

# Qualité agronomique et sanitaire des digestats

- octobre 2011 -

Article rédigé à partir de la synthèse de l'étude réalisée pour le compte de l'ADEME et le ministère de l'agriculture par Nicolas THEVENIN<sup>a</sup>, Mohammed BENBRAHIM<sup>a</sup>, Christophe BACHOLLE<sup>b</sup>, Jacques FUCHS<sup>c</sup>, Isabelle ZDANEVITCH<sup>d</sup>, Fabrice MARCOVECCHIO<sup>e</sup> 1

<sup>a</sup>RITTMO Agroenvironnement ; <sup>b</sup>UTeam ; <sup>c</sup>FIBL ; <sup>d</sup>INERIS ; <sup>e</sup>LDAR.

Marché ADEME n° 0906C0053

**Coordination technique** : Fabienne MULLER, Service Prévention et Gestion des Déchets- Direction Consommation Durable et Déchets – ADEME Angers

## 1. Introduction

Le développement de la méthanisation des déchets organiques et des effluents constitue un enjeu fort pour la France à plusieurs niveaux, notamment la production d'énergie renouvelable et la préservation de la qualité des sols par une bonne gestion du retour au sol de la matière organique résiduelle.

Le digestat, issu du processus de méthanisation, est donc un nouveau « produit » résiduaire organique (PRO) destiné à l'épandage agricole. Cependant, la connaissance de l'impact de la digestion sur la valeur agronomique et sanitaire des matières organiques n'est pas suffisamment précise à ce jour. Les matières organiques entrantes et leur variabilité, les procédés de méthanisation et de post-méthanisation sont des paramètres qui peuvent impacter directement la valeur agronomique des digestats.

Aujourd'hui la filière est en plein développement et il est nécessaire de rassembler les données disponibles afin de pouvoir actualiser les connaissances sur les digestats issus de la méthanisation des déchets et identifier les besoins d'acquisition restant à satisfaire. Dans ce cadre, l'ADEME et le ministère de l'agriculture ont lancé une étude bibliographique, débutée en 2010, afin d'essayer de caractériser les digestats en fonction des intrants et des procédés utilisés. La connaissance des propriétés des différents digestats permettra d'étudier la meilleure façon de valoriser ces produits, qui pour l'instant sont considérés comme des déchets et ne peuvent être utilisés que par la voie du plan d'épandage déchets ou de l'homologation. Ce sont les résultats de cette étude qui sont présentés dans cet article.

## 2. Méthodologie

Recherche bibliographique

La recherche bibliographique a consisté à l'interrogation des bases de données scientifiques en croisant les mots clés relatifs **aux matières premières**, avec les mots clés relatifs **aux procédés**, et avec les mots clés **relatifs aux effets**. Ces mots clés ont été utilisés en trois langues : français, anglais et allemand. La recherche des articles a été réalisée sur une période de l'année 2000 à aujourd'hui (2011).

Les bases de données interrogées ont été :

- CAT / INIST
- Current contents connect / Web of knowledge

Collecte de données de terrain

### Données obtenues pour les intrants agricoles

L'envoi d'un questionnaire a été réalisé et transmis aux organismes suivants qui ont relayé le questionnaire auprès d'agriculteurs méthaniseurs:

- TRAME,<sup>2</sup>
- AAMF,
- AILE
- ATEE - Club Biogaz

---

<sup>1</sup> L'ensemble de l'étude (ADEME Editions, octobre 2011 - 21 x 29,7 - 250 p.) est téléchargeable gratuitement sur le site de l'ADEME : <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=79519&p1=02&p2=05&ref=17597>

<sup>2</sup> L'ensemble des acronymes et abréviations est présenté dans le glossaire en fin d'article

De plus, les coordonnées des installations françaises référencées par la base SINOE de l'ADEME ont été utilisées pour transmettre le questionnaire aux exploitants.

Malgré de très nombreuses relances, il a été très difficile d'obtenir les analyses auprès des exploitants. On ne s'intéresse évidemment qu'aux installations en fonctionnement depuis plus de quelques mois et capables de fournir des données analytiques. Elles se sont révélées être beaucoup moins nombreuses qu'escompté.

#### Installations à la ferme

Il s'agit d'installations de méthanisation exploitées par un agriculteur dans le cadre de son exploitation, qui traite de façon très majoritaire des effluents d'élevage.

9 installations de ce type ont été identifiées, 4 d'entre elles ont envoyé des analyses, (1 à 3 analyses par installation, une seule installation dispose d'analyse d'ETM en plus des analyses sur les paramètres agronomiques).

#### Installations « centralisées »

Il s'agit d'installations de traitement de déchets ou sous-produits organiques, méthanisant des déchets majoritairement issus des particuliers.

Quatre installations de ce type ont été contactées dont une en Belgique.

#### **Données obtenues pour les installations exploitées par des industriels**

Il s'agit principalement d'industriels de l'agro-alimentaire ou papetiers.

69 installations de ce type sont répertoriées dans les listes SINOE de l'ADEME.

Dans leur très grande majorité, ces installations utilisent la méthanisation pour traiter les eaux usées d'exploitation et abattre ainsi la DCO et la DBO. Ce sont donc des effluents liquides à de faibles teneurs en matières sèches qui sont digérés. La plupart du temps, les effluents font ensuite l'objet d'un traitement aérobic. Parfois l'effluent est rejeté sans traitement complémentaire au réseau ou même au milieu naturel.

Des boues peuvent être produites au niveau de la méthanisation, souvent en faible quantité, le plus souvent utilisées pour ensemercer d'autres méthaniseurs chez d'autres industriels. L'ensemencement consiste en l'apport de la microflore anaérobie permettant la dégradation de la matière organique en biogaz pour permettre le démarrage d'un digesteur, ou encore pour encherir en micro-organismes des digesteurs.

Les temps de séjour des effluents dans le digesteur sont de quelques heures, jamais plus de 48 heures.

Les températures de digestion sont de 20 à 40 °C.

9 installations relevant de ce cas de figure ont fourni des analyses.

Il a été décidé par le comité de pilotage de considérer que ces installations ne sont pas dans le périmètre de l'étude.

En effet, elles sont conçues et exploitées comme des installations de traitements des effluents, et pas comme des installations de traitements de déchets ou sous produits organiques avec production de méthane. Le temps de séjour est si faible qu'il est difficile de considérer les matières sortantes comme des digestats. Ces matières sortantes font le plus souvent l'objet d'un traitement aérobic après la digestion.

Lorsque des analyses nous ont été transmises, ce sont les analyses de ces boues extraites après ce traitement aérobic, lui-même précédé de la digestion. La matière organique de ces boues aura donc subi des transformations biologiques et physico-chimiques différentes de celles la méthanisation. Il est fort probable par exemple qu'une grande partie de l'azote ammoniacal produit lors de la digestion soit réorganisé sous forme d'azote organique.

Cependant, deux installations exploitées par des industriels de l'agroalimentaire ont néanmoins été identifiées comme traitant des déchets organiques avec un temps de séjour de plus de 20 jours. Ces deux installations sont donc sans ambiguïté dans le périmètre de l'étude et y ont été intégrées comme telles.

#### **Données obtenues pour les intrants d'origine urbaines**

La recherche de données a été réalisée par prise de contact directe auprès des exploitants ou des maîtres d'ouvrage des STEP ou des installations de traitement de déchets ménagers disposant d'une phase de digestion. Ces installations ont été identifiées sur la base des listes Sinoé de l'ADEME.

Au total 22 STEP et 4 installations de traitement de déchets ménagers ont été contactées.

Il a été collecté 24 séries analytiques de Boues issues du traitement des eaux usées urbaines (BTU) digérées correspondant à 18 collectivités et 21 STEP. Certaines STEP ont fourni des données sur des BTU digérées ayant subi différents post traitements, d'autre ont fournis des données sur deux années consécutives. Les séries analytiques comportent chacune entre 4 et 52 analyses de BTUs digérées. Hormis pour 4 d'entre elles, tous les paramètres imposés par la réglementation relative à l'épandage des BTU figurent dans les données fournies. Lorsqu'il manque des paramètres, il s'agit de paramètres agronomiques.

Il a été collecté 2 séries d'analyses auprès des installations de traitements de déchets ménagers, comportant l'une 4 analyses et l'autre comportant 12 analyses. Les paramètres analysés sont les paramètres imposés par la norme NFU 44-051 auxquels ont été ajoutés les paramètres standards pour qualifier la valeur agronomique.

### 3. Définition des intrants

Le type de méthanisation agricole apparaît hétérogène et peut être séparé en sous-groupes. Le traitement de l'ensemble des données par une analyse factorielle multivariée a permis de dégager les intrants qui ont un effet sur les caractéristiques agronomiques des digestats dont les analyses ont pu être récoltées. Il s'agit de :

- 1- Lisier-Fumier-Bovin : plus de 75% des intrants
- 2- Lisier-Fumier-Porc : plus de 75% des intrants
- 3- Déchets Verts et Horticoles : déchets végétaux (résidus de culture, déchets verts, ...)
- 4- Biodéchets : déchets organiques ménagers issus d'une collecte sélective
- 5- Sous-produits Animaux
- 6- Déchets d'Industrie Agro-alimentaire (IAA)
- 7- Autres types de déchets

Il existe 4 grandes catégories d'intrants pour la méthanisation des déchets urbains :

- Les biodéchets issus d'une collecte sélective,
- Les ordures ménagères résiduelles : OMr, desquelles est récupérée la FFOM
- Les déchets verts,
- Les BTU de STEP.

La méthanisation des biodéchets ou de la FFOM issue des OMr s'effectue parfois en co-méthanisation avec les déchets verts peu ligneux (tontes de pelouses par exemple) qui possèdent un pouvoir méthanogène intéressant.

### 4. Qualité agronomique

#### Impact des intrants agricoles et matières végétales

La variabilité des intrants va finalement définir en grande partie la qualité des digestat qui en résultera. L'étude des données, en particulier celles concernant les installations de co-méthanisation, a permis de montrer l'impact de certains types de déchets sur les teneurs en éléments fertilisants des digestats.

- ⇒ L'apport de biodéchets et de déchets verts et horticoles aura tendance à faire baisser les teneurs en éléments fertilisants (N, P, K) des digestats à base de déjections animales. Tandis que la co-méthanisation de sous-produits animaux et de lisier porcin entraînera, au contraire, une augmentation des teneurs de ces éléments fertilisants dans les digestats.
- ⇒ Les teneurs les plus élevées en azote total et ammoniacal, en potassium et phosphore total ont donc été mesurées dans les digestats issus de la co-méthanisation des déjections animales (et particulièrement les lisiers de porc) et des sous-produits animaux.

Cependant, cette étude montre une tendance concernant les différences de teneurs en éléments fertilisants des digestats en fonction de leurs intrants, mais ne permet pas de définir précisément et donc de statuer sur l'impact de chacun des substrats étudiés car les données collectées ne permettent pas de relier les caractéristiques agronomiques des intrants (trop peu souvent réalisées) à celles des digestats produits.

#### Impact des intrants urbains

- ⇒ Les digestats de BTU présentent une teneur en phosphore supérieure aux autres intrants d'origine urbaine. Les teneurs en  $P_2O_5$  sont en moyenne plus élevées dans les digestats à base de BTU ayant subi un post-traitement, à l'exception du compostage.
- ⇒ Les teneurs en potasse sont semblables entre les digestats, avec des teneurs légèrement supérieures pour les digestats de biodéchets et de FFOM issue des OMr probablement dû au procédé de séparation de phase. Le  $K_2O$  se trouve essentiellement dans la phase liquide et les taux de matière sèche sont supérieurs pour les digestats de BTU comparé aux digestats de biodéchets.

#### Impact des pré et post-traitements sur les digestats des déchets non dangereux du monde agricole et de matières végétales brutes

L'effet des prétraitements s'applique essentiellement aux caractéristiques sanitaires des digestats, et la littérature étudiée n'a pas montré d'effets importants sur les caractéristiques agronomiques.

La recommandation d'utilisation d'un prétraitement va dépendre des matières entrantes dans le digesteur, du procédé de méthanisation utilisé et des post-traitements éventuels.

La séparation de phase est le post-traitement le plus utilisé et est très souvent un passage obligatoire afin de poursuivre le traitement du digestat par d'autres techniques.

Généralement la séparation de phase des digestats permet d'obtenir une fraction liquide qui contient la majorité de l'azote initial sous forme minérale, et une fraction solide comportant la fraction organique résiduelle. Cette phase solide contient souvent la majorité du phosphore, mais ce n'est pas systématique. Cette étape permet de gérer de manière séparée la fraction liquide comme un engrais azoté et la fraction solide comme un amendement organique.

Il faut également retenir que, de manière générale, les digestats, notamment les digestats liquides, contiennent les éléments fertilisants azotés sous des formes plus biodisponibles que les mêmes substrats non digérés.

Les autres post-traitements auront pour effet de concentrer les éléments afin d'obtenir des fractions plus facilement exploitables et surtout riches en azote (stripping, struvite<sup>3</sup>,...).

Les post-traitements vont donc fournir plusieurs types de produits :

- Un produit liquide qui potentiellement aurait les caractéristiques d'un engrais au vu de la réglementation française ou qui s'en rapprocherait *a minima* dans son utilisation qui serait basée essentiellement sur l'apport d'éléments fertilisants (l'azote en particulier) biodisponibles pour les cultures.
- Une fraction solide qui se rapproche des caractéristiques des amendements organiques, et qui contient souvent la majorité du phosphore du/des substrat(s) de départ.
- Des effluents de post-traitements, liquides (post-stripping, struvite,...), qui peuvent avoir des concentrations importantes en potassium, (parfois plus de 85 % du potassium des digestats avant traitements).

L'utilisation des digestats nécessite donc une maîtrise du procédé dans l'intégralité de sa filière de traitement et de gérer son utilisation en tenant compte de ces spécificités.

### **Impact des procédés sur les digestats des déchets d'origine urbaine**

Les BTU sont quasi-exclusivement méthanisées par un procédé type CSTR (infiniment mélangé en continu), en phase humide et en conditions mésophiles.

Les déchets solides (biodéchets et FFOM issue d'OMr) sont principalement méthanisés en phase sèche et à température mésophile ou thermophile.

Dans les deux cas de figure, le digestat est alors déshydraté et seule la phase « solide » est valorisée. La phase liquide est retournée en tête de station d'épuration pour la méthanisation de BTU de STEP ou en tête de traitement dans le cas de la méthanisation des déchets urbains, pour humidifier les nouveaux intrants.

Du digestat issu de cette séparation de phase, les conclusions suivantes peuvent être émises :

- ⇒ La déshydratation (séparation de phase) semble avoir pour effet d'abaisser les teneurs en azote et particulièrement en azote ammoniacal dans les digestats de déchets urbains solides. En effet, l'azote ammoniacal se retrouve dans la phase liquide qui est retirée de ce digestat.

Le compostage, le chaulage et le séchage semblent réduire les teneurs en azote total comparativement aux digestats bruts ou aux autres traitements, ce qui peut s'expliquer à la fois par l'effet dilution dans le co-substrat et la volatilisation de l'ammoniac.

- ⇒ De plus, la déshydratation des BTU, le séchage et le chaulage présentent des teneurs plus élevées en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> comparativement au compostage. Cependant, il s'agit certainement de l'effet couplé intrants/procédé dû aux fortes teneurs des BTU brutes en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Le chaulage va fournir un produit avec des teneurs en CaO élevées et présentant un pH basique.

## **5. Qualité sanitaire des digestats**

### **Les agents pathogènes**

La digestion anaérobie est un procédé qui permet la réduction des concentrations en germes pathogènes, avec une efficacité beaucoup plus importante en conditions thermophiles qu'en conditions mésophiles.

La digestion mésophile avec un taux d'abattement en pathogènes de l'ordre de 80 % n'assure pas une hygiénisation suffisante pour prévenir le développement ultérieur des micro-organismes pathogènes lors du stockage. Une hygiénisation supplémentaire peut alors être apportée si nécessaire par un prétraitement ou un post traitement *ad hoc* (le compostage par exemple).

Certaines bactéries ne seront que peu affectées, en termes de réduction de leur population, par la méthanisation thermophile du fait de leur passage en formes résistantes : la sporulation notamment leur permet de résister aux températures de 55° C.

---

<sup>3</sup> Struvite : substance minérale riche en phosphate ammoniac-magnésien hydraté Mg(NH<sub>4</sub>)PO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O retrouvée dans les calculs rénaux et les digestats de méthanisation et pouvant être utilisée comme fertilisant des sols.

## Les polluants métalliques

En ce qui concerne les ETM, la méthanisation a pour effet de les concentrer dans les digestats, de la même façon que les nutriments. Le facteur de concentration des ETM est en partie fonction du potentiel méthanogène des matières premières. En effet, plus le carbone sera extrait sous forme de biogaz, plus les matières minérales, et donc les ETM, seront concentrés dans le digestat sortant. Il a été trouvé dans la bibliographie des facteurs de concentration de 1,3 pour le lisier de porc, de 4 pour le maïs et de 10 pour le seigle.

- Les données collectées ont permis de montrer suite au traitement statistique qu'en très grande majorité, les teneurs en ETM dans les digestats issus des déchets agricoles et matières végétales, quelle que soit leur nature (brut, liquide, solide) sont inférieures aux limites de la NFU 44-051. Les quelques teneurs supérieures aux limites de la NFU 44-051 en cuivre et en zinc ont été observées sur des digestats de lisiers porcins et ou de substrats d'IAA en provenance de l'activité viticole.
- Les digestats de BTU de STEP présentent des teneurs en ETM plus élevées que celles mesurées dans les autres digestats quelle que soit leur origine.

Les teneurs moyennes mesurées sont toujours conformes aux seuils de la réglementation régissant les plans d'épandage des BTU.

De plus, pour les intrants, ces teneurs sont en moyenne inférieures aux seuils régissant la mise sur le marché des amendements organiques (normes NFU 44-051, et NFU 44-095) et ce pour l'ensemble des ETM à l'exception du cuivre et du zinc, qui présentent des teneurs moyennes supérieures à ces seuils.

Sur la base des teneurs moyennes, sur l'ensemble des BTU étudiées, cinq d'entre elles seraient conformes à ces seuils. L'ETM constituant le facteur limitant principal est le zinc suivi du cuivre et dans une moindre mesure du plomb.

## Les polluants organiques

Les données collectées ont montré que l'ensemble des digestats ou composts de digestats d'origine urbaine étudiés présentent des teneurs en HAP et en PCB qui sont conformes aux critères réglementaires de mise sur le marché des amendements organiques.

Les données concernant les digestats d'origine agricole ne nous ont pas permis de déterminer l'impact des intrants ou des procédés sur les teneurs dans les digestats des polluants organiques.

Cependant l'étude bibliographique a pu montrer que les digestats présentent des teneurs variables en polluants organiques, dépendant des matières premières. Ces concentrations restent toutefois inférieures aux limites fixées par les normes NFU 44-051 et NFU 44-095, que se soit pour les concentrations en HAP ou en PCB.

De plus, l'étude bibliographique montre que la digestion permet un abattement relatif des teneurs de certains de ces polluants. La méthanisation en conditions thermophiles et/ou une hydrolyse thermique en prétraitement sembleraient faciliter le taux d'abattement des ces composés.

L'analyse statistique, du fait du nombre de données hétérogène entre les différents intrants et procédés étudiés, n'a pas pu montrer d'impact des post-traitements sur les teneurs en ETM ou en CTO. Néanmoins, nous pouvons supposer que seuls les post-traitements qui consistent en l'ajout d'un autre substrat (compostage et chaulage) peuvent avoir un impact sur ces teneurs et faire évoluer les tendances précisées ci-dessus.

## 6. Impact sur les sols

La littérature scientifique (Fuchs, 2001, Odlare, 2008, Nyberg 2004) montre que les digestats solides (de biodéchets) ont des actions souvent bénéfiques sur la qualité des sols :

- augmentation de l'activité respirométrique,
- augmentation de l'activité nitrifiante,
- augmentation de la biomasse bactérienne et de l'activité enzymatique,
- amélioration par l'apport de matière organique, de la capacité de rétention en eau et de la capacité d'échange cationique.

Ces efficacités peuvent être équivalentes, voire parfois meilleures que celles de fertilisants organiques plus classiques tels que les composts.

Cependant, Unterfrauner *et al.* (2008, 2010) montre qu'une application d'une dose importante (50 m<sup>3</sup>/ha) de digestat à un faible taux de matière sèche peut provoquer une détérioration des paramètres physico-chimiques des sols, notamment sur les sols peu tamponnés. L'application de ces digestats ayant provoqué une diminution significative (plus de 2 points) de la valeur de pH en quelques semaines.

## 7. Substitution aux engrais minéraux

L'augmentation (de 60-80 %) de l'utilisation des engrais organiques devrait se développer dans un proche avenir (GLC, 2010 ; AGROBIOGAS, 2006) afin de réduire la part des engrais minéraux dans la fertilisation.

Ceci semble déjà le cas, mais l'utilisation de digestat ne représente pour l'instant qu'une faible partie de la fertilisation organique. L'apport de matières fertilisantes organiques d'origine industrielle et de déchets urbains ne représente que 2 % des apports organiques totaux mais augmente sensiblement. Ces apports pourraient être amenés à fortement se développer avec la mise en place de projets de méthanisation des déchets ménagers.

Selon Pedersen (2008), la méthanisation de fumier bovin permet par l'apport d'azote ammoniacal via le digestat une économie de 34 kg d'engrais minéral, correspondant à 27 € par hectare pour la fertilisation d'une prairie.

L'azote des digestats peut également être concentré par des post-traitements et pourrait être utilisé pour limiter l'azote minéral créé par le processus de Haber-Bosch. Cette substitution permet de réduire l'énergie fossile nécessaire pour ce processus entre 19 et 25 kWh/m<sup>3</sup> de digestat (Bakx, 2009).

L'effet fertilisant du digestat liquide à court terme est égal ou légèrement supérieur à celui du lisier, et nettement supérieur à celui du compost (Ebertseder, 2008).

Pour l'utilisation de digestats liquides de lisiers et biodéchets, il existe un bon effet fertilisant à court terme, mais aussi des risques plus importants de pertes ammoniacales lors de son épandage. C'est pourquoi une certaine prudence est de mise lors de son utilisation. La quantité de digestats liquides à utiliser annuellement est de 22 à 27 m<sup>3</sup>.

## 8. L'impact de la méthanisation sur le dégagement d'odeurs

Les odeurs sont en partie liées aux acides gras volatiles (AGV). Or, dans le processus de méthanisation, ces molécules sont décomposées en grande partie puisqu'il s'agit des précurseurs de l'acétate, source principale des bactéries méthanogènes pour produire du méthane. Ainsi, une diminution des nuisances olfactives est observée. Plusieurs expériences (Hansen, 2005 ; Powers, 1999) ont démontré cette tendance. Une expérience sur la comparaison des unités d'odeurs mesurées après l'épandage de lisier de porc digéré (450 unités d'odeurs par m<sup>3</sup>) et non digéré (1000 unités d'odeurs par m<sup>3</sup>) a montré une diminution de 550 unités d'odeurs par m<sup>3</sup> d'air avec le digestat de lisier de porc.

La digestion permet donc de réduire l'intensité des odeurs émises lors du traitement et lors de l'application au champ. Le digestat issu d'un substrat donné génère donc moins de nuisances olfactives que le même substrat non digéré.

## 9. Volatilisation de l'azote

L'impact de la méthanisation sur les émissions d'ammoniac des effluents d'élevage serait modeste et est difficile à établir. Selon les auteurs, l'augmentation des émissions liée à la digestion est comprise entre 0 et 17 % (sur l'ensemble de la filière de la gestion des digestats entre le digesteur et l'intégration au sol) de l'azote ammoniacal apporté au sol.

Ces émissions peuvent être considérablement réduites par la couverture des silos de stockage d'une part et par l'adoption de techniques d'épandage par pendillard suivie d'un enfouissement immédiat d'autre part.

Pour le traitement de digestat liquide, on peut extrapoler les résultats relatifs au traitement biologique aérobie des lisiers, largement répandu en Bretagne, qui permet d'abattre les émissions d'ammoniac du fait de la mise en œuvre de procédés de nitrification/dénitrification.

Pour le traitement de digestat solide, les mesures réalisées durant le compostage de déchets urbains ou d'effluents d'élevage montrent des émissions importantes d'ammoniac. On peut supposer qu'elles seront au moins aussi importantes avec des digestats qu'avec des matières organiques non digérées.

## 10. Conclusion

La méthanisation permet d'extraire de l'énergie sous forme de biogaz des matières organiques sans pénaliser leur valeur fertilisante, tant en terme de nutriments qu'en terme d'entretien des taux de matières organiques des sols.

Selon les matières premières et sur certains aspects le potentiel agronomique des matières organiques est amélioré par la facilité de gestion amenée par la méthanisation : par l'obtention d'un produit stabilisé en terme de nuisances olfactives et, dans le cas de méthanisation thermophile, par l'obtention d'un produit mieux hygiénisé.

De plus les digestats non séparés (digestats bruts) et les digestats liquides en particulier, peuvent constituer un engrais azoté « quasi minéral ». La proportion d'utilisation effective de cet azote par les plantes sera facilitée à

condition que ces digestats soient effectivement gérés comme tel par l'agriculteur et se substituent aux engrais azotés minéraux.

L'ensemble des données collectées a permis de définir des tendances quant à l'impact des différents intrants sur la qualité des digestats. Il a été montré que la présence de lisier porcin et de sous-produits animaux, produisait les digestats d'origine agricole ayant les concentrations en éléments fertilisants, notamment pour l'azote, les plus élevées parmi les intrants étudiés et ce quelle que soit la nature du digestat (brut / liquide / solide).

De même, il a alors été montré que la présence de BTU produisait les digestats ayant les concentrations en phosphore les plus élevées parmi les intrants étudiés, et ce, quelle que soit la nature du digestat.

Les post-traitements peuvent avoir un impact significatif sur la valeur agronomique, en particulier sur les teneurs en azote des digestats urbains, puisqu'il s'agit essentiellement des digestats solides issus d'une déshydratation, le digestat liquide n'est en général pas valorisé sur les sols agricoles, dans le cas de la digestion de déchets urbains.

#### **En termes de qualité sanitaire et environnementale :**

Les teneurs en ETM des BTU sont supérieures aux teneurs mesurées dans les autres digestats et composts de digestats de biodéchets et de FFOM issue d'OMr, en particulier pour le cuivre et le zinc.

A quelques exceptions près, les faibles teneurs en ETM des matières premières issues du monde agricole ou des matières végétales brutes permettent d'obtenir des digestats dont les teneurs en ETM restent très faibles malgré le facteur de concentration observé dans le digesteur.

Pour les CTO, l'étude a montré que les digestats agricoles ou urbains étudiés avaient des teneurs qui pouvaient leur permettre de respecter les critères des normes de mise sur le marché des amendements organiques. De plus, une proportion significative de polluants organiques peuvent être dégradés par la méthanisation.

Au regard des contaminations par les germes pathogènes, la méthanisation thermophile permet d'hygiéniser de façon significative les matières premières. Néanmoins, certains germes (*Clostridium perfringens* notamment) ne sont pas totalement éliminés.

En ce qui concerne la méthanisation des BTU, celle-ci se pratique presque exclusivement en conditions mésophiles. L'efficacité de la digestion en termes d'hygiénisation sur les digestats urbains n'a pas pu être étudiée du fait du manque de données obtenues sur ces paramètres.

Enfin la méthanisation de certaines matières premières, notamment des effluents d'élevage riches en azote, est susceptible de favoriser la volatilisation de l'ammoniac lors des manipulations ultérieures du digestat. Cependant ce phénomène est difficile à quantifier et est dans tous les cas modeste au regard des réductions de volatilisations possibles par des techniques d'épandage.

#### **Les données manquantes**

Cette étude a également fait ressortir les besoins d'acquisition de certains paramètres afin de mieux caractériser les digestats et définir ses potentiels d'utilisation.

- La réalisation d'essais de moyenne et longue durée permettrait de mesurer l'impact des différents types de digestats, en particuliers des digestats liquides sur la fertilité du sol, la croissance des plantes et l'environnement (teneur en humus du sol, propriétés physiques/chimiques/biologiques du sol, évolution des teneurs en ETM dans les sols, résistance des plantes aux maladies, ...). En effet, nous avons finalement peu de données d'essais au champ sur la mesure de ces paramètres (rétention en eau, porosité, stabilité structurale, capacité d'échange cationique, pH). Ce point avait déjà été relevé lors de l'étude réalisée par Solagro-Orgaterre en 2004.

La mise en place d'un réseau d'essais démonstratifs de longue durée permettrait de répondre en grande partie à ces questions dans des conditions pédoclimatiques différentes.

De tels essais sont déjà en place pour évaluer les composts ou les BTU en termes de dynamique des ETM dans le système sol-plante. Il serait souhaitable que de tels essais soient également mis en place avec des digestats ou des composts de digestats, ou que des digestats soient intégrés aux dispositifs existants.

De plus, les effets de l'application répétée de digestats liquides sur certains sols sableux non carbonatés sont préoccupants, puisque cela a entraîné une détérioration des paramètres physico-chimiques de ces sols.

Il faut également noter que peu de données sont disponibles sur le soufre, élément de plus en plus recherché par les agriculteurs. La réutilisation de sels de stripping en mélange avec les composts pourrait être un plus pour la distribution des digestats.

- Du fait du manque d'études s'intéressant à la relation entre les caractéristiques des intrants et des digestats qui en découlent, il n'est pas possible de prévoir correctement les caractéristiques agronomiques et sanitaires de ces digestats et, ainsi, de valider les effets des groupes d'intrants que nous avons pu observer dans cette étude. Un suivi rigoureux de certaines installations françaises permettrait de réaliser ces bilans matières et de relier justement les intrants et les mélanges d'intrants pour permettre de répondre à cette question.
- La réalisation de bilans des résultats économiques sur les exploitations travaillant avec des digestats serait nécessaire pour déterminer si la substitution des engrais minéraux par les digestats est rentable. De même l'étude des

possibilités et des limites des post-traitements des digestats (stripping, compostage, séchage, pyrolyse, ...) permettrait d'évaluer les gains et les pertes en éléments fertilisants, les bilans énergétiques, les émissions de gaz à effet de serre, ....

Cette problématique est déjà en voie d'amélioration puisqu'un appel d'offre a été lancé par l'ADEME début 2011, concernant le suivi d'installations de méthanisations.

- Il pourrait également être intéressant de comparer les caractéristiques sanitaires et agronomiques de composts et de digestats et de matières brutes et d'étudier l'évolution de la matière organique (humification, minéralisation) de ces trois produits.

## Références bibliographiques

AGROBIOGAS, 2006. Report on quality criteria for application of AD sludge as bio-fertiliser in agriculture. Project No. 030348- : An integrated approach for biogas production with agricultural waste

Bakx Toine, Yves Membrez, Adèle Mottet, Adriano Joss, Marc Boehler. 2009. Etat de l'art des méthodes rentables pour l'élimination, la concentration ou la transformation de l'azote pour les installations de biogaz agricoles de tailles petite/moyenne. Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral de l'énergie OFEN

Ebertseder, T. 2008. Düngewirkung von Kompost und von flüssigen Gärrückständen im Vergleich. Humuswirtschaft & Kompost 1/08 : 64-67

Hansen, M. N., T. S. Birkmose, *et al.* 2005. Effects of separation and anaerobic digestion of slurry on odour and ammonia Emission during Subsequent Storage and land application. International conference of the FAO Escorena network on recycling of agricultural, municipal and industrial residues in agriculture, Murcia, Spain, October 2004. In: Bernal, Pilar; Moral, Raul; Clemente, Rafael and Paredes, Concepcion (Eds.) *Sustainable organic waste management for environmental protection and food safety*, FAO and CSIC, 1, pp. 265-269

Fuchs, J., U. Galli, K. Schleiss, A. Wellinger, 2001. Directive de l'ASIC 2001. Caractéristiques de qualité des composts et des digestats provenant du traitement des déchets organiques. Document élaboré par l'Association Suisse des Installations de Compostage (ASIC) en collaboration avec le Forum Biogaz Suisse.

GCL Développement Durable, 2010. Etat, perspectives et enjeux du marché des engrais. Edited by J. Mata-Alvarez. ISBN: 1 900222 14 0.

Nyberg K., I. Sundh, M. Johansson & A. Schnürer, 2004. Presence of potential ammonia oxidation (PAO) inhibiting substances in anaerobic digestion residues. *Applied Soil Ecology*, 26 : 107-112.

Odlare M., M. Pell, K. Svensson, 2008. Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues. *Waste management*, 28 : 1246-1253.

Pedersen Torben Ravn, 24th -25th January 2008, Sesto S. Giovanni, Milano, Anaerobic digestion: opportunities for agriculture and environment")

Powers W. J., H. H. Van Horn, A. C. Wilkie, C. J. Wilcox and R. A. Nordstedt, 1999. Effects of anaerobic digestion and additives to effluent or cattle feed on odor and odorant concentrations. Departments of \*Dairy and Poultry Sciences, Soil and Water Science, and Agricultural and Biological Engineering, University of Florida, Gainesville 32611-0920. *J. Anim. Sci.*, 77 : 1412-1421.

Unterfrauner H. 2008. Auswirkung von Biogasgülle auf Bodenparameter unter besonderer Berücksichtigung des Kaliums (K). 63. ALVA-Tagung, Raumberg-Gumpenstein (Österreich)

## Glossaire

|         |  |
|---------|--|
| AAMF :  | Association des Agriculteurs Méthaniseurs de France.                 |
| ADEME : | Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.            |
| AILE :  | Association d'Initiatives Locales pour l'Energie et l'environnement. |
| BTU :   | Boues issues du Traitement des eaux Usées urbaines.                  |
| CSTR :  | Procédé de traitement en continu en réacteur infiniment mélangé.     |
| CTO :   | Composés Traces Organiques.  |
| DBO :   | Demande Biologique en Oxygène.                                       |
| DCO :   | Demande Chimique en Oxygène.   |
| ETM :   | Eléments Traces Métalliques.   |
| FFOM :  | Fraction Fermentescible des Ordures Ménagères résiduelles (OMr).     |
| HAP :   | Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques.                             |
| IAA :   | Industries Agro-Alimentaires.  |
| OMr :   | Ordures Ménagères résiduelles.                                       |
| PCB :   | Poly-Chloro-Biphényles.  |
| STEP :  | Station de Traitement des Eaux usées.                                |
| TRAME : | Centre de ressources et de développement agricole et rural.          |