénégal pour satisfaire les besoins locaux. Ceci est dû au fait que l'huile d'arachide est un

produit plus intéressant pour l'exportation. Il est rentable de substituer l'arachide par de l'huile importée d'Europe ou d'ailleurs.

Cette industrie est dominée par SOCANOS (Société Nationale de Commercialisation des Oléagineux du Sénégal), qui est le seul industriel important dans cette branche. SOCANOS a un total de quatre usines dans le pays, situées à Dakar (la plus importante), Diourbel, Kaolack, et Ziguinchor.

La capacité annuelle des équipements de production d'huile végétale est d'environ 120.000 tonnes par an. Le niveau de production courant est de 80.000 tonnes. La production totale d'huile vierge de Dakar est de 60.000 tonnes dont 55.000 sont exportées. Le reste est raffiné à Dakar avec environ 50.000 tonnes d'huile importée.

Les produits et les bi-produits de cette industrie sont:

- Huile végétale brute et raffinée
- Pastilles vendues comme fourrage (détoxifié contre les aflatoxines)
- les coquilles des arachides, utilisées comme combustible dans l'usine de Dakar
- Les acides gras saponifiés, utilisés pour la fabrication de savon

Les déchets produits par cette industrie sont:

- 2 t/jour de sol contenant environ 0,2 % d'huile
- Des eaux de lavage salées comptant pour 100 m³/heure d'eau de mer. Ces effluents sont traités par séparation par gravité avant d'être rejetées dans la mer.

La SOCANOS a fait de sérieux efforts afin de minimiser leur dépendance sur les énergies conventionnelles. Trois générateurs de vapeur utilisant des combustibles solides (coquilles d'arachides et aussi déchets agricoles) et un générateur produisant 2 million de KWh/an, ont été installés. Cela n'est pas complètement suffisant pour couvrir la demande annuelle en électricité mais il y a des périodes de surplus durant lesquelles l'usine vend le courant au réseau. L'installation est équipée d'un grand volume de stockage (plus de 15.000 m³) pour l'arachide et ses coquilles. Quelques générateurs de vapeur sont nouvellement installés.

Evaluation du potentiel de Biogaz

Le potentiel d'exploitation de la technologie du Biogaz en relation avec l'industrie de l'huile végétale est assez limité:

- Tant qu'il y aura un débouché économique dans les aliments pour animaux pour les arachides pressées, ce sera le mode d'exploitation le plus rentable.
- Les sols ont un rendement spécifique pour le Biogaz très élevés, mais leur quantité est limitée. Cependant, l'expérience spécialement au Danemark a montré que l'ajout de ce type de sol au réacteur non seulement augmente de façon importante la production de gaz mais stabilise grandement le processus. Ainsi, les sols normalement évacués à la décharge, devraient être considérés pour une utilisation dans une installation future de biogaz.

5.4 Les conserveries de poisson

5.4.1 L'industrie du poisson

L'industrie du poisson est l'un des secteurs majeurs de l'exportation au Sénégal.

Il existe trois productions majeures pour l'exportation:

- L'industrie du thon qui produit principalement du thon en boîte
- Le poisson surgelé
- Les crevettes en boîte ou surgelées

Considérant l'industrie du thon, il existe trois conserveries au Sénégal, toutes situées à Dakar et qui reçoivent la totalité des prises de la flotte sénégalaise et une fraction variable provenant des bateaux étrangers, principalement français et espagnols. La quantité totale de thons débarqués à Dakar en 1991 était de 30.000 tonnes, tandis que le tonnage de thon exporté en 1991 était de 19.500 tonnes réparti le long de l'année. Une des conserveries produit la moitié du tonnage total et les deux autres se partagent également le reste.

L'industrie du poisson congelé est beaucoup plus diversifiée avec approximativement 55 unités à Dakar, 2 à Ziguinchor, 2 à M'Bour près de

Thies et i à St Louis. L'usine visitée à Dakar, la Amerger Casamance, a une capacité de 10 t/j de poisson congelé, alors qu'une unité typique d'une autre ville ne produit que 2-5 t/jour.

L'industrie du poisson à Ziguinchor

Ziguinchor a été visité afin d'évaluer les potentialités de production de Biogaz dans le traitement des poissons en province.

Ziguinchor est situé sur le rivage de Cassamance dans la zone de mangroves. Les activités de pêche sont effectuées à l'aide de plus de 2000 pirogues traditionnelles.

Une importante production de crevettes est présente. La plupart des crevettes sont congelées sans être pelées. Seulement 30 % des crevettes sont pelées avant congélation. Des soles sont également capturées et congelées.

La production totale de la région de Cassamance est décrite dans le tableau 5.4.1.

Type de produit	1991	1992
Poisson	8,000	6,600
Crevette	1,400	1,000
Mollusques	100	470
Total	9,500	8,070

Tableau 5.4.1

La baisse de production entre 1991 et 1992 est en grande partie due à la rebellion à Cassamance.

La valeur de ces produits poissonniers s'élève à 2 milliards de F.CFA.

5.4.2 Caractéristiques des déchets

Tant pour les conserveries que pour les unités de congélation, d'importantes quantités de déchets organiques sont présentes, sous la forme de peau, viscères, têtes et sang. Cette fraction peut représenter de 45 à 60 % du total des poissons capturés.

Les déchets peuvent être divisés en déchets semi-solides et déchets emportés par les eaux de lavage. La fraction semi-solide est normalement vendue aux usines de farine de poissons. Des études effectuées au Maroc ont montré que pour les sardines en boîte, 33 % du poisson recu se retrouve dans les conserves, 33 % sous forme de semi-solides et 33 % est entraînée dans les eaux usées.

Aussi, d'importants volumes de déchets sont disponibles. A Dakar, il existe deux usines de farine de poisson, L'Afrique Azote et Sénégal Protéine. Ces deux usines utilisent une large part des déchets semi-solides primaires.

Pour l'unité de congélation, Amerger Casamange à Dakar, il a été estimé que la fraction réutilisable par les usines de farine de poisson représentait 80 % des déchets de la production totale primaire, ce qui laisse environ une tonne de déchets de poissons à être déversés dans les décharges.

La valeur du marché de la production primaire de déchets comme fourniture pour les usines de farine de poisson est d'environ 7 F.CFA par kilogramme de déchet de thon et 3 F.CFA pour les autres types de déchets. Les déchets de thon sont plus recherchés car on peut en extraire de l'huile qui sert de combustible dans les usines de farine de poisson.

Une visite de l'usine de farine de poisson à Dakar, Afric Azote, a montré une production annuelle de 5.000 tonnes de farine correspondant à une quantité totale de déchets de poisson d'au moins 25-30.000 tonnes par an.

L'usine travaille souvent à 50 % de sa capacité en raison du manque de déchets. L'usine collecte les déchets dans toutes les grandes industries de poisson à Dakar. La farine de poisson est exportée par exemple au Maroc où elle est vendue localement pour une valeur de 125 F.CFA/kg.

Certains types spéciaux d'arrêtes de poisson ne sont pas acceptées dans les

usines de farine de poisson, par exemple les os de seiche (sepia). Ceci est du à la forte teneur en calcium de ces os. Entre 500 et 1000 tonnes de ce type de déchets est estimé produit par an à Dakar.

L'industrie du poisson dans les provinces

L'industrie du poisson dans les autres villes du Sénégal est beaucoup moins importante, mais en raison de l'absence d'usine de farine de poisson, les déchets sont en grande quantité.

A Siguinchor, deux usines ont été visitées, une produisant principalement des crevettes et l'autre des soles surgelées.

La production et le volume de déchets sont présentés dans le tableau 5.4.2.

	Matière première		Prod-uit	Déc-hets	Eaux-usées	Elec-tricité
	t/an	t/jour	t/j	t/d	m ³ /j	KWh/j
SOPICA Sole	3,360	12	5	5-6	70-80	3-4,000
SOSECH-AL Crevettes entières	1,500	5.5	3.6	0.45	N.A	4,800
Crevettes décortiquées			1.9	1.05	N.A	
Total	4,800	17.5	10.5	7	N.A.	8,500

Tableau 5.4.2

Le tableau indique un important volume de déchets et un grand besoin en énergie. Aucune indication n'est donné sur les déchets dans les eaux usées.

Actuellement, les deux industries ont passé des accords avec une société de service qui collecte les déchets. Les déchets sont rejetés dans les rivières où les

pêcheurs déclarent que les déchets nourrissent les poissons et les crevettes.

Le tarif de la collecte des déchets est de 3.500 F.CFA par tonne.

Les deux usines étaient intéressées dans une sorte de retraitement des déchets. Un plan a été considéré avec SONACOS à Ziguinchor pour produire de la farine de poisson par un procédé simple afin de la vendre comme aliment pour le bétail.

L'énergie nécessaire pour le processus de séchage peut être fournie par SONACOS pour un très faible prix de revient en raison du surplus de coquilles d'arachides.

Une analyse du secteur des déchets de poisson à Ziguinchor est donnée dans le tableau 5.4.3.

Déchets Produits	Humidité avant séchage %	Humidité Produit sec %	Graisse %	Protéines brutes *** %
Crevette	78 %	8.6	2.5	48
Sole	73 %	43 *		31
		4 **	2.8	70

* provenant du séchoir

** Séchage supplémentaire par le soleil

*** En comparaison, une étude de l'usine de farine de Afric Azote montre:

- 60-65 % protéines
- 10 % graisse maximum
- 10 % humidité
- 1 % sel et 1 % sable

Tableau 5.4.3

Cette analyse indique que les différents types de déchets ont un haut contenu en protéine et sont utilisables pour la production de farine de poisson si une

installation était disponible. La valeur de la farine de poisson que l'on pourrait produire serait de 125 F.CFA/kg à Dakar soit un total de 260.000 F.CFA par jour pour un total de 2.100 kg/j pour les deux usines.

En guise de comparaison, 1000 m³/j de Biogaz pourraient être produit par ces mêmes déchets, soit la valeur de l'équivalent de 650 litres de gasoil par jour ou approximativement 162.500 F.CFA (au prix du gasoil de 250 F.CFA le litre).

Si de l'électricité était produite, on obtiendrait 2.150 KWh/j soit 175.000 F.CFA par jour (80 F.CFA / KWh après la hausse des prix), plus la possibilité de récupération d'eau chaude à 80-85 °C pour une valeur de 108.000 F.CFA par jour (à 250 F.CFA/litre).

La valeur en protéine des déchets de poissons est bien sûr détruite durant le processus, mais une grande potentialité d'engrais reste dans le compost. Si un mélange approprié avec du fumier de bovin, des coquilles d'arachide ou des enveloppes de riz est réalisé, un très bon engrais peut être réalisé à partir du compost.

Les premières analyses montrent que les gains direct provenant de l'énergie sont du même ordre que ceux de la farine de poisson. Cependant, si le compost peut être vendu à un prix intéressant, la solution du Biogaz serait plus intéressante. Les résultats de la solution du Biogaz sont exposés dans le tableau 5.4.4.

Il est montré qu'avec un prix de vente estimé du compost à 30 F.CFA/kg, un revenu journalier d'environ 220.000 F.CFA peut être atteint en économisant l'électricité et la chaleur et en vendant le compost. Cela conduit à un temps d'amortissement des investissements sur 8 ans, si le coût de la construction est fixé à 350 million F.CFA. Un tel prix de construction semble réaliste avec le nouveau taux de change. De plus, avec les augmentations futures du prix de l'énergie (jusqu'à 50-60 %), les résultats économiques pourraient se révéler bien meilleurs avec un temps d'amortissement de 4-6 ans.

	Jour	An
Volume de déchets	10 m ³	2500 m ³
Matériaux secs 25%	2,5 t	
Solides volatil 80%	2,0 t	500 t
Production de Biogaz	1000 m ³	250.000 m ³
Méthane 65%	650 m ³	162.500 m ³
Quantité de compost produit	3,0 t	750 t
Valeur économique du compost 30 FCFA/kg	90.000	22.500.000

Tableau 5.4.4 Unité de Biogaz de Ziguinchor - Calculs préliminaires.

Production journalière d'électricité basée sur 650 m ³ CH ₄	2145 kWh
Production journalière de chaleur	4290 kWh
Production annuelle d'électricité (250 jours de travail)	536250 kWh
Production annuelle de chaleur (250 jours de travail)	1072500 kWh
Production annuelle de chaleur (250 jours de travail) (équivalent pétrole)	97 tonnes

Basé sur les prix suivants:

		Economisé à l'usine	Vendu
Electricité	FCFA/kWh	60	20
Pétrole	FCFA/t	150000	0
Compost	FCFA/t	5000	30000

Revenu en million FCFA par an:

	Economisé	%	Vendu	%	Total
Electricité	28,958	90	1,073	10	30,030
Chaleur	3,640	25	-		3,640
Compost	0,375	10	20,250	90	20,625
Revenu total					54,295

Coût annuel des opérations incluant la main d'oeuvre et la maintenance	10,000
------------------------------------------------------------------------	--------

Basé sur une installation standard avec un volume de réacteur de 500 m³ et une charge de 4 kg VS/m³/j, le coût de construction peut être estimé à 350 million F.CFA, ce qui donne une période d'amortissement de 8 ans.

5.5 Abattoirs et autres industries agro-alimentaires

5.5.1 Caractéristique des déchets

De nombreux abattoirs existent au Sénégal, plusieurs d'entre eux appartiennent

au SERAS. Un abattoir de taille moyenne, situé à Thies, a servi de site de démonstration pour une installation de Biogaz de type Transpaille (voir description dans la section 4).

Le plus grand abattoir au Sénégal est celui de Dakar, qui traite environ 75 % de l'ensemble des vaches tuées dans le pays.

Les déchets provenant des abattoirs comprennent:

- Les intestins qui représentent 300 kg/vache avec une fraction solide de 15 %
- le sang qui ne peut pas être utilisé en raison de l'abattage à la façon musulmane
- les cornes et les sabots
- les restes de viande
- les os
- les eaux usées (environ 1,5 litre par kg de viande produite)

Les déchets intestinaux, le sang et les eaux usées constituent de sérieuses sources de pollution. Dans le cas de Dakar, le sang et les eaux usées sont déversés directement dans la baie de Han, où le problème d'eutrophisation poussée de l'eau est évident. Le sang ne représente pas seulement la fraction la plus polluante en terme de BOD mais il contient une grande quantité d'azote, composant nécessaire à la croissance des algues.

Une estimation du volume total de déchets de l'Abattoir de Dakar est présentée dans le tableau suivant:

Type de déchets	Quantité annuelle	Apport journalier (250 jours de travail par an)
Production:		
Carcasse, tonnes	9,500	38
Nombre de têtes abattues		
- vache	55,000	220
- mouton/chèvre	190,000	760
- porcs	5,000	20
Déchets solides, tonnes		
- Masse totale	2,300	9.2
- Matière sèche	345	1.38
- Matière organique sèche	276	1.10
Eaux usées, m ³	55,000	220
Electricité utilisée, KWh	1,000,000	3,000 (365 jours par an)

La majorité de l'électricité est utilisée pour le fonctionnement des chambres froides (85 %), alors que seulement 1,7 % de l'électricité est utilisé pour chauffer l'eau (eau bouillante pour l'abattage des porcs). Le reste de la demande est répartie sur les différents équipements utilisés dans les abattoirs.

L'abattoir de Dakar est situé près du marché central de poisson où une quantité importante de déchets organiques est présente. L'abattoir a de grandes zones libres dans son enceinte, où une unité de biogaz pourrait être située.

Un projet a été proposé par SERAS pour la construction d'une installation de Biogaz à l'abattoir pour produire du compost et établir une unité commerciale utilisant le compost pour la croissance de semis. Une étude de faisabilité a été conduite par la compagnie française de consultant en agro-alimentaire pour le projet de semis et la Banque Mondiale a été contactée pour le financement de l'installation de Biogaz.

Un coût estimé à 250 million F.CFA (100 F.CFA = 2 FF), avec amortissement sur 15 ans estimé uniquement sur les déchets de l'abattoir, fourni un prix de vente du compost à 30 F.CFA. Avec une augmentation du prix de l'énergie de 50 %, la période d'amortissement serait de 10 ans uniquement. Dans les calculs ci-dessous, aucune prévision n'a été faite en fonction d'une éventuelle augmentation de la production de gaz par l'addition d'autres déchets industriels comme les sols ou les déchets de poisson.

	Jour	An
Volume de déchets	9 m ³	2250 m ³
Matériaux secs 15%	1,35 t	
Solides volatils 80%	1,08 t	270 t
Production de Biogaz	324 m ³	81.000 m ³
Méthane 65%	210 m ³	52.650 m ³
Quantité de compost produit	2,2 t	550 t

Tableau 5.5.1 Abattoir Dakar - Installation de Biogaz - Calculs préliminaires calculations.

Production journalière d'électricité	695 kWh
Production journalière de chaleur	1390 kWh
Production annuelle d'électricité 250 jours de travail	173745 kWh
Production annuelle de chaleur	344490 kWh
Chaleur équivalent	31 tonnes pétrole

Basé sur les prix suivants:

		Economisé par l'usine	Vendu
Electricité	FCFA/kWh	60	20
Pétrole	FCFA/t	150000	0
Compost	FCFA/t	5000	30000

Revenu en million FCFA par an:

	Economisé	%	Vendu	%	Total
Electricité	9,382	90	0,347	10	9,730
Chaleur	2,359	50	-		2,359
Compost	0,275	10	14,850	90	15,125
Revenu total					27,213

Coût annuel des opérations incluant la main d'oeuvre et la maintenance	10,000
------------------------------------------------------------------------	--------

Basé sur une installation standard avec un volume de réacteur de 270 m³ et une charge de 4 kg VS/m³/j, le coût de construction peut être estimé à 250 million F.CFA; ce qui donne une période d'amortissement de 14,5 ans.

5.6 Les brasseries et les distilleries

Les brasseries et les distilleries représentent un type d'industrie avec une quantité importante de déchets organiques et en même temps une demande interne en énergie élevée. Au Sénégal, il semble ne pas y avoir de distillerie opérant à l'échelle industrielle et une seule brasserie est présente, la SOBOA.

SOBOA produit des sodas et de la bière pour le marché local "Stork" et "Flag". La production de sodas ne fournit aucun déchets solides ou semi-solides et la production de bière est à très faible échelle, environ 130.000 hectolitres par an, ce qui correspond à 1/25 d'une brasserie européenne moyenne.

Le type de déchets produits à SOBOA est le type usuel pour une brasserie:

- les grains utilisés pour la préparation de l'orge en malt
- les surplus de levure des cuves de fermentation
- des petites quantités de kieselguhr du procédé de filtration
- de larges apports d'eaux usées de force moyenne (BOD entre 1000-1500 mg/l)

Les grains sont utilisés comme fourrage pour bovins, alors que la levure est vendue comme suspension de levure. Un projet de récupération de la levure à l'échelle industrielle a été considéré. Il a été suggéré de mélanger le keiselguhr aux déchets bruts. Si cela est le cas, il n'y aura pas de production de déchets solides ou semi-solides à la brasserie.

Cela signifie que seul l'effluent liquide doit être considéré. Cependant selon la réunion avec les responsables de SOBOA, les eaux usées ne semblent pas représenter un problème important à leur yeux. La mission a aussi été informée que la brasserie était favorable à la production de Biogaz mais qu'elle ne voyait pas d'intérêt économique pour elle en tant qu'industrie privée. Ils ont mentionné que le sujet avait été étudié par l'ORSTOM il y a 5 ans dans une étude générale de l'utilisation du Biogaz dans le secteur industriel. Pour les brasseries cette étude n'a montré aucuns avantages.

6. INFRASTRUCTURE POUR LA GESTION DE PROJETS DE BIOGAZ AU SÉNÉGAL

6.1 Organismes publics impliqués dans le développement du Biogaz

Parmi les organismes publics impliqués dans le développement du Biogaz ou ayant un intérêt dans ce domaine, se trouvent différents ministères, départements et services, l'Université et différentes institutions de formation.

Parmi les Ministères et les services on trouve:

- Le Ministère Chargé de la Modernisation et de la Technologie avec la Délégation des Affaires Scientifiques et Techniques, DAST.

La DAST coordonne généralement plusieurs programmes pour les énergies renouvelables et aussi un programme pour les biotechnologies et la biomasse.

La DAST n'exécute pas généralement les activités pratiques elle même, mais a un rôle de coordination concernant les stratégies, la dissémination de l'information, le contrôle économique...

La DAST a nommé l'actuel coordinateur du programme pour la biomasse comme étant le coordinateur national pour un éventuel programme de Biogaz.

- Le Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature a plusieurs rôles à jouer dans ce contexte mais ne possède pas les ressources nécessaires pour avoir une participation importante.

Les rôles clés du Ministère dans le secteur du Biogaz sont:

- Régulation de la collecte, du traitement et du dépôt des déchets solides.
- Proposition de directives pour la pollution des eaux.
- Elaboration de directives environnementales pour les activités industrielles et de procédures approuvées
- Approbation des industries spécifiques et gestion de leurs performances en

relation avec les critères approuvés par l'état. Cette fonction est temporaire et sera probablement transférée au niveau local dès que les capacités seront disponibles.

- . Le Ministère de l'Industrie et des Mines qui a un grand intérêt dans le développement de technologies environnementales.
- . La Direction de l'Energie, en raison de sa politique générale pour l'énergie et de son intérêt pour le développement des énergies renouvelables.

Jusqu'à récemment, beaucoup de grandes compagnies appartenaient au domaine public, par exemple SERAS, SIAS, SAED etc. Plusieurs de ces compagnies ont été privatisées récemment. Dans le contexte actuel, toutes ces compagnies sont considérées comme semi-privées et traitées comme telles. De plus ces organisations ont un mode de fonctionnement et une philosophie de base très proche de celle des compagnies privées.

6.2 Organisations privées et semi-privées impliquées dans le développement du Biogaz

Ces organisations peuvent être divisées en trois groupes:

1. Les compagnies semi-privées ayant un autre champ d'activité principale, mais qui ont un certain intérêt dans la technologie du Biogaz, soit parce qu'ils ont un grand problème, soit parce qu'ils sont intéressés par une récupération partielle d'énergie.

Ces industries comprennent:

SERAS, (Société d'Exploitation des Ressources Animales du Sénégal), qui élève des bovins, s'occupe des abattoirs et produit des cuirs pour l'exportation.

SIAS, qui s'occupe du système de collecte des déchets dans la région de Dakar. SIAS traite une grande quantité de déchets mais peut aussi fournir des informations importantes à propos de la collecte des déchets industriels col-

lectés par d'autres organisations.

SAED, Société d'Aménagement d'Exploitation du Delta qui a un intérêt dans la technologie du Biogaz comme un débouché potentiel pour certains déchets (principalement des déchets agricoles secs) et comme technologie pour la fourniture d'énergie dans les villages ruraux.

SENELEC, en tant que compagnie électrique, qui devra racheter les surplus électriques.

ISRA, Institut Sénégalais de Recherche Agricole, qui entre autres activités, effectue des recherches sur l'utilisation du compost pour les jardins potagers et les pépinières. ISRA pourrait s'occuper de la coordination du marketing pour le compost.

2. Les entreprises privées qui ont un rôle à jouer dans le développement de la technologie et comme fournisseurs d'équipement.

Ici, l'exemple le plus probant est SISMAR, Société Industrielle Sahélienne de Mécanique, de Matériels Agricoles et des Représentations, qui peut produire à peu près tout sur demande dans le domaine de l'acier et des composants des grandes machineries.

Les industries mentionnées ci dessus ont été les seules identifiées spécifiquement durant la mission. Cependant, il est sûr qu'une étude plus poussée pourrait révéler d'autres entreprises intéressantes.

3. Entreprises industrielles pouvant devenir propriétaires ou /et utilisateurs d'installations de Biogaz, soit parce qu'ils ont des déchets à traiter, soit parce qu'ils peuvent utiliser l'énergie. Des exemples de telles industries sont mentionnées dans le chapitre 5.

6.3 Education et Formation

Les principaux partenaires semblent être:

- CEDER (Centre d'Etudes et de Recherches sur les Energies Renouvelables) qui est une organisation reliée à la Faculté Scientifique et Technique.

- ENSUT, Ecole Nationale Supérieure Universitaire de Technologie, qui a un laboratoire de recherche pour les biotechnologies.

6.4 Organisations internationales

Parmi les organisations internationales qui ont un intérêt dans la technologie du Biogaz, on peut citer:

- CRAT, Centre Régional Africain de Technologie, qui est une organisation soutenue par les Nations Unies pour le développement de technologies. L'organisation a accès à des subventions, mais agit en grande partie comme un médiateur pour la dissémination de l'expérience parmi les pays membres (Sénégal et Maroc mais pas la Tunisie).
- CIRAD, Centre de Coopération en Recherche Agronomique pour le Développement, qui est l'organisation gouvernementale française, qui a supporté le développement du système de digesteur Transpaille, et qui est un support à considérer pour une installation à l'abattoir de Dakar et dans les grands abattoirs des autres pays africains (peut être en collaboration avec la Banque Mondiale). CIRAD a aussi financé des études d'utilisation du compost dans les pépinières.
- L'Orstom a aussi financé précédemment des projets de recherche sur l'utilisation du Biogaz au Sénégal.

6.5 Barrières

Parmi les plus importantes barrières à la promotion de digesteurs de Biogaz à grande échelle pour le traitement des déchets industriels, on peut citer:

- Le nombre limité d'industries avec une grande quantité de déchets organiques
- Le manque de forte pressions environnementales sur l'industrie
- Les difficultés de paiement pour l'électricité vendue au réseau public
- Une recherche assez éparpillée dans le domaine du Biogaz.

7. PROPOSITIONS DE PROJETS

7.1 Conclusion sur les potentialités d'utilisation d'installations de Biogaz à large échelle dans le secteur industriel au Sénégal

Selon les informations recueillies, il n'a pas été réalisé d'étude récente sur les quantités de biomasse disponible au Sénégal; ce qui empêche de tirer des conclusions spécifiques sur les quantités de Biogaz qui pourraient être produites. Cependant, si l'on se base sur l'analyse des différents types d'industries visitées, les conclusions suivantes peuvent être tirées:

- . La production de Biogaz et l'utilisation à large échelle industrielle est non existante actuellement au Sénégal.
- . Les secteurs industriels ayant de grandes quantités de biomasse disponible pour la production de Biogaz ne sont pas en général de grande échelle au Sénégal et semblent dominés soit par de très grandes unités, soit par un grand nombre de petites unités. Par exemple l'usine de sucre de Richard Toll est la seule fabrique de sucre du Sénégal et la production d'huile végétale est dominée par une compagnie, la SONACOS.
- . Les grandes unités ayant une forte demande en énergie et en même temps une quantité importante de biomasse disponible ont déjà effectué un travail professionnel d'utilisation de ce potentiel pour la production interne de vapeur et d'électricité pour leur propre consommation et parfois pour la revente à SENELEC. Les déchets solides secs sont généralement brûlés dans une sorte de four pour produire de la vapeur pour la production d'électricité. La vapeur est souvent fournie par des turbines "take out" qui rendent la production d'énergie très flexible et efficace. L'usine de sucre et SONACOS sont des exemples d'industries qui basent leur fourniture énergétique sur la biomasse sèche, bagasse et coquilles d'arachides, respectivement.
- . Parmi les industries agro-alimentaires ayant une production de déchets organiques primaires, plusieurs industries ont développé un système interne pour la réutilisation des déchets ou fait des associations avec des industries spécifiques de récupération, qui s'occupent de la majeure partie des déchets et les utilisent pour produire des aliments pour animaux, soit pour l'utilisation locale, soit pour l'exportation.

Quelques exemples de ce type de solutions:

- Exportation de granulés de nourriture fabriqués à partir de l'arachide après extraction de l'huile.
- Grain utilisé dans les brasseries converti pour l'alimentation du bétail
- Production de farine de poisson à partir de déchets de poissons de différentes conserveries et unités de congélation, incluant l'exploitation de l'huile résiduelle des déchets de thon pour la production de chaleur

Bien que le potentiel ne soit pas très important pour l'utilisation pour le biogaz, il existe des cas où l'établissement d'unités de Biogaz pour le traitement des déchets semi-solides et des eaux usées industriels semble possible. Les meilleures possibilités se présentent sous la forme d'un co-traitement entre plusieurs types de déchets industriels; par exemple:

- Introduction d'une installation de Biogaz à l'abattoir de Dakar pour traiter les viscères animaux avec d'autres types de déchets disponibles de l'industrie du poisson ou de la production d'huile végétale.
- Introduction d'unités de Biogaz locales dans les zones où la réutilisation des déchets industriels n'est pas disponible, comme pour le traitement des déchets de poisson à Ziguinchor.

Dans les calculs des résultats économiques de la production de Biogaz, le prix de vente du compost semble être un facteur très significatif. Des prix d'environ 30-45 F.CFA par kg ont été enregistrés. Pour l'abattoir de Dakar, 50 % du revenu de l'unité peut être attribué à la vente du compost, si le plus fort prix peut être utilisé; ce qui donnerait une opération très profitable. De plus, si aucune valeur économique ne peut être attribuée au compost, la situation économique devient très négative pour une installation de Biogaz, en ne considérant que la valeur de l'énergie produite.

La pression politique et administrative exercée sur les industries concernant l'amélioration de l'environnement n'a pas atteint un niveau suffisant pour pouvoir promouvoir la technologie du Biogaz comme la méthode la plus économique de traitement. Les unités de Biogaz dans le domaine industriel doivent donc actuellement être justifiées par une balance économique positive intrinsèque à l'unité.

- . Il y a de sérieuses barrières à l'introduction de la technologie en regard du prix d'achat de l'électricité par SENELEC, la structure des tarifs et le paiement de l'électricité fournie.
- . Les activités de Biogaz au Sénégal semblent assez éparpillées dans les principales activités reliées à l'agriculture. Les activités des instituts universitaires semblent totalement dépendant du financement projet par projet et ont donc des difficultés à maintenir un développement durable. Il existe cependant des instituts possédant un savoir tant sur les débouchés du procédé que sur les questions techniques.
- . Dans une perspective plus générale de développement, il serait très important pour le Sénégal de développer des systèmes qui pourraient fournir de l'électricité à un moindre coût pour les villages et les installations agricoles isolées. Le plus souvent les ressources en Biomasse se présentent sous la forme de déchets secs présents en grande quantité. Là où la production de Biogaz peut être développée pour satisfaire la demande, le futur dépendra de la compétition entre le développement du Biogaz et des autres solutions comme la gazification avec utilisation directe pour les moteurs et générateurs. Cependant si un programme de Biogaz devait être établi il y aurait de bonnes raisons d'étudier plus d'étudier davantage ce sujet.

7.2 Considérations à propos d'un programme de Biogaz

Comme les entreprises possédant un potentiel pour le Biogaz sont peu nombreuses et éparpillées dans plusieurs types d'industries et par leur localisation, il ne semble pas justifié d'établir un programme de Biogaz pour l'industrie seule. Cependant si des sponsors sont intéressés pour supporter un programme joint d'utilisation du Biogaz dans les domaines industriels et agricoles, ce projet semble réaliste.

Un programme de ce type pourrait inclure des activités du type:

- Inventaire des ressources totales de Biomasse disponible pour la production de Biogaz.

- Installation d'un nombre limité d'unités de démonstration, en partie avec l'industrie, en partie avec en relation avec les unités de production agricoles. Deux exemples de projets industriels sont mentionnés plus loin et décrits dans la section 5.
- Tests et développement de types de réacteurs utilisables pour la conversion des déchets agricoles secs en Biogaz.
- Procédés et assistance de laboratoire pour les activités de Biogaz en cours.
- Développement du savoir faire et des capacités en relation avec les solutions techniques et l'évaluation des possibilités de différents systèmes de conversion de l'énergie, avec une attention particulière à la technologie du Biogaz.
- Evaluation précise de la valeur du compost et établissement d'étude de marché pour un tel produit afin de montrer les possibilités de la technique aux producteurs de Biogaz et aux utilisateurs finaux.

Considérant le contexte international, les étapes suivantes doivent être prises en compte:

- Etablissement d'un comité de coordination pour le Biogaz, responsable de la gestion du programme
- Etablissement d'un secrétariat responsable de l'exécution du programme jour après jour et gérant et contrôlant les activités ainsi que la dissémination des résultats au moyen d'un journal et de symposia, etc.

En plus de l'assistance technique nécessaire pour des projets spécifiques, il est suggéré qu'une réserve de ressources soit attribuées au programme afin de permettre une assistance aléatoire d'être incorporée dans les activités. Une partie de cette assistance doit être réservée à la revue des programmes, l'autre partie aux questions techniques spécifiques.

Il semble nécessaire d'établir le secrétariat comme unité indépendante avec sa propre logistique car les organisations existantes semblent très tendues à ce sujet. Par exemple l'unité de coordination des technologies nouvelles, DAST,

du Ministère de la Modernisation est équipée d'une seule ligne téléphonique pour plus de cinquante personnes et les moyens de transport sont très rares.

7.3 Proposition de Projet de Démonstration: Abattoir de Dakar

Il est proposé de donner une haute priorité à l'établissement d'une unité de Biogaz à l'Abattoir de Dakar.

Les caractéristiques principales du projet sont:

- La suppression des émissions très polluantes dans la baie.
- Une rentabilité économique raisonnable
- La possibilité de co-traitement avec d'autres types de déchets (poisson, sol) pour améliorer l'économie.
- L'utilisation comme projet de démonstration pour plusieurs grandes villes d'Afrique du Sahel.
- Possibilité de satisfaire le grand besoin en engrais organique dans la région de Dakar et en particulier près de l'abattoir.
- La taille du digesteur sera de 300-500 m³ en fonction de la quantité d'autres déchets ajoutés.

La situation de l'Abattoir et l'aspect économique de l'installation est évaluée plus en détail dans la section 5.5.

7.4 Proposition de Projet de Démonstration: Conserveries de poisson à Ziguinchor

Il est proposé d'étudier les possibilités d'établissement d'une installation de démonstration pour le traitement des déchets de poisson à Ziguinchor. Les caractéristiques du projet sont:

- La quantité de déchets de poissons disponibles est assez importante comparée aux autres régions du Sénégal.
- Des apports additionnels d'autres déchets organiques pourraient être ajoutés en provenance de l'abattoir de Ziguinchor afin de diluer les déchets de poissons ou de produire un engrais plus intéressant.
- La méthode actuelle est le rejet des déchets dans la mer sans étude d'impact.
- Actuellement, aucune méthode alternative n'est disponible à Ziguinchor bien qu'une petite unité de production de farine de poisson est était considérée.

Les conditions du projet sont discutées dans la section 5.4.

7.5 Proposition de projet de démonstration: Rénovation de la station de traitement des eaux de Camberene

Comme il l'a été indiqué dans la section 3.4.2, un digesteur anaérobie est installé à la station de traitement des eaux de Camberene. Pour le moment, ce digesteur fonctionne à 25 % de sa capacité. Il est suggéré de sélectionner une de ces deux options afin d'augmenter l'utilisation du digesteur et d'évaluer les résultats pour une future utilisation de digesteurs anaérobies dans les installations de traitement des eaux.

Option 1

Etendre la capacité totale de l'installation de 100.000 PE (personne équivalent) à 500.000 PE pour un coût approximatif de 16 million US\$.

Option 2

Codigestion des boues avec d'autres déchets organiques industriels. Coût restreint au transport des déchets, rénovation limitée de l'installation et coût approximatif de fonctionnement 50.000 US\$.

Estimation des déchets solides en tonnes/an

INDUSTRIE	DECHETS SOLIDES en tonnes/an		DECHETS LIQUIDES m ³	
	Total	% organique	Total	% organique
NIPPON SEN	64	64	180	180
SOTEXKA	162	162	9072	2760*
SOPICA	1944	1944	15750	15750
BISCUTERIE WEHBE	60	0	144	144
MOULINS SENTENAC	12	12	365	365
LES GRANDS MOULINS	146	146	2920	2920*
SIPOA	*	*		
SISPA	1095	1095	182 500	1820
RUFAC	960	10	0	0
CSS	15 000	15 000	110425000	3000000
COMPLEXE AVICOLE DE M'BAO	26	26	116	116
COTONNIERE DU CAP-VERT	40	40	51100	51100
NESTLE	*624	624	40000	40000
SNCDS	8000*	8000*	100000	100000
SITRAF	400	400	43000	43000
SOTIBA	624	624	30000	30000
SEIB	17300	17300	122520	122520
SIPASEN	0	0	0	0
SODEFITEX	80	80	2500	2500
XAMAL	3	3	100	100
ARMEMENT DAKAR PECHE	100	100	2016	2016

SOTBA

INDUSTRIE	DECHETS SOLIDES	DECHETS LIQUIDES	DECHETS GAZEUX	SOUS-PRODUITS
SEIB	terres décolorantes raffinage, cendre chaudière, rebroyés polyéthylène : décharge commune Diourbel	toutes eaux de lavage usine avec mélange de graisse	Gaz de 4 cheminées	pâtes de neutralisation raffinage
SIPASEN				
CCIS	sacs vides déchirés, camion de poubelle/15 jours			
SEIGNEURIE AFRIC	papier-carton-sac papier, boîte cabossée ->SIAS			
SODEFITEX		2500m3		
COSELECA				
NDAAGOU				
XAMAL	Rognures de papier	15m3 par mois		
SNP	Déchets plastiques			
PROCHIMAT		Eaux usées des blocs sociaux		
ARMEMENT DAK PECHE	Odures déchets poissons			
ICS		200m3/h	Gaz de combustion plus vapeur d'eau	
ICS Darou	Gypse	30M3/h	Vapeur d'eau fluorés Anydride sulfureux (So2)	Gypse- jus flués
Société nouvelle des salins du Sine Saloum				
Sopica	Peaux de sôles, tripes, écailles, carapaces et têtes de crevettes	750m3/mois	Fréon F12 et F22	

INDUSTRIE	DECHETS SOLIDES	DECHETS LIQUIDES	DECHETS GAZEUX	SOUS-PRODUITS
NIPPON SEN	Brisure de craie	Eaux de toilette		
SOTEXKA	Celluloses organiques		Fumées de chaudières	Déchets de coton
SOPICA	Peaux de sôles, Tripes, écailles, Carapaces et têtes de crevettes		Fréon	
SIPAO				
BISCUITERIE WEHBE	Polyéthylène Aggloméré			
SAF	Terre, Sable		Fumée générateur vapeur combustible fuel 180	Glycérinerie
MOULINS SENTENAC	Ealayures			Issues de céréales
SS PHOSPHATES DE THIES			Fumées de combustion	Sous forme de fines
DAKAR-MARINE	Ordure ménagère/ferraille/sable			
SIEMEX	Chutes/ Mal formations			
LES GRANDS MOULINS	Poussières de blé			Son issu des blés
SENAC	Amiante et ciment			
SIPOA	Cartons laize aluminium futs en carton	40 litres environ		
SISPA	Scoris de poisson et crevettes	500m3		
RUFSAC	Papier	Encre		
CSS	Ecumes	110425000m3	Fumées de chaudières	Eagasse
COMPLEXE AVICOLE DE M'BAO	Coquille d'oeufs à couver-poussins morts nés-papier			

INDUSTRIE	DECHETS SOLIDES	DECHETS LIQUIDES	DECHETS GAZEUX	SOUS-PRODUITS
COTONNIERE DU CAP-VERT	Déchets coton		Groupe électrogène 125KVA	
SENELEC	Cendres, sédiments, vanadium, asphaltènes		CO2, SO2, SO3	Boues huileuses (dérivés du mazout)
SAR		1600 m3	H2 et CH4 -> CO2 et H2O	
NESTLE	cartons, fer blanc, papier, toile plastique	Eau de nettoyage : 40 000 m3/an	Fumées de combustion de fuel 1500 dans 2 chaudières	Fût d'huile de beurre, papier d'emballage de lait
SNCDS	8.000 t d'arêtes, viscères, peau et traces sanguines	100 000 m3 d'eau+sang	Gaz de combustion de 2 chaudières	8.000 t de têtes, peau, queues arêtes et parties sanguines
SITRAF	pulpes, écorces et noyaux de fruit	eaux usées riches en nutriments		pulpe de fruit pour confiture et alimentation bétail
SOTIBA	2 camions/semaine d'ordures	300 000 m3/an eaux colorés et résidus de produits chimiques et colorants dans Baie de Hann	Gaz de 7 chaudières de 53 t/h	
SRH	terre activée à Mbeubeuss	200 m3/mois	Gaz d'1 chaudière	300 l/j solvant utilisé comme combustible