

# Etude sur le développement de la méthanisation industrielle

## Rapport préliminaire

### Etat des lieux de la méthanisation industrielle en Tunisie

Juillet 2010

# Sommaire

1.	INTRODUCTION .....	3
2.	PRESENTATION GENERALE DE LA FILIERE .....	4
2.1.	<i>RAPPEL SUR LES FILIERES DE PRODUCTION DE BIOGAZ</i> .....	4
2.2.	<i>IDENTIFICATION DES PRINCIPALES FILIERES</i> .....	5
2.3.	<i>Cadre institutionnel, organisationnel et réglementaire de la filière</i> .....	8
3.	BILAN DES REALISATIONS TUNISIENNES EN MATIERE DE VALORISATION DE BIOGAZ A L'ECHELLE INDUSTRIELLE .....	18
3.1.	<i>VALORISATION DES BOUES DES STATIONS D'EPURATION</i> .....	18
3.2.	<i>TRAITEMENT DE FIENTES DE VOLAILLES</i> .....	18
3.3.	<i>DECHARGE DE JBAL CHAKIR</i> .....	20
4.	EXPERIENCE DE LA METHANISATION INDUSTRIELLE DANS LE MONDE .....	21
5.	EVALUATION DU POTENTIEL POUR LA METHANISATION INDUSTRIELLE EN TUNISIE .....	26
5.1.	<i>POTENTIEL BRUT DE PRODUCTION DE BIOGAZ EN TUNISIE</i> .....	26
5.2.	<i>USAGES CONCURRENTS A LA METHANISATION</i> .....	35
5.3.	<i>QUANTIFICATION DES RESSOURCES MOBILISABLES POUR LA METHANISATION INDUSTRIELLE</i> .....	37
5.4.	<i>POTENTIEL REELLEMENT EXPLOITABLE POUR LA METHANISATION INDUSTRIELLE (CONCERTATION AVEC LES DIFFERENTS ORGANISMES CONCERNES)</i> .....	44
5.5.	<i>RECAPITULATIF</i> .....	47
6.	PROBLEMATIQUE ET CONTRAINTES ACTUELLES DE LA FILIERE.....	48
7.	ANNEXE : COMPTE-RENDUS DES ENTRETIENS AVEC LES ACTEURS .....	50

## 1. INTRODUCTION

Face aux crises pétrolières répétitives durant la fin du dernier siècle et le début de cette décennie, la Tunisie a encore consolidé sa politique d'économie d'énergie et la promotion des énergies renouvelables. Dans ce contexte, des stratégies et projets portant sur l'efficacité énergétique et l'encouragement à l'utilisation des énergies renouvelables ont été renforcés.

Ainsi, l'objectif du programme quadriennal 2008-2011 décidé par le Gouvernement est de relever la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie à environ 4% à l'horizon 2011. Cette volonté s'est traduite entre autres par la nouvelle loi de maîtrise de l'énergie (la loi n° 2009-7) et son décret d'application (décret n° 2009-362) promulgué en février 2009. Cette réglementation a donné un cadre plus favorable au développement de la maîtrise de l'énergie à travers les avantages financiers accordés dans ce cadre. En particuliers, des incitations financières ont été mises en place pour la promotion de la production du biogaz. Les bio-digesteurs industriels utilisés pour la production d'électricité peuvent bénéficier d'une subvention de 20% du coût de l'investissement, avec un plafond de 100.000 TND. Par ailleurs, et dans le même contexte, les subventions relatives à la valorisation de cette technologie donnent lieu aussi à une prime de 50 % du coût global du projet de démonstration plafonnée à 100.000 DT pour le secteur public ou privé. Toutefois, ces subventions ne sont pas cumulables.

En outre, la loi n° 2009-7 du 9 février 2009 prévoit la possibilité pour des investisseurs de vendre les excédents de leur production d'électricité à la STEG sur la base d'un tarif déterminé.

On note aussi que le décret 2009-2773 du 29 septembre 2009 relative aux conditions de transport de l'électricité à partir des énergies renouvelables et ce à raison de 5 millimes par KWh et la vente de l'énergie produite (sous forme d'électricité) à raison de 30% concernant le solaire. Cependant, la totalité de l'énergie produite de la méthanisation pourrait être vendue à la STEG sans restriction.

Par ailleurs, au programme quinquennal, présidentiel 2009 – 2014 certaines orientations stratégiques en matière de protection de l'environnement et le développement des technologies environnementales et le renforcement de l'utilisation des énergies renouvelables aux points n°11 et 21 ont été adoptées. On cite principalement la multiplication par cinq fois la part des énergies renouvelables par rapport à la consommation globale d'énergie d'ici 2014 atteignant 550 MW issus de l'énergie éolienne, du biogaz, des concentrations solaires et de la cogénération.

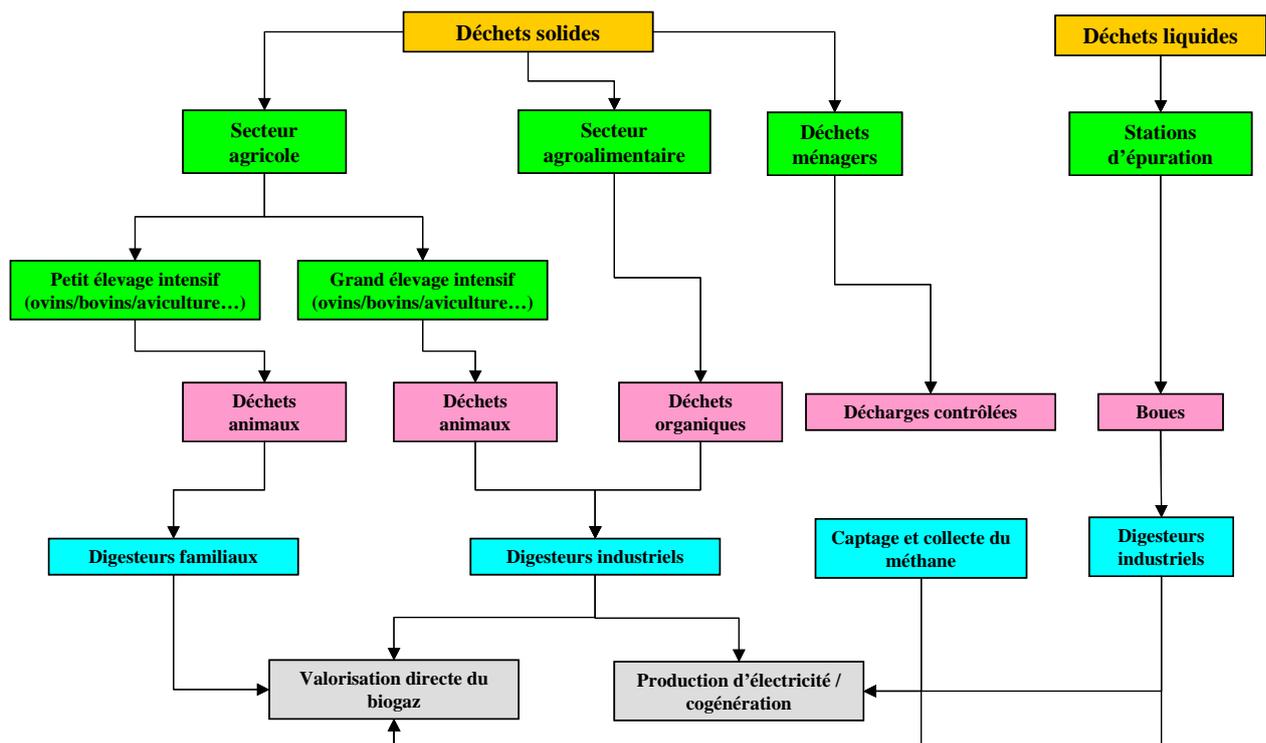
Les déchets organiques disponibles en Tunisie à travers diverses filières (boues de station d'épuration, décharges d'ordures ménagères, résidus agricoles, déchets industriels, etc.) peuvent constituer une source importante de production d'énergie par voie de méthanisation. Avec l'appui du projet « Promotion des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique » de la GTZ, l'ANME a lancé la présente mission dont l'objectif principal est de définir une stratégie et un plan d'action consensuels pour le développement à grande échelle de méthanisation industrielle en Tunisie.

## 2. PRESENTATION GENERALE DE LA FILIERE

### 2.1. RAPPEL SUR LES FILIERES DE PRODUCTION DE BIOGAZ

Il existe deux grandes filières de production de biogaz, selon le type de déchets utilisés :

- La filière de valorisation des déchets solides
- La filière de valorisation des déchets liquides



Les déchets solides intègrent à la fois les ordures ménagères, les déchets en provenance du secteur agricole (essentiellement de l'élevage) et les déchets organiques produits par le secteur agroalimentaire. Les déchets liquides comprennent essentiellement les boues de stations d'épuration des eaux usées.

## 2.2. IDENTIFICATION DES PRINCIPALES FILIERES

Les principaux déchets organiques adaptés à la méthanisation industrielle peuvent être segmentés en quatre grands sous-secteurs :

- Les déchets organiques industriels : Ils regroupent les déchets des industries agro-alimentaires, les déchets et sous produits des huileries et les déchets des abattoirs
- Les déchets et sous produits agricoles
- Les boues de stations d'épuration des eaux usées
- Les déchets ménagers

### 2.2.1. *Les déchets organiques industriels*

#### ❖ **Les déchets des industries agro-alimentaires**

Les principales usines agroalimentaires en Tunisie sont orientées vers les activités de double concentré de tomate, des conserveries de piments et de façon secondaire sur les semi-conserves et conserves des légumes ainsi que l'activité de confiture. On note aussi l'importance des usines de transformation des poissons tels que le thon et les sardines.

La conserve de tomate représente environ 90% de l'activité de conserves de fruits et légumes. Le double concentré de tomates est en effet, considéré comme produit stratégique pour la consommation intérieure.

L'ensemble de ce secteur génère une importante quantité de déchet.

#### ❖ **Les déchets et sous produits des huileries**

La campagne de trituration des olives démarre chaque année en mois de Novembre et s'arrête entre le mois d'avril à Juin en fonction des quantités produites de l'huile.

1702 huileries sont installées sur tout le territoire. Ces huileries produisent du grignon et des margines dont le ratio national étant estimé 0.87 Tonne de margines / Tonne d'olive triturée.

La quantité des margines issue des unités de trituration des olives durant la campagne 2007 et de 850 mille tonnes ; celle de l'année 2008 est de 935 mille tonnes.

#### ❖ **Les déchets des abattoirs**

##### ➤ *Les déchets des abattoirs de bétail*

Plusieurs milliers de tonnes de déchets d'abattage sortent chaque année des abattoirs des animaux de boucherie qui sont au nombre de 206 à travers le pays. Considérés depuis longtemps comme des facteurs polluants, ces sous-produits animaliers pourraient cependant servir

comme produit ayant une valeur ajoutée en faisant l'objet d'une matière première ou d'une source d'énergie.

➤ **Les déchets des abattoirs de volailles**

L'abattage industriel de volailles joue un rôle important dans l'amélioration de la qualité de la viande avicole. Il contribue aussi à la consolidation du stock stratégique des poulets congelés dans le but de la régulation du marché.

La Tunisie comporte 18 abattoirs industriels de volailles. Dix abattoirs sont situés dans la région Nord Est (Nabeul, Ben Arous et Zaghouan), 5 abattoirs dans la région du Centre Est (Sousse, Sfax et Mahdia), 2 abattoirs au Nord Ouest (Jendouba et Siliana) et un abattoir dans la région du centre Ouest (Sidi Bouzid).

En tenant compte des productions de poulets et de dindes (Environ 72 millions de poulets et 4,05 millions de dindes / an), la capacité d'abattage demeure suffisante relativement à un fonctionnement éventuel de 2 postes de travail / jour.

Ces abattoirs produisent quotidiennement des déchets qui sont mises en décharge.

**2.2.2. Les déchets et sous produits agricoles**

❖ **Les fientes de volailles**

L'élevage avicole est devenu en Tunisie durant les dernières décades une véritable industrie. L'effectif avicole en Tunisie est estimé actuellement à plus de 70 millions dont 80 % est répartie en majorité à Sfax à raison de 42 %, le grand Tunis en second lieu 20 % et enfin 15 % à la région du Cap bon et en particulier à Nabeul. Cet élevage génère une production importante de fientes de volaille.

❖ **Les déjections ovines**

L'effectif national des ovins est de 7,3 million de têtes toutes races confondues, dont la moitié représente des femelles productrices ; le reste de l'effectif étant des agneaux, agnelles et antenais. Les unités femelles se répartissent dans des proportions distinctes entre les régions à savoir 37 % au nord, 39 % au centre et 24 % au sud du pays. Les régions les plus répandues pour cet élevage sont : Kairouan, Kasserine, Kef, Siliana, Sidi Bouzid et Gafsa.

La répartition de l'effectif total des ovins en Tunisie montre que 24,3 % des éleveurs possèdent entre 1 à 3 brebis, 24 % possèdent entre 6 à 10 brebis et 19,8 % possèdent entre 11 à 20 brebis. En conséquence, plus de 60 % des éleveurs possèdent entre 50 et plus représentant 4,6 % du total des éleveurs.

### ❖ **Les déjections bovines**

L'effectif total des bovins selon la campagne 2007 – 2008 est de 634,7 mille vaches toutes races confondues ; les deux tiers de cet effectif étant des vaches productrices, le reste est composé de veaux, de taurillons et de vaches locales. La concentration la plus importante des bovins en Tunisie se situe dans les régions de Béja, Jendouba, Bizerte et Nabeul. Cette concentration est répartie à raison de 70,5 % au Nord, 26,4 % au Centre et 3,1 % au Sud.

La répartition de l'effectif total des bovins en Tunisie montre que 67,4 % des éleveurs possèdent un nombre d'unité femelle compris entre 1 et 3 vaches. Par ailleurs, le nombre d'éleveurs disposant de 10 à 100 unités n'est que de 6,2 % et celui des grands éleveurs (troupeaux de 50 vaches plus) est de 0,2 %.

En conclusion, l'ensemble du secteur d'élevage génère une importante quantité de déchets organiques.

#### **2.2.3. Les boues de stations d'épuration des eaux usées**

Chaque année, près de 260 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usées sont produites en Tunisie dont seulement 225 millions de m<sup>3</sup> sont traitées au niveau de 93 stations d'épuration (STEP) réparties sur l'ensemble du territoire.

La quantité de boues produites est estimée à 175 mille tonnes en 2007 dont 40 % environ est produite sur le grand Tunis et ce, après l'entrée de la nouvelle station d'EL Attar, actuellement en cours de construction. La majorité de ces déchets sont mises en décharge.

#### **2.2.4. Les déchets ménagers**

Les déchets ménagers sont les ordures provenant des maisons que ce soit des cuisines ou des utilisations quotidiennes. L'effectif des déchets ménagers est lié essentiellement au nombre de population communale et qui représente 64.9 % de la population totale en Tunisie et au potentiel de déchet par habitant et qui dépend essentiellement de plusieurs facteurs (saison, nature des aliments...). La collecte des déchets se fait par les municipalités, qui au paravent transportaient les déchets dans des sites dits dépotoirs sauvages qui ne sont pas contrôlés et qui ont permis plusieurs nuisances sur la vie de l'homme et l'environnement.

La nouvelle législation a permis la création de nouvelles décharges qui sont contrôlées, où les déchets sont enfouis quotidiennement dans des casiers divisés en alvéoles.

Les déchets ménagers constituent un grand gisement de déchets mis en décharge.

## 2.3. Cadre institutionnel, organisationnel et réglementaire de la filière

### 2.3.1. Cadre institutionnel

Dans le cadre de la présente étude, le consultant a réalisé des entretiens individuels avec des acteurs clés de cette filière afin de dégager des informations sur leurs activités dans les domaines, leurs perceptions sur le développement de la filière et les éventuelles barrières qu'ils auraient pu rencontrer. L'analyse des résultats de ces discussions nous ont permis de structurer l'organisation institutionnelle et réglementaire de la filière de la façon suivante : Les acteurs potentiels de la filière de la méthanisation peuvent être répartis en quatre grandes catégories :

- a) **Acteurs institutionnels**, chargés notamment de la mise en œuvre et la promotion des programmes de l'Etat dans les domaines de gestion des déchets, de la protection de l'environnement, et de la maîtrise de l'énergie
- b) **Producteurs de déchets** : il s'agit notamment des producteurs potentiels de déchets organiques pouvant être valorisés en biogaz.
- c) **Acheteur d'énergie** : il s'agit essentiellement de l'entité publique qui assure la gestion du secteur électrique et détient le monopole de transport et de distribution du gaz et de l'électricité ainsi que l'achat de l'électricité fournie par les auto-producteurs et les producteurs indépendants.
- d) **Organismes de recherche et de développement** : à travers la réalisation de travaux de recherches et de mise en place de projets pilotes

Il est à noter que les comptes rendus détaillés des entretiens sont annexés à ce document.

#### 2.3.1.1. Les acteurs institutionnels

Les acteurs institutionnels susceptibles d'être concernés par la filière de méthanisation industrielles des déchets sont multiples et divers. Les plus importants sont :

- **Le Ministère de l'environnement et du développement durable (MEDD)** dont le rôle est de définir et mettre en œuvre la politique nationale dans l'ensemble dans le domaine de la protection de l'environnement et du développement durable, en particulier la gestion et le traitement des déchets solides et liquides.
- **L'ANGed** en tant qu'organisme sous tutelle du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable. L'ANGed a notamment pour missions de :

- Participer à l'élaboration des programmes nationaux en matière de gestion des déchets
- Proposer aux autorités compétentes toutes mesures pour assurer la mise en œuvre de la politique de l'état en matière de gestion des déchets
- Participer à l'élaboration des textes législatifs et réglementaires relatifs à la gestion des déchets
- Réaliser et exécuter les projets et les programmes nationaux de gestion des déchets
- Assister les communes ainsi que les industriels dans le domaine de gestion des déchets
- Gérer les systèmes publics de gestion des déchets créés conformément à la législation et à la réglementation en vigueur
- Promouvoir le partenariat entre les collectivités locales, les industriels et les privés.
- Promouvoir les systèmes et les programmes de collecte et de valorisation des déchets
- Contribuer à la consolidation des compétences nationales

L'ANGed est un acteur incontournable dans la filière de méthanisation industrielle puisqu'elle assure en particulier la gestion de toutes les filières de déchets urbains : ordures ménagères, déchets industriels, déchets hospitaliers, etc. L'ANGed assure notamment la gestion des décharges, soit directement soit indirectement en attribuant des concessions à des exploitants privés.

- **L'Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE)** dont la mission est de mettre en œuvre la politique de l'Etat dans le domaine de la prévention et la lutte contre toute forme de pollution et d'atteinte à l'environnement. Elle assure en particulier la gestion de toutes les filières de déchets urbains : ordures ménagères, déchets industriels, déchets hospitaliers, etc. L'ANPE assure notamment la gestion des décharges, soit directement soit indirectement en attribuant des concessions à des exploitants privés.
- **Les Municipalités.** Elles assurent soit directement soit par délégation de gestion à des opérateurs privés, la collecte et le transfert vers les décharges des déchets urbains et notamment les ordures ménagères
- **Le Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la pêche (MARHP)** qui peut jouer un rôle important dans la filière de valorisation des déchets animaux, à travers ses structures placées sous sa tutelle, telles que la Direction Générale de Production Agricole(DGPA), l'Office de l'Elevage et des pâturages (OEP), Union Tunisienne de l'Agriculture et la pêche (UTAP)...

- **Les groupements professionnels**, tels que le Groupement des Industriels de Production Avicole, le groupement des industriels des produits agroalimentaires, etc.
- **Le Ministère de l'Industrie et de la Technologie (MIT)**, à travers notamment
  - **Le groupement des Industries de Conserves Alimentaires (GICA)**
  - **La direction Générale de l'Agroalimentaire (DGAA)**
  - **L'Union Tunisienne de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat (UTICA)**
  - **L'Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie (ANME)** en tant qu'organisme sous tutelle du Ministère de l'Industrie et de la Technologie, chargé de la mise en œuvre de la politique de l'Etat dans le domaine de la maîtrise de l'énergie et ce, par l'étude, la promotion de l'efficacité énergétique, des énergies renouvelables et de la substitution de l'énergie et intervenant en l'occurrence pour la promotion de la valorisation énergétique des déchets.

### **2.3.1.2. Producteurs de déchets**

Les producteurs de déchets organiques comprennent aussi bien des entités publiques que des producteurs privés.

- **L'Office National de l'Assainissement (ONAS)** qui assure le rôle de l'opérateur public en matière d'assainissement et de traitement des eaux usées. Il se charge à ce titre d'assurer la construction et l'exploitation des équipements publics de ce secteur. Il intervient dans la filière en tant que producteur de boues des stations d'épuration des eaux usées.
- **L'Office des Terres Domaniales (OTD)**, à travers les Agro-Combinats ou les fermes Pilotes dont il assure la gestion.
- **L'Union des coopératives de production agricole (UCP)**, à travers les fermes étatiques exploitées par une Coopérative de Production Agricole
- **Les sociétés de mise en valeur et de développement agricole (SMVDA)**, qui assurent la mise en œuvre et l'exploitation des terres domaniales avec un contrat de location de longue durée.

- **Les producteurs privés dans les secteurs de l'agriculture et de l'élevage :**  
Il s'agit notamment des couvoirs, éleveurs et grands agriculteurs.
- **Les producteurs privés dans le secteur de l'industrie agroalimentaire :** il s'agit notamment des producteurs de déchets organiques issus des conserveries de fruits, de légumes , les huileries (margines) , et les abattoirs de volailles et de ruminants

### 2.3.1.3. Acheteur d'énergie

- **La Société Tunisienne d'Electricité et de Gaz (STEG)**, en tant qu'acheteur potentiel d'électricité produite par les producteurs indépendants d'électricité à partir de biogaz.

### 2.3.1.4. Organismes de R&D

- Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (MESRS)
  - Centre Biotechnologie Sfax (CBS)
  - Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis (CITET)

### 2.3.1.5. Récapitulatif des différents intervenants dans la filière

Les acteurs institutionnels	Producteurs de déchets	Acheteur d'énergie	Organismes de R&D
✓ MEDD	✓ ONAS	✓ STEG	✓ MESRS
✓ ANGED	✓ OTD		✓ CBS
✓ ANPE	✓ UCP		✓ CITET
✓ Municipalités	✓ SMVDA		
✓ MARHP	✓ producteurs privés dans les secteurs de l'agriculture et de l'élevage		
✓ DGPA			
✓ UTAP			
✓ UCP	✓ producteurs privés dans le secteur de l'industrie agroalimentaire		
✓ Groupements professionnels			
✓ MIT			
✓ ANME			

✓ <b>GICA</b>			
✓ <b>DGAA</b>			
✓ <b>UTICA</b>			

### 2.3.2. Cadre organisationnel

Compte tenu du stade de développement peu avancé de la méthanisation industrielle, cette dernière reste encore peu structurée, voire même inexistante : absence d'investisseurs privés dans le secteur absence d'industriels spécialisés absence de savoir-faire spécifique.

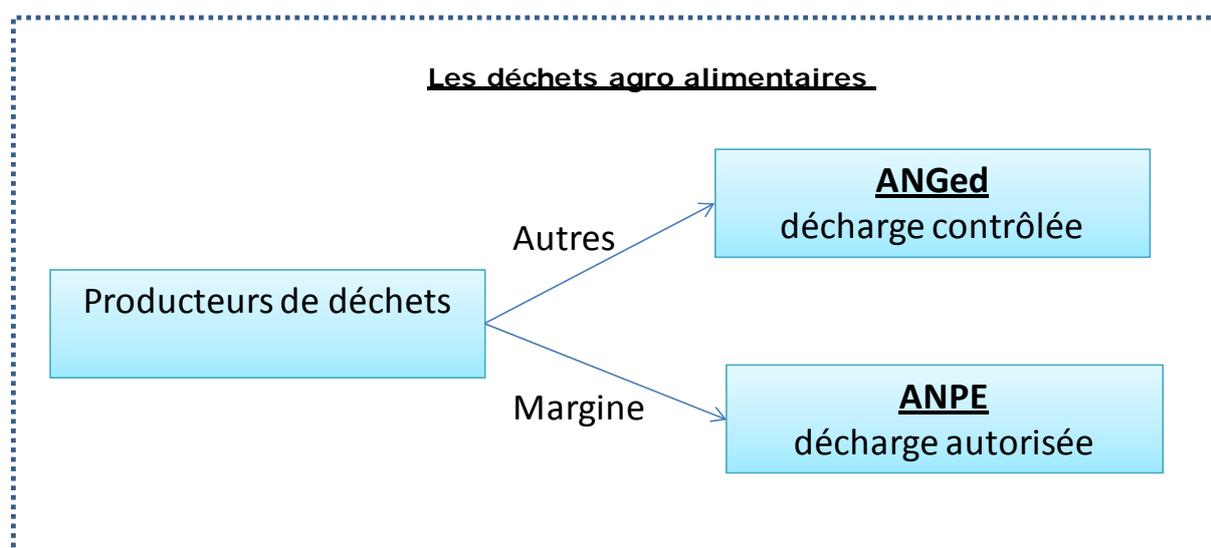
Au vu de ce constat, nous présentons deux schémas organisationnels de la filière. Le premier décrit la situation actuelle de gestion des déchets concernés par la méthanisation alors que le deuxième présente l'organisation de la filière en cas de valorisation des déchets en biogaz.

#### 2.3.2.1. Schéma organisationnel de la situation actuelle (sans la valorisation des déchets en biogaz)

##### ❖ Les déchets agro alimentaires

Les déchets non exploitables en tant que nutrition animale ou autre sont mises en décharge à partir du site de production (usines agroalimentaires, unités de traitement des olives).

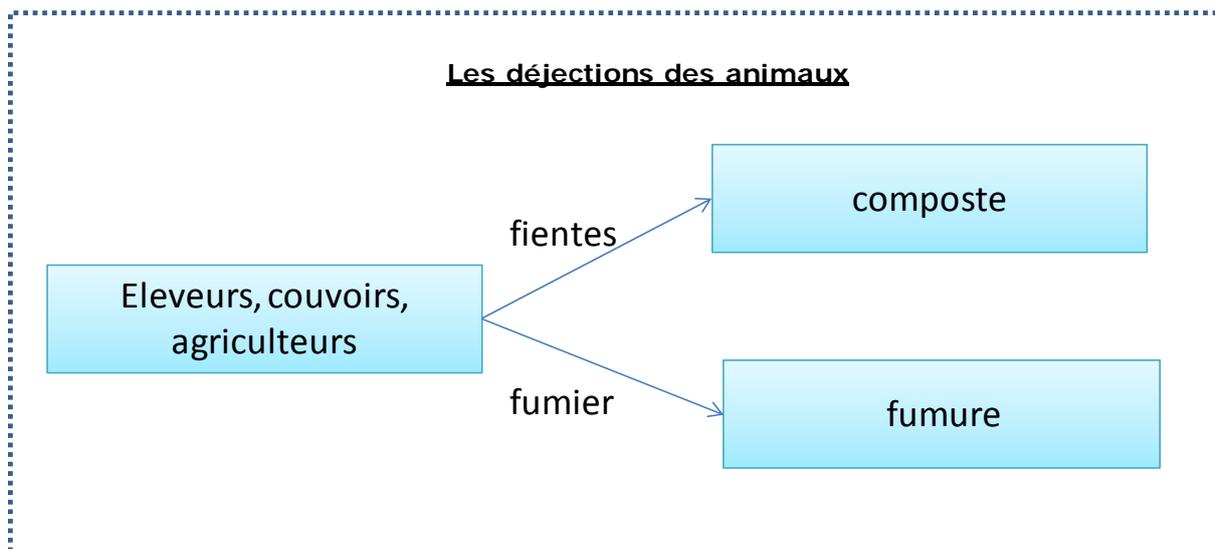
Les principaux déchets des abattoirs et des margines sont transportés et stockés par leur producteur au niveau des décharges qui sont contrôlées par l'ANGED.



##### ❖ Les déjections des animaux

Il n'existe pas pour le moment une organisation claire de la gestion des effluents animaux :

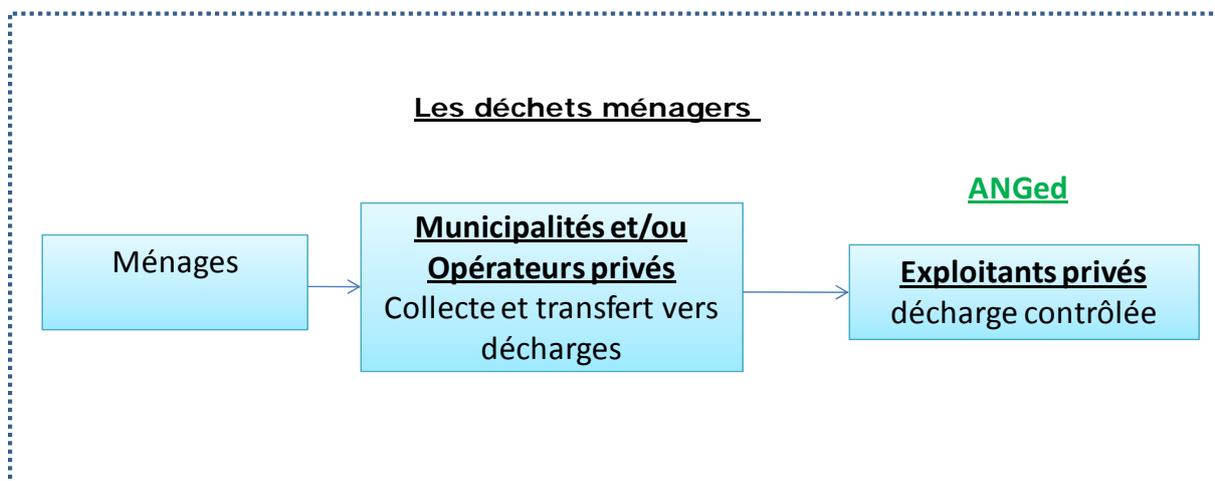
- Les fientes de volailles produites au niveau des poulailleries sont à la charge du producteur, mais l'ANGED représente l'organisme qui est le gestionnaire de cette filière de point de vue réglementaire.
- Les déchets agricoles (déjections des animaux) sont gérés dans les fermes par les éleveurs et ne sont sous aucun contrôle juridique plus qu'ils sont utilisés au niveau de ces fermes en tant que fumure pour l'amendement des sols agricoles. L'ANPE est aussi l'organisme qui veille à l'application des réglementations en matière de production, gestion, traitement et stockage de déchets. Il est aussi mandaté pour le contrôle de cette filière.



#### ❖ Les déchets ménagers

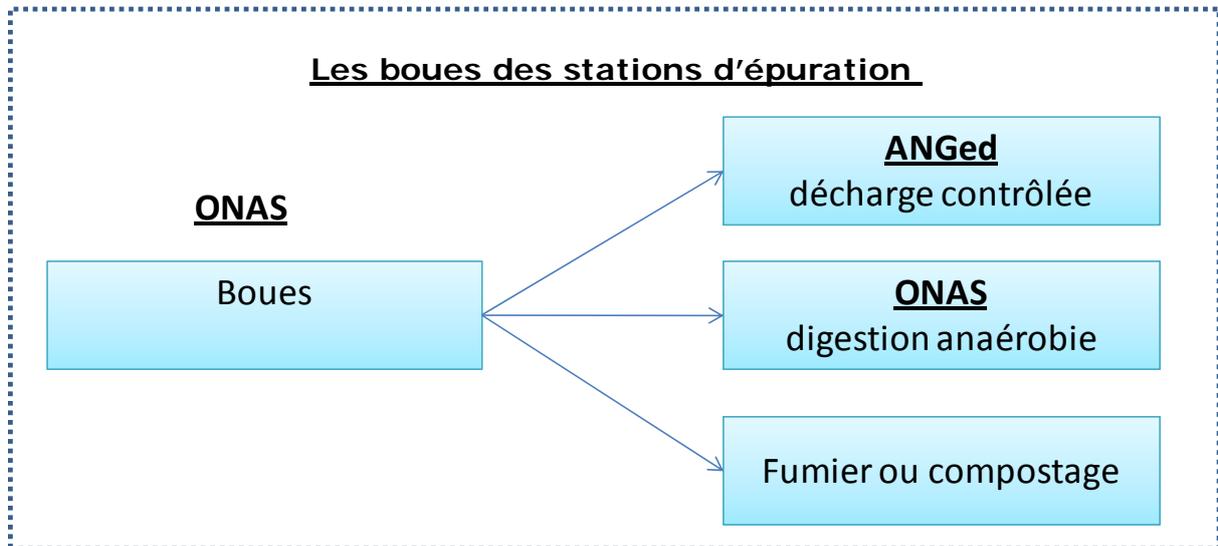
Les ordures ménagères sont collectées par les municipalités relevant du ministère de l'intérieur et du développement local.

La gestion des déchets et leur mise en décharge est réalisée par l'Agence nationale de gestion des déchets relevant du ministère de l'environnement et du développement durable.



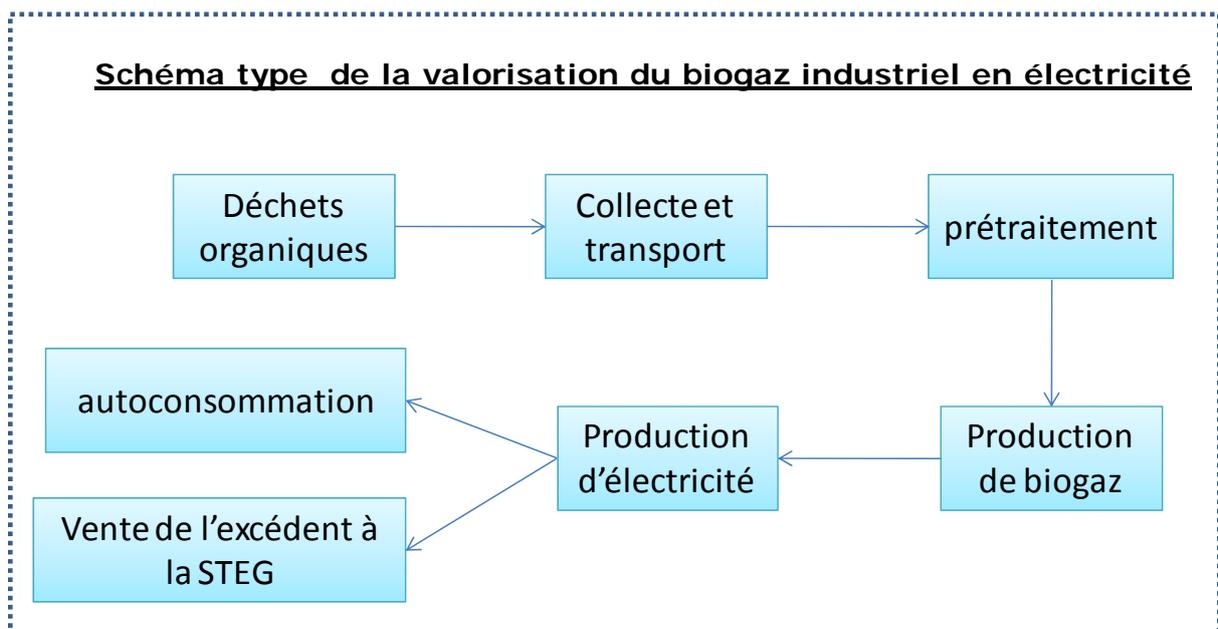
#### ❖ Les boues des stations d'épuration

Les boues produites au niveau des stations d'épuration sont gérées et mis en décharge par l'ONAS. Cette activité dépend aussi de l'ANGED relevant du même ministère.



### **2.3.2.2. Schéma organisationnel de la filière avec la valorisation des déchets en biogaz**

A part les projets de digestion anaérobie dans les stations de l'ONAS et l'expérience pilote de production d'électricité à partir des fientes de volailles, il n'existe pas pour le moment un montage organisationnel clair de la filière de méthanisation industrielle en Tunisie. C'est pourquoi nous proposons un schéma type faisant intervenir les acteurs clés concernés par cette filière depuis la phase de production des déchets organiques jusqu'à sa la valorisation du biogaz en électricité.



### **2.3.3. Cadre réglementaire**

Le cadre réglementaire de la méthanisation industrielle comporte à la fois la réglementation spécifique à la gestion des déchets et celle relative à la maîtrise de l'énergie et plus particulièrement les énergies renouvelables.

#### **2.3.3.1. Cadre réglementaire relatif aux déchets**

Les principaux textes réglementaires en relation avec la méthanisation industrielles des déchets sont :

- Loi organique sur les communes n°68 de l'année 1995 datée du 24 juillet 1995 qui stipule que la municipalité est la partie responsable de la collecte, de la levée et du traitement des déchets.
- Loi n°96-41 du 10 juin 1996, relative aux déchets et au contrôle de leur gestion et de leur élimination.
- Décret n°2005-2317 du 22 août 2005, portant création d'une agence nationale de gestion des déchets et fixant sa mission, son organisation administrative et financière, ainsi que les modalités de son fonctionnement;
- Arrêté du Ministre de l'Environnement et du Développement Durable daté du 17 janv.2007 relatif à l'approbation du cahier des charges fixant les conditions et les moyens d'exercice des activités de collecte, de transport, de stockage, de traitement, de recyclage et de valorisation des déchets non-dangereux.

#### **2.3.3.2. Cadre réglementaire relatif aux énergies renouvelables**

- **La loi n° 2009/7 du 09 Février 2009** modifiant et complétant la loi n° 2004-72 du 2 août 2004, relative à la maîtrise de l'énergie.

Cette loi autorise désormais tout établissement ou groupement d'établissements exerçant dans les secteurs industriels, agricole ou tertiaire et qui produit de l'électricité à partir d'énergies renouvelables pour sa consommation propre, de bénéficier du droit de transport de l'électricité ainsi produite, par le réseau électrique national jusqu'à ses points de consommation et du droit de vente des excédents exclusivement à la STEG, dans des limites supérieures et ce dans le cadre d'un contrat type approuvé par l'autorité de tutelle du secteur de l'énergie.

- **Le décret n° 2009-362 du 9 février 2009**, modifiant le décret n°2005-2234 du 22 août 2005, fixant les taux et les montants des primes relatives aux actions concernées par le régime pour la maîtrise de l'énergie ainsi que les conditions et les modalités de leur octroi.

Ce décret prévoit l'octroi pour la production du biogaz :

- ✓ Une prime de 40 % du coût de l'investissement avec un plafond de vingt mille dinars (20 000 D) pour la production du biogaz dans les fermes agricoles;
- ✓ Une prime de 20 % du coût de l'investissement, avec un plafond de cent mille dinars (100 000 D) pour la production du biogaz dans le but de produire de l'électricité dans les grandes unités industrielles et agricoles raccordées au réseau électrique national.

D'autre part, d'après le premier article de ce décret, les actions ayant pour objectif l'utilisation rationnelle de l'énergie, le développement des énergies renouvelables (comme la production de biogaz) et la substitution de l'énergie sont éligibles au bénéfice des primes suivantes:

1 – pour les projets de démonstration: une prime de 50 % du coût du projet de démonstration avec un plafond de cent mille dinars (100 000 DT);

2 – pour les investissements immatériels: une prime de 70 % du coût d'investissement immatériels avec un plafond de soixante dix mille dinars (70 000 DT)

- **Décret n° 2009-2773 du 28 septembre 2009**, fixant les conditions de transport de l'électricité produite à partir des énergies renouvelables et de la vente de ses excédents à la STEG

Ce décret permet à l'établissement ou le groupement d'établissements exerçant dans les secteurs industriels, agricole ou tertiaire et qui produit de l'électricité à partir des énergies renouvelables pour sa consommation propre, de bénéficier du droit de transport de l'électricité ainsi produite par le réseau électrique national jusqu'à ses points de consommation et du droit de vente des excédents de l'électricité exclusivement à la STEG dans les limites de 30 % de l'électricité produite annuellement.

Les limites de 30 % peuvent être dépassées pour les projets de production d'électricité à partir de la biomasse à condition que la puissance électrique installée ne dépasse pas 15 MW par projet.

- **Décision du Ministère de l'Industrie de l'Energie et des Petites et Moyennes Entreprises le 18 juin 2009**

Cette décision fixe les tarifs appliqués au transport de l'électricité et à la vente des excédents. Elle stipule d'autre part que la puissance électrique installée des équipements de production ne doit pas dépasser la puissance électrique souscrite du producteur auprès de la STEG.

**Tableau n°1 : Tarifs de l'auto production d'électricité**

Les tarifs		Prix de l'énergie
<b>Prix d'achat des excédents de l'énergie électrique produite par les énergies renouvelables</b>	Projets raccordés aux réseaux moyenne tension et haute tension :	Prix= prix de l'énergie au tarif général de l'électricité haute tension avec 4 postes
	Projets raccordés au réseau basse tension	La STEG facture la différence entre l'énergie électrique qu'elle délivre et celle qu'elle reçoit et ce dans le cadre du tarif général de l'électricité basse tension.  Dans le cas d'une différence négative, cette différence sera reportée pour la facture suivante
<b>Autres catégories d'autoproduction</b>	<b>Energie électrique produite par valorisation énergétique de matières utilisées dans l'industrie :</b>	<b>Prix= prix de l'énergie au tarif général de l'électricité haute tension avec 4 postes</b>
	<b>Les autres cas (millime/kWh)</b>	▪ <b>Jour= 53</b>
		▪ <b>Pointe= 82</b>
		▪ <b>Soir= 67</b>
	▪ <b>Nuit= 42</b>	
<b>Transport de l'énergie électrique</b>		5 millime / kWh
<b>TVA</b>		Les tarifs fixés de rachat et de transport de l'énergie électrique sont majorés de taxes sur la valeur ajoutée dont le taux a été fixé à 18%

### **3. BILAN DES REALISATIONS TUNISIENNES EN MATIERE DE VALORISATION DE BIOGAZ A L'ECHELLE INDUSTRIELLE**

Cette partie présente les expériences tunisiennes en matière de méthanisation industrielle et donne un aperçu sur l'état actuel de ces projets. L'accent sera mis sur le projet pilote de valorisation des fientes de volailles de Hammam Sousse, puisqu'il s'agit du seul projet de production du biogaz à l'échelle industriel relevant du secteur privé.

#### **3.1. VALORISATION DES BOUES DES STATIONS D'EPURATION**

- **Station d'épuration de Nabeul**

La station Nabeul (SE4) est équipée d'un digesteur de 2300 m<sup>3</sup> de volume avec une production de biogaz récupérable de 805 m<sup>3</sup> / jour et d'un gazomètre de 570 m<sup>3</sup> de volume.

Le biogaz ayant 71 % de méthane, 28 % de CO<sub>2</sub> et 862 ppm de H<sub>2</sub>S.

Le digesteur de cette station est actuellement en panne et les boues sont déposées dans les décharges.

- **La station d'épuration Charguia**

Elle est située dans la ville de Tunis à la zone industrielle de Charguia. Elle est construite en 1958 pour traiter 30.000 m<sup>3</sup> / j. Elle a été réhabilitée en 1978 pour traiter de 45 à 50.000 m<sup>3</sup> / j.

La station est équipée de 2 digesteurs primaires de capacités 4000 m<sup>3</sup> chacun et un digesteur secondaire de capacité 3800 m<sup>3</sup>.

Les digesteurs ne sont pas fonctionnels.

Actuellement, cette station est fermée au profit de la nouvelle station de Choutrana.

- **Station de Choutrana**

Cette station est équipée de 4 digesteurs de volumes 5250 m<sup>3</sup> chacun et de deux gazomètres de volume 1350 m<sup>3</sup> chacun.

La production de biogaz varie de 7500 à 10000 m<sup>3</sup> / j est utilisé pour le chauffage des boues du digesteur et la production d'énergie électrique.

#### **3.2. TRAITEMENT DE FIENTES DE VOLAILLES**

- **le projet pilote de biogaz industriel à Hammam Sousse**

### ❖ **Description du projet**

Le projet consiste en la valorisation de fiente de 20 000 poules pondeuses dans une ferme d'aviculture située à Hammam Sousse. Les études ont démarré en 1998 et le projet a été réalisé en 2000.

Le digesteur est d'un volume de 300 m<sup>3</sup> et est capable de traiter environ 4 tonnes par jour. La capacité de production des installations est estimée à 120 m<sup>3</sup> de biogaz par jour.

Le biogaz produit par le digesteur, après sa désulfuration, est composé d'environ 77% de méthane, 22% de CO<sub>2</sub> et 1% de gaz divers. Une partie du biogaz produit est utilisée pour des usages thermiques de cuisson et chauffage de l'eau dans la ferme. Toutefois la grande partie du gaz produit est utilisé pour la production d'électricité grâce à deux générateurs de 24 kVA chacun, fonctionnant en alternance.

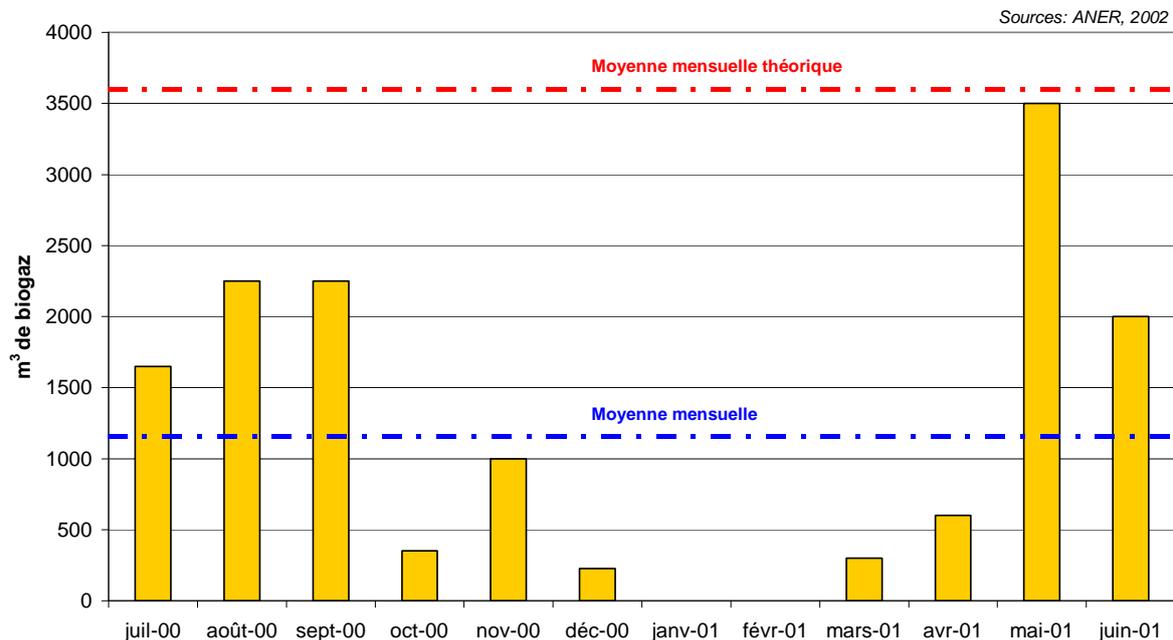
Par ailleurs, le traitement des déchets de fientes de volaille par le système de digesteur est un bon procédé pour en extraire les produits polluants. Ces déchets, une fois traités, peuvent être valorisés comme fertilisants agricoles. Le digesteur n'est pas fonctionnel actuellement.

### ❖ **Evaluation des résultats du projet**

#### ➤ **La production de biogaz**

Théoriquement, le système devrait permettre de produire en moyenne 120 m<sup>3</sup> par jour, soit une moyenne mensuelle d'environ 3600 m<sup>3</sup>. Or, comme le montre le graphique suivant, la production réelle n'a été que de 1200 m<sup>3</sup> en moyenne par mois, soit environ 40 m<sup>3</sup> par jour.

### Evolution de la production mensuelle de biogaz Projet pilote de Hammam Sousse



Ce décalage est dû à diverses raisons :

- quelques pannes au démarrage du projet ;
- des problèmes d'approvisionnement en fientes, dus essentiellement à la baisse d'activité de la ferme pendant le printemps et l'été ;
- la baisse de température durant les mois d'hiver ce qui ne permet plus une production optimale au niveau des digesteurs.

#### ➤ **La valorisation du biogaz**

En ce qui concerne la valorisation du biogaz produit, la plus grande partie devrait servir pour la production d'électricité. Actuellement, moins de 25% de la capacité de production d'électricité du projet est réellement exploitée. En effet, l'électricité produite ne sert pour le moment qu'à couvrir la consommation propre du système ainsi qu'une partie des besoins au niveau de la ferme.

#### • **Traitement de fientes volaille et de déchets de papiers à Sfax**

La station est équipée d'un digesteur de capacité 800 m<sup>3</sup> et qui est en cours de construction et d'un gazomètre de capacité 250 m<sup>3</sup>.

### 3.3. DECHARGE DE JBAL CHAKIR

Le site de Djebel Chakir a déjà permis d'enfouir 4,2 millions de tonnes de déchets ménagers, et ce, jusqu'à la fin de l'année 2005. D'après les

estimations de l'étude d'expertise faite par l'ANGED, entre 2006 et 2010, cette décharge devrait recevoir quelque 3,5 millions de tonnes d'ordures ménagères supplémentaires. A la fin du cycle de vie de la décharge, le volume total de déchets qui sera accumulé dans ce site avoisinera les 8 millions de tonnes.

Actuellement, la quantité de biogaz produite est de 9 126 220 m<sup>3</sup>.

Selon l'ANGED, la décharge de Djebel Chakir devrait générer d'ici 2032 quelque 500 mille tonnes de CH<sub>4</sub>, soit environ 10,5 millions de tonnes équivalent CO<sub>2</sub>. Le projet MDP qui comporte l'installation d'une turbine à gaz pour la production d'électricité, interviendra ainsi sur la période 2006-2015 pour exploiter plus de 60% des émissions générées par la décharge durant trois décennies.

## **4. EXPERIENCE DE LA METHANISATION INDUSTRIELLE DANS LE MONDE**

### **4.1.1. La méthanisation à la ferme**

En Europe, on a plus de 5000 unités, dont plus de 3 500 en Allemagne en 2006 (environ 300 en 2000...). En Indes, on a plus de 100 000 unités. Même au États-Unis, on a plus de 200 unités. Quant au Canada, il présente 10 unités ou digesteurs pour la méthanisation de lisier de porc.

Dans plusieurs pays d'Europe, cet effort a néanmoins été poursuivi. Il a trouvé un nouvel élan avec la prise en compte des problèmes d'environnement.

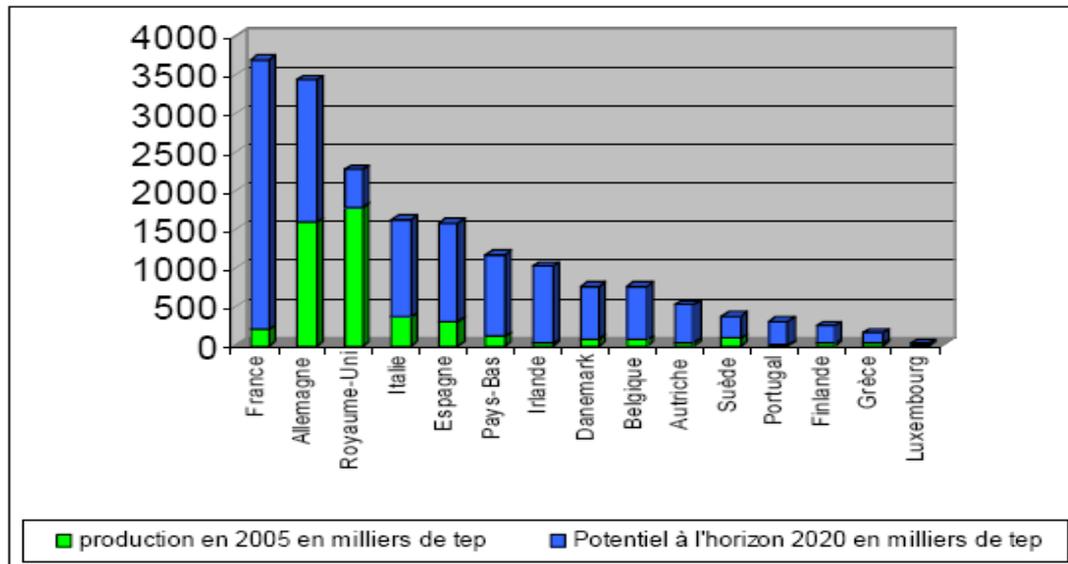
Aujourd'hui, le biogaz « à la ferme » se développe dans d'autres pays d'Europe : Autriche, Danemark, Suisse, mais surtout Allemagne (près d'une centaine d'installations nouvelles par an en moyenne depuis 10 ans).

Cet essor est le résultat de plusieurs facteurs dont les principaux sont les suivants :

- le biogaz « à la ferme » bénéficie de tarifs d'achat d'électricité élevés (90 à 100 euros /M Wh ; le tarif en Allemagne a été révisé à la hausse en 2004, il peut atteindre 200 €/ M Wh) ;
- un grand nombre d'installations traite des déchets (de collectivités locales, du secteur agro-industriel...) avec les lisiers, et bénéficient de redevances de traitement qui permettent d'améliorer l'équilibre économique.

La production de biogaz à la ferme dans quelques fermes en Europe notamment en France, en Allemagne et au Royaume Uni qui présentent

les plus grands producteurs de biogaz à la ferme en Europe durant l'année 2005 avec une estimation de la production pour l'année 2020 (figure a).



**Figure a: Production de biogaz dans quelques pays en Europe pour 2005 et 2020**

#### 4.1.2. La méthanisation des ordures ménagères

Depuis le milieu des années 1980, sont apparus les premiers pilotes industriels capables de traiter des déchets organiques solides, tels que les déchets ménagers et assimilés.

La première réalisation est française avec Amiens en 1985, procédé Valorga conçu en France. Il a fallu une dizaine d'années pour que la technologie parvienne à un stade de maturité qui lui permette d'aborder son essor commercial.

Fin 2002, 78 unités industrielles de méthanisation de déchets ménagers et assimilés sont en service en Europe pour une capacité de traitement de 2,3 millions de tonnes de déchets par an.

Les usines de méthanisation de déchets ménagers et assimilés collectés en vrac et triés en usine, très rares avant 1999, représentent désormais presque la moitié de la capacité totale de traitement.

La taille moyenne des usines est de 30.000 tonnes par an. Cette taille a doublé depuis les années 1992-1998. Il existe peu d'unités d'une taille inférieure à 5.000 tonnes.

Le procédé Valorga est le seul procédé utilisé actuellement comme étant un procédé biologique anaérobie de traitement de la fraction organique issue des déchets ménagers issus d'une collecte sélective ou non.

La société Valorga et la société belge OWS ont été les premières à proposer la méthanisation des déchets ménagers en Europe. Il s'agit d'un système basé sur la mise en agitation du milieu par recirculation de biogaz.

A Tilburg en Hollande, les déchets de 300 mille habitants sont collectés séparément et sont traités par la digestion anaérobie avec le digesteur Valorga. Le digesteur a une capacité de traitement de 52 mille t / an et a été lancé en 1994.

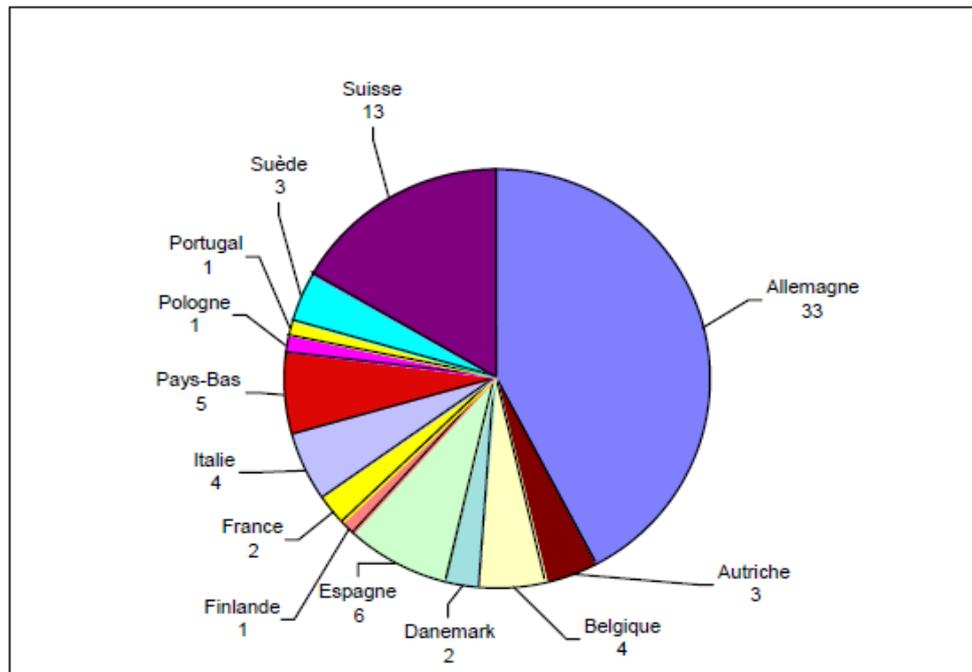
La fraction des déchets traités consiste en la fraction des ordures ménagères composées de déchets alimentaires et d'espaces verts (bio déchets). Ils sont triés à la source et collectés séparément une fois par semaine.

Les caractéristiques du système sont :

- Le temps de séjour varie entre 20 jours en période normale et 55 jours en période calme.
- La teneur en matière sèche est à environ 30 %.
- La productivité en méthane dépend de la composition des déchets et du temps de rétention des solides. Elle est de 290 m<sup>3</sup> / t en hiver et de 210 m<sup>3</sup> / t de MV en été.
- Les charges massiques appliquées sont de 3 à 4,5 Kg de MV / m<sup>3</sup> de réacteur par jour.

L'Allemagne totalise le tiers de la capacité installée en Europe suivie par l'Espagne et les Pays-Bas (figure b).

On observe un fort ralentissement du nombre de nouvelles installations en Allemagne à partir de 1999 et le décollage de l'Espagne en 2001. En nombre d'installations, c'est la Suisse qui arrive en seconde position.



**Figure b : Nombre d'unités de méthanisation (OM et assimilés) par pays en 2002**

Les installations les plus importantes, en capacité, sont celles qui traitent des déchets non triés (capacités de l'ordre de 100.000 t/an): Barcelone (2 usines), La Corogne, Hanovre, Varennes Jarcy...

#### **4.1.3. La méthanisation des boues des stations d'épuration**

La première référence de digesteur des boues de STEP concerne la ville de d'Exeter au royaume Uni qui, en 1895, valorise le biogaz produit pour l'éclairage urbain. Le choc pétrolier des années 70 lui donne un essor mais cette capacité de traitement semble être restée stable depuis (si ce n'est pas quelques réalisations de grandes capacités).

La digestion thermophile permet une meilleure hygiénisation des boues. Elle est de plus en plus pratiquée en Europe.

Citons l'exemple de la station d'Achères qui traite des effluents d'une population de 6,5 million d'habitants.

Il existe plusieurs digesteurs de boues et qui peuvent être conçus pour servir de stockage de biogaz.

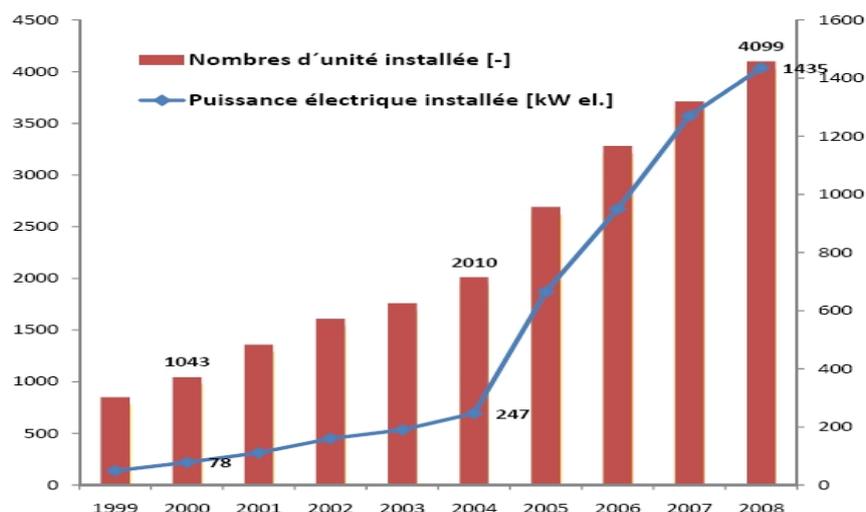
En Allemagne, les formes ovoïdes sont développées, en Royaume Uni et en Scandinavie se sont plutôt les digesteurs de forme cylindrique ; et le type continental en France, notamment ceux qui sont construits par la société DEGREMONT.

Le brassage des digesteurs se fait principalement par recirculation du biogaz qui est injecté par des cannes au fond du réacteur ou par des turbines installées dans le digesteur. Parfois, on trouve une recirculation de matière par des pompes externes. Le débit recommandé est de  $1 \text{ m}^3 / \text{h}$  et par  $\text{m}^2$  de surface du digesteur.

- **Expérience en Allemagne**

C'est en Allemagne que le marché du biogaz s'est le plus développé notamment la filière «méthanisation agricole/territoriale». En 2007, il existe environ 3.700 installations de méthanisation d'une puissance installée totale d'environ 1.270 MW. Ce développement a été facilité, depuis 2000, par un tarif de rachat, favorisant la cogénération, l'utilisation de techniques innovantes (injection du biogaz dans le réseau gaz naturel, Organic Rankine Cycle,...) ou encore la production de certains types de substrats. Contrairement à d'autres pays leaders dans le biogaz comme le Danemark, la Suisse ou la Suède, l'Allemagne a la particularité d'encourager l'utilisation de cultures énergétiques (maïs, céréales,...) pour la méthanisation.

La hausse du prix alimentaire des grandes cultures depuis 2007 a favorisé le marché de l'alimentation, au détriment de celui de la méthanisation agricole -une filière fragile, sauf politique industrielle volontariste et cadre législatif approprié. Ainsi, le gouvernement allemand a décidé d'augmenter le tarif de rachat pour la méthanisation de cultures énergétiques et d'élargir la liste des types de biomasses utilisables dans les installations de méthanisation agricole.



**Figure n°c : nombre d'unités installées en Allemagne**

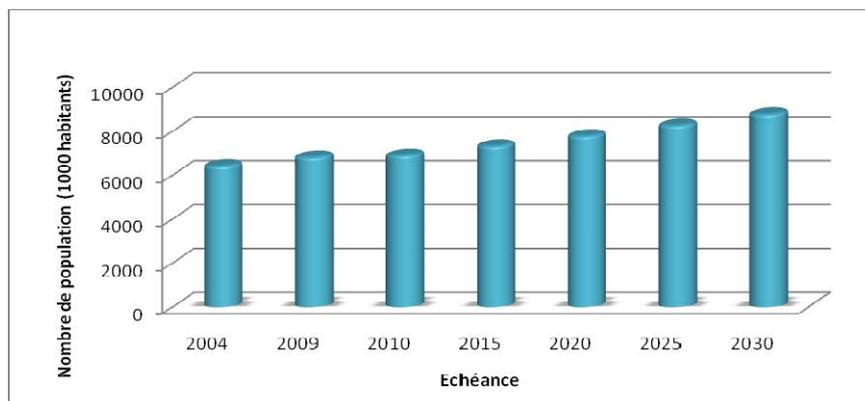
## 5. EVALUATION DU POTENTIEL POUR LA METHANISATION INDUSTRIELLE EN TUNISIE

### 5.1. POTENTIEL BRUT DE PRODUCTION DE BIOGAZ EN TUNISIE

#### 5.1.1. *Potentiel des ordures ménagères*

Suivant le recensement de 2004, la population communale a atteint 6.429,461 millions habitants représentant 64,9 % de la population totale contre 61,0 % en 1994. Le taux d'accroissement annuel dans les zones communales durant la décennie 1994-2004 a atteint 1,80 % contre 1,21 % pour l'ensemble de la population. Cette augmentation de la population communale est attribuée d'une part à l'accroissement naturel de la population et à l'influence de l'exode des régions intérieures, ainsi qu'à la création de nouvelles communes et à l'extension de certains périmètres communaux d'autre part.

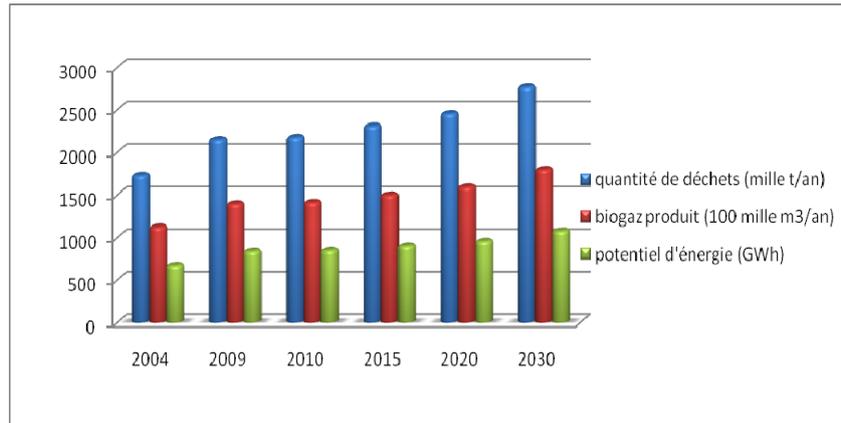
L'analyse de la figure n°1 relative à l'évolution de la population communale montre qu'elle atteint 6.877,269 million d'habitant en 2004 et évoluera en 2030 pour atteindre les 8.789,893 million d'habitant, soit un taux d'évolution de l'ordre de 11.6 %.



**Fig n° 1 : Evolution de la population communale durant la période 2004 – 2030**

La répartition du nombre total de la population communale en Tunisie montre que 32.9 % des habitants sont répartis principalement sur le grand Tunis à raison de 2.246,403 million en 2009.

Tenant compte du nombre de la population communale et de la quantité des déchets produite par habitant et par jour à raison de 0.8 à 1 Kg / habitant / jour, on a un potentiel global de déchets en 2004 de l'ordre de 4.745 milles tonnes par jour; soit un potentiel de 1.731,925 million tonne par an.



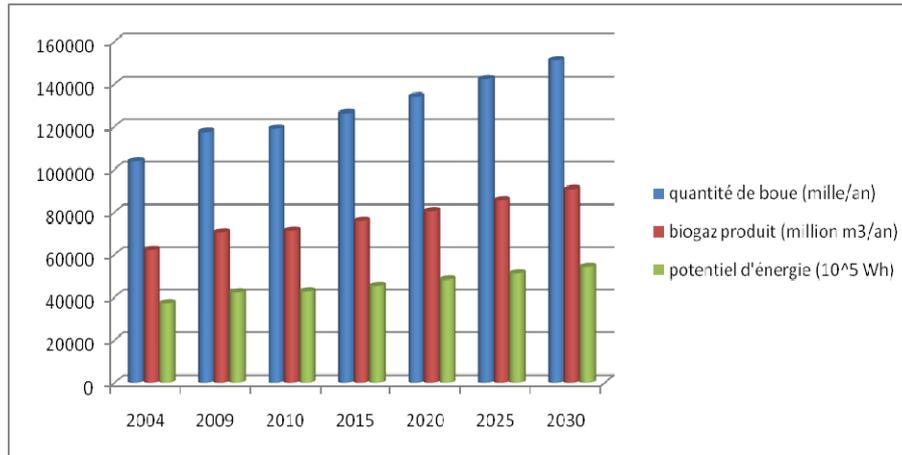
**Fig n°2 : Evolution des ordures ménagères et de l'énergie productible pendant la période 2004 - 2030**

L'augmentation du potentiel de déchets implique une augmentation du potentiel de biogaz de 1.731,925 million tonne \* 65% = 112.575,125 million de m<sup>3</sup> en 2004 à 1800 million de m<sup>3</sup> en 2030 car le gisement de déchets comprend 65 % de matière organique; Cette quantité de biogaz pourrait générer du méthane ayant un pourcentage de 60% ce qui implique une augmentation du potentiel énergétique de 675 GWh en 2004 à 1080 GWh en 2030. (Fig n°2)

### **5.1.2. Potentiel des boues de station d'épuration**

Tenant compte du nombre des stations d'épuration en Tunisie à raison de 93 stations dont 32 stations au nord soit 35 % et 26 stations au centre du pays à raison de 28%, le reste est située au sud à raison de 27%, et de la quantité des boues produite par équivalent habitant par jour. on a un potentiel théorique global de boue en 2004 de l'ordre de 103.838 mille tonne par an qui pourrait produire du biogaz dont le potentiel théorique est de 62.302,800 millions m<sup>3</sup> par an soit un gisement en électricité de 374 GWh.

Par ailleurs, ce potentiel théorique évoluera en 2009 à raison de 117,553 mille tonnes soit un potentiel de biogaz de 70.531,800 million m<sup>3</sup> soit 423 GWh. Ce potentiel sera de 151,131 mille tonnes en 2030 soit 90.798,127 million m<sup>3</sup> correspondant à 544,78 GWh. (Fig n°3)



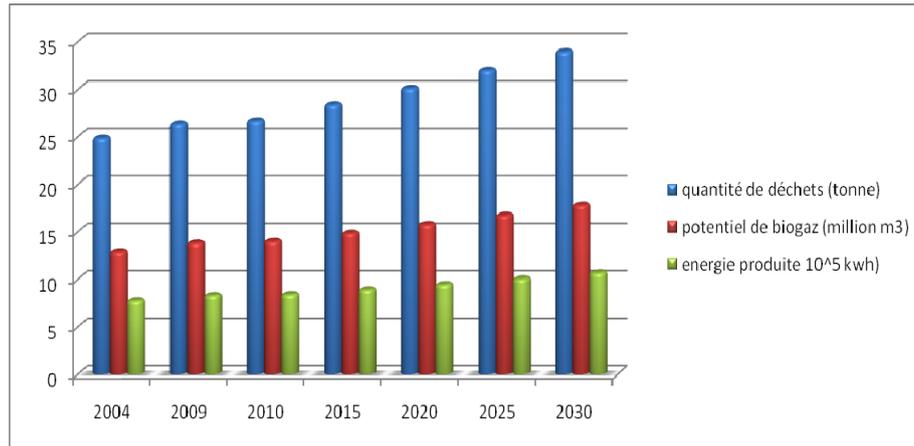
**Fig n° 3 : Evolution de la quantité des boues théoriques de STEP et de l'énergie productible durant la période 2004 – 2030**

### 5.1.3. Potentiel des déchets Agro-alimentaires

- **Déchets issus des conserveries de fruits et de légumes**

Le potentiel théorique global des déchets de conserverie de légume en 2004 est de l'ordre de 31,427 mille tonne par an soit un potentiel de biogaz théorique de 16.996,195 millions de m<sup>3</sup> par an produisant un gisement énergétique de 102 GWh. Par ailleurs, ce potentiel théorique est estimé en 2010 à raison de 33,992 mille tonne soit un potentiel de biogaz 16.793,000 million m<sup>3</sup> soit 101 GWh.

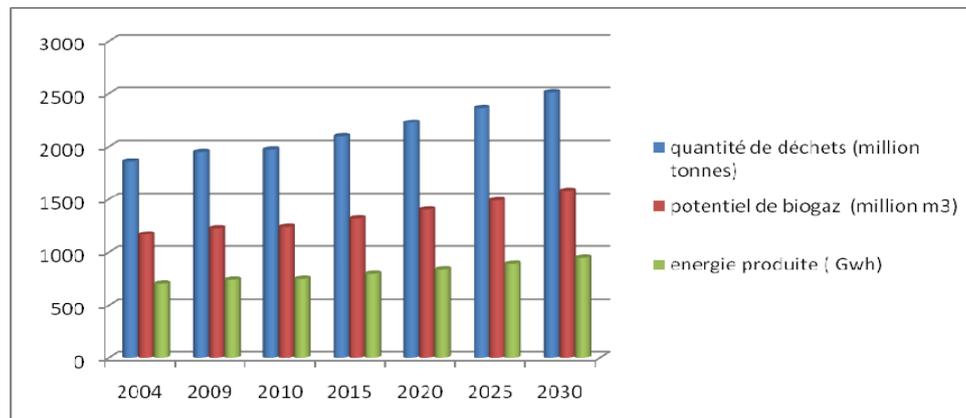
Tenant compte des prospections futures en 2030, la quantité de déchets théorique produite atteint les 43,23 milles Tonnes par an et générant un potentiel théorique de biogaz de 21.618,234 millions de m<sup>3</sup> par an soit 130 GWh. (Figure N° 4)



**Fig n°4 : Evolution de la quantité des déchets théoriques de conserverie de fruits et légumes et de l'énergie productible durant la période 2004 – 2030**

### • Conserverie de poissons

En 2004, la quantité totale des déchets de conserverie de poissons a été estimée à 2 552,810 mille tonnes et celle de 2009 est de 2 683,115 mille tonnes. Le potentiel théorique des déchets de conserverie de poissons correspondent à 1168,835 million de m3 soit 7013 GWh en 2004. On estime une évolution de cette quantité de biogaz en 2030 à 1581,650 million m3 soit 9490 GWh. (Fig n°5)



**Fig n°5 : Evolution de la quantité des déchets théoriques de conserverie de poissons et de l'énergie productible durant la période 2004 – 2030**

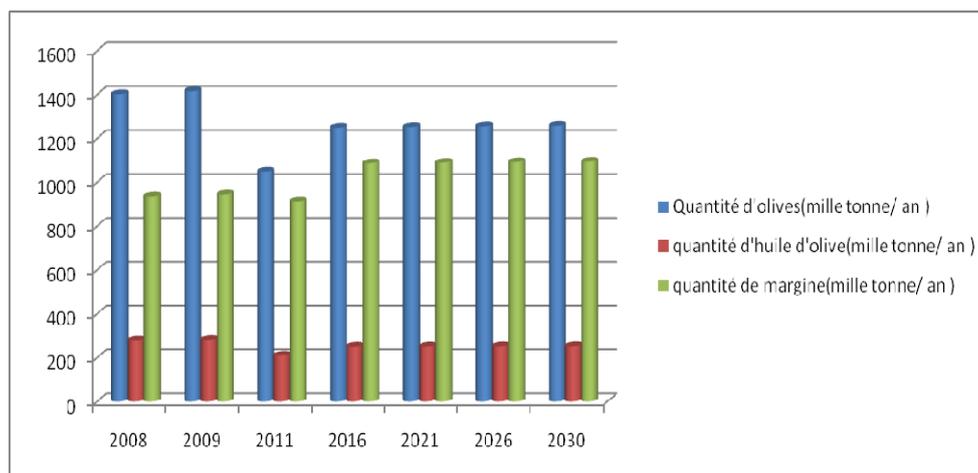
### • Les margines

L'analyse de l'évolution de la production des margines au cours des dix dernières années montre que la quantité moyenne de marge est de 850 litres par tonne d'olive trituré.

Environ 1702 huileries sont installées sur le territoire produisant des quantités annuelles de margines (sous-produit liquide) pouvant aller de 600 000 T/an à 1 200 000 T/an suivant les saisons.

Le ratio national étant estimé 0.87 Tonne de margines / Tonne d'olive triturée.

La quantité de marge estimée en 2007 est de 850 mille tonnes et celle de 2009 est de 944 mille tonnes. On estime que la quantité de marge en 2030 sera de 1095 mille tonnes. (Fig n°6)



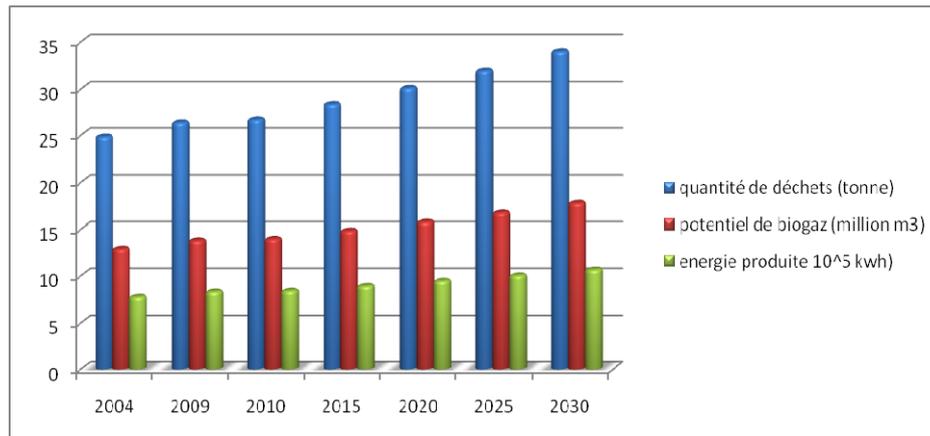
**Fig n°6 : Evolution de la quantité de marge durant la période 2008 – 2030**

- **Les déchets des abattoirs de bétail**

Les données de la DGPA-Ministère de l'agriculture, et notamment les poids abattus par espèces, ont permis d'évaluer la production de déchets organiques dans les abattoirs contrôlés. Cette production est estimée en 2004 à près de 24865 tonnes et celle en 2009 est de 29250 tonnes. (Fig n°8)

Le potentiel théorique global des déchets d'abattoirs de bétails en 2004 est de l'ordre de 24,865 mille tonne par an soit un potentiel de biogaz théorique de 12.929,800 millions de m<sup>3</sup> par an produisant un gisement énergétique de 77,5 GWh.

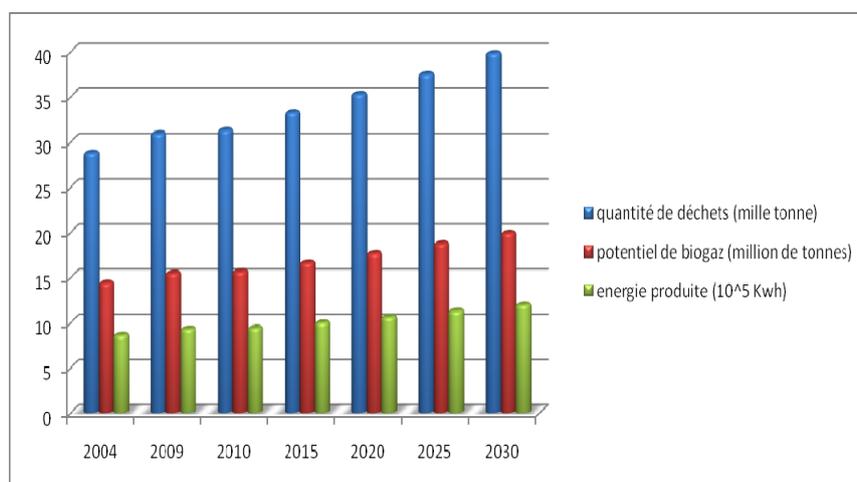
Par ailleurs, ce potentiel théorique est estimé en 2009 à raison de 26,596 mille tonne soit un potentiel de biogaz de 13.829,920 millions m<sup>3</sup> correspondant à 83 GWh. On estime que la quantité de déchets sera de 24.86 mille tonnes en 2030 soit 17.806,022 million m<sup>3</sup> de biogaz équivalent à 106.8 GWh. (Fig n°7)



**Fig n°7 : Evolution de la quantité des déchets théoriques des abattoirs de bétail et de l'énergie productible durant la période 2004 – 2030**

- **Les déchets des abattoirs de volailles**

En 2004, la quantité de déchets générée à partir de ces abattoirs est de 28752 tonnes et celle en 2009 est de 30925 tonnes. On estime que la quantité des déchets des abattoirs de volailles sera de 39.810,866 tonnes en 2030, soit un potentiel de biogaz de 19,9 million de tonne correspondant à 119,72 GWh. (Fig n°8)

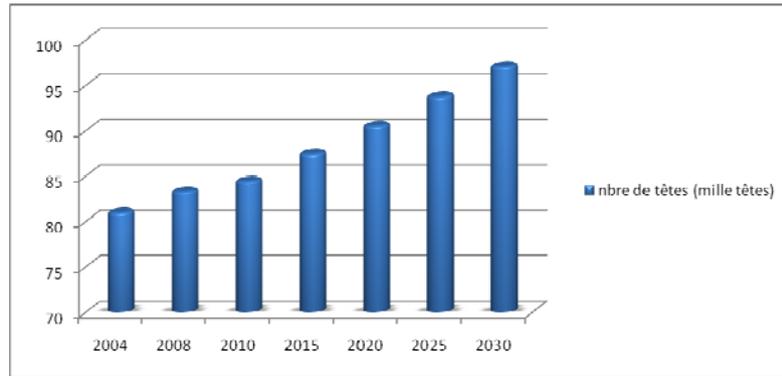


**Fig n°8 : Evolution de la quantité des déchets théoriques des abattoirs de volaille et de l'énergie productible durant la période 2004 – 2030**

#### 5.1.4. Potentiel des déchets agricoles et d'élevage

- **Fientes de volailles**

L'effectif national des volailles est estimé à environ 90 millions sujets toute race confondue selon la campagne de l'année 2008. Cet effectif est estimé à 97 million de sujets en 2030 (Fig n°9).



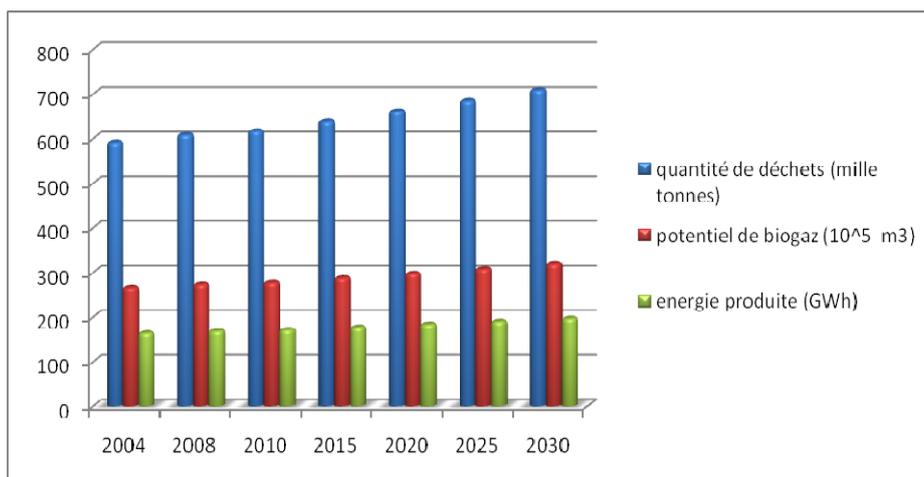
**Fig n°9 : Evolution de l'effectif de volailles durant la période 2004 – 2030**

La production totale des fientes est estimée en 2004 à environ 591 712 tonnes. On distingue deux types de fientes produits (Fig n°11):

- Les fientes liquides, que l'on retrouve dans les élevages de poules pondeuses.
- Les fientes solides, que l'on retrouve dans les élevages de poulets de chair, de reproducteurs chairs et de reproducteurs pontes et dans les élevages de dindes de chair et reproducteur pontes.

350 mille tonnes / an environ est sous forme de lisier liquide facilement valorisable par bio méthanisation. Le reste étant des fientes sèches facilement compostable.

Cependant, 100 % des déjections est récupérables au niveau des bâtiments pour la méthanisation, donc on aura tout simplement 608,455 mille Tonnes en 2008 soit un gisement globale en 2030 de l'ordre de 709,376 mille Tonnes. Ce potentiel théorique de déchets correspond à un potentiel de biogaz de  $608,455 \text{ mille Tonnes} \times 45 = 28 \text{ million m}^3$  en 2008 soit 164 GWh et qui sera estimé à  $31,9 \text{ million m}^3$  en 2030 soit 196 GWh. (Fig n°10)

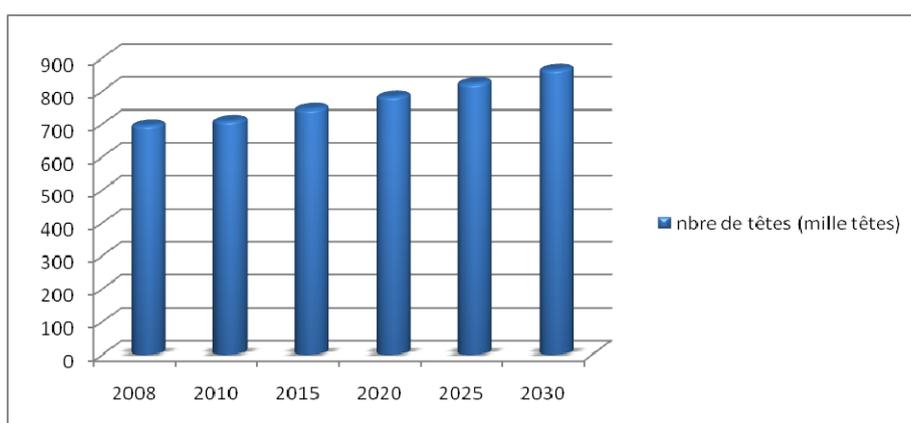


**Fig n°10 : Evolution de la quantité de fientes de volailles et de l'énergie productible durant la période 2004 – 2030**

### • Déjections bovines

L'effectif total des bovins, selon la campagne 2007/2008, est de 694,660 mille têtes toutes races confondues ; les 2/3 de cet effectif étant des vaches productrices, le reste composé de veaux, de taurillons et de vaches locales.

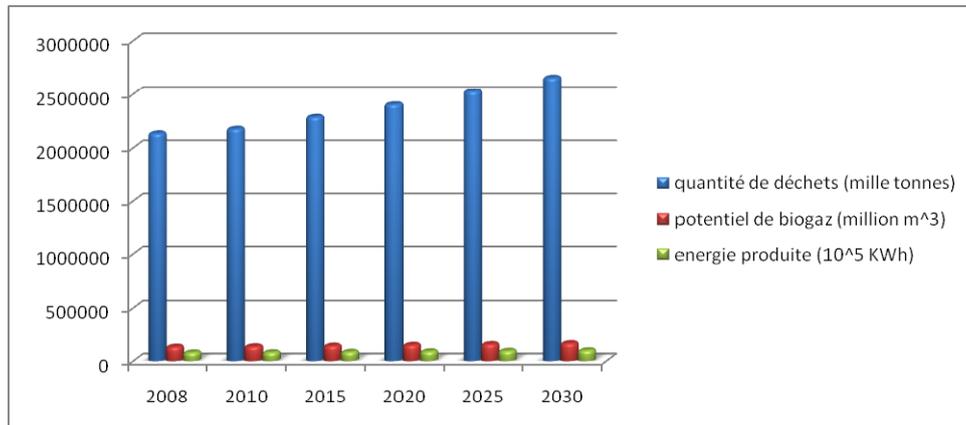
L'analyse de l'évolution de l'effectif des bovins pendant la période 2008 - 2030 montre que le cheptel augmente de 694 à 864 mille têtes (Fig n°11).



**Fig n°11 : Evolution de l'effectif des bovins durant la période 2008 – 2030**

En 2008, la quantité de déjections bovines est estimée à 2133,790 mille tonnes, celle de 2030 est estimée à 2655,962 mille tonnes. Cette quantité

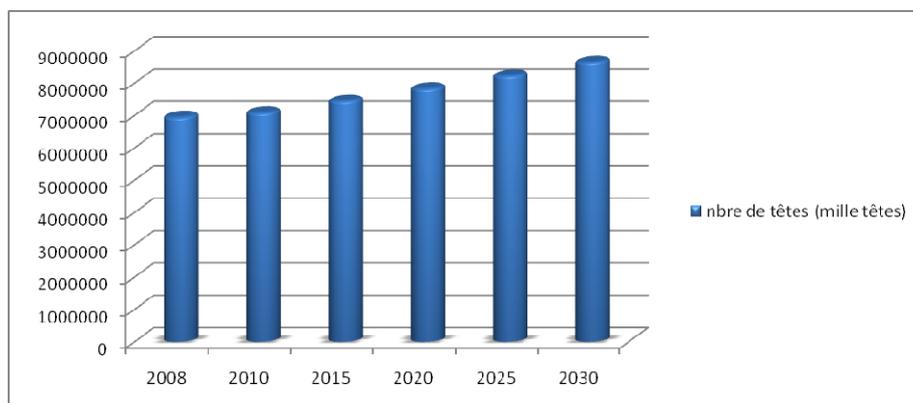
correspond à un potentiel de biogaz de  $2133,790 \times 21\% \times 85\% \times 0,35 = 165.931,242$  million de  $m^3$  soit 995.587 GWh (Fig n°12).



**Fig n°12 : Evolution de la quantité de déjection bovine et de l'énergie productible durant la période 2008 – 2030**

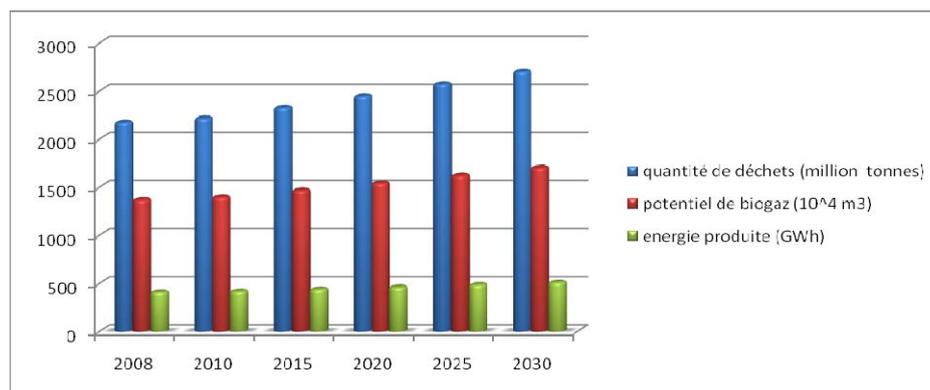
### • Déjections ovines

L'analyse de l'évolution de l'effectif des ovins durant la période 2004-2030 montre que ce cheptel évolue de 6.949 à 9.000,7 millions de têtes (Fig n°13).



**Fig n°13 : Evolution de l'effectif des ovins durant la période 2008 – 2030**

En 2008, la production annuelle de déjections ovines est de 2 175,765 mille tonnes ; cette quantité de déchets correspond à un potentiel de biogaz de  $2175,765 \times 35\% \times 90\% = 137.073,195$  millions  $m^3$ , soit 411 GWh. En 2030, cette quantité est estimée à 2 708,209 mille tonnes soit un potentiel de biogaz de 170.617,180 million de  $m^3$  équivalent à 511 GWh (Fig n°14).



**Fig n° 14 : Evolution de la quantité de déjection ovine et de l'énergie productible durant la période 2008 – 2030**

## 5.2. USAGES CONCURRENTS A LA METHANISATION

### 5.2.1. Déchets agro-alimentaires

- **Déchets issus des conserveries des fruits et légumes**

Ces déchets font actuellement l'objet d'une valorisation en alimentation animale. Des méthodes simples de compostage permettent, à défaut de trouver des débouchés nobles en alimentation, de résoudre sur place le problème, tout en diminuant les coûts de transport et de mise en décharge.

Les déchets de conserveries de fruits et légumes sont issus essentiellement des déchets de tomates. Presque la totalité de ces déchets sont exploités à des fins complémentaire en nutrition pour animaux. On cite particulièrement les déchets de tomate et de piment. En effet, les tendances actuelles en plus de la nutrition des animaux est la valorisation par extraction de certains produits tel que les huiles issus des grains de piments et la fabrication de condiments. En outre, à partir des déchets de conserverie de tomate on projette d'extraire de la lycopène pour des usages médicaux, aromatiques et cosmétiques.

Par ailleurs, les déchets issus des industries de semi conserve et de la conserve des confitures sont assez négligeables d'un point de vue quantitatif.

Le principal créneau intéressant pour la méthanisation industrielle réside au niveau des déchets des transformations de thon et de poissons et ce après un premier usage en nutrition animale en tant que farine de poisson.

- **Les déchets et sous produits des huileries**

Actuellement, un texte de législation est en cours avec la coordination entre le ministère de l'agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche et le ministère de l'environnement et du développement durable. La

marginé est actuellement déversée dans des sites spécialisés constitués de bassins de collecte de la margine et des lits de séchage.

Actuellement, l'épandage de margine en tant que fertilisant est très limité. Elle est réalisée chez 50 à 60 agricultures dont la surface totale en 2009 est de 1800 ha et de 2500 ha en 2010 correspondant à une quantité très négligeable de 50 m<sup>3</sup> / ha; ce qui est encore très minime par rapport à la quantité de margine produite.

En conclusion, les margines n'auront pas d'usage concurrents. Elles seront traitées par la méthanisation industrielle, puis épandues aux sols agricoles en tant que fertilisant.

- **Les déchets des abattoirs de bétails et de volailles**

Les déchets d'abattoir sont caractérisés par une nature animale dominante et forte fermentescibilité. Les déchets solides d'abattoirs ne peuvent pas être compostés seuls en phase aérobie, en raison de leur humidité importante et de leur mauvaise tenue structurale, par ailleurs, ils se prêtent plutôt mieux à un traitement anaérobie par bio méthanisation.

Actuellement, les déchets des abattoirs de bétail et de volailles sont mis en décharge. Ce gisement représente un potentiel pour la méthanisation industrielle.

En conséquence, il n'existe pas d'usage concurrent à cette filière.

### **5.2.2. Déjections des animaux**

- **Les fientes de volailles**

Cette classe de déchets est caractérisée par une concentration importante en matières azotées, en phosphore et en potassium. Ces matières sont nocives une fois rejetées directement dans la nature.

Actuellement, 50 mille tonnes de ces fientes sont exploités pour la production de compost qui est produit uniquement par Poulina. Cependant, la grande quantité de ces déchets est stockée puis mise au sol en tant que fumier.

En conclusion, ces déchets sont à valoriser par la méthanisation industrielle et exploitables en tant que fertilisants aux sols agricoles.

- **Les déjections ovines et bovines**

Ces déjections sont stockées au niveau des étables puis épandues aux champs. Elles peuvent être bio méthanisables et exploitées en tant que fumure aux sols.

En conclusion, il n'existe pas d'usage concurrent à ces déchets.

### **5.2.3. Des boues des stations d'épuration**

68 % des boues produites sont des boues déshydratées mécaniquement et 32 % sont séchées naturellement. La bonne qualité d'une grande partie de ces boues ainsi que leur richesse en éléments fertilisants d'une part et en pouvoir calorifique d'autre part offre une possibilité potentielle pour sa réutilisation dans le domaine agricole directement ou en Co-compostage ou en digestion anaérobie dans le cadre d'une valorisation énergétique.

Actuellement, ces boues sont mises en décharge dont une faible partie est utilisée en tant que compost.

En conclusion, ces déchets n'ont pas d'usage concurrent et peuvent être bio méthanisables ainsi que leur exploitation en tant que fumure aux sols agricoles.

### **5.2.4. Les déchets ménagers**

Ces déchets sont actuellement mis dans les décharges, on peut alors déduire qu'il n'y a pas de concurrence à la méthanisation industrielle.

Par ailleurs, le biogaz issu de cette filière est torché dans le cadre de la convention MDP.

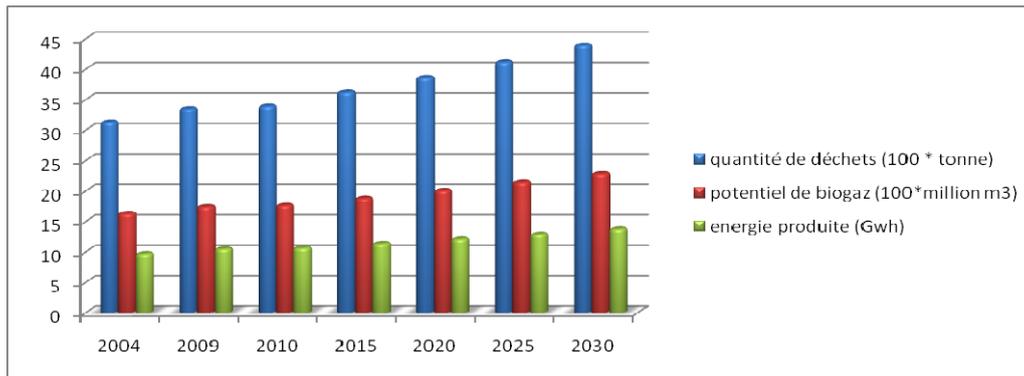
Cependant, les cimenteries pourraient exploiter un pourcentage pour incinérer les ordures ou des boues des stations d'épuration et produire de l'énergie. Pour cela une étude technico-économique est à prévoir incluant les charges totales du transport de ces déchets.

## **5.3. QUANTIFICATION DES RESSOURCES MOBILISABLES POUR LA METHANISATION INDUSTRIELLE**

### **5.3.1. Déchets agro-alimentaires**

#### **• Les abattoirs de bétails**

Le potentiel exploitable des déchets des abattoirs de bétail ne représente que 3.133 mille tonnes en 2004 vu le taux de matière sèche qui est égal à 15% dont 84% de matière organique, le potentiel de biogaz serai de 3.133 mille tonnes \* 520 = 1.629,160 million de m<sup>3</sup> qui peut générer un potentiel électrique de 1.629,160 million de m<sup>3</sup> \* 6 = 9,7 GWh. ce potentiel sera estimé à 4.395 mille tonnes en 2030 soit un potentiel de biogaz de 2.285,473 million de m<sup>3</sup> soit 13.77 GWh. (Fig n° 15)

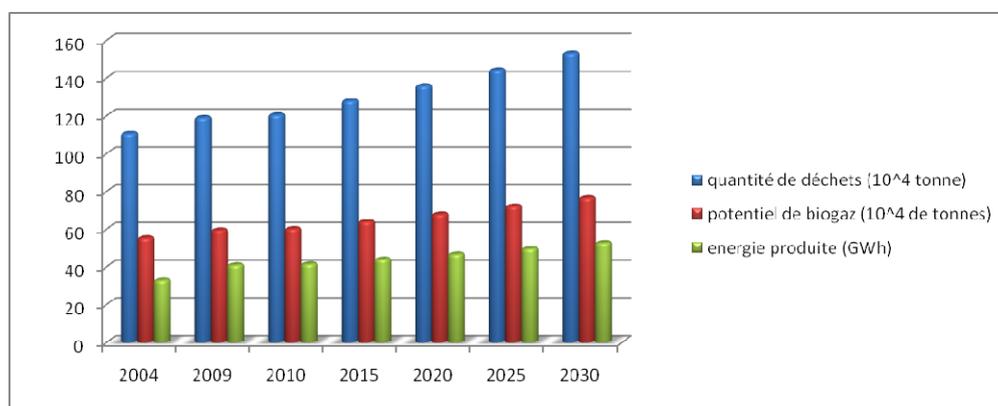


**Fig n°15 : Evolution de la quantité de déchets exploitables des abattoirs de bétail et de l'énergie productible durant la période 2004 – 2030**

### • Les abattoirs de volailles

Le gisement théorique les déchets des abattoirs de volailles annuel en 2004 ne pourrait produire que 11,069 milles Tonnes par an de déchet vu le taux de matière sèche qui est égale à 55 % dont 70 % de matière organique. Cette quantité de déchet génère un potentiel de biogaz exploitable de l'ordre de  $11069 \times 500 = 5.534,500$  millions de  $m^3$ . Cette quantité du biogaz pourrait générer du méthane produisant un potentielle électrique de  $5.534,500$  millions de  $m^3 \times 6 = 33$  GWh.

En tenant compte des prospections futures en 2030, la quantité des déchets exploitables produits atteint 15.32 mille tonne par an générant un potentiel exploitable de biogaz de millions de  $m^3$  par an soit 52,78 GWh. (Fig n°16)



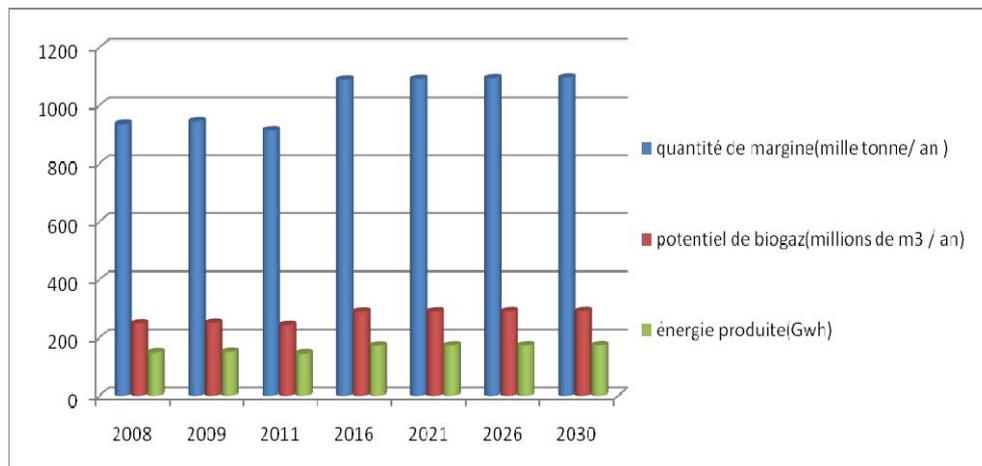
**Fig n°16 : Evolution de la quantité de déchets exploitables des abattoirs de volaille et de l'énergie productible durant la période 2004 – 2030**

### • Les déchets issus des huileries

La période correspond à la production de margine qui est de 100 à 150 jours par an qui est transportée et mise en décharge. Ce constat permet de prédire les quantités importantes de margines produites qui devraient être traitées soit par la méthanisation au niveau des unités de trituration par des digesteurs adéquats immédiatement lors de la production des huileries ou alors au niveau des décharges.

Actuellement, les margines sont rejetées dans 88 décharges situées dans plusieurs centres de gouvernorats et épandages aux champs. En conclusion, les décharges sont un potentiel cible pour la méthanisation ou alors les unités de trituration et cela en fonction des technologies adoptées à nos jours.

Le potentiel de margine mobilisable est estimé pour l'année 2030 à 1095 mille tonnes, soit un potentiel de biogaz estimé à 290,2 million de m<sup>3</sup> et un potentiel énergétique de 174 GWh. (Fig n°17)



**Fig n°17 : Evolution de la quantité de margine et de l'énergie productible durant la période 2008 – 2030**

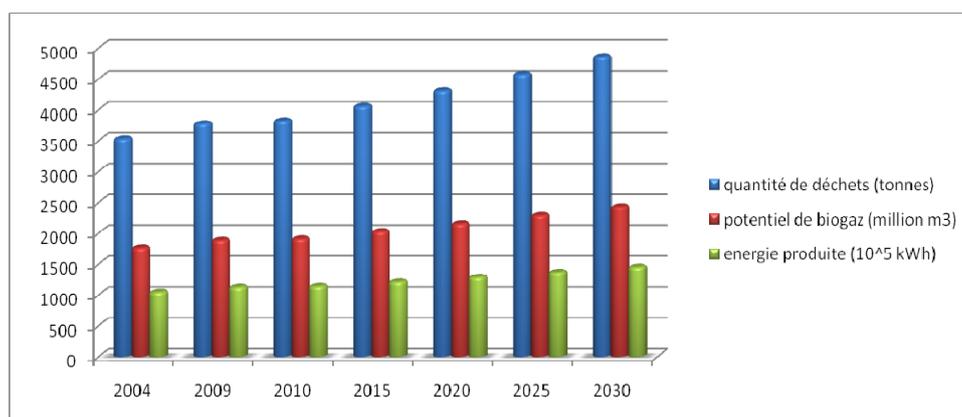
Le potentiel de margine mobilisable est estimé pour l'année 2030 à 1095 mille tonnes, soit un potentiel de biogaz estimé à 290,2 million de m<sup>3</sup> et un potentiel énergétique de 174 GWh. (fig n°7)

### • Les déchets issus des conserveries de fruits et légumes

Le gisement théorique annuel en 2004 ne pourrait produire que 3,535 mille tonne par an de déchet vu le taux de matière sèche qui est égale à 15 % dont 75 % de matière organique. Cette quantité de déchet génère un potentiel de biogaz exploitable de l'ordre de  $(3535 * 500) = 1.767,500$  millions de m<sup>3</sup> par an. Cette quantité du biogaz pourrait générer du méthane produisant un potentielle électrique de  $(1.767,500 * 6) = 10,5$  GWh.

Par ailleurs, ce potentiel exploitable évoluera en 2009 à raison de 3,778 mille tonne soit un potentiel de biogaz de 1.889,000 millions m<sup>3</sup> soit 11,3 GWh.

En tenant compte des prospections futures en 2030, la quantité des déchets exploitables produits atteint 4,863 mille tonne par an générant un potentiel exploitable de biogaz de 2.431,777 millions de m<sup>3</sup> par an soit 14,54 GWh. (Fig n°18)



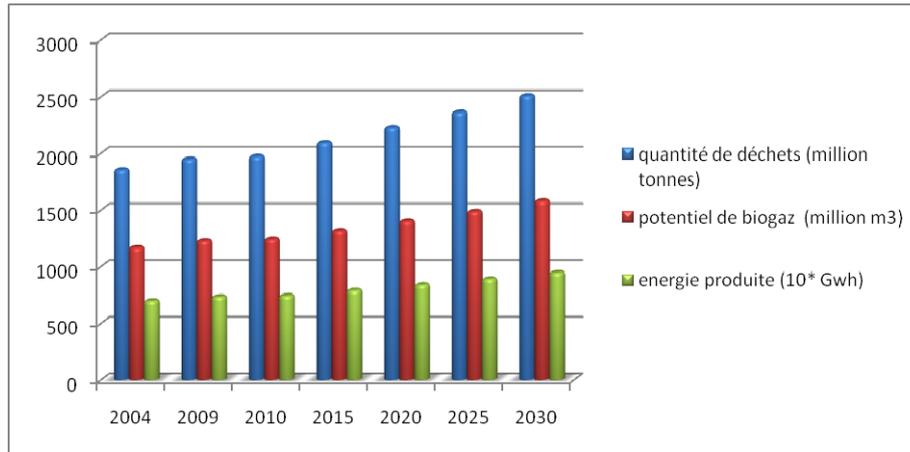
**Fig n° 18 : Evolution de la quantité de déchets exploitables des conserveries de fruits et légumes et de l'énergie productible durant la période 2004 – 2030**

#### • Les conserveries de poissons

Le gisement théorique annuel en 2004 ne pourrait produire que 1855295 milles Tonnes par an de déchet vu le taux de matière sèche qui est égale à 92 % dont 79 % de matière organique. Cette quantité de déchet génère un potentiel de biogaz exploitable de l'ordre de  $(1855295 * 630) = 1168.835,850$  millions de m<sup>3</sup> par an. Cette quantité du biogaz pourrait générer du méthane produisant un potentielle électrique de  $(1168.835,850 * 6) = 7013$  GWh.

Par ailleurs, ce potentiel exploitable évoluera en 2009 à raison de 1.950,195 millions tonnes soit un potentiel de biogaz de 1228.622,850 millions m<sup>3</sup> soit 7372 GWh.

En tenant compte des prospections futures en 2030, la quantité des déchets exploitables produits atteint 2.510,556 million Tonnes par an générant un potentiel exploitable de biogaz de 1.581,650 millions de m<sup>3</sup> par an soit 9490,2 GWh. (Fig n°19)

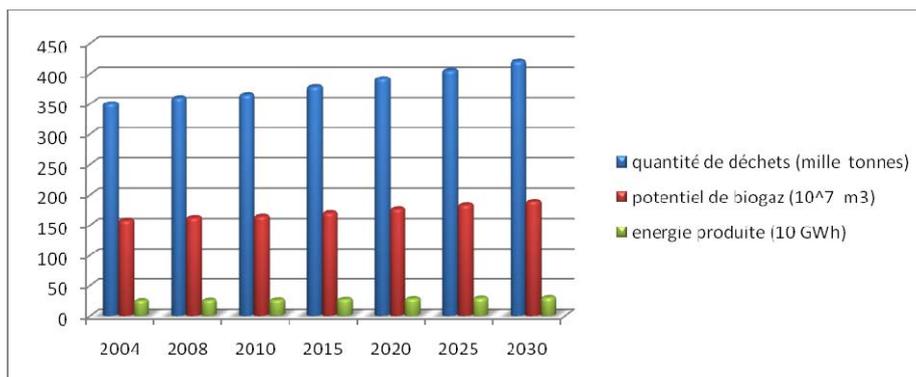


**Fig n° 19 : Evolution de la quantité de déchets exploitables des conserveries de poisson et de l'énergie productible durant la période 2004 – 2030**

### 5.3.2. Les déjections des animaux

- Les fientes de volailles

En 2004, seulement 350 mille tonnes des fientes de volailles sont méthanisables. Ce potentiel correspond à 1.575 million de m<sup>3</sup> de biogaz soit 255 GWh. On estime que le potentiel des fientes de volailles en 2030 sera de 419,6 mille tonne ce qui correspond à un potentiel de biogaz estimé à 1888,2 million m<sup>3</sup> et un potentiel énergétique de 306 GWh. (Fig n°20)

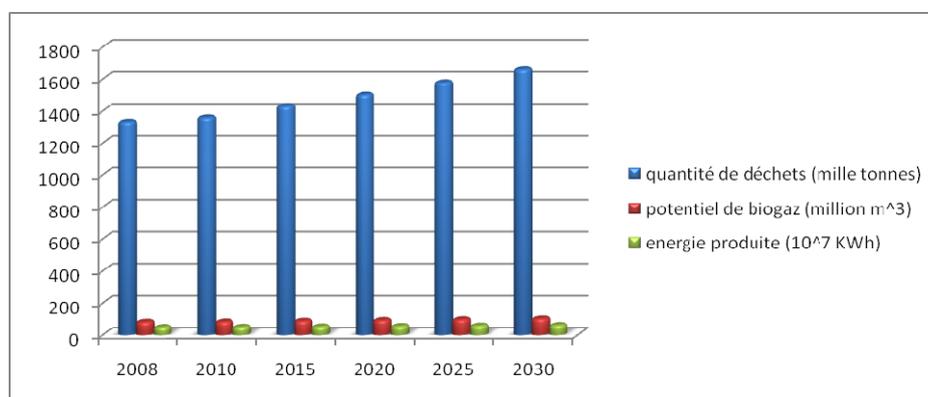


**Fig n° 20 : Evolution de la quantité de déchets exploitables des fientes de volaille et de l'énergie productible durant la période 2004 – 2030**

### • Les déjections bovines

Selon le mode d'élevage du cheptel bovin tel que cité précédemment et des quantités de déjections moindres recueillies aux étables on aura par conséquent le potentiel de matière organique exploitable par la technologie du biogaz de l'ordre de 238.050,946 millions de Kg par an soit 1.333,618 millions tonnes de déjections exploitable par an, ce qui permettra de produire un potentiel réel exploitable de biogaz de 83.317,830 millions de m<sup>3</sup> par an soit 83 millions m<sup>3</sup> par an.

Par ailleurs, ce gisement évoluera à 1.659,975 million tonnes en 2030 qui permettra de produire un potentiel réel exploitable de biogaz de 103.705,991 million de m<sup>3</sup> soit 622 GWh. (Fig n°21)

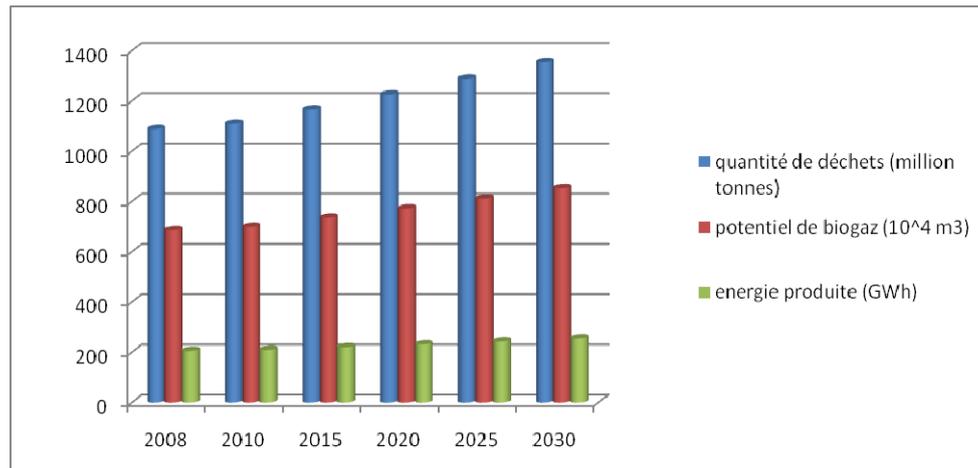


**Fig n°21 : Evolution de la quantité de déchets exploitables des déjections bovines et de l'énergie productible durant la période 2008 – 2030**

### • Les déjections ovines

Selon le mode d'élevage du cheptel ovin en extensif à raison de 50 %. On aura donc une quantité de matière fraîche exploitable de l'ordre de 1.087,882 millions de tonnes en 2004. Ce gisement évoluera en 2030 à raison de 1.354,105 millions de tonnes.

La quantité de déjections issue de ce secteur d'élevage n'est qu'à moitié utile pour la méthanisation vue que le cheptel est élevée en extensif. Il en découle un potentiel en biogaz récupérable de l'année 2004 de l'ordre de 68.536,598 millions m<sup>3</sup> soit 205 GWh. Il sera de 8.530,850 millions m<sup>3</sup> en 2030 soit 255 GWh. (Fig n°22)



**Fig n° 22 : Evolution de la quantité de déchets exploitables des déjections ovines durant la période 2004 – 2030**

### 5.3.3. Déchets ménagers

Tenant compte du nombre de la population communale et de la quantité des déchets produite par habitant et par jour à raison de 0.8 à 1 Kg / habitant / jour, on a un potentiel global de déchets en 2004 de l'ordre de 4.745 milles tonnes par jour; soit un potentiel de 1.731,925 million tonne par an.

L'augmentation du potentiel de déchets implique une augmentation du potentiel de biogaz de 1415 million de m<sup>3</sup> en 2010 à 1800 million de m<sup>3</sup> en 2030 ; ce qui implique une augmentation du potentiel énergétique de 849 GWh en 2010 à 1080 GWh en 2030. (Fig n° 2)

### 5.3.4. Boues de stations d'épuration

Tenant compte du nombre des stations d'épuration en Tunisie à raison de 93 stations dont 32 stations au nord soit 35 % et 26 stations au centre du pays à raison de 28%, le reste est située au sud à raison de 27%, et de la quantité des boues produite par équivalent habitant par jour, on a un potentiel théorique global de boue en 2004 de l'ordre de 103.838 mille tonne par an qui pourrait produire du biogaz dont le potentiel théorique est de 62.302,800 millions m<sup>3</sup> par an soit un gisement en électricité de 374 GWh.

Par ailleurs, ce potentiel théorique évoluera en 2009 à raison de 117,553 mille tonnes soit un potentiel de biogaz de 70.531,800 million m<sup>3</sup> soit 423 GWh. Ce potentiel sera de 151,131 mille tonnes en 2030 soit 90.798,127 million m<sup>3</sup> correspondant à 544,78 GWh.

## **5.4. POTENTIEL REELLEMENT EXPLOITABLE POUR LA METHANISATION INDUSTRIELLE (CONCERTATION AVEC LES DIFFERENTS ORGANISMES CONCERNES)**

Selon la concertation avec les organismes impliqués dans le domaine de la production agricole agro-industrielle, de traitement et valorisation des déchets certaines orientations spécifiques à chaque type de déchets ont été mises en évidence. Ces orientations ont pu dégager le potentiel de déchet pouvant être exploités à une échelle industrielle. En effet, parmi les critères les plus importants, on cite celui de l'importance quantitative du type de déchets réellement exploitables se résumant comme suit :

### **5.4.1. Déchets ménagers**

Actuellement, en Tunisie, 10 décharges sont en cours d'exploitation et les 3 autres le seront prochainement. La capacité de ces décharges sera à un taux de l'ordre 93 % de stockage et de traitement de l'ensemble des ordures ménagers dans les zones communales de la Tunisie.

On peut conclure qu'on aura 13 sites favorables pour la méthanisation industrielle en Tunisie pouvant gérer une production de biogaz selon la capacité et d'enfouissement totale de l'ordre de 1.731,925 million de tonnes durant la période de fonctionnement de l'ordre de 10.386 million de m<sup>3</sup>.

### **5.4.2. Boues de stations d'épuration**

Le programme de valorisation des boues de station d'épuration et de production de l'énergie électrique et calorifique qui sera réalisée sur 2 phases.

Le programme court terme comprend cinq stations et qui sont : Nabeul (SE4), Sousse Hamdoun, Moknine, Mahdia et Gafsa.

Ces stations ont une capacité totale de traitement de 1100 m<sup>3</sup> de boue / j et une production de biogaz de 11 mille m<sup>3</sup> / j qui est équivalent à 3 MW h dont 1 MW h d'énergie électrique (35 % de la consommation énergétique de toutes les stations) et le reste (2 MW h) est utilisé comme énergie calorifique pour le chauffage de boue.

Quant au programme long terme, il comporte 17 stations situées au niveau des grandes villes et qui sont Choutrana, Miliane Sud, Attar 1, Bizerte, Menzel Bourguiba, Slimane 2, Hammamet Sud, Béja, Jendouba, Sousse Nord, Msaken, Monastir Farina, Sfax Nord, Sfax Sud, Djerba Aghir et Gabés avec une capacité totale de traitement de 2400 m<sup>3</sup> de boue / j ce qui correspond à une production biogaz de 24 mille m<sup>3</sup> permettant une production d'énergie de 7 MW h dont 2,4 seront utilisés comme énergie électrique et le reste (4,6 MW h) comme énergie calorifique pour le chauffage des boues des stations.

En conclusion, on aura 22 stations d'épuration en Tunisie ; ayant une capacité de traitement globale d'environ 90 % des boues.

### **5.4.3. Les déchets agricoles**

Selon l'importance des déchets réellement disponibles sur les sites et de l'importance de la taille du cheptel animal, on retient uniquement les déjections bovines et les fientes de poules pondeuses.

Selon la dernière enquête sur les structures des exploitations agricoles 2004 – 2005 (avril 2006), le nombre d'éleveurs ayant un effectif de bovins entre 50 et 100 unités femelles dont l'effectif total varie entre 100 et 200 têtes bovines est de 131 éleveurs ; soit 0,1 % de l'effectif total. Quant au nombre d'éleveurs ayant 100 unités femelles et plus c'est-à-dire un effectif total de l'ordre de 200 têtes bovines et plus est de 73 éleveurs ; soit 0,1 % de l'effectif total.

Pour les déjections bovines, sur environ 200 fermes ayant un effectif de 100 vaches et plus, on pourrait approximativement avoir environ 30 à 40 fermes de taille moyenne ou de grandes tailles. Les fermes seront alors une cible pour la méthanisation industrielle en Tunisie puisqu'elles sont stables et pérennes.

Les unités d'élevage de poules pondeuses dont l'effectif 20 mille poules et plus est de 135, représentent environ 77 % de l'effectif national des poules pondeuses. (Tableau)

Ces sites sont favorables pour la méthanisation industrielle traitant ainsi les  $\frac{3}{4}$  des fientes de poules pondeuses avec une production d'énergie.

### **5.4.4. Les déchets agro-alimentaires**

- Les abattoirs de bétail

Actuellement, il existe 206 abattoirs répartis sur tout le territoire ayant une capacité globale de traitement de 3.351 mille tonnes / an, 1.742,520 million m<sup>3</sup> de biogaz. Selon le décret, les tendances dans les 5 prochaines années est la réduction de ce nombre à 60 abattoirs.

Globalement, le nombre d'animaux abattus sera réparti sur cette nouvelle réglementation c'est-à-dire sur les 60 abattoirs (Tableau).

On peut conclure que le nombre d'unités de méthanisation dans ce secteur sera un maximum de 60, mais avec une concentration plus importante dans les grandes villes de la Tunisie qui seront : Ben Arous, Mannouba, Nabeul, Bizerte, Sousse, Sfax...

- Les abattoirs de volailles

Ce secteur d'activité est très organisé et le nombre d'abattoirs en Tunisie est de l'ordre de 27 principalement concentré dans les zones de Sfax, Nabeul et Tunis.

Ces abattoirs ont des produits de déchets de l'ordre de 15.257 produisent 7.695.520 m<sup>3</sup> biogaz / KWh.

On remarque que le taux de couverture de la viande blanche en Tunisie est de l'ordre de 95 % ; celle de la viande rouge est de 92 %. Selon les fluctuations des prix de la viande rouge, la tendance dans les trois prochaines années sera vers une hausse de 10 % de la viande blanche pour compenser le déficit. Ceci aura pour conséquence un taux d'augmentation des déchets issus de ces abattoirs et aussi une augmentation du nombre vers 30 abattoirs de volailles.

En conclusion, les 27 abattoirs de volailles représentent un potentiel favorable pour la méthanisation industrielle.

- Les margines

Toutes les quantités de margines sont potentiellement favorables pour ce type de méthanisation industrielle. Cependant, la durée de collecte de ces déchets lors de la campagne oléicole de 150 à 300 jours par an et leur dispersion enfreignent un procédé de méthanisation en continu au cours de l'année. La solution réside de concevoir de petites unités industrielles et équiper les 1702 huileries avec de petites capacités de traitement efficaces ou alors concevoir des unités industrielles de grandes tailles aux environs des dépotoirs de margine qui sont au nombre de 88 pour traiter ces effluents et utiliser la co-digestion ou faire fonctionner ces digesteurs avec des effluents équivalents durant la période d'arrêt des huileries.

En conclusion, on pourra retenir l'un des 2 scénarios de petites unités de traitement performantes produites en série destinées aux huileries dont le nombre est 1702, ou de grandes unités de l'ordre de 88 dont les capacités de traitement seront définis spécifiquement à chaque emplacement.

- Déchets de Thon et de sardine

Les déchets solides des industries de thon et de sardines sont mis en décharge. Cependant, une partie de ce gisement est utilisée en tant que farine de poissons. D'après la première prospection dans ce secteur, ce gisement devrait être exploité pour l'extraction d'oméga 3. En outre, vu les tendances du développement du secteur de l'aquaculture, la majorité des déchets seront utilisés en tant que farine de poissons.

En tant que première conclusion, si les déchets solides seront valorisés en tant que farine de poissons ce gisement ne serait pas exploitable pour la méthanisation industrielle.

#### **5.4.5. Les déchets ménagers**

Dans le cadre du Mécanisme de Développement Propre du Protocole de Kyoto, le Gouvernement tunisien a conclu deux contrats de vente de 50% des certificats de réduction des émissions qui seront générées dans les 10 décharges contrôlées en exploitation.

Pour la période 2009-2014 : Valorisation Energétique des biogaz par production d'Electricité sur les décharges réalisées et futures.

Les déchets ménagers sont presque totalement mobilisables. Les sites propices pour la méthanisation industrielle se situent dans les 10 décharges actuellement en cours d'exploitation et les 3 autres en cours de construction.

## 5.5. RECAPITULATIF

Globalement, les perspectives de l'adoption de la méthanisation industrielle en tant que procédé de dépollution et de production d'énergie en Tunisie auraient un impact positif sur l'environnement et un gain d'énergie. Le gisement énergétique évalué pour cette filière est de l'ordre de 14 895,035 GWh soit 7523,5 GWh sans les déchets de conserverie de poissons.

En effet, ce gisement est réparti sur 4 grands secteurs à savoir les ordures ménagères (48,70 %), les boues de stations d'épuration (0,001%), les industries agro-alimentaires (50,25 %) et les déjections des animaux (0,05 %).

Tenant compte de la concertation avec les organismes impliqués dans ce domaine, il en ressort qu'environ 90 à 95 % des ordures ménagères et des boues de stations d'épuration seront exploitables par le biais de la méthanisation industrielle pouvant ainsi générer environ 7255 GWh / an.

En outre, les déchets des abattoirs sont aussi exploitables par cette voie moyennant un gisement en énergie de l'ordre de 46 GWh / an.

Cependant, les margines et les déchets de poissons sont aussi exploitables à condition d'adapter une technologie spécifique pouvant produire 7533 GWh / an ; ce potentiel n'est qu'une approche théorique qui reste à confirmer.

En ce qui concerne les fientes de volailles, leur potentiel est de l'ordre de 72 GWh / an ; potentiel intéressant pour la méthanisation industrielle et la dépollution d'environ 76 % des quantités totales de fientes de volailles.

Sur une base d'environ 0,2 % au maximum de l'effectif d'élevage des bovins et des ovins conduit en élevage intensif, on pourrait avoir un potentiel en énergie de l'ordre de 1,205 GWh / an.

**Tableau n° 2: Bilan des déchets réellement exploitables et potentiel énergétique**

Type de déchet	Potentiel de déchet réellement exploitable (tonnes / an)	Potentiel biogaz (an)	de Energie (m <sup>3</sup> / (GWh)
Les ordures ménagères	1 957 295	1 209.002.000	7254
Les boues de STEP	3500 (m <sup>3</sup> )	35.000	0,010
Les déchets des abattoirs	15.257	7.695.520	46,5
Les margines	944,350	25.025,275	150
Les déjections bovines	2.667	1.666.340	1
Les déjections ovines	10.878,9	685.365	0,205
Les fientes de volailles	266.000	1.197.000	71,82
<b>Total</b>	<b>2.253.042,2</b>	<b>1.220.306.100</b>	<b>7523,5</b>

## 6. PROBLEMATIQUE ET CONTRAINTES ACTUELLES DE LA FILIERE

Au vu du stade de développement peu avancé de la méthanisation industrielle, cette filière reste encore peu structurée, voire même inexistante. Ceci s'explique notamment par :

- L'absence d'investisseurs privés dans le secteur. Toutefois, il est important de mentionner que l'exploitation des décharges contrôlées sera attribuée en concession à des entreprises privées. Ces dernières seront certainement intéressées par la valorisation énergétique des gaz captés, dès lors que la rentabilité économique est assurée. Ce qui nécessitera, certainement, l'accès à des aides nationales et/ou internationales ;
- L'absence d'industriels spécialisés. Toutefois, la fabrication des systèmes est relativement facile et reste largement accessible aux industriels tunisiens.
- L'absence de savoir-faire spécifique des bureaux d'études nationaux, notamment en ce qui concerne la partie biologique de la conception.

Il ressort aussi des résultats de l'atelier de consultation organisé le 15 avril 2010 par l'ANME et la GTZ et les entretiens individuels avec les acteurs que pour promouvoir la filière, il faudrait s'attarder essentiellement sur les aspects suivants :

- **Le manque d'informations sur le gisement**

La Tunisie souffre d'un manque d'informations et de données sur les différents gisements de déchets valorisables pour la production de biogaz industriel. Le problème se pose notamment en ce qui concerne les déchets en provenance des élevages ou des industries agroalimentaires.

- **La faible sensibilisation du secteur privé**

Comme nous l'avons vu précédemment, l'expérience de biogaz en Tunisie est relativement récente, puisque la première et la seule réalisation a eu lieu en 2000. La technique reste, par conséquent, très peu connue par les industriels et les opérateurs qui peuvent être concernés par la filière.

Un effort de sensibilisation et de vulgarisation de cette technique auprès des acteurs concernés doit être déployé par l'ANME. Ces actions peuvent s'articuler autour du projet pilote de Hammam Sousse et éventuellement d'autres projets pilotes futurs.

- **Le faible temps de retour**

Toutefois, la filière se heurte à un obstacle structurel majeur. Il s'agit de la faible rentabilité économique des projets. A titre d'exemple, les digesteurs industriels, dans les conditions actuelles, ont un temps de retour entre 15 et 20 ans, ce qui reste très peu attractif pour le secteur privé.

Pour la valorisation des décharges contrôlées, dans les conditions de fonctionnement optimal, le coût du kWh se situerait autour de 0,0,7 USD, ce qui reste également peu compétitif par rapport au prix du kWh fourni par la STEG.

- **La faiblesse des compétences locales**

Compte tenu de l'absence de marché commerciale, les compétences nationales sont restées peu développées dans ce domaine. L'absence de compétences touche l'ensemble des acteurs de la filière : industriels, bureaux d'études, administration, etc.

## **7. ANNEXE : COMPTE-RENDUS DES ENTRETIENS AVEC LES ACTEURS**

## Compte rendu d'entretien

Entretien effectué à .....Tunis..... le 20/06/2010

Nom et prénom de la personne rencontrée : .....**GIPAC**.....

Nom de la structure dans laquelle exerce la personne rencontrée :

**Groupement Interprofessionnel des produits avicoles et cunicoles**

Poste de la personne rencontrée : .....

### 1. Expériences précédentes, activités actuelles et/ou planifiées dans le domaine du biogaz industriel (projets, programmes, idées de projet...)

... Travaux de recherches financées en totalité ou en partie par le GIPAC :

- Production de Biogaz ( GIPA-INAT , ANER)
- La désodorisation ( GIPA-CFPAA)
- La déshydratation ( GIPA-CITET-TECIA-VALOTECH)
- La production de compost à partir de fientes seules ( CFPAA)
- La production de compost à partir de fientes mélangées avec du grignon d'olives épuisé pour la fertilisation des sols, dans la production de pomme de terre et de tomates ( GIPA-ENIS-SERST-SIOS-ZITEX)
- Etude de faisabilité technico économique relative à la gestion et à la valorisation énergétique des fientes de volailles ( dec2008-coop techn Allemande GTZ) ( Ministère de l'Environnement-GIPAC)
- Appui du GIPAC au projet du Pr K.Medhioub ,ENIS « Programme de valorisation des déchets organiques ( fientes de volailles, marjine, déchets pâtisseries.. ) par compostage pour les terres agricoles » , Projet de création de projet pilote intégré .
- Thèmes de recherches proposés « Méthodes de maîtrise des déchets avicoles : problème particulier des fientes de poules » ( GIPAC-ENMV-CITET-ENIS)

### 2. Documents à la disposition de la structure rencontrée pouvant être utiles dans l'élaboration de l'étude sur le développement de la méthanisation industrielle en Tunisie

...Quantité annuelle de fientes produites en Tunisie, qualité des fientes produites.

...Pratiques de stockage du fumier dans les élevages avicoles.

...Elevages industriels de volailles, statistiques et localisations.

...Problèmes environnementaux du secteur avicole (ANER) ( séminaire aviculture et environnement oct2000)

...Le projet pilote de production de biogaz et d'électricité à partir des déjections avicoles (ANER) )( séminaire aviculture et environnement oct2000)

...Les fientes de volailles de la nuisance à la valorisation ( CFPA ) )( séminaire aviculture et environnement oct2000)

## Compte rendu d'entretien

Entretien effectué à La Société ELLOUHOUM le 17/06/2010

Nom et prénom de la personne rencontrée : Dr. Mahmoud KACHTI

Nom de la structure dans laquelle exerce la personne rencontrée : La Société ELLOUHOUM

Poste de la personne rencontrée : Directeur d'exploitation

### **3. Expériences précédentes, activités actuelles et/ou planifiées dans le domaine du biogaz industriel (projets, programmes, idées de projet...)**

- Activités de la Société ELLOUHOUM :
  - Production des viandes rouges
  - Commerce des viandes rouges
- Génération de trois types de déchets :
  - Fumier
  - Déchets solides organiques
  - Déchets solides à risques

### **4. Vision de la personne rencontrée sur les moyens et les approches de développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

- Très bonne approche de développement
- Abondance et diversité de la matière première nécessaire au développement du procédé de biométhanisation

### **5. Documents à la disposition de la structure rencontrée pouvant être utiles dans l'élaboration de l'étude sur le développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

Etude préliminaire de la biométhanisation aux abattoirs de Tunis

## **6. Observations générales**

Vu les potentialités existantes, la Société ELLOUHOUM est fortement intéressée par ledit procédé

## Compte rendu d'entretien

Entretien effectué à faten Rejeb Gharbi le 17/06/2010

Nom et prénom de la personne rencontrée : faten Rejeb Gharbi

Nom de la structure dans laquelle exerce la personne rencontrée : Office de l'élevage et des pâturages. Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques.

Poste de la personne rencontrée : Agroéconomiste-chercheur

### **1. Expériences précédentes, activités actuelles et/ou planifiées dans le domaine du biogaz industriel (projets, programmes, idées de projet...)**

Une discussion a été réalisée entre les responsables de l'Office de l'Élevage et des Pâturages (OEP) et des responsables de la valorisation énergétique des déchets pour la production du biogaz et de l'électricité. Cette discussion a fait l'objet d'installation d'une unité de production de l'électricité et du biogaz à partir des déjections des bovins de la ferme de frétiassa dans la région du mateur. Malheureusement, le projet n'a pas eu lieu.

### **2. Vision de la personne rencontrée sur les moyens et les approches de développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

A mon avis, la valorisation énergétique des déchets est très bénéfique sur plusieurs plans (sociaux, environnementaux, économiques, ....). D'après les ateliers que nous avons y assisté, on a remarqué qu'il y a eu des améliorations notables, surtout ces dernières années, de certains aspects tels que le cadre institutionnel, réglementaire, incitatif, par contre certains autres aspects restent encore mal connus tels que l'aspect organisationnel et surtout l'aspect de l'impact économique d'un tel investissement sur les différents intervenants de la filière (producteur de déchets, l'Etat, l'approvisionneur, l'investisseur, la STEG, etc.).

### **3. Documents à la disposition de la structure rencontrée pouvant être utiles dans l'élaboration de l'étude sur le développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

Les seuls documents que nous disposons sont ceux des ateliers auxquels nous avons assisté.

### **4. Observations générales**

Quoique la valorisation énergétique de déchets s'inscrive bien dans le processus global du développement de l'énergie propre et la participation active à la réduction des émissions du gaz à effet de serre, le coût élevé de telles installations nécessite des études technico-économiques très approfondies des utilisations alternatives des déchets pour éviter l'échec des expériences précédentes (Séjnane et Hammam Sousse).

**Compte rendu d'entretien**

Entretien effectué à **Tunis, le 15/06/2010**

Nom et prénom de la personne rencontrée : **Halima THRAYA**

Nom de la structure dans laquelle exerce la personne rencontrée :  
**(DG/Industries Alimentaires-- Min de l'Industrie et de la Technologie**

Poste de la personne rencontrée : **Sous Directeur du Froid Industriel**

**1. Expériences précédentes, activités actuelles et/ou planifiées dans le domaine du biogaz industriel (projets, programmes, idées de projet...)**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**2. Vision de la personne rencontrée sur les moyens et les approches de développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

Les déchets présentent des potentiels énergétiques très importants.

De ce fait, il faut tout mettre en œuvre afin de lever les barrières notamment techniques et économiques et exploiter au maximum les déchets méthanisables

**Documents à la disposition de la structure rencontrée pouvant être utiles dans l'élaboration de l'étude sur le développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

.....  
.....  
.....

.....  
.....

**3. Observations générales**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## Compte rendu d'entretien

Entretien effectué à **l'UTAP** le **10/06/2010**

Nom et prénom de la personne rencontrée :

**Jamel Iddine Chettoui et Sarra Ben Hammadi**

Nom de la structure dans laquelle exerce la personne rencontrée :

**Union Tunisienne de l'Agriculture et de la Pêche (UTAP)**

Poste de la personne rencontrée :

**Chargé de mission au près du Président de l'UTAP/Ingénieur.**

### **1. Expériences précédentes, activités actuelles et/ou planifiées dans le domaine du biogaz industriel (projets, programmes, idées de projet...)**

Un modèle de digesteur de 1 m<sup>3</sup> a été construit et essayé à l'UTAP au cours d'une journée de sensibilisation et d'information sur l'utilisation de l'énergie photovoltaïque pour le pompage de l'eau d'irrigation organisée par l'UTAP. L'essai a été concluant.

Nous programmons de doter dans une première phase 5 à 10 exploitations agricoles de digesteurs pour la production de leur besoin en gaz et pour la cogénération.

### **2. Vision de la personne rencontrée sur les moyens et les approches de développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

Des projets de méthanisation sont à développer chez beaucoup d'agriculteur et même dans les localités rurales.

### **3. Documents à la disposition de la structure rencontrée pouvant être utiles dans l'élaboration de l'étude sur le développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

L'UTAP ne dispose pas actuellement de documents, mais elle peut être un partenaire efficace pour mener à bien ce genre d'études et de projets.

### **4. Observations générales**

L'UTAP coordonne depuis longtemps avec l'ANME et le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable pour développer des projets environnementaux et d'utilisation des énergies renouvelables et

elle a même créé une unité « Ressources Naturelles et Développement Durable » et espère réaliser des projets dans le domaine agricole.

Mais le problème de financement reste un handicap majeur pour la réalisation de ce type de projet.

## Compte rendu d'entretien

Entretien effectué à Tunis le 14/06/2010

Nom et prénom de la personne rencontrée : Mr. Hamadi RIAHI

Nom de la structure dans laquelle exerce la personne rencontrée :  
Groupement des Industries de Conserves Alimentaires (GICA)

Poste de la personne rencontrée : Directeur des Etudes et Recherches,  
essais et Labels Qualité

### **1. Expériences précédentes, activités actuelles et/ou planifiées dans le domaine du biogaz industriel (projets, programmes, idées de projet...)**

Le GICA supervise le secteur des conserves alimentaires avec ses trois branches fruits et légumes, poissons et semi-conserves. Les déchets solides (organiques) générés par ses activités sont valorisés selon le cas soit pour la production de farine de poisson, huile de poisson ou autres substances bioactives, soit comme aliment de bétail pour la tomate et éventuellement dans un avenir proche pour la production de lycopène, fibres et autres (cas de la tomate), soit incorporés dans des épices (cas des déchets de piments). Généralement il n'y a pas de rejets solides dans le secteur des conserves alimentaires qui sont libérés en l'état dans la nature. Donc, il n'y a pas de sous produits potentiels, dans ce secteur, pour la valorisation en biogaz.

### **2. Vision de la personne rencontrée sur les moyens et les approches de développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

La méthanisation industrielle en Tunisie dépend en premier lieu de la disponibilité d'une matière première (déchets organiques) en quantité suffisante pour rentabiliser un investissement de transformation en biogaz. Dans un pays comme la Tunisie où la production de biomasse est relativement limitée en raison de l'aridité du climat, et avec la concurrence d'un cheptel dont les besoins en aliments sont de plus en plus pressants, il ne sera pas attendu à court terme que l'on puisse développer cette activité. La seule opportunité qui se présente est celle de la collecte des rejets organiques urbains mais il faudrait mettre en place une organisation colossale pour y arriver et motiver les ménages pour participer à cet effort de collecte sélective des déchets organiques. Autrement dit arriver à l'objectif que la ménagère collecte les déchets organiques de la cuisine à part et que l'on puisse collecter à grande échelle ces déchets pour alimenter des réacteurs de biogaz. Cela dit, d'autres procédés de

transformation tels que la production de compost pourrait concurrencer fortement l'approche de transformation en biogaz.

### **3. Documents à la disposition de la structure rencontrée pouvant être utiles dans l'élaboration de l'étude sur le développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

Pas de documents disponibles

### **4. Observations générales**

Compte tenu de la faible production de biomasse en Tunisie, la méthanisation industrielle restera une activité embryonnaire et limitée aux zones de concentration des rejets organiques, notamment les marchés de gros.

**Compte rendu d'entretien**

Entretien effectué à MARHP le 14/06/2010

Nom et prénom de la personne rencontrée : Bayoudh Chokri

Nom de la structure dans laquelle exerce la personne rencontrée :  
Direction Générale de le Production Agricole -MARHP

Poste de la personne rencontrée : S/D de l'oléiculture

**1. Expériences précédentes, activités actuelles et/ou planifiées dans le domaine du biogaz industriel (projets, programmes, idées de projet...)**

Pas d'activités actuellement dans le domaine du biogaz étant données que cette démarche de valorisation des sous produits de l'activité agricole est relativement récente.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**2. Vision de la personne rencontrée sur les moyens et les approches de développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

La réalisation de petites unités de production de biogaz semblent être la démarche la plus indiquée en Tunisie. Cette démarche permettra de mettre à la disposition des petites communautés rurales une sources d'énergie dont il n'ont pas l'accès et permettant de préserver l'environnement de plus les grandes unités industrielles de production de biogaz ne semblent pas être compétitifs par rapport aux sources actuelles d'énergies.....  
.....

**3. Documents à la disposition de la structure rencontrée pouvant être utiles dans l'élaboration de l'étude sur le développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

Quantités de grignons et de margines produites annuellement durant les campagnes oléicoles et qui peuvent être valoriser pour la production de biogaz.....

.....  
.....

#### **4. Observations générales**

Pour l'élaboration d'une stratégie de valorisation des sous produits agricole pour la production de biogaz ; il faut bien prendre en compte les quantités de ces sous produits valoriser actuellement par d'autres procédés

**Compte rendu d'entretien**

Entretien effectué au MESRS le 21/06/2010

Nom et prénom de la personne rencontrée : Nouredine NOURI

Nom de la structure dans laquelle exerce la personne rencontrée :  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Poste de la personne rencontrée : Ingénieur principal

**1. Expériences précédentes, activités actuelles et/ou planifiées dans le domaine du biogaz industriel (projets, programmes, idées de projet...)**

Pas d'expérience dans le domaine de biogaz industriel.

**2. Vision de la personne rencontrée sur les moyens et les approches de développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

C'est un domaine nouveau en Tunisie qui rencontre des problèmes au niveau structure, moyens, investissement et matériels. Comme solutions pour remédier ces obstacles il est conçu que les institutions publique prennent l'initiative par des projets nationaux pour encourager les investisseurs privés ou de faire des partenariats avec les sociétés privées pour évoluer dans ce domaine.

**3. Documents à la disposition de la structure rencontrée pouvant être utiles dans l'élaboration de l'étude sur le développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

**4. Observations générales**

A mon avis c'est le temps de passer à une étape plus pratique en faisant un projet type qui réuni tous les institutions publiques parce que sur le plan théorique on ne peut pas mettre le doigt sur tous les obstacles mais au cours du projet on peut rencontrer des problèmes d'autre type.

## Compte rendu d'entretien

Entretien effectué à .....Tunis..... le 18/06/2010

Nom et prénom de la personne rencontrée : Nasr Samir

Nom de la structure dans laquelle exerce la personne rencontrée :  
L'office national d'assainissement

Poste de la personne rencontrée : Chef de Division Epuration et Rejet Industriel

### **7. Expériences précédentes, activités actuelles et/ou planifiées dans le domaine du biogaz industriel (projets, programmes, idées de projet...)**

- a. une première expérience de valorisation de biogaz à la Station d'épuration charguia ( 40000 m<sup>3</sup>/j ) eau usée , par 02 groupes électrogènes 2 X 320 Kw qui n'est pas réussie vu le taux de H<sub>2</sub>S élevé et dont la durée de fonctionnement n'a pas dépassé 1 an.
- b. une deuxième expérience à la step choutrana de production d'énergie à travers le biogaz issu de la méthanisation anaérobie des boues produites ( 8000 à 10000 m<sup>3</sup>/j de biogaz ) et production d'énergie entre 12000 et 23000 Kwh/jour soit 30 à 40% de la consommation de la station.
- c. ainsi d'autre projet de méthanisation et digestion anaérobie de boues sont programmés tel que station elaattar 60000m<sup>3</sup>/j d'eau usée .

### **8. Vision de la personne rencontrée sur les moyens et les approches de développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

Le développement de la méthanisation en Tunisie doit être précédé d'une maîtrise total et étude de rentabilité économique de ces projets et ce vu la spécificité des travaux d'exploitation , d'entretien et maintenance qu'elle nécessitent et qui présentent un coût important d'investissement et d'exploitation ainsi plusieurs projet de méthanisation et de valorisation

peuvent être réalisés au niveau des Stations d'épuration (dont une économie d'énergie peut atteindre les 50% de la consommation de la station) et au sein des décharges .

#### **9. Documents à la disposition de la structure rencontrée pouvant être utiles dans l'élaboration de l'étude sur le développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

- Le dossier d'appel d'offre des travaux d'extension et de réhabilitation de la station d'épuration choutrana (partie traitement des boues : digestion anaérobique et valorisation du biogaz)
- Dossier d'appel d'offre (DAO) de la station Elattar (partie digestion anaérobique )
- DAO Step gafsa

#### **10. Observations générales**

D'une manière : il y a lieu d'étudier la rentabilité technique et économique des projets de méthanisation, de même :

- a. Ces projets nécessitent un bon équipe d'exploitation et d'entretien ainsi il faut tenir compte d'un programme de formation pratique de quelque cadres de domaine dans des projets similaires en cours d'exploitation et ce pour tenir compte des difficultés et problèmes rencontrés.

Ainsi d'établir des contrats d'assistance technique et l'approvisionnement en pièces de recharge qui n'ont pas d'équivalent en Tunisie et ce pour garantir la continuité d'exploitation dans des conditions normales.

- b. Nécessité de faire des études sur la bonne procédure de traitement du biogaz produit contre le H<sub>2</sub>S qui endommage les équipements.
- c. Faire attention sur le choix des équipements pour avoir une souplesse sur les taux max de H<sub>2</sub>S qui peuvent être acceptés sans oublier les durées de vie des équipements qui sont sûrement en relation avec ceci.

## Compte rendu d'entretien

Entretien effectué à ...Tunis ... le 16/06/2010

Nom et prénom de la personne rencontrée : M'hiri Fadhel

Nom de la structure dans laquelle exerce la personne rencontrée :

Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis (CITET)

Poste de la personne rencontrée :

Directeur Transfert et Innovation Technologiques

### **11. Expériences précédentes, activités actuelles et/ou planifiées dans le domaine du biogaz industriel (projets, programmes, idées de projet...)**

- Valorisation énergétique des Déchets organiques des Marché de gros (Projet financé en partie par SERST ligne de crédit PNM en 1999)
- Implantation d'une unité de valorisation énergétique des déchets organiques du marché de gros de Bir el Kassaa : participation à préparation des études, du dossier d'exécution, suivi à l'implantation, la mise en marche et l'optimisation du fonctionnement de l'unité. Cette unité à été inaugurée par Mr le président de la république le 10 juin 2010.
- Réalisation des études préliminaires (APS, APD, EF) pour l'implantation de quatre unités de valorisation à Sfax, Sousse, Nabeul et Bizerte
- Etude de l'évolution biologique des décharges publiques (Hanchir Lihoudia, Borj Chakir, Raoued, Kairouan et Sousse) en partenariat avec le Centre Wallon de biologie Industrielle
- Visite de plusieurs unités fonctionnelles en Europe (Espagne, Belgique, Allemagne)
- Expérimentations sur une unité pilote de biométhanisation avec deux types de digesteur sur plusieurs nature de déchet organique (Margine, déchets de marché de gros, déchets d'abattoirs, boue de

STEP d'eau urbaine, boue de STEP de prétraitement d'une usine de yaourt...)

- Participation à des séminaires International et national dans le domaine et publication d'articles

#### **12. Vision de la personne rencontrée sur les moyens et les approches de développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

- Assistance Technique et formation de demandeurs pour la maîtrise de la technologie en Tunisie
- Introduction de nouvelles incitations pour motivé les investisseurs dans le domaine
- Organisé le trie et la collecte de déchets organiques ainsi que le transport vers ces unités
- Comblé le vide législative concernant la valorisation du digestat
- Instauré des micro-entreprises pour la gestion des effluents et des influents.

#### **13. Documents à la disposition de la structure rencontrée pouvant être utiles dans l'élaboration de l'étude sur le développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

- Rapport sur le projet de recherche transmit au SERST
- Rapports d'études pour le marché de gros de Bir el Kassaa
- Rapports d'APS pour les gouvernorats de Sfax, Sousse, Nabeul et Bizerte (en cours)

#### **14. Observations générales**

Du fait que la valorisation calorifique n'est pas intéressante dans les procédés de biométhanisation en climat chaud. Il est primordial de penser à la trigénération ou à subventionner ce genre de projet à un taux plus élevé du fait que la production de chaleur est plus importante que l'électricité que la rentabilité du projet est à long terme surtout qu'il y a un volé important environnemental qu'il faut considérer (moins de transport de ces déchets vers les décharges, moins de production de gaz à effet de serre, moins de consommation de combustibles pour la production de l'électricité, moins de risque pour l'hygiène dans les espaces de collecte,

moins de lixiviat à traité dans les décharges, un duré de vie plus important de la décharge, une valorisation du digestat dans l'agriculture et l'augmentation du taux de matières organiques dans le sol ....)

## Compte rendu d'entretien

Entretien effectué à ANME le 15/06/2010

Nom et prénom de la personne rencontrée : Karim NEFZI

Nom de la structure dans laquelle exerce la personne rencontrée :  
Direction des Energies Renouvelables

Poste de la personne rencontrée : Ingénieur Principal responsable filière  
biomasse

### **1. Expériences précédentes, activités actuelles et/ou planifiées dans le domaine du biogaz industriel (projets, programmes, idées de projet...)**

Dans le cadre de la coopération Tuniso-Chinoise : Mise en place d'un projet pilote pour la production de l'électricité dans une ferme de volailles à Hammam Sousse.

Dans le cadre du programme quadriennal pour la maîtrise de l'énergie 2008..2011 deux programmes de développement de l'utilisation du biogaz ont été mis en ouvre soit :

-Promotion de la production du biogaz dans le milieu rural et les fermes agricole et ce par valorisation des déchets agricoles et animales par la voie de la méthanisation, l'objectif est de mettre en place 200 digesteurs pour la production du biogaz à usage familial en vue de substituer l'utilisation du gaz GPL.

-Promotion de la production de l'électricité par transformation du biogaz produit par valorisation des déchets organiques.

Dans le cadre du plan solaire tunisien, la filière biomasse est inscrite par 4 projets :

-Autoproduction de l'électricité par valorisation énergétique des déchets organiques d'une capacité totale de 1 MW.

-Production de l'électricité par valorisation énergétique des fientes de volailles d'une capacité totale de 14.5 MW

-Production de l'électricité par valorisation des gaz de décharge (décharge contrôlée de Djebal Chékir : 10 MW)

Préparation d'une étude pour la mise en place d'une stratégie pour le développement de la méthanisation industrielle et ce avec le concours et le soutien de la GTZ

**2. Vision de la personne rencontrée sur les moyens et les approches de développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

Le développement de la filière méthanisation nécessite une grande coordination entre les différentes structures et institutions impliquées et impose une entente et une vision commune sur la filière qui mixe gestion des déchets, production de l'énergie et protection de l'environnement.

**3. Documents à la disposition de la structure rencontrée pouvant être utiles dans l'élaboration de l'étude sur le développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

- Programme quadriennal pour la maitrise de l'énergie 2008-2011
- Plan Solaire Tunisien
- Cadre réglementaire et incitatif pour la maitrise de l'énergie (loi 7-2009, décret 362-2009, ...)

**4. Observations générales**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## Compte rendu d'entretien

Entretien effectué à Sfax le 14/06/2010

Nom et prénom de la personne rencontrée : Sami SAYADI

Nom de la structure dans laquelle exerce la personne rencontrée : Centre de Biotechnologie de Sfax

Poste de la personne rencontrée : Directeur du laboratoire des Bioprocédés Environnementaux

### **15. Expériences précédentes, activités actuelles et/ou planifiées dans le domaine du biogaz industriel (projets, programmes, idées de projet...)**

#### ***Expériences réalisées par le laboratoire :***

- Bonne expérience théorique et pratique de la méthanisation, bonne infrastructure, microbiologie anaérobie ..etc
- Méthanisation des margines : Après plusieurs travaux réalisés au laboratoire, une unité de méthanisation a été implantée dans une huilerie à Sfax. Cette unité est composée essentiellement d'un digesteur d'un volume 25 m<sup>3</sup> qui a pu produire 5 fois son volume en biogaz.
- Méthanisation des lixiviats des décharges et des fientes de volailles: Ces essais ont été réalisés à l'échelle laboratoire et à l'échelle pilote et ont aboutit à des résultats satisfaisants.
- Application des réacteurs membranaires anaérobies pour la valorisation des eaux usées urbaines: Ce travail a été réalisé en coopération avec l'ONAS.

### **16. Vision de la personne rencontrée sur les moyens et les approches de développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

Approches de développement de la méthanisation en Tunisie:

- Revoir le cadre réglementaire de la valorisation énergétique (méthane) des déchets : incitations ; subsides et coût du KWH d'achat par la STEG
- Maîtrise de la technologie et plus précisément de la biologie de la méthanisation
- Coopération entre les différents intervenants (Scientifiques, ANME, ANGED, ANPE, industriels...).
- Encourager les investisseurs dans ce domaine par des prêts et des primes.

**17. Documents à la disposition de la structure rencontrée pouvant être utiles dans l'élaboration de l'étude sur le développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

- Travaux de recherche
- Thèses réalisées au laboratoire
- DEA, Mastères et PFE
- Articles dans des journaux scientifiques
- Accès électronique à des journaux spécialisés

**18. Observations générales**

Le Laboratoire a une longue expérience dans ce domaine avec des brevets à l'appui

Le Centre de Biotechnologie de Sfax (CBS), l'agence nationale des déchets solides (ANGED), et la société des services des huileries (SSH) ont signé une convention pour le développement de la méthanisation des margines et des fientes à la décharge de Agereb, Sfax. La station semi-industrielle va servir pour faire une étude technico-économique sur la valorisation énergétique des margines de la décharge par méthanisation.

Le CBS envisage aussi l'application de la méthanisation des lixiviats des décharges contrôlées.

Compte rendu d'entretien

Entretien effectué à 15/04/2010 le ..../2010

Nom et prénom de la personne rencontrée : Hammami Dalha

Nom de la structure dans laquelle exerce la personne rencontrée : Direction d'études et d'évaluation environnementale (ANPE)

Poste de la personne rencontrée : Ingénieur principal

1. Expériences précédentes, activités actuelles et/ou planifiées dans le domaine du biogaz industriel (projets, programmes, idées de projet...)

Expériences précédentes : participation à une journée concernant une étude de faisabilité technico-économique relative à la production et à la valorisation des fiécules de betteraves

2. Vision de la personne rencontrée sur les moyens et les approches de développement de la méthanisation industrielle en Tunisie

sur les coûts économiques institutionnelle et réglementaire, il faut mettre l'accent sur les facteurs, en plus évaluer les coûts et dépenses précédentes.

3. Documents à la disposition de la structure rencontrée pouvant être utiles dans l'élaboration de l'étude sur le développement de la méthanisation industrielle en Tunisie

Les sites mentionnés ci-dessus.

**4. Observations générales**

établi en plan d'action pour  
contribuer à l'avancement de projet.

**Compte rendu d'entretien**

Entretien effectué à Tunis..... le 23/07/2010

Nom et prénom de la personne rencontrée : ...Salem FEKIH.....

Nom de la structure dans laquelle exerce la personne rencontrée :  
 UTICA.....

Poste de la personne rencontrée : Ingénieur chargé du dossier Environnement et  
 Energies Renouvelables

**1. Expériences précédentes, activités actuelles et/ou planifiées dans le domaine du biogaz industriel (projets, programmes, idées de projet...)**

Participation et suivi des études menées par le MEDD , l'ANGED, l'ANPE et le CITET

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**2. Vision de la personne rencontrée sur les moyens et les approches de développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

Le seul projet actuel est celui de BirEl Kasaa géré par l'ANGED ainsi que quelques fermes agricoles dont l'OTD.

Il est vrai que dans l'Agro alimentaire il y a des entreprises qui peuvent mettre en place des projets pareils comme pour la valorisation des fientes de volailles mais souvent les déchets de l'agro industrie sont souvent recyclés ou utilisés dans les aliments de bétail.

**3. Documents à la disposition de la structure rencontrée pouvant être utiles dans l'élaboration de l'étude sur le développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

- Suivi de l'étude menée sur la VDO par le MEDD
- Suivi des séminaires

**4. Observations générales**

.....  
.....  
.....  
.....

## Compte rendu d'entretien

Entretien effectué à ..... le 24/07/2010

Nom et prénom de la personne rencontrée : SOUISSI Mannoubi

Nom de la structure dans laquelle exerce la personne rencontrée : C.F.P.A.E.B de Sidi Thabet

Poste de la personne rencontrée : Enseignant chargé du programme de la biométhanisation rurale au centre

### **1. Expériences précédentes, activités actuelles et/ou planifiées dans le domaine du biogaz industriel (projets, programmes, idées de projet...)**

a. Participation à deux types de formation dans le domaine de la biométhanisation par des enseignants chinois sous la tutelle de l'ANME de TUNIS:

- La conception des digesteurs
- L'analyse de tout type de matière organique biodégradable au laboratoire

b. Installation d'un digesteur pédagogique de 6 m<sup>3</sup> au C.F.P.A.E.B de Sidi Thabet.

c. Installation et démarrage de 4 digesteurs de type chinois entre 6 à 7 m<sup>3</sup> chacun à Tesour (localité OULED Ayar)

### **2. Vision de la personne rencontrée sur les moyens et les approches de développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

a. Hausser la subvention de l'état à ces types des projets.

b. Procéder à la formation et la promotion des industriels.

c. Sensibilisation des industriels qui sont appelés à connaître l'impact de la biométhanisation sur le porte feuille de son projet.

### **3. Documents à la disposition de la structure rencontrée pouvant être utiles dans l'élaboration de l'étude sur le développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

- Les résultats de recherches de la matière organique biodégradable agricole surtout des laiteries (le lacto-serum)

- La formation et les laboratoires d'analyses.

#### **4. Observations générales**

Insérer un programme de sensibilisation sur la matière au niveau de la formation professionnelle.

## Compte rendu d'entretien

Entretien effectué à ..... le 25/07/2010

Nom et prénom de la personne rencontrée : Tahar ACHOUR

Nom de la structure dans laquelle exerce la personne rencontrée :

Chambre Syndicale Nationale des Energies Renouvelables « CSN.ER »

Poste de la personne rencontrée : Président de la CSN.ER

### **1. Expériences précédentes, activités actuelles et/ou planifiées dans le domaine du biogaz industriel (projets, programmes, idées de projet...)**

La CSN.ER, pense programmer pour 2011, un cycle de formation pour l'étude et la réalisation de petites et moyennes installations pour la valorisation des déchets agricoles (animal & végétal)

### **2. Vision de la personne rencontrée sur les moyens et les approches de développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

Compte tenu des incitations accordées par l'Etat pour encourager les projets de méthanisation et vu le potentiel identifié et quantifié dans le domaine du biogaz, il y a à croire que les possibilités existent pour que cette filière puisse se développer au bénéfice de l'économie de l'énergie, le respect de l'environnement et la création d'entreprises et d'emplois.

### **3. Documents à la disposition de la structure rencontrée pouvant être utiles dans l'élaboration de l'étude sur le développement de la méthanisation industrielle en Tunisie**

- Etudes réalisées identifiant les potentiels à l'échelle nationale.
- Existence de structures pour la formation et la sensibilisation en faveur de cette filière

### **4. Observations générales**

Il y a lieu de lancer un large programme pour la réalisation de petits et moyens digesteurs pour des applications au niveau des fermes agricoles.