



Séminaire In-tech, INRIA, 19/05/04

**Le traitement des déchets organiques
par méthanisation : une opportunité
énergétique ?**

Olivier THEOBALD

**Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
Direction des déchets et sols
2 square La Fayette - BP 406 - 49004 ANGERS CEDEX 01
Tél.: 02 41 20 43 12 - fax: 02 41 20 43 02
Email: olivier.theobald@ademe.fr**



Les intérêts de la méthanisation

- **Traiter des déchets organiques**
- **Produire une énergie renouvelable**
- **Réduire les impacts sur l'environnement**
 - Réduction des émissions de gaz à effet de serre
 - Réduction des nuisances et odeurs
 - Restitution de matière organique aux sols



Historique

- **Années 40 : traitement des boues de STEP**
- **Entre 1973 et 1985 : chocs pétroliers**
 - Déjections animales
 - Effluents industriels et agro-alimentaires
- **En 1988 : construction d'Amiens**
 - 1ère unité de méthanisation des déchets ménagers en France
 - OM brutes
- **En 2004, quel constat ?**



Éléments de contexte positifs

- Procédé à l'**interface entre traitement des déchets et production d'énergie** nouvelle et renouvelable
- Relance de la politique en faveur des enr
- **Pénurie** d'exutoire pour les déchets
- **Réticence** des CL vis-à-vis des IUOM et CSD
- **Regain d'intérêt** dans les politiques locales d'investissements « verts » ou de verdissements des activités de traitement des déchets des CL



Éléments de contexte négatifs

- A subi des **contre-références** sérieuses dans les années 80-90
- **N'est pas toujours considéré comme fiable et mature** pour le traitement des déchets ou des effluents



Qu'est-ce que la fermentation anaérobie ?

- **Un processus voisin du compostage**



- Production d'un produit biologiquement stable et partiellement hygiénisé
- Valorisation agronomique possible selon la qualité du produit final

- **Une transformation de la matière organique en biogaz, à haute valeur énergétique**

→ Conversion du biogaz en énergie électrique, thermique, carburant...

Qu'est-ce que le biogaz ?

○ **Un combustible**

- Mélange de CH_4 (50 à 80%), de CO_2 (20 à 50%), de H_2S (20 à 5000 mg/m^3) et de H_2O , N_2 et O_2 (< 1%)
- Ni commercial ni biomasse (2910 B ICPE), soumis à autorisation si $P > 0,1$ MW PCI
- Arrêté de 1997 sur la combustion

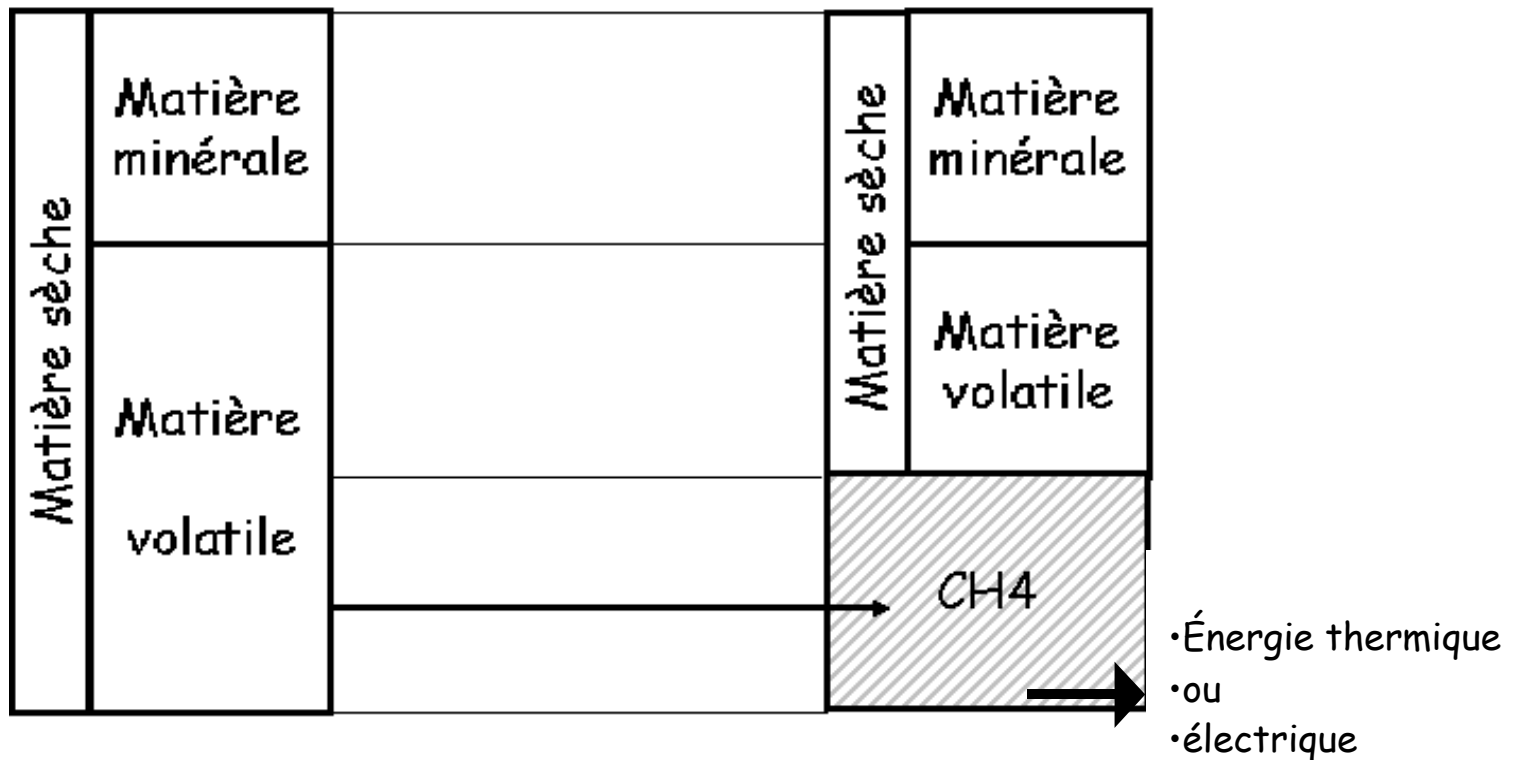
○ **Une énergie renouvelable**

- Issue de la fermentation de la MO
- 1000 m^3 biogaz = 7000 kWh PCI = 0,65 Tep
- 1000 m^3 CH_4 = 9900 kWh PCI = 0,85 Tep

Dégradation de la MO au cours de la digestion anaérobie

AVANT

APRES



- 1 tonne MO dégradée \Rightarrow 500 m³ CH₄
- 1 tonne DCO dégradée \Rightarrow 350 m³ CH₄



La valorisation du biogaz

- **Inventaire** des ressources et des besoins :
utilisateurs, besoins, localisation
- Solutions **éprouvées** industriellement
 - Production d'énergie thermique
 - Production d'électricité
- Solutions **moins éprouvées** industriellement
 - Carburant : Lille-Marquette, Suède
 - Injection dans le réseau : Tillburg (Pays-Bas)
 - Réseau dédié pour chauffage urbain : Rillieux la Pape (Rhône)



La valorisation par production de chaleur

- **Excellent rendement** de conversion : 80 %, avec une chaudière adaptée (brûleur) :
 - Biogaz seul,
 - Biogaz et combustible fossile alternés,
 - Biogaz et combustible fossile simultanés
- **Mais ...**
 - Circuit court obligatoire
 - Peu d'utilisateurs industriels à proximité des sites
 - Coût important du réseau de chaleur
- Objectif de l'ADEME : **promouvoir les réseaux de chaleur**



La valorisation par production d'électricité

- **Pas de stockage** ni d'épuration poussée du biogaz pour satisfaire aux exigences techniques des moteurs à gaz
- **Les turbines à gaz** ne sont **pas utilisées** pour les petites puissances
- Revente sur réseau EDF ou pour des utilisations industrielles
- **Rendement** de conversion **faible** : 25 à 35 % EP
- **Tarification** de rachat souvent trop **faible** pour rentabiliser l'investissement



Les arrêtés de rachat

- **Arrêté du 3 octobre 2001** : conditions d'achat de l'électricité produite par les installations qui valorisent des déchets ménagers ou assimilés en utilisant le biogaz de décharge
41,2 à 60 €/MWh (métropole) et 50,3 à 69 €/MWh (DOM)
- **Arrêté du 16 avril 2002** : conditions d'achat de l'électricité produite par les installations de méthanisation
44,2 à 58 €/MWh (métropole) et 51,8 à 64 €/MWh (DOM)

Le parc du biogaz en Europe

- **1600** STEP urbaines = 5,1 TWh
- **+ de 1900** déj. Animales = 0,3 TWh
- **450** centres de stockage = 5,4 TWh
- **425** STEP industrielles = 3,6 TWh
- **78** DMA (2,3 mt/an) = 365 GWh
- **50** co-digestion = 220 GWh



Le parc du biogaz en France

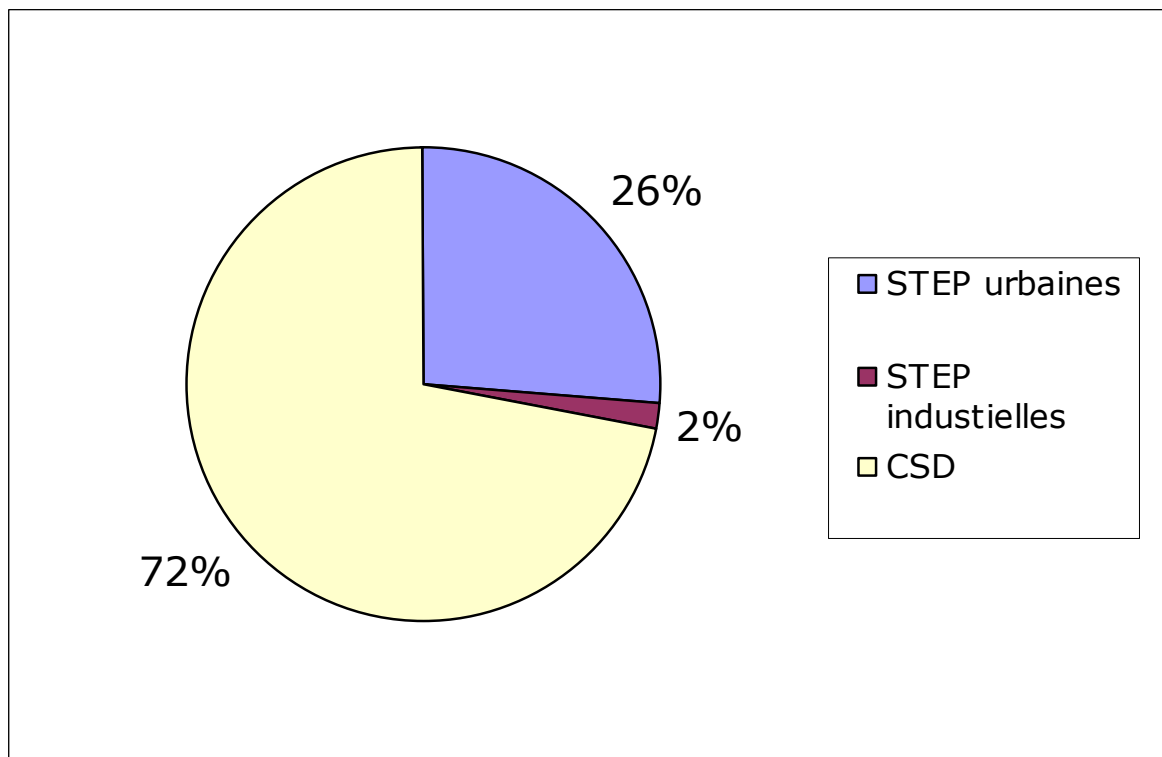
- **137** STEP urbaines = 467 GWh
- **5** déjections animales = 40 MWh
- **20** centres de stockage = 325 GWh
- **86** STEP industrielles = 174 GWh
- **2** déchets ménagers = 52 GWh
(1 mise en service 2002 / 7-9 projets)
- **0** co-digestion



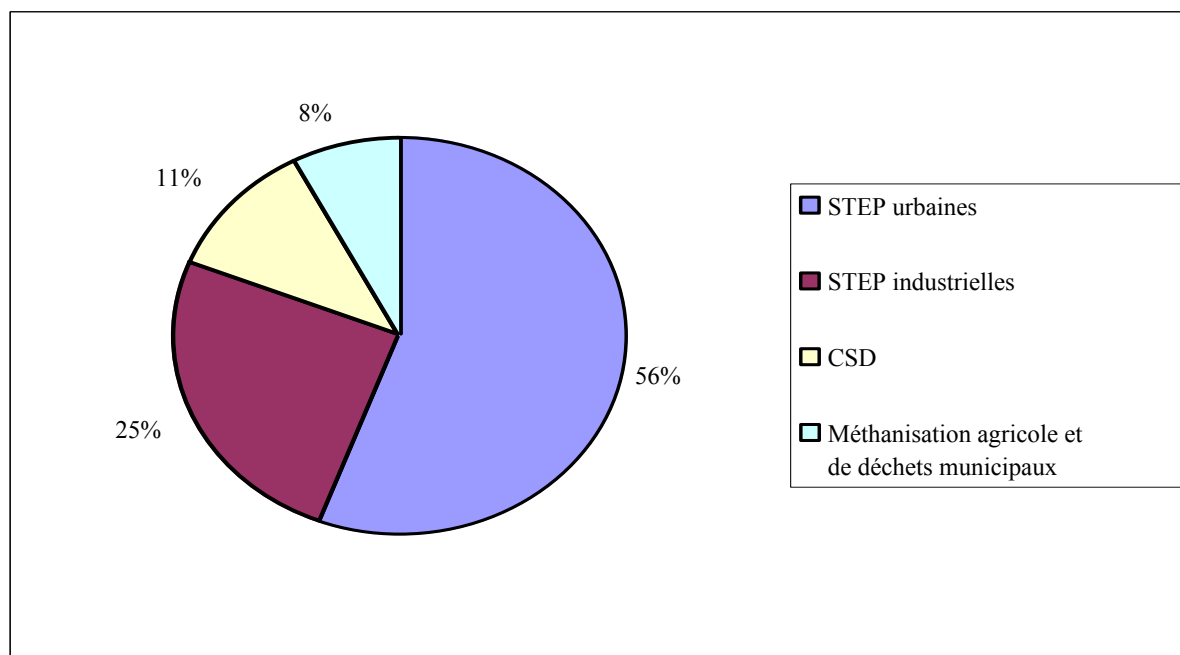
Les enjeux en France

- **Potentiel = 3,6 MTep**
- **Utilisable = 1,7 MTep**
- **Production **actuelle** = 275 kTep/an**
- **Valorisation **actuelle** = 87,5 kTep/an**
- **Objectifs du plan : x 2 en 2006**

Part des différents gisements dans la production d'électricité en 2001



Part des différents gisements dans la production thermique en 2001





Le biogaz issu des CSD

Sur 20 unités répertoriées en 2001

- **8 unités de production d'énergie thermique** avec des applications diverses : chauffage de logements, déshydratation de produits agricoles, évaporation de lixiviats, soit **85 GWh_{th}**
- **12 unités de production d'électricité**, qui est exportée sur le réseau public. La puissance installée s'élève à environ 40 MW qui se répartissent entre 2 turbines à vapeur et une vingtaine de moteurs, soit **240 GWh_e**

(Les unités de production électrique installées dans les CSD ne sont pas en cogénération mais en production électrique seule)

La digestion des boues de STEP urbaines

- Fin 2003 **130 à 140** stations d'épuration urbaines (dont 83 ont une capacité de plus de 30.000 équivalents habitants) = **21,5 millions** d'équivalents habitants (MEH)

Capacité	Nombre de step	%	1 000 EH	%
> 500 000 eh	7	8	12 600	59
100 à 500 000 eh	29	35	6 200	29
30 à 100 000 eh	47	57	2 700	13
Total	83	100	21 500	100

Source : AND International, 2004, Le marché de la méthanisation en France, étude GDF-ADEME

La digestion des boues de STEP urbaines (2000)

	GWh	%	
Énergie primaire	930	100	
Digesteur	197	21	378 Gwh_{th}
Locaux	56	6	32,5 ktep
Séchage	125	13	40 %
Energie mécanique et électrique	40	4	89 GWh_e
	49	5	7,6 ktep, 9 %
Torchère	75	8	473 Gwh
Pertes	388	42	40,7 ktep, 50 %



La digestion des déchets ménagers

- 2 unités (**Amiens** et **Varennnes-Jarcy**)
- 185.000 t/an (**85.000** + **100.000**)
 - Soit **5,3 kTep d'énergie primaire**
- 7 à 9 projets en cours (+ de 700.000 t/an)
 - ⇒ **Mélange de biodéchets et de déchets résiduels**
 - ⇒ **Taille critique (20.000 t/an, soit 200.000 habitants)**



Ne pas confondre...

- Méthanisation des biodéchets
 - **Déchets organiques triés sélectivement**
 - **Digestat valorisé agronomiquement**
- Méthanisation des OM résiduelles
 - **Absence de collecte sélective de la FFOM**
 - **Valorisation agronomique envisagée**
- (Pré)traitement aérobie
 - **Absence de collecte sélective**
 - **Résidus stabilisés stockés en CSD**

Dans chaque cas, il y a production d'un biogaz valorisable



Ex. de Varennes-Jarcy

- Procédé VALORGA (F)
 - $T^{\circ} = 40^{\circ}\text{C}$
 - **3 digesteurs** verticaux
 - 2 OMr de 4.200 m^3 chaque
 - 1 biodéchets de 4.500 m^3
- 70.000 t OMr et 30.000 t biodéchets/an
- **Valorisation électrique** par 3 groupes de 800 kW_e
- Autres solutions envisagées :
 - **Biogaz carburant** pour 60 bennes de collecte
 - Chaleur : **chauffage de locaux** publics
- **Valorisation agronomique** du compost de digestat



La méthanisation dans les industries - 1

- En 2003 : **72** IAA sont équipés de digesteurs, **8** industries chimiques et **19** papeteries
- **Dépollution** des effluents avec capacité de traitement de **762 T DCO/j**
- **Valorisation** énergétique : - de 50 %



La méthanisation dans les industries - 2

- Sur l'ensemble du parc des STEP industrielles (amidonnerie, levurerie, brasseries, boissons, confitures, laiteries, conserveries, distilleries, caves vinicoles)
 - 2 sites valorisent le biogaz en **cogénération**
 - 70 sites en **thermique** seul
- Sur les 72 sites, 15 ne valorisent pas leur biogaz et le **brûlent directement en torchère**



Ex. de valorisation énergétique en IAA

- Effluent : 60 m³/j à 115 g/l DCO
- 450 Nm³ biogaz/T DCO
- **Biogaz produit** = 3000 Nm³/j à 65 % CH₄
- **CH₄ produit** = 2000 m³/j
- **CH₄ disponible** = 1660 Nm³/j (16500 kWh/j)
- Valorisation en **chaudière (4,5 GWh/an)**



Les intérêts de la méthanisation des effluents d'élevage

- **1^{er} gisement** de MO disponible (20 à 25 MT/an)
- **Obligation réglementaire** de traiter en cas d'excédents structurels ou de ZES
- Systématisation de la **désodorisation** des lisiers avant épandage
- **Sensibilisation** des agriculteurs aux énergies nouvelles et renouvelables
- Une **prestation** pour le traitement d'autres déchets organiques très énergétiques ou difficiles à traiter par procédé aérobie
- **La nécessité** d'un tarif de rachat de l'électricité au moins égal à 80 €/MWh (44,2 €/MWh aujourd'hui)

Comparaison avec d'autres procédés

	méthanisation	compostage	incinération	épandage	mise en décharge
Acceptabilité sociale et image	++	=	--	-	-
Gestion de la matière organique	++	++	--	+	-
Effet sanitaire	++	+	++	=	=
Production d'énergie	++	--	++	--	+
Coûts	-	+	--	++	+



En guise de conclusion provisoire

- La méthanisation = une technologie **méconnue**
- Le biogaz = une énergie **à valoriser**
- Un **savoir-faire** à l'étranger mais une **technologie mature**
- Un **prix de rachat** du kWh_e **insuffisant**
- Un **statut** du gaz **incertain** (combustible ? produit chimique ?)
- Quel avenir au biogaz carburant ?
- Quel avenir à l'injection du biogaz dans le réseau de GN ?