



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> 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](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)

20920-F

**BIOGAZ**

**TUNISIE**

**Application de la Technologie du Biogaz pour le traitement des déchets industriels au la Tunisie**



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

**Janvier 1994  
Institut Technologique Danois**

<b>Sommaire</b>	<b>Page</b>
<b>1. Cadre économique et industriel pour le projet en Tunisie</b>	<b>4</b>
<b>2. Cadre institutionnel et législatif de la politique environnementale</b>	<b>5</b>
2.1 Statu quo de la politique environnementale en Tunisie	5
2.2 Cadre législatif et réglementaire pour la politique environnementale en Tunisie	6
2.2.1 Lois et décrets	6
2.2.2 Normes	7
2.2.3 Initiatives économiques et mesure du marché	7
2.3 Cadre institutionnel de la politique environnementale en Tunisie	8
2.3.1 Situation	8
2.3.2 Le Ministère de l'Environnement et ses Institutions	8
2.3.3 Le Ministère de l'Agriculture	10
2.3.4 Le Ministère de l'Economie Nationale (MEN) et ses Institutions	10
2.3.5 SERS	11
2.3.6 Institutions au niveau local	11
2.3.7 Laboratoires de recherche et support technique	12
<b>3. Les Priorités de la Politique Environnementale</b>	<b>13</b>
3.1 Priorités clés et pollution	13
3.2 Programmes environnementaux	14
3.3 Le traitement des déchets liquides en Tunisie	14
3.4 Le traitement des déchets solides en Tunisie	15
<b>4. La Politique de l'Energie en Tunisie</b>	<b>17</b>
4.1 La situation et la politique pour l'énergie	17
4.2 Les prix de l'énergie	18
4.3 La politique pour la co-génération	18
4.4 Promotion des économies d'énergie	19
4.5 Promotion des énergies renouvelables	19
<b>5. Infrastructure pour la gestion des projets de Biogaz</b>	<b>21</b>
5.1 Statu quo des projets de Biogaz en Tunisie	21
5.1.1 Le Biogaz pour l'énergie	21

5.1.2	Le Biogaz pour le traitement des déchets agro-alimentaires	21
5.1.3	Le Biogaz pour le traitement des ordures ménagères	22
5.1.4	Le Biogaz pour le traitement des eaux usées	22
5.2	Les laboratoires impliqués dans la recherche sur le Biogaz	23
<b>6.</b>	<b>Le marché pour la technologie du Biogaz en Tunisie</b>	<b>25</b>
6.1	Critères de sélection des projets de Biogaz	25
6.2	Estimation des quantités de matière organique présentes en Tunisie	26
6.3	Identification des industries prioritaires pour l'installation de systèmes de Biogaz	26
6.3.1	Les usines de sucre et les distilleries	26
6.3.2	Les conserveries de poisson	27
6.3.3	Les Abattoirs	27
6.3.4	L'industrie laitière	27
6.3.5	Les conserveries de fruits et légumes	28
6.3.6	La production d'huile d'olive - le traitement des margines	28
6.3.7	Les fientes de volailles	29
6.3.8	Le traitement des ordures ménagères solides	30
6.3.9	Le traitement des eaux usées municipales et domestiques	30
<b>7.</b>	<b>Proposition de Projet</b>	<b>33</b>
7.1	Rappel: Le marché pour le développement du Biogaz en Tunisie	33
7.2	Justification du projet	34
7.3	Les projets de démonstration	34
7.3.1	Les Margines et les fientes de volailles	35
7.3.2	Les eaux usées des usines de sucre et des distilleries	37
7.4	Recherche et développement - Transfert technologique	41
7.5	Développement d'une stratégie d'utilisation du Biogaz pour le traitement des déchets	41
7.6	Cadre institutionnel du Projet	42
7.7	Possibilités de co-financement national	43
	<b>Tableau 2</b>	<b>44</b>
	<b>Table 3</b>	<b>45</b>
	<b>Personnes Contactées</b>	<b>46</b>

## **1. CADRE ÉCONOMIQUE ET INDUSTRIEL POUR LE PROJET EN TUNISIE**

La Tunisie a une population de 8 millions d'habitants et une superficie de 164.000km<sup>2</sup> dont les deux tiers sont composés de terres arides et semi-arides. Une grande partie des terres agricoles nécessite de l'irrigation; l'eau est rare et souvent fournie par des barrages et des réservoirs.

En 1992 le produit intérieur brut était de 1050 US\$ par habitant (1.00 TD = 1.03 US\$). L'agriculture emploie un quart de la population active et représente environ 20 % du produit intérieur brut. La structure industrielle est dominée par l'industrie primaire et représente environ 30 % du PIB. Les industries de transformation sont basées sur le traitement de matières premières locales. Les principales activités industrielles sont les mines, l'industrie de traitement des phosphates, la sidérurgie, les industries pétrolière, textile et agro-alimentaire. Cette dernière comprend les usines de sucre et d'huile d'olive, et les conserveries de poissons et de fruits et légumes. Les principales exportations sont le pétrole brut, l'huile d'olive, les fruits et légumes, le poisson, le textile et l'habillement, et le cuir. En plus de l'industrie des engrais, l'industrie lourde se compose d'une raffinerie de pétrole, d'usines de ciment, d'un complexe sidérurgique, et d'industries chimiques.

L'économie tunisienne est en voie de restructuration. Le principal problème réside dans la faible compétition dans les industries de transformation. L'Etat possède une grande partie de l'industrie y compris les plus grandes industries agro-alimentaires; le secteur privé dessert le marché local et est protégé par de solides barrières financières. L'Etat désire améliorer la compétitivité et les orientations à l'exportation industrielle en supprimant la protection et l'intervention directe de l'Etat. le Gouvernement a libéré les prix, baissé les tarifs et débuté un large programme de privatisations. Le Dinar est devenu librement convertible pour le commerce et l'industrie début 1993. Un nouveau code des investissements, à être adopté en 1994, va généraliser les conditions pour les collaborations industrielles et les investissements.

## **2. LE CADRE INSTITUTIONNEL ET LÉGISLATIF DE LA POLITIQUE ENVIRONNEMENTALE**

### **2.1 Statu Quo de la politique environnementale en Tunisie**

Les préoccupations environnementales ont pris une place importante dans l'agenda politique en Tunisie:

- \* Les réformes environnementales sont activement promues par le Gouvernement. Le Président est l'ancien Ministre de l'Intérieur qui était en charge de l'environnement; le VIIIème plan de Développement Economique et Social 1992-96 souligne l'importance d'aligner la croissance économique avec les objectifs environnementaux. Des organisations non gouvernementales puissantes sont dans le domaine de l'environnement et les médias assurent une bonne couverture des questions environnementales.
- \* Le Gouvernement a participé activement à la préparation de la conférence de Rio et a signé les accords internationaux dont le Protocole de Montréal.
- \* Une structure efficace a été créée pour la formulation de la politique environnementale (MEAT) et sa gestion (ANPE).
- \* Des normes environnementales strictes ont été adoptées pour le rejet de polluants et un système d'amendes a été mis en place.
- \* Un fond a été créé en 1993-94 pour co-financer les projets environnementaux avec des faibles taux d'intérêts; le code des investissements donne des stimulations financières et économiques pour les investissements pour l'environnement.
- \* Des études d'impacts environnementaux, des stratégies et des projets pilotes en Tunisie ont été financés par des sponsors internationaux comme la Banque Mondiale, le PNUD et la CEE, et par des donateurs bilatéraux comme la France, l'Allemagne, la Suède et les Etats Unis.

La stratégie nationale et les priorités politiques sont décrites dans le "Rapport National sur l'Environnement et le Développement Durable" publié par le MEAT en janvier 1993.

Alors que les principes institutionnels et législatifs de la politique environnementale sont définie de manière cohérente, l'application pratique de cette politique n'en est encore qu'à ses balbutiements. Il y a des exemples d'industries ayant été fermées pour raisons environnementales, mais dans l'ensemble le renforcement des normes est toujours en retard sur les principes. Jusqu'à présent peu d'investissements ont été effectués par l'industrie pour des améliorations environnementales et il n'existe toujours que peu d'informations disponibles sur les niveaux de pollution et leurs impacts en Tunisie.

## **2.2 Le cadre législatif et réglementaire de la politique environnementale en Tunisie**

### **2.2.1 Lois et Décrets**

La Tunisie n'a pas de loi environnementale (Code de l'Environnement) qui régie l'environnement de façon cohérente et intégrée. Une telle loi globale pour l'environnement est en préparation. Pendant ce temps, les bases légales d'action se trouvent dans une série de loi et de traités. Trois principaux domaines sont couverts par la législation primaire:

- \* La protection de l'environnement naturel: terres, subsurface, eaux continentales, environnement maritime, air, faune (en particulier par le Code Forestier 1966/88, le Code des eaux 1975, La loi de Protection des Terres Agricoles 1983)
- \* La protection du patrimoine de l'Humanité: constructions, monuments archéologiques, parcs nationaux (en particulier par le code de l'Urbanisme)
- \* La lutte contre la Pollution: déchets, établissements dangereux, substances chimiques et dangereuses, bruit, odeurs

Au niveau du cadre législatif secondaire, il existe quelques nuances de discrétion des pouvoirs publics pour l'application des règles environnementales et le verbe "pouvoir" est souvent utilisé dans les textes administratifs et législatifs au lieu de "devoir" et d'autres verbes d'obligation [La discrétion et la flexibilité dans l'application des textes administratifs est nécessaire pour assurer une meilleure balance entre les impératifs du développement économique et les préoccupations environnementales; mais, si cela est généralisé et surimposé aux restrictions financières et en personnel, l'application des mesures risque d'être difficile]. L'intervention des autorités contre la violation des règles est lente et modérée,

cependant l'application des lois environnementales s'est renforcée durant les deux dernières années.

### **2.2.2 Normes**

Des standards pour l'émission et la charge des effluents ont été élaborés par le Gouvernement Tunisien en adaptant les normes en vigueur dans différents pays européens aux conditions de la Tunisie. Les standards actuels sont assez sévères et correspondent aux plus strictes présents en Europe. Les normes pour les émissions et les effluents pour l'eau sont claires [Les standards de pollution sont fixés sur la base du point source et ne tiennent pas compte du volume total des émissions] et bien appliquées; alors que celles pour l'air et les déchets solides nécessitent d'être améliorées. Il n'existe pas de technologies basées sur les standards pour les secteurs industriels polluants.

### **2.2.3 Initiatives économiques et mesures du marché**

La Tunisie est l'un des seuls pays en voie de développement qui a débuté un système fiscal et des initiatives financières pour stimuler les industries à investir dans le contrôle de la pollution.

Le "pollueur-payeur" et le principe de "l'internationalisation des coûts écologiques" sont bien reconnus et représentent un outil guide pour la politique de tarification et de taxation. Ils sont appliqués entre autre à la tarification de l'eau dont le prix varie en fonction de la quantité consommée par un usage industriel.

Pour concilier le surcoût à l'industrie nationale de l'application des normes environnementales, le Gouvernement a créé un Fond de Pollution pour assister l'industrie et l'inciter à adopter des mesures pour rester dans les limites fixées par les standards. De plus les initiatives prennent la forme de:

- \* Exemption de taxes d'importation et tarifs préférentiels sur les matières premières, équipements, et produits importés nécessaires pour réduire et combattre les émissions polluantes
- \* Exemption de taxes sur les matériaux, équipements et produits nécessaires à l'adoption des méthodes de contrôle de la pollution
- \* Financement préférentiel par la Banque Centrale de Tunisie des investissements qui encouragent l'utilisation de méthodes de production propres.

## **2.3 Cadre institutionnel de la politique environnementale en Tunisie**

### **2.3.1 Situation**

L'adoption de cibles importantes pour la politique environnementale a été complétée durant les cinq dernières années par une réorganisation substantielle du cadre institutionnel pour la définition de la politique, son implantation et sa gestion. Des réformes institutionnelles ont été conduites avec deux orientations - d'améliorer la coordination des initiatives et de promouvoir le consensus construit autour de la politique environnementale. L'achèvement au niveau en terme de balance entre les structures sectorielles, horizontales, centralisée et régionales est très positif. Mais leur efficacité dépendra de l'attitude des opérateurs à la base et des ressources humaines et financières disponibles.

### **2.3.2 Le Ministère de l'environnement et ses Institutions**

Le Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire (MEAT) est l'institution centrale des préoccupations environnementales depuis sa création en 1991. Le MEAT est en charge de la définition des stratégies nationales et de la politique dans le domaine de l'environnement et ses responsables traitent directement avec les "cellules d'environnement" des autres Ministères. Une partie du personnel de ces dernières a été transféré au MEAT lors de sa création [A l'origine, la politique pour l'environnement était divisée entre les différents secteurs industriels qui possédaient de petits départements environnementaux pour traiter des problèmes concernant leur champ d'application. La création de l'ANPE en 1986 représente la première tentative institutionnelle pour améliorer la coordination des actions environnementales]. Le MEAT est particulièrement responsable de:

- \* L'implantation des mesures institutionnelles et législatives pour la protection de l'environnement
- \* L'intégration des questions environnementales dans les plans nationaux de développement économiques et sociaux
- \* La définition des plans nationaux d'action en cas d'accidents majeurs de pollution
- \* La coordination des actions

Le MEAT emploie 40 personnes dans 6 "directions":

- \* Environnement industriel
- \* Conservation de la Nature et du Milieu Rural
- \* Environnement urbain
- \* Aménagement du territoire
- \* Législation et affaires juridiques
- \* Affaires administratives et Financières

La création du MEAT n'a pas été suffisante pour casser l'approche sectorielle de la politique environnementale. C'est pourquoi, le Gouvernement, fin 1993, a décidé de créer la "Commission Nationale pour le Développement durable" comme institution clé pour promouvoir le consensus national administratif et politique autour de la politique environnementale. La commission est dirigée par le Premier Ministre et composée de 11 Ministres, 2 Membres du Parlement et d'un représentant de chaque secteur économique majeur (ouvriers, agriculteurs, employeurs) et de deux organisations non gouvernementales. La Commission va apporter les lignes politiques générales pour la définition des stratégies environnementales et publier un rapport annuel de ses activités au Premier Ministre. Elle est assistée dans son travail par un Comité Technique qui à son tour peut créer des sous-comités pour des tâches spécialisées. Le MEAT est le secrétariat permanent de comité technique.

Pour l'application de sa politique, le MEAT a deux agences sous sa juridiction: "l'ANPE" créée en 1986 et "l'ONAS" créée en 1974.

L'Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE) est responsable de l'implantation des initiatives de la politique environnementale, la gestion de la conformité aux standards, et l'initiation de mesures coercitives envers les violations [Avant la création du MEAT cel relevait du Ministère de l'Intérieur]. L'ANPE emploie 50 personnes et est composée de plusieurs départements dont le "Département des Etudes et des grands Projets", le "Département de Sensibilisation, d'Information et de Communication" et le "Département d'Interventions de Dépollution".

Selon la loi, les entrepreneurs de projets majeurs concernant l'industrie, le tourisme, l'agriculture, et le commerce doivent présenter des études d'impact environnemental à l'ANPE pour leur évaluation. L'ANPE accorde des licences aux consultants pour ces études et dans la rédaction des Termes de Référence pour ces études. L'ANPE gère la conformité aux standards des émissions polluantes et adresse des amendes de 10.000 à 50.000 TD en cas de violation. Elle conclue des contrats avec les pollueurs afin de réduire les émissions et ordonne la fermeture des industries qui ne peuvent pas se plier aux standards.

L'Office National de l'Assainissement de l'Eau (l'ONAS) est responsable de l'implantation des projets concernant l'eau en Tunisie. Bien que les municipalités soient responsables de l'infrastructure pour les eaux et leur collecte dans leurs régions, la création de l'ONAS est due à la faible expertise technique disponible dans les municipalités pour la préparation et la gestion du système des eaux. L'ONAS emploie 25000 personnes et bénéficie d'une bonne réputation pour sa qualification technique et son expérience de la direction de projets.

### **2.3.3 Le Ministère de l'Agriculture**

La protection des ressources naturelles étant la première préoccupation environnementale, le Ministère de l'Agriculture joue un rôle important par l'amélioration des pratiques agricoles et les méthodes de conservation des sols.

### **2.3.4 Le Ministère de l'Economie nationale et ses Institutions**

Le MEN est chargé de définir et d'implanter la politique de développement économique relative aux secteurs de l'industrie, du commerce, de l'énergie et des mines. Le MEN est composé de différents départements dont les principaux sont:

- \* La Direction Générale de l'Industrie qui gère les activités relatives au secteur industriel dans toute leur diversité
- \* La Direction Générale de l'Energie qui s'occupe de l'exploration pétrolière et de la production de pétrole, de l'électricité, du gaz naturel, et de la rationalisation de l'utilisation de l'énergie
- \* La Direction Générale des Mines qui concerne les activités d'extraction et des mines

"L'Institut National des Normes et de la propriété Intellectuelle" (INNORPI) traite de toutes les actions concernant les normes, l'assurance de qualité et la protection des droits de propriété intellectuelle. En particulier, il aide les institutions et les entreprises dans l'élaboration technique des normes et la vérification des dossiers de standards proposés au Ministère de l'Economie pour adoption.

### **2.3.5 SERS**

Le Secrétariat d'Etat de la Recherche et du Développement Technologique (SERS), a été créé en 1991 comme institution de coordination des projets de Recherche et Développement en Tunisie. Il dépend du Bureau du Premier Ministre et répartit le budget national de recherche et développement entre les différents ministères en fonction des projets proposés.

Les projets de recherche et développement sélectionnés sont généralement soumis pour.

### **2.3.6 Les Institutions locales**

Au niveau de l'administration locale, on trouve environ une vingtaine de "Gouvernerats" divisés en 246 "Municipalités". Le MEAT est supposé proposer un "Programme Régional Environnement pour le Développement" (PRED) pour chaque Gouvernerat et un "Programme Environnement Communal" (PEM) pour les Municipalités. Le PRED est géré par un "Comité Régional" nommé par le "Conseil Régional" et présidé par le Gouverneur lors des réunions. La Loi Organique des Communes (1975/85) confère au Président du Conseil Municipal la charge de la protection de l'environnement municipal. Chaque Municipalité est supposée posséder une unité technique pour la protection de l'environnement comprenant du personnel administratif et technique expert dans les différents domaines techniques concernés. Les municipalités gèrent la conformité des industries locales avec les normes d'émission [L'INNORPI et l'ANPE sont responsables de l'adéquation aux normes. Ceci est réalisé par des inspections systématiques et aléatoires réalisées par des agents de l'ANPE principalement pour les émissions d'eaux usées et de déchets solides. Mais les contrôles sont normalement effectués à la demande de la municipalité dont la juridiction englobe les industries suspectées d'excéder les normes.]

Les principales municipalités, comme celle de Tunis, ont du personnel bien qualifié pour cette tâche, mais dans les petites municipalités le personnel et les ressources financières sont insuffisantes. Les questions environnementales sont traitées, par exemple dans la municipalité de Tunis, par la Direction Hygiène et de la Protection de l'Environnement et par la Direction de la Propreté. Cette dernière, avec 3000 employés, s'occupe de la collecte des déchets. La Sous Direction de l'Environnement est composée de trois unités combattant la pollution par le bruit (unité physique), la pollution de l'air (unité chimique) et les insectes (unité biologique). La Sous Direction Hygiène est responsable des contrôles alimentaires sur les marchés locaux.

Le Ministère de l'Agriculture gère ses activités pour l'environnement par l'intermédiaire du Commissariat Régional pour le Développement Agricole, supervisé par le Ministère de l'Environnement.

### **2.3.7 Laboratoires de Recherche et Support Technique**

On trouve de nombreux laboratoires bien équipés en Tunisie. Ils offrent des capacités suffisantes pour l'échantillonnage et les mesures analytiques pour l'évaluation des propriétés physiques et chimiques de l'eau et des déchets solides.

### 3. LES PRIORITÉS DE LA POLITIQUE ENVIRONNEMENTALE

#### 3.1 Priorités Clés et Pollution

La gestion des ressources naturelles (sol et eau) est la première priorité de la politique officielle environnementale en Tunisie. La deuxième priorité est d'assurer que la pollution n'excède pas les niveaux fixés par les normes. La troisième priorité est l'amélioration de la qualité de vie en zone rurale et urbaine.

Selon le Rapport National sur l'Environnement et le Développement Durable, les secteurs industriels les plus polluants sont:

- \* Les industries chimiques, en particulier les producteurs de phosphates
- \* Les tanneries qui rejettent dans la mer, environ 900.00 m<sup>3</sup> d'eaux usées contenant du chrome, des sulphures et du cyanure
- \* L'industrie agro-alimentaire, en particulier la production de l'huile d'olive, qui conduit à la production annuelle de 275.000 tonnes de margines et les élevages de poulet qui fournissent 500.000 tonnes de fumier de poulet par an
- \* Les fabriques de ciment qui créent des problèmes de poussière
- \* Le secteur minier de Gafsa qui apporte également de la poussière et des déchets riches en métaux lourds
- \* Les petites industries qui rejettent des eaux non traitées dans les lacs et les rivières
- \* Les 4 tonnes de mercure annuelles de la production de papier à Kasserine, les 9 tonnes l'journalières de poussières contenant des ferroxides produites par les aciéries de Fouledh et la pollution par les 30.000 tonnes de détergeants consommés annuellement.

Au niveau des autorités communales, les premières préoccupations environnementales concernent le rejet des déchets solides et des eaux usées.

Parmi les déchets agro-alimentaires, les margines de la production d'huile

d'olive et les eaux usées des conserveries de fruits et légumes sont des problèmes particuliers. Durant la campagne annuelle, les déchets organiques des margines représentent l'équivalent des ordures ménagères de 4 million de personnes; tandis que l'industries des conserves de fruits et légumes produit annuellement 20 million de m<sup>3</sup> d'eaux usées riches en matière organique.

### **3.2 Les Programmes Environnementaux**

La Tunisie a organisée ses actions environnementales autour de trois projets:

- \* Le "Yellow Hand Project" (projet jaune) qui a pour but de combattre la désertification dans les zones à haut risque. Le projet consiste en un ensemble de mesures préventives qui comprennent l'irrigation stratégique des territoires agricoles, la construction de canaux sur de longues distances pour assurer une distribution large et efficace des ressources en eau, le développement de l'énergie solaire pour le pompage de l'eau et la mise en place de la reforestation.
- \* Le "Green Hand Project" (projet vert) qui a pour but de préserver la biodiversité
- \* Le "Blue Hand Project" (projet bleu) qui a pour mission de concilier la croissance économique et les objectifs environnementaux (tourisme et industrie)

De plus, on trouve un programme spécifique pour les déchets solides, Le "Programme National de la Gestion des Déchets Solides" (PRONAGDES), le programme de Traitement de l'eau "Programme de l'Assainissement" dirigé par l'ONAS avec un budget annuel de 50 million de DT, le "Programme de Sensibilisation" et le "Programme d'Education Environnementale" dirigés par le Ministère de l'Education.

### **3.3 Le traitement des déchets liquides en Tunisie**

Le traitement des eaux urbaines a été et continu d'être une des priorités les plus importantes de la politique environnementale en Tunisie. Actuellement 75 % des eaux usées des villes sont traitées et 25 % du total des eaux usées est traité et réutilisé en agriculture.

Le "Code des Eaux" (1975) impose le cadre légal général pour le traitement des eaux usées urbaines et individuelles (plus précisément défini par le décret de

1985 et par les normes de rejet dans l'environnement).

Depuis la création de l'ONAS en 1975 et sa prise en charge du traitement des eaux usées, la Tunisie a entrepris de grands efforts pour la réduction de l'apport de déchets liquides.

### **3.4 Le traitement des déchets solides en Tunisie**

Contrairement à la situation pour le traitement des eaux, les institutions responsables du traitement des déchets solides n'ont pas été centralisés en un organisme comme l'ONAS. Les Municipalités s'occupent de la collecte des déchets solides.

Les déchets solides sont généralement rejetés sans traitement en Tunisie. Afin d'améliorer cette situation, le Gouvernement a adopté en 1993 un programme pour le traitement des déchets solides, le "Programme National de Gestion des Déchets Solides" (PRONAGDES) qui recouvre les trois secteurs des ordures ménagères, des déchets industriels et des déchets spéciaux (hôpitaux, abattoirs, déchets des poulets, batteries). Les quantités annuelles de ces déchets sont rapportées dans le tableau 1.

Les ordures ménagères sont caractérisées par une haute humidité relative qui les rend relativement coûteuses pour l'incinération. De plus, le sol tunisien est pauvre en matière organique et le compost est recherché.

C'est pourquoi aucune centrale d'incinération n'a été construite en Tunisie. La fabrication partielle de compost à partir des ordures ménagères est réalisée dans une unité pilote dans l'une des deux décharges de Tunis. Le compost est vendu par la municipalité à un prix arbitraire fixé à 20 TD la tonne à la STEC qui le commercialise pour 140 TD la tonne après traitement spécial.

Le Gouvernement veut installer 23 décharges contrôlées. Le coût par tonne des déchets solides traités est de 4 DT pour une décharge contrôlée et 25 DT pour un traitement dans une installation de Biogaz. Cependant le Ministère de l'Environnement veut inclure l'option de production de Biogaz à partir des ordures ménagères dans les trois prochains projets de décharges sanitaires à Sousse, Hammamet et Raoued. Ces villes sont situées en zone touristique et l'intention est de traiter les ordures ménagères et les déchets des marchés avec les boues du traitement des eaux par l'ONAS. En raison de l'augmentation de

coût due à l'inclusion de l'option Biogaz, ces projets ne seront pas dirigés par les municipalités mais directement par le MEAT. Ces projets sont toujours dans leur étape de pré faisabilité et le financement est toujours recherché pour leur implantation.

Tabel I: Volume of Solid Waste in Tunisia

	per year	
Household waste	1,200,000	tons
Chicken farm waste		500,000
tons		
Mining waste:		
- Gafsa	10,000,000	m <sup>3</sup>
- Sfax	1,000,000	m <sup>3</sup>
- Gabés	3,250,000	m <sup>3</sup>
Hospital waste	2,000	tons
Batteries		300,000
units		
Tires	25,000	tons
Industrial organic waste		?

Tabel II Composition of Unsorted Household Waste in Tunis

Annual Average in weight %

vegetable matter	62.5	
paper	6.2	
glass	0.3	
metals		1.2
textile and plastic	1.8	
rubber		0.3
bones	0.3	
inert matter	27.3	

Une première initiative pour créer un traitement collectif des déchets industriels a eut lieu à Ben Arous, où 900 entreprises industrielles se sont rattachées à la station de SOD Méliane pour le traitement sélectif des eaux usées en fonction de leur BOD, COD et de leur teneur en métaux lourds et substances dangereuses.

## **4. LA POLITIQUE ENERGÉTIQUE EN TUNISIE**

### **4.1 Situation et politique énergétique**

La question de la fourniture en énergie et la consommation énergétique ont depuis longtemps attiré l'attention politique. Durant les années quatre-vingt la demande primaire en énergie a augmenté annuellement de 5 % avec une demande passant de 3 millions de tonne équivalent en 1981 à 5 millions de tonnes équivalent en 1991. La demande finale en énergie commerciale s'élevait en 1990 à 3.5 millions de tonnes équivalent, dont 77 % était couvert par les produits pétroliers, 11 % par le gaz naturel, 11 % par l'électricité et 1 % par le charbon. L'industrie, avec 42 % de la demande finale en énergie, est le plus important consommateur, les transports comptent pour 32 %, les besoins domestiques pour 13 %, le secteur public pour 8 % et l'agriculture pour 5 %. En 1991, le taux d'électrification était de 81 %, dont 100 % en ville et 47 % dans les zones rurales.

En face de la production nationale stagnante, l'importance relative du secteur des hydrocarbures dans l'économie a chuté durant la décennie. La production de pétrole brut était de 5,1 millions de tonnes équivalent et le gaz naturel associé de 2 millions de tonnes équivalent en 1991. Cela représentait 8 % du produit intérieur brut et 6 % des exportations [En plus de sa propre production de gaz, la Tunisie recoit sa fourniture en gaz sous forme de royalties payés par l'Algérie pour le transport de son gaz naturel sur le territoire].

A moins que de nouveaux gisements ne soient découverts, la Tunisie deviendra un importateur d'énergie à partir de 1997.

A la lumière de cela, la rationalisation de l'utilisation de l'énergie, la promotion des économies d'énergies et l'utilisation des énergies renouvelables - sont devenus des objectifs importants de la politique énergétique nationale. Ces objectifs ont été institutionnalisés par la création de l'Agence pour la Maîtrise de l'énergie en 1986 et l'adoption en 1990 de la loi relative à la Maîtrise de l'énergie.

Cette loi confirme le status de l'AME comme agence clé responsable de la promotion de la rationalisation de l'utilisation de l'énergie au moyen de, entre autre, (i) des études de demande énergétique, (ii) la définition de projets d'économies d'énergies applicables financièrement, (iii) la gestion des préoccupations énergétiques pour les industries consommant intensesment

l'énergie, (iv) l'évaluation de l'aspect de nouveaux projets d'énergie intensive, (v) l'aide scientifique et technique au développement des technologies d'économies d'énergie, et (vi) la réalisation de projets de démonstration concernat les économies d'énergie et les énergies renouvelables.

## **4.2 Le prix de l'énergie**

Depuis le début des années 1980, la Tunisie a lentement ramené ses prix internes pour l'énergie au niveau international. En moyenne, la taxation a amené les prix pour le consommateur au delà des coûts, bien que le kérosène reste subventionné pour des raisons sociales. En raison de la taxation du pétrole pour la consommation industrielle et domestique, les consommateurs qui investissent dans les technologies d'économie d'énergie, par exemple les installations de Biogaz, peuvent faire des économies supérieures à celles de la société (si l'impact environnemental, par exemple le CO<sub>2</sub>, n'est pas inclus dans les calculs). En Janvier 1994 les prix étaient:

- \* Les tarifs électriques reflètent les différences de coût de fourniture et incluent des tarifs de jour et de nuit différenciés. Les consommateurs de haute tension paient 34 mill/kWh au tarif de jour, 74 mill/kWh aux heures de pointe et 26 mill/kWh au tarif de nuit (UScents 33, 72 et 25). Les consommateurs de moyenne tension payent 56 mill/kWh et la consommation domestique coûte 56 mill/kWh pour les 50 premiers kWh et 76 mill pour l'excédent.
- \* Le gas-oil coûte 310 TD/m<sup>3</sup> (UScents 30 par litre)
- \* Le fuel lourd coûte 106 DT/tonne (US\$ 100)
- \* Le LPG coûte 292 TD/tonne (US\$ 285)

## **4.3 La politique pour la cogénération**

L'Etat possède la compagnie nationale électrique STEG qui a le monopole de la transmission et la distribution de l'électricité. Quelques compagnies cogènèrent la vapeur et l'électricité pour leur propre demande énergétique. D'autres firmes, dont l'industrie textile vendent les surplus de la production électrique à STEG qui recueille 18 % de sa puissance de cette façon.

STEG est supposé baser ses tarifs pour l'énergie achetée sur le principe du coût évité, c'est à dire des coûts marginaux.

#### **4.4 Promotion des économies d'énergie**

Les actions clés de la promotion des économies d'énergie, définies par la loi de 1990, incluent la vérification obligatoire des consommateurs majeurs d'énergie. Les vérifications sont réalisées par des firmes de consultants en ingénierie agréés par l'AME. Basé sur les résultats de ces vérifications, les compagnies signent un contrat avec l'AME pour un programme d'économies d'énergies (contrat-programme). Après une période de deux ans, une vérification suivante est effectuée pour vérifier l'efficacité énergétique de la firme. Afin d'assister les industries dans leur mise en place des économies d'énergie, l'AME peut fournir un support financier pour couvrir une partie des coûts. De plus, l'AME entretient une banque de données concernant les technologies d'économies d'énergie utilisable par les entreprises et les firmes de consulting.

#### **4.5 Promotion des énergies renouvelables**

L'ETAP a été la première compagnie ayant la charge du développement des énergies renouvelables, en particulier du Biogaz.

L'AME a testé différentes technologies d'énergies renouvelables et leurs applications au marché national, par exemple, les systèmes photovoltaïques (PV) pour l'électrification des communautés rurales isolées, les chauffe-eau solaires, les moulins à vent pour le pompage de l'eau et la production d'électricité, des fourneaux à bois améliorés, et des systèmes de Biogaz pour couvrir la demande énergétique domestique de petites fermes qui possèdent au moins 5 vaches.

L'Institut National de la Recherche Scientifique et Technologique (INRST) a été l'institution clé pour le développement technologique local des énergies renouvelables.

Basé sur ces expériences, les priorités futures de l'AME sont dans l'ordre:

- \* Les systèmes PV pour l'électrification des zones rurales et des institutions non connectées au réseau public (environ 10.000 unités PV doivent être installées durant le 8ème plan).

- \* Les systèmes de chauffage solaire (L'Etat va faire un effort pour installer ces systèmes dans les batiments publics)
- \* Le Biogaz en zone rurale
- \* Les fourneaux à bois améliorés

La création du Fond National d'Aide au Développement des Energies Renouvelables a été discuté pour plus d'un an. Le fond, dont le financement serait assuré par une taxation des produits pétroliers de 0,001 DT/litre, aurait environ 4 million DT par an à sa disposition. Mais d'ici là, les sponsors restent la principale source de financement des énergies renouvelables.

## **5. INFRASTRUCTURE DE LA GESTION DES PROJETS DE BIOGAZ**

### **5.1 Statu quo pour les projets Biogaz en Tunisie**

La Tunisie a expérimenté, depuis 1980, des systèmes de Biogaz dans un large éventail de secteurs et d'applications. Ainsi, de nombreuses institutions tunisiennes possèdent de l'expérience du Biogaz pour les applications possibles en Tunisie au niveau recherche, projets pilotes et démonstration.

#### **5.1.1 Biogaz pour l'énergie**

La première installation pilote de Biogaz a été installée en 1982. Les activités Biogaz ont reçu un nouvel apport grâce au programme GTZ "Programme spécial de l'énergie" qui a débuté en 1987. Depuis lors, quelque 50 digesteurs de Biogaz ont été implantés dans des fermes en Tunisie. Le principal objectif de ces activités de Biogaz était d'éviter la déforestation en remplaçant la consommation de bois et de réduire la consommation de LPG et de kérosène.

Le coût d'un biodigesteur de 10 m<sup>3</sup> est d'environ 400 DT si le bénéficiaire fournit la main d'oeuvre gratuitement. Les digesteurs sont capables de produire environ 300 m<sup>3</sup> par an. Un mètre cube de Biogaz a le potentiel de cuisson de 2,7 kg de bois et c'est une solution viable quand les déchets de 6 à 10 vaches sont traités.

Le programme de Biogaz AME/GTZ a montré que de petits digesteurs simples de Biogaz peuvent fonctionner en Tunisie. Mais, jusqu'à présent, le programme pour la promotion du Biogaz en zone rurale n'a pas inclus de biotechnologistes locaux dans leurs efforts de recherche et développement (ce qui se passe dans le digesteur est une boîte noire pour les ingénieurs impliqués). De même, il n'a pas été capable d'établir de structure qui puisse donner les conseils techniques et suivre les désirs des fermiers, voulant investir dans les digesteurs de biogaz, qui vivent hors des zones où les unités de démonstration ont été installées.

#### **5.1.2 Le Biogaz pour le traitement des déchets agro-alimentaires**

Les efforts dans ce domaine ont été concentrés sur deux sources majeures de pollution organique - les fientes de volaille et les déchets liquides de la

production d'huile d'olive (margines).

En 1986, l'ETAP (Entreprise Tunisienne des Activités Pétrolières) a réalisé un projet de "Valorisation des fientes de volaille de la SOCELTA pour la production de méthane [Jusqu'à la création de l'AME, l'ETAP était l'agence de développement et de promotion des énergies renouvelables]. Dans ce projet, une tentative de réalisation d'un réacteur de Biogaz à échelle industrielle était proposée afin de traiter les fientes de volaille de l'élevage de poulets SOCELTA à Tabarka. La technologie a été testé à échelle pilote aux laboratoires de l'INAT et de l'ENIT. L'installation n'a jamais fonctionné correctement et le projet fut abandonné.

En 1993, les activités furent reprises. Une société de production d'oeufs près de Sfax a construit un digesteur pilote de 1 m<sup>3</sup> et a effectué des expériences de traitement des fientes en collaboration avec le Centre de Biotechnologies de Sfax (CBS). Le réacteur n'a été en fonction que de façon intermittente et n'est pas couramment en fonction. Les expériences se sont concentrées sur l'optimisation du rapport carbone/azote pour la meilleure production de Biogaz et le meilleur traitement des déchets. Normalement les fientes sont vendues comme engrais hautement azoté et la demande est importante. La digestion anaérobie des déchets ne diminue pas la proportion relative en azote de l'engrais, comme le fait le compostage, mais en fait assure que l'azote est le plus assimilable par les racines et le moins dangereux pour la pollution de l'eau.

Les margines sont des déchets difficiles. Elles ont une très forte proportion organique et il est donc difficile de les traiter autrement que par des méthodes anaérobies. Cependant la teneur en polyphénols inhibe la digestion anaérobie quand les déchets sont traités seuls. le Laboratoire de Sfax a effectué des recherches à ce sujet (voir paragraphe 5.4) et le programme GTZ Sonderenergie en Tunisie a publié un appel d'offre international pour la réalisation d'installations pilotes pour le traitement des margines.

### **5.1.3 Le Biogaz pour le traitement des ordures ménagères**

Dans le cadre du programme de recherche national (INRST) sur l'utilisation des ordures ménagères solides (HSW), une unité pilote de compostage, pouvant traiter 5 tonnes de déchets par heure, et un digesteur anaérobie pilote de 5,6 m<sup>3</sup> ont été construits. L'installation de compostage peut traiter jusqu'à 40 tonnes par jour et vendre le compost pour 20 TD/tonne à une compagnie qui effectue des

apports, le conditionnement et la revente 15 fois plus cher. Cependant, le digesteur n'a jamais été mis en opération. C'est un système avec agitation totale - le brassage étant réalisé par une pompe de recirculation- ,équipé d'un réservoir de pré-mélange des déchets et d'un container à gaz. Le taille du réacteur le rend très utilisable pour différents types d'études et les plans originaux permettent la dilution des HSW, après tri et macération à l'unité de compostage, avec des eaux usées industrielles. C'est un bon exemple de co-digestion. Cependant, le réacteur n'a jamais été mis en fonctionnement et l'INRST a prévu de reprendre les recherches sur ce site.

#### **5.1.4 Le Biogaz pour le traitement des eaux usées**

Le centre de traitement des eaux usées de Tunis avec 100.000 m<sup>3</sup>/jour ainsi que des stations d'épuration d'autres grandes villes possèdent des digesteurs anaérobies pour la stabilisation des boues. Les représentants de l'ONAS ont montré que les réacteurs fonctionnaient normalement et que à Tunis le gaz est utilisé pour la production d'électricité. Les ingénieurs et les techniciens de ces unités sont sans doute les opérateurs d'installation de Biogaz les plus expérimentés de Tunisie et représentent des ressources humaines très intéressantes pour les programmes futurs de Biogaz en Tunisie.

## **5.2 Les laboratoires impliqués dans les recherches sur le Biogaz**

Le Centre de Biotechnologie de Sfax est un institut de recherche très bien équipé et compétent. Le centre emploie une cinquantaine de personnes dont 8 effectuent des recherches sur le Biogaz. Les projets courants incluent des recherches sur le virus des pommes de terre, la production de sirop de glucose et de fructose, les pesticides microbiens et des travaux sur la digestion anaérobie des fientes de volaille et des margines. Les recherches sur les margines se sont concentrées sur un traitement dans des bioréacteurs à film fixe et sur les voies de transformation des polyphénols avant le traitement de Biogaz. Des résultats encourageants ont été atteints. Des discussions détaillées ont été tenues avec le personnel à propos des axes futurs de recherche, spécialement dans l'optique du traitement des margines.

L'Institut National de la Recherche Scientifique et Technique (INRST), dépendant du SERS, joue un rôle important dans la formulation de la politique et des priorités des projets de recherche et développement, et effectue des

recherches dans de nombreux domaines [D'excellents exemples de leur stratégie et des perspectives de travail sont rassemblés dans la publication "Gestion et traitement des déchets domestiques. Situation actuelle et perspectives" d'octobre 1992]. L'INRST est responsable du réacteur pilote de recherche à l'unité de démonstration de compostage de Tunis. Le principal centre de recherche est situé à environ 75 km au sud de Tunis. La direction est consciente du potentiel de la technologie du Biogaz mais l'institut a peu d'expérience dans ce domaine. Cependant, ils ont une expérience significative d'autres sources d'énergies alternatives, comme les cellules photo-électriques et les chauffe-eau solaires, et l'infrastructure pour un projet de recherche sur le Biogaz existe probablement là-bas.

L'INAT est entre autre impliquée dans les recherches sur le traitement des déchets des élevages de poulets et a considéré les applications du Biogaz dans ce domaine.

## **6. LE MARCHÉ DE LA TECHNOLOGIE DU BIOGAZ EN TUNISIE**

### **6.1 Critères de sélection des projets de Biogaz**

Ils existe trois marchés principaux pour l'application des technologies du Biogaz en Tunisie:

- \* Le traitement des déchets agro-alimentaires avec comme clients potentiels les agro-industries publiques et privées (6.3.1 à 6.3.4)
- \* Le traitement des déchets agricoles avec comme clients potentiels les grandes entreprises du secteur privé (6.3.5) [Les systèmes de Biogaz de petite taille mentionnés en 5.1.1 pour les applications à la production d'énergie des petits fermiers indépendants est hors du cadre TOR (terme de référence) de cette étude.]
- \* Le traitement des eaux usées et des déchets urbains, avec comme clients potentiels l'Etat et les organismes municipaux de traitement des déchets (6.3.6 à 6.3.7)

Parmi ces clients, les cibles prioritaires pour un programme de promotion de la technologie du Biogaz dépendent de deux principaux paramètres: (i) la taille du marché en terme de matière organique susceptible d'être traitée pour une application particulière et (ii) la viabilité économique et financière du Biogaz comparé aux autres technologies de traitement des déchets.

L'expérience a montré que la meilleure production de Biogaz par tonne de matière organique, ainsi que la stabilité et la robustesse du système étaient optimales lorsque différents types de déchets sont mélangés dans le réacteur; par exemple des ordures ménagères, des déchets des abattoirs, des déchets d'argile de la production hiule de cuisson, et d'autres déchets solides riches en huiles et graisses. C'est pourquoi les meilleurs sites sont ceux où la matière organique de différentes origines peut être traitée simultanément. En raison du coût de transport, les fournisseurs de déchets tels que les fientes, qui ont un potentiel de Biogaz assez pauvre par tonne, devraient se situer dans un rayon de 10 km des installations. Pour des déchets spéciaux, comme les déchets organiques chimiques, il peut être intéressant d'effectuer le transport sur de plus longues distances en raison du prix relativement élevé payé par tonne pour le traitement.

## **6.2 Estimation de la quantité de matière organique présente en Tunisie**

La table 3 en annexe fournit les quantités estimées de déchets organiques pouvant être traités dans des unités de Biogaz. Il apparaît que la principale source provient des ordures ménagères. Ces déchets sont très maniables pour le traitement (le traitement de ces déchets seuls est entièrement utilisable). Ils ont un haut contenu solide, produisent beaucoup de biogaz et constituent un excellent apport de base pour la fourniture d'un réacteur en co-digestion avec des déchets difficiles comme les margines, les déchets organiques chimiques ou les fientes de volaille (déchets à haute teneur azotée). Les matériaux digérés constituent un excellent conditionneur de sol avec à la fois une haute teneur en fibres organiques et en matières azotées.

## **6.3 Identification des industries prioritaires pour l'installation de systèmes de Biogaz**

### **6.3.1 Les usines de sucre et les distilleries**

La production de sucre en Tunisie est basée sur la transformation de betteraves locales et de matières premières importées. Cette production, qui génère les déchets organiques concernés, est une activité saisonnière d'environ 3 à 4 mois. La meilleure utilisation pour une installation de Biogaz est en combinaison avec une distillerie ou une usine de levure fonctionnant toute l'année. C'est la situation des usines de Beja et de Jendouba, toutes deux situées à environ 150 km à l'Ouest de Tunis.

Durant la campagne (environ 4 mois/an), l'usine de Beja produit 70 m<sup>3</sup> d'eaux usées par heure, représentant 3,5 tonne de COD par jour. De plus, une fabrique de levure voisine produisant à partir de la mélasse 30 tonnes de COD par jour environ 300 jours par an. Moyenné sur 300 jours, ces déchets représentent un potentiel de plus de 10.000m<sup>3</sup> de méthane par jour, pouvant générer une capacité électrique de 1,25 MW et une capacité de chauffage de 2,5 MW. La plupart de l'eau peut être réutilisée dans l'usine.

Actuellement l'usine de Beja traite ses eaux usées dans des lagons aérobies/anaérobies qui rejettent environ 85 % de ce méthane dans l'atmosphère.

L'installation de beaucoup plus grande taille à Jendouba ne traite pas ses déchets à l'heure actuelle; bien qu'elle possède un système de traitement par boue active (10.000m<sup>3</sup>) inutilisé depuis plusieurs années.

Dans toutes ces usines, la pulpe de betterave est vendue comme aliment pour les vaches et n'est pas considérée dans cette étude.

### **6.3.2 Les conserveries de poisson**

L'usine visitée durant le voyage d'étude en Tunisie était un centre de congélation de produits marins, principalement des pieuvres, calmars et crevettes destinées à l'exportation. Dans ce type de traitement, les déchets étaient insuffisants pour justifier les investissements nécessaires à l'installation d'une unité de Biogaz sur le site, mais les déchets étaient intéressants et de bonne qualité (fort taux de déchets solides et bonne biodégradabilité) pour un processus de co-digestion dans un réacteur installé par exemple dans une décharge.

### **6.3.3 Les abattoirs**

Le programme PRONAGDES s'occupe des déchets d'un millier d'abattoirs dans le pays. La plus grande installation se situe à Tunis et c'est le seul abattoir agréé par la CEE. Cependant, il ne fonctionne qu'à 3 % de ses capacités en raison de la compétition des petits abattoirs, appelés "tueries". Tant que la municipalité tolère ces derniers, il est difficile de justifier des investissements de Biogaz pour le grand abattoir; l'utilisation en étant trop irrégulière. Cependant, comme dans le cas du poisson, les déchets sont de haute qualité pour la production de Biogaz et leur collecte et transport jusqu'à une installation centralisée est justifiable économiquement.

### **6.3.4 L'industrie laitière**

Une petite usine laitière et fabrique de fromage a été visitée. Les eaux usées des laiteries sont hautement dégradables et les possibilités de traitement, d'utilisation interne du biogaz et la réutilisation des eaux traitées existent dans les usines de taille appropriée. Les déchets solides et le petit lait des laiteries sont normalement hautement demandés pour les aliments pour animaux, et ainsi ces très bons substrats pour le Biogaz sont rarement disponibles.

Le producteur privé de lait et de fromage visité a construit deux digesteurs anaérobies dans sa ferme près de Sfax. Les deux réacteurs, 50 et 12 m<sup>3</sup> sont des unités STR enterrées (Stirred tank reactors). Les réacteurs traitent le fumier d'environ 400 vaches laitières et veaux (4 tonnes/jour) et les matériaux de digestion sont utilisés comme engrais dans les champs voisins pour la croissance du fourrage pour les vaches. Durant leur courte période de fonctionnement, les réacteurs ont produits moins d'un volume de digesteur de Biogaz par jour. Le gaz était brûlé pour la production d'eau chaude dans la fabrique de fromage et représentait environ l'ensemble des frais de chauffage. Cependant les réacteurs ne sont équipés que d'agitation manuelle qui n'est utilisée qu'occasionnellement; une couche de matériel solide est ramassé éventuellement à la surface du contenu du réservoir. Depuis ce moment, la "cake layer" a perturbé les apports et la collecte des matériaux digérés; le fonctionnement optimal n'a pas été atteint. C'est un problème fréquent dans les petits digesteurs opérés manuellement.

### **6.3.5 Les conserveries de fruits et légumes**

Cette mission n'a pas visité d'industrie de légumes. Mais quelques études, réalisées entre autre par l'UNIDO, ont considéré les possibilités d'utilisation pour le Biogaz. Une étude actuelle sur la réhabilitation de l'industrie agro-alimentaire peut fournir des détails utiles pour l'évaluation du potentiel [Mr Paul Widemann est chargé de cette étude à Vienne].

La pulpe de tomate est déjà utilisée pour l'ensilage. Mais les 20 millions de mètres cubes d'eaux usées des conserveries contiennent une quantité considérable de déchets organiques et représentent des déchets maniables pour le traitement dans les réacteurs de Biogaz à haut rendement UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) où plus de 95 % du COD présent est transformé en méthane (1 tonne de COD donne 400 m<sup>3</sup> de méthane).

### **6.3.6 La production d'huile d'olive - le traitement de margines**

L'utilisation du Biogaz pour le traitement des margines de l'industrie de l'huile d'olive doit faire face à trois challenges:

- \* La production d'huile d'olive est une activité saisonnière. C'est pourquoi l'utilisation du Biogaz suppose que d'autres matières organiques peuvent être trouvées au voisinage pour l'utilisation pendant l'inactivité de la

production et comme matériaux supplémentaires durant le fonctionnement. A première vue ceci représente un problème; mais, en raison de la nature récalcitrante et toxique des margines, le seul schéma de traitement possible est la codigestion.

- \* L'industrie de l'huile d'olive est répartie sur 1300 installations. C'est pourquoi des unités collectives de Biogaz doivent être installées; ce qui suppose que les usines doivent être situées proches les unes des autres. En fait, les installations pour l'huile d'olive sont généralement situées dans le même quartier et environ 80 % de la production totale est réalisée par des installations non artisanales. Les margines sont des déchets très puissants et elles ont un haut potentiel pour le Biogaz, le transport jusqu'à des unités centralisées est ainsi justifiable. Comme la production d'huile d'olive se situe en zone rurale, le traitement en codigestion avec par exemple du fumier comme substrat serait pratique.

Le traitement alternatif des margines consiste en un séchage au soleil dans des réservoirs de collecte suivi par la combustion des matériaux secs. Cette technique, qui est utilisée en Espagne, France et Grèce est (i) relativement chère, (ii) n'apporte pas de valorisation de la matière organique présente et (iii) est loin d'être idéale du point de vue environnemental en raison des fuites des réservoirs vers les eaux de surface et sous terraines.

### **6.3.7 Les fientes de volaille**

Les 5-600.000 tonnes de fientes de volailles annuelles ont des applications potentielles intéressantes comme engrais après séchage et comme nourriture pour animaux après traitement dans des unités de Biogaz ( de préférence thermophiliques). Les deux applications se trouvent en Tunisie mais les élevages de volaille sont toujours en présence d'un surplus de fientes (une fraction très humide) dont ils ont du mal à se débarrasser. Ceci pose un problème sanitaire pour les animaux et un problème d'odeurs pour le voisinage. Ces déchets sont de bonne qualité pour la codigestion spécialement en combinaison avec des déchets pauvres en azote tels que les HSW, le fumier ou les déchets des marchés. La teneur en azote des fientes se retrouve dans le matériau de digestion et les déchets des poulets ont un haut potentiel pour le Biogaz.

Des recherches pour trouver de nouvelles applications sont entreprises entre autre par l'UNAT. Le laboratoire de Sfax teste l'utilisation du Biogaz pour le traitement des fientes, mais jusqu'à présent aucune comparaison de coût-bénéfice n'existe.

### **6.3.8 Le traitement des ordures ménagères solides**

La production d'ordures ménagères collectées par les municipalités représente 1,2 million de tonnes par an [La production de déchets ménagers par jour et par personnes est d'environ 0,5 kg].

Dans ce domaine, le Biogaz est en compétition avec trois alternatives:

- Les décharges contrôlées. C'est une technologie testée et bon marché avec un prix de revient d'environ 5 Dt par tonne de déchets recus. Comparé avec le Biogaz, l'aspect négatif est le problème environnemental d'émission de méthane, la non valorisation des déchets, l'espace utilisé et les fuites potentielles vers les eaux sous-terraines.
- Les décharges contrôlées avec compostage de la fraction organique. Ce traitement est plus onéreux (tant pour les investissements que pour la main d'oeuvre) et complexe - il faut trier les déchets de préférence à la source. Le coût de production du compost est assez élevé - à l'installation pilote de la décharge de "Henchir El Yahoudia" à Tunis le coût est d'environ 100 DT la tonne. Le compost est de qualité similaire (la teneur azotée est moindre mais le produit initial est plus sec) à celui des unités de Biogaz, mais aucune utilisation n'est faite du potentiel énergétique. Les autres problèmes associés sont les mêmes que décrits précédemment.
- Les décharges contrôlées avec incinération des déchets. L'incinération à large échelle n'est pas sérieusement considérée en raison de la haute teneur en eau des déchets en Tunisie et de la demande en conditionneurs de sol.

### **6.3.9 Le traitement des eaux usées domestiques et municipales**

La technique des boues actives (AST, une technique aérobie) et celle des lagons aérobies sont les principales méthodes utilisées pour le traitement des eaux usées en Tunisie. Comparée au Biogaz, AST nécessite beaucoup d'énergie. Dans les

pays développés, l'AST est souvent le plus gros consommateur d'électricité des zones urbaines. Tous les traitements aérobies produisent entre cinq et dix fois plus de déchets de boues que les processus anaérobies. Bien qu'utilisables pour la digestion anaérobie et la production de Biogaz, les déchets de boues sont un substrat assez pauvre comparé au matériau original et représentent un large problème de déchets solides. Ceci est due à la conversion du matériau attaqué en cellules microbiennes très difficiles à dégrader. Le contrôle du processus biologique d'une installation AST est au moins aussi complexe que celui d'un digesteur anaérobie.

La méthode des lagons aérobies est une technologie économique et simple où le coût du terrain n'est pas prohibitif et la contamination environnementale peut être tolérée, comme par exemple dans les zones rurales. La méthode nécessite cependant beaucoup de terrain et souvent n'est pas une solution viable en zone urbaine. Un autre désavantage réside dans les possibilités de contamination de l'environnement. Ceci peut se produire par des infiltrations de la nappe fréatique, des déversements ou des surcharges des eaux de surface, et dans les cas de surcharge des lagons, la contamination de l'atmosphère due au rejet incontrôlé de méthane, les problèmes d'odeurs et l'expansion des maladies ayant pour vecteurs des animaux et des insectes.

Aujourd'hui, il existe plusieurs installations de traitement anaérobie des eaux municipales à grande échelle en fonctionnement en Tunisie. Ces unités sont de type UASB. L'élimination du COD est d'environ 75 % durant les 6-8 heures de traitement initial et est couplée aux digesteurs anaérobies pour le traitement de relativement petites quantités de boues produites. L'élimination finale du COD avoisine les 85 % dans de tels systèmes.

Virtuellement, la seule restriction de ce processus est que les eaux usées doivent avoir une température d'environ 20 °C pour l'étape UASB. La petite taille des digesteurs anaérobies pour la destruction des déchets de boue et le biogaz produit durant le processus fournit de la chaleur et de l'électricité indépendante des énergies fossiles. La technologie UASB pour le traitement des eaux usées municipales ne serait pas pratique en Europe du Nord mais ne présente aucune restriction en Tunisie où le climat est beaucoup plus chaud.

De tels traitements anaérobies des eaux usées sont beaucoup moins chers que des réacteurs AST et ont le même coût de construction. Pour une totale adéquation avec les standards modernes de traitement des eaux usées, une étape aérobie est

nécessaire, mais la taille et le coût de l'opération sont grandement réduits (facteur 5) comparés à une installation conventionnelle AST.

## **7. PROPOSITION DE PROJET**

### **7.1 Introduction: Le marché du développement du Biogaz en Tunisie**

Un certain nombre de facteurs favorisent la promotion du Biogaz comme technologie de traitement des déchets organiques en Tunisie:

- \* La combinaison de (i) hautes ambitions de la politique environnementale et des normes, (ii) une bonne structure de base pour l'implantation de la politique environnementale, (iii) les schémas d'initiatives aux investissements environnementaux et (iv) le territoire "vierge" pour les investissements environnementaux fournissent une base fertile pour la promotion de la technologie du Biogaz comme traitement des déchets. Les investissements nécessaires au traitement des déchets n'ont pas encore été effectués et la technologie du Biogaz peut être prise en compte comme option dans un large domaine d'applications.
- \* La promotion de la technologie du biogaz pour le traitement des déchets industriels remplit les besoins des priorités environnementales en Tunisie.
- \* Ce que le processus de privatisation va signifier pour l'utilisation de la technologie du Biogaz comme traitement des déchets n'est pas encore certain. En principe l'Etat peut ordonner à une compagnie nationale d'utiliser une nouvelle technologie à tout moment, alors que normalement cette obligation n'est imposée aux entreprises privées uniquement lors de la demande de licence de production. Mais l'expérience a montré que la plupart des Gouvernements ont pu imposer des restrictions environnementales sur les compagnies privées.
- \* La politique énergétique du pays favorise l'introduction du Biogaz pour le traitement des déchets:
  - Le prix élevé de l'énergie améliore la valeur financière des investissements pour le biogaz pour les industries qui peuvent utiliser le Biogaz produit par le traitement de leur déchets pour couvrir une partie de la demande en chauffage et en énergie.
  - L'AME assure une promotion active des systèmes de Biogaz dans son programme général des énergies renouvelables.
  - Le projet va renforcer les initiatives pour les économies d'énergie désirées dans le pays.

- Le STEG est habitué à acheter l'énergie des autogénérateurs.
- \* Il existe un bon marché pour le compost et les autres engrais produits par la technologie du Biogaz. En raison des caractéristiques sablonneuses du sol, il est pauvre en matière organique et les fertilisants susceptibles d'améliorer la structure du sol sont très recherchés des paysans.
- \* Une infrastructure de base pour la recherche, la planification et l'implantation des projets est déjà en place. Le biogaz a été testé dans plusieurs secteurs pour différentes applications. Comme résultat, une expérience importante et un savoir faire des technologies de Biogaz ont été acquis par plusieurs institutions.

## **7.2 Justification du projet**

Alors que l'environnement global pour le Biogaz est favorable en Tunisie comparé à la situation internationale, la technologie continue d'être chère et insuffisamment utilisée dans le pays. La technologie du Biogaz n'est pas encore du domaine de la routine en raison de la haute variabilité des différents types de déchets traités.

Cependant, le traitement anaérobie des déchets a été appliqué avec succès dans beaucoup d'autres pays dans le secteur public et privé. Des milliers de réacteurs anaérobies de différents types sont en opération dans le monde entier avec les bénéfices environnementaux et économiques. La Tunisie est considérée par les Nations Unies comme un pays guide et possède tout le potentiel de technologie et de savoir faire, en terme de personnel technique formé pour développer et soutenir un programme de Biogaz.

## **7.3 Les projets de démonstration**

Deux projets de démonstration sont décrits. Le premier, pour le traitement combiné des déchets de la production de l'huile d'olive et des fientes de volailles, est une démonstration du processus de codigestion qui s'adresse aux deux plus sérieux problèmes environnementaux en Tunisie. La technologie décrite peut être appliquée dans le futur au traitement de toutes sortes de déchets solides, semi-solides ou liquides.

Le second est un projet de traitement des eaux usées qui peut avoir des applications dans toute l'industrie agro-alimentaire (eaux usées de la production

de sucre, poisson, des conserveries de fruits et légumes) et dans l'industrie lourde (eaux usées contenant des produits chimiques organiques biodégradables et des solvants).

### **7.3.1 Les margines et les déchets de volailles**

Tout projet de démonstration cohérent pour la Tunisie doit inclure une proposition pour le traitement des margines, les eaux usées de la production de l'huile d'olive. Les margines représentent le problème des déchets les plus préjudiciables à l'environnement dans le pays et elles sont très difficiles à traiter. Ce sont des eaux usées concentrées contenant une haute fraction de produits chimiques toxiques et récalcitrants comme les mono- et polyphénols. Ces déchets se présentent sous la forme d'un liquide contenant un peu de matière organique non dissoute et dont le COD est normalement entre 100 et 150 kg/m<sup>3</sup>. Le COD est composé d'environ un tiers respectivement de sucres solubles, d'huiles et de graisses en suspension, et de phénols et polyphénols dissous. Le pH est entre 5 et 6.

Une synthèse bibliographique, des discussions avec le personnel du Centre de Biotechnologies de Sfax et l'expérience de l'équipe du DTI, ont montré que la meilleure solution technologique actuelle était le traitement des margines par la codigestion. La codigestion est une pratique de traitement des déchets solides, semi-solides et liquides en mélanges dans des digesteurs anaérobies. Le traitement simultané de plusieurs types de déchets donne une robustesse au processus biologique de part le nombre et la diversité des populations microbiologiques bien adaptées. La codigestion permet aussi la dilution de déchets toxiques et récalcitrants, comme les margines. La présence de solides et semi-solides offre aussi une protection biophysique contre les produits chimiques toxiques pour les populations bactériennes via les opportunités d'attachement de surface et l'accès à des substrats liés en surface qui sont plus facilement dégradables que ceux libres en solution. De plus, la codigestion permet le traitement des déchets saisonniers, par exemple lorsque la production d'un type particulier de déchets se termine à la fin de la saison agricoles, la production et le traitement d'un autre type de déchets saisonniers peut commencer.

Dans un tel système de traitement, les margines - en raison de leur toxicité et de leur récalcitrance - compteraient initialement pour une fraction relativement petite de la fourniture du réacteur. Cependant, après quelques jours ou quelques

semaines, il serait possible d'augmenter l'apport de margines jusqu'à ce qu'elles représentent une fraction majeure des déchets traités. Le choix de la solution pour inoculer dans le réservoir est aussi très importante.

Les déchets de l'industrie des poulets et des oeufs est l'autre drand problème environnemental en Tunisie. Le problème intrinsèque des fientes de volailles est qu'elles contiennent une forte teneur en azote et un faible rapport carbone sur azote. Les déchets sont un substrat acceptable pour la production de Biogaz, la proportion de solides est élevée (30-40 %) mais la forte teneur en azote ne permet pas une bonne digestion si ces déchets sont traités seuls.

On peut aussi inclure des déchets avec un haut rapport carbone sur azote et qui contiennent des fibres et des matériaux solides, comme des ordures ménagères triées (par exemple produites dans l'installation pilote de compostage de Tunis) ou du fumier animal.

La figure 1 montre un schéma d'une installation moderne de codigestion pour le Biogaz. Les éléments clés sont les réservoirs et systèmes de pompage pour le stockage individuel de différents types de déchets dans les réacteurs principaux (permettant les ajouts contrôlés) et le réacteur principal avec mélamgeur permanent.

Le paramètre le plus important a contrôler dans un tel système est la concentration en acides gras volatils. Les measurements et l'interprétation des quantités et de la composition de ces intermédiaires importants constituent une spécialité du DTI depuis plusieurs années et des systèmes de measurement automatique en continu ont été développés au DTI. Des programmes spécialisés dans les systèmes de contrôle ont également été développés au DTI et seront bientôt disponibles pour le contrôle automatique des installations de Biogaz.

Le projet proposé est pour un système de réacteur de 1000 à 2000 m<sup>3</sup>. Un tel système pourrait traiter jusqu'à 175 tonnes de déchets par jour, dont les margines pourraient représenter entre un quart et un tiers, les fientes de volailles entre un tiers et la moitié, et d'autres déchets facilement dégradables (HSW triées, fumier, déchets des marchés de fruits et légumes) pauvres en azote et riches en fibres feraient la balance. Le tableau III indique une proposition de budget pour une installation de 2000 m<sup>3</sup> qui produirait 1 MW d'électricité et 75 à 100 tonnes journalières de conditionneur de sol avec une haute teneur en azote.

**Tableau III**

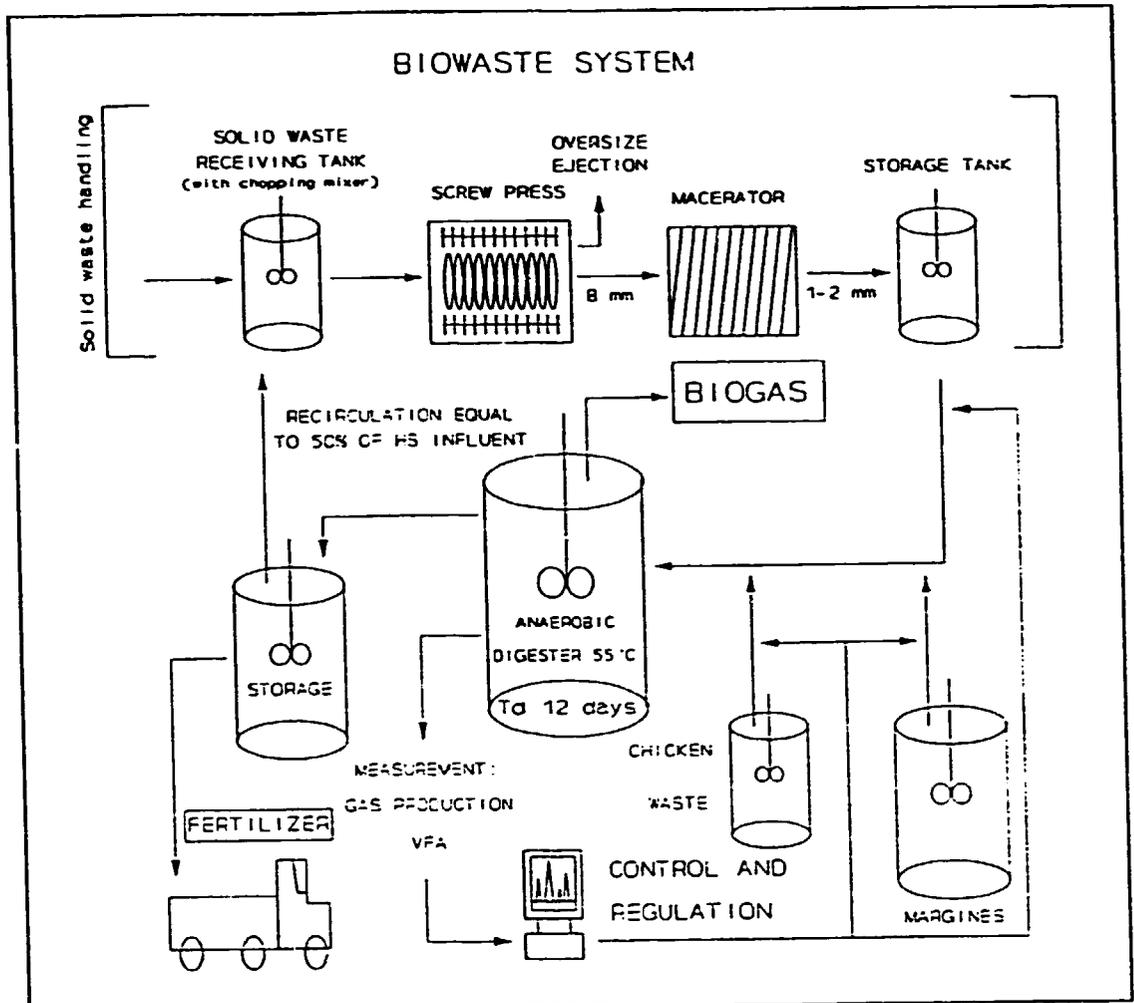
Proposition de budget pour une installation de codigestion traitant les margines et les fientes de volailles avec HSW, du fumier et des déchets des marchés.

Coût en US \$1,000	Production tunisienne	Import - achat local	Import - achat étranger	Total
Construction	615	1210	185	2010
Design et gestion	110	50	265	425
Transport, traitement du gaz	105	-	617	722
Laboratoire	-	-	24	24
Formation	340	-	270	610
Réserves imprévus	100	-	100	200
Total	1270	1260	1461	3991

### 7.3.2 Les eaux usées des usines de sucre et des distilleries

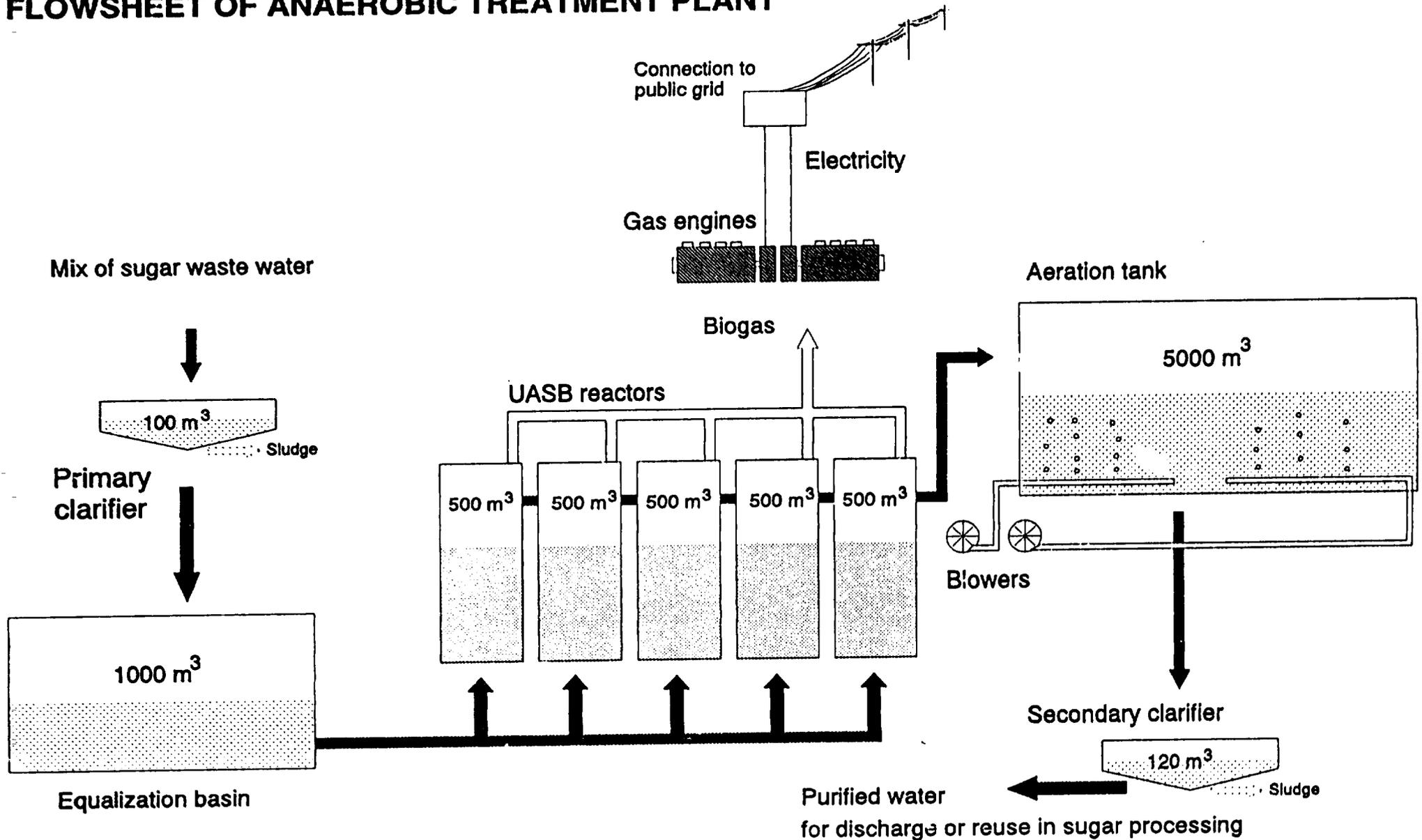
Comme il a été mentionné dans la section 6.3, l'industrie du sucre et des distilleries en Tunisie est un bon candidat pour la production de biogaz et la récupération d'énergie à partir des déchets. La meilleure technologie pour le traitement de ces déchets est constituée par les réacteurs UASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket). Ces réacteurs ont un haut taux de déchets liquides et peuvent être opérés à températures thermophiliques (ce qui donne de très bonnes conditions sanitaires) aussi bien que mésophiliques. A la suite d'un petit traitement aérobie, les eaux recyclées sont utilisables pour différents propos dont le lavage des betteraves, le traitement de l'eau et l'irrigation. La figure 2 propose un diagramme dimensionné de l'unité de traitement des eaux usées produites à Beja pour la fabrication de sucre et de levure. Cette installation produirait 1,25 MW d'électricité et 2,5 MW de chaleur pour 300 jour par an.

Le coût total d'une telle unité serait d'environ 5 million US\$ incluant un programme de formation.



**CODIGESTION SYSTEM FOR LES MARGINES AND CHICKEN WASTE**

# FLWSHEET OF ANAEROBIC TREATMENT PLANT



## **7.4 Transfert de technologies - recherche et développement**

Des programmes de formation des opérateurs des unités et des producteurs de déchets sont inclus dans les budgets proposés pour les projets de démonstration. Ces propositions ne sont pas conçus comme des produits "clé en main" car, comme pour toute opération technologique à large échelle, une expertise propre et des infrastructures internes sont indispensables à la bonne marche de ces projets.

Comme il a été indiqué à la section 5.3, il existe de nombreuses institutions technologiques et de formation en Tunisie qui sont capables d'établir des programmes de recherche et développement et de diffusion technologiques internes. La recherche sur le Biogaz existe en Tunisie et l'apport des dernières technologies les plus modernes disponibles va renforcer ce potentiel.

## **7.5 Développement d'une stratégie d'utilisation du Biogaz comme technologie de traitement des déchets**

Bien que la direction générale des efforts pour le Biogaz en Tunisie touche les domaines les plus intéressants, une approche plus intégrée et concertée est nécessaire. Pour planifier cela correctement, une stratégie de développement du Biogaz doit être élaborée.

La stratégie doit inclure:

- Une carte de localisation des sites où des installations de Biogaz pour des applications multiples peuvent être établies
- L'évaluation des expériences précédentes de projets de Biogaz avec identification des facteurs de risque et de succès
- L'estimation de la valeur commerciale de l'énergie et des engrais produits par l'installation de Biogaz
- L'identification des canaux de marketing efficaces pour les fertilisants des unités de biogaz
- L'estimation des coûts des installations de Biogaz pour différentes applications

- L'identification de programmes de stimulation spécifique

## **7.6 Cadre Institutionnel du projet**

L'introduction du Biogaz comme technologie de traitement des déchets industriels concerne le domaine d'intérêt d'un large éventail d'institutions qui ont un rôle important à jouer:

- \* Le MEAT et l'ANPE comme technologie environnementale avec larges applications multi-sectorielles, et l'ONAS pour le traitement des ordures ménagères et des eaux usées municipales
- \* Le Ministère de l'Industrie et sa cellule environnementale pour les applications à l'industrie agro-alimentaire
- \* La Direction de l'Energie et l'AME en tant que technologie pour les énergies renouvelables
- \* Le Ministère de l'Agriculture en tant que fournisseur de compost pour les fermes
- \* Le Ministère de la pêche pour l'utilisation potentielle dans les conserveries de poissons
- \* Le Secrétariat d'Etat de la Recherche Scientifique et Technologique pour des recherches de base dans les biotechnologies concernant le Biogaz

Il y a deux candidats logiques pour la gestion du projet: MEAT/ANPE qui est l'institution clé pour la promotion des technologies environnementales et SERS qui est l'institution clé de la recherche et développement. Comme le Biogaz n'est pas une technologie environnementale commerciale et que le projet a pour but de préparer le futur du Biogaz, il est recommandé:

- \* De confier la direction générale du projet au SERS.
- \* MEAT/ANPE seront responsables de l'élaboration de la stratégie. Le Ministère de l'Agriculture s'occupera des investigations et des engrais, tandis que AME traitera des problèmes relatifs à l'énergie.

- \* L'Institut de Biotechnologies de Sfax sera responsable de la partie recherche et développement.

### **7.7 Possibilités de co-financement national**

Plusieurs possibilités de co-financement existent grâce à des ressources nationales:

- \* Le budget annuel de recherche et développement qui est administré par le SERS
- \* Les encouragements financiers spécifiques de l'AME pour les projets concernant l'énergie et de MEAT/ANPE pour les investissements environnementaux
- \* Le co-financement industriel

TABLEAU 2. INSTALLATIONS DE BIOGAZ EN TUNISIE - HISTOIRE ET SITUATION ACTUELLE

LOCALISATION	DATE DE DEPART	TAILLE m <sup>3</sup>	DECHETS TRAITES	HISTOIRE	STATUS	FUTUR
Installation pilote de compost, Tunis	1992	5.6	ordures ménagères solides triées	Jamais fonctionnelle, le gaz s'est enflammé	idle	experiences prévues
Production d'oeufs, Sfax	1988	1	fientes de volailles	opéré intermédiairement gaz s'est enflammé	idle, en reconstruction	experiences prévues pour optimiser C/N ratios
Laiterie, Sfax (2 réacteurs, 50+12)	1987	62	Boues de vaches laitières	opéré pour 1-2 ans, ≈ 50 m <sup>3</sup> bio-gaz/jour, gaz utilisé dans une fabrique de fromage	idle, processus interrompue par la formation d'une couche d'écume	pas de prévisions
Digesteurs pour les villages ruraux (≈ 50 unités)	1982	12-25	boues de vaches, chèvres et moutons	utilisés pour remplacer le bois dans la cuisine rurale	la plupart opérationnels	continuer les opérations
Installation de traitement des eaux usées municipales (capacité 100,000 m <sup>3</sup> /jour) Tunis		le traitement de toutes les boues nécessite 10-15K m <sup>3</sup>	1° + déchets des boues actives	generation d'électricité par le biogaz	opérationnel	continuer l'opération

TABLEAU 3. DECHETS EN TUNISIE POUVANT ETRE TRAITES DANS UN SYSTEME DE BIOGAZ

TYPE DE DECHETS	QUANTITE/AN	CARACTERISTIQUES	TECHNOLOGIE DE BIOGAZ RECOMMANDEE	POTENTIEL DE BIOGAZ/AN [m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> à 0°C, 1bar] (% VS, % conversion)	ELECTRICITE POTENTIAL (MW effet de génération)
Les Margines	375,000 m <sup>3</sup>	récalcitrant, jusqu'à 150 kgCOD/m <sup>3</sup>	codigestion	11 x 10 <sup>6</sup> (10,80)	3.8
fientes de volailles	2500 tonnes	forte teneur N, bonne source de biogaz	codigestion avec des matières végétales	18 x 10 <sup>6</sup> (23,80)	6.2
Ordures municipales solides triées	0.4 x 10 <sup>6</sup> tonnes (1/3 de la production nationale)	fort C/faible N, bon pour mélanger avec fort N et déchets récalcitrants, e.g. déchets de l'huile d'olive	codigestion avec haute teneur en N et/ou déchets récalcitrants	52 x 10 <sup>6</sup> (32,80)	18
Déchets d'argile de l'industrie de l'huile alimentaire	1350 tonnes	fort C, très biodégradable, clay mineral stabilisent le processus du biogaz et protègent des déchets récalcitrants et à fort N	codigestion avec des déchets récalcitrants et fort C et N; seuls ce sont de petits déchets mais ce sont de bons additifs pour les digesteurs	330000 (30,90)	0.11
Fumier de 200,000 têtes de bovins	730,000 tonnes	faible teneur en C et N, bons pour le mélange avec des déchets récalcitrants et à fort C+N	codigestion avec du fumier, des ordures municipales	11 x 10 <sup>6</sup> (5,50)	3.8
Déchets solides du traitement du poisson	2000 tonnes	très biodégradable, fort C et très fort N	codigestion avec du fumier, des ordures municipales	3.4 x 10 <sup>6</sup> (36,95)	0.12
Production de sucre et de levure (pulpe de betterave à sucre non incluse)	12000 tonnes	liquide, très bio-dégradable, faible N	UASB	4.3 x 10 <sup>6</sup> (1.5, 95)	1.5
Boues municipales des égouts	130000 tonnes	faible C et N	codigestion avec des déchets récalcitrants et fort N wastes, ordures ménagères	1.2 x 10 <sup>6</sup> (5, 50)	0.5
Déchets organiques chimiques	N.A	liquide, très biodégradable, forte production de gaz	UASB ou codigestion	900 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ton	N.A
Eaux usées municipales (petites villes)	N.A	liquide, faible C et N	UASB et codigestion	1.4 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	N.A

Codigestion - réservoir agité continuellement et recevant un mélange de déchets compatibles pour optimiser le processus

UASB - upflow anaerobic sludge blanket reactor, un système de traitement des déchets liquides à haut rendement

**PERSONNES RENCONTREES EN TUNESIE**

**Entreprise Tunesienne d'Activites Petrolieres, 27 bis, Av Khereddine Pacha  
- 1002 Tunis - Telephone 782288 - Fax 784092 - Telex 15303**

M. Lotfi El-Ghezal

**Sécrétariat d'Etat à la Recherche Scientifique et à la Technologie, SERS**

M. Mohammed Maalej, Directeur de la Technologie  
M. R. Chaabouni, Direction de la Recherche et du Développement  
Technologique

**Institut National de Recherche Scientifique et Technologique**

M. Mohammed Ennabli

**Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement Territoriale**

M. Adel Hentati, Directeur, Direction de la Conservation de la Nature et du  
Milieu Rural

**Agence pour la Maitrise Energétique, AME, Rue 8000 n°3, Montplaisir  
1002 Tunis, Belvedere B:P. 213 - Telephone 787700 - Telefax 784624 - Telex  
15286**

M. Khereddine Guellouz, Directeur Générale Adjoint  
M. Youssef Bahri, Directeur des Energies  
M. Naceur Hammani

**Décharge de la Municipalite de Tunis à**

Mms. Ben Ammar Samira, Ingénieur

**Centre de biotechnologie de SFAX, Route de Sokra Km 4, B.P.W. - 3038  
SFAX - Telephone 274110 - Fax - 275970  
ELLOUZE Radhouane**