

La méthanisation en agriculture :

technologies utilisées, intérêts économiques et environnementaux

O. Theobald, C. Schubetzer

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, Direction des Déchets et Sols - Département Gestion Biologique et Sols, 2 square La Fayette, BP 90406, F-49004 Angers cedex 01 ; olivier.theobald@ademe.fr

Résumé

La méthanisation – ou digestion anaérobie – est un procédé qui permet de traiter la matière organique contenue dans des déchets solides ou des effluents d'origine agricole, industrielle ou urbaine. Elle génère la production d'un biogaz, à intérêt énergétique, pouvant être transformé en électricité ou en chaleur.

En France, l'agriculture est un secteur où la méthanisation représente un enjeu de développement intéressant car les ressources en matières organiques sont importantes, bien que dispersées. Ainsi, dans les années 90, une centaine de digesteurs avaient été construits dans des exploitations agricoles mais la plupart n'ont pas perduré. Depuis quelques années, on assiste à une nouvelle phase de développement de la méthanisation agricole dans l'Union Européenne, notamment grâce à des tarifs d'achat de l'électricité très avantageux qui ont relancé l'intérêt de la technologie. En France, malgré un tarif d'achat de l'électricité parmi les plus bas de l'Union Européenne, la méthanisation agricole trouve un regain d'intérêt à la fois en raison de son intérêt énergétique mais aussi de ses bénéfices environnementaux.

1. La méthanisation en agriculture : un procédé connu mais peu développé en France

En réglant, en amont, un problème de déchets organiques (ménagers, urbains, industriels ou agricoles), la méthanisation produit, en aval, un biogaz riche en énergie et un digestat désodorisé dont les caractéristiques fertilisantes (NPK) présentent un réel intérêt agronomique.

Dès les années 70, il y eut une forte volonté, en Europe, de développer la méthanisation, en favorisant la mise en place d'un programme de recherche et de développement sur le sujet. Les premières réalisations ont vu le jour dans les années 80-85, avec les premières unités de démonstration et l'émergence de constructeurs spécialisés. En France, plus d'une centaine d'installations ont été réalisées. Celles dont le principal objectif était de traiter des déchets (ordures ménagères, effluents d'industries agro-alimentaires) ont perduré, tandis que celles dédiées à la production d'énergie (déjections animales) ont disparu, à la suite de la baisse du prix de l'énergie, consécutif au contre-choc pétrolier des années 90. En Europe, de nombreuses installations collectives intégrant des déjections animales ont été développées dans des pays ayant mis en place une politique volontariste de développement de la méthanisation (Danemark, Suisse, Allemagne). Depuis 1990, la technologie peut être considérée comme fiable et mature, les constructeurs sont connus et plus ou moins expérimentés. Les unités sont essentiellement de taille industrielle. Le parc européen, dans son ensemble, serait aujourd'hui constitué de plus de 4 000 unités, mais dont 10% sont des centres de stockage de déchets.

Les avantages environnementaux de la méthanisation pour le secteur agricole sont nombreux. Nous pouvons, par exemple, citer :

- le recyclage de la matière organique et du carbone contenus dans les effluents agricoles, en respectant le cycle de la matière organique par une valorisation du biogaz sous forme d'énergie ;
- l'économie d'intrants grâce à une meilleure valorisation des effluents méthanisés, la méthanisation ne diminuant pas la valeur fertilisante azotée des effluents ;
- la diminution des odeurs au cours du stockage et de l'épandage ;
- la maîtrise des émissions de gaz à effet de serre, en particulier de méthane (CH_4), la réaction de méthanisation ayant lieu dans une enceinte calorifugée et fermée.

2. Les déchets méthanisables

Les déchets susceptibles d'être traités par méthanisation sont variés, à la fois selon leur origine et leur pouvoir fermentescible, c'est-à-dire leur capacité à produire du biogaz. Par exemple, 1 m³ de graisse possède un pouvoir fermentescible 20 fois plus élevé que celui d'1 m³ de lisier, ce qui permet d'augmenter sensiblement la production de biogaz d'un mélange de déchets organiques.

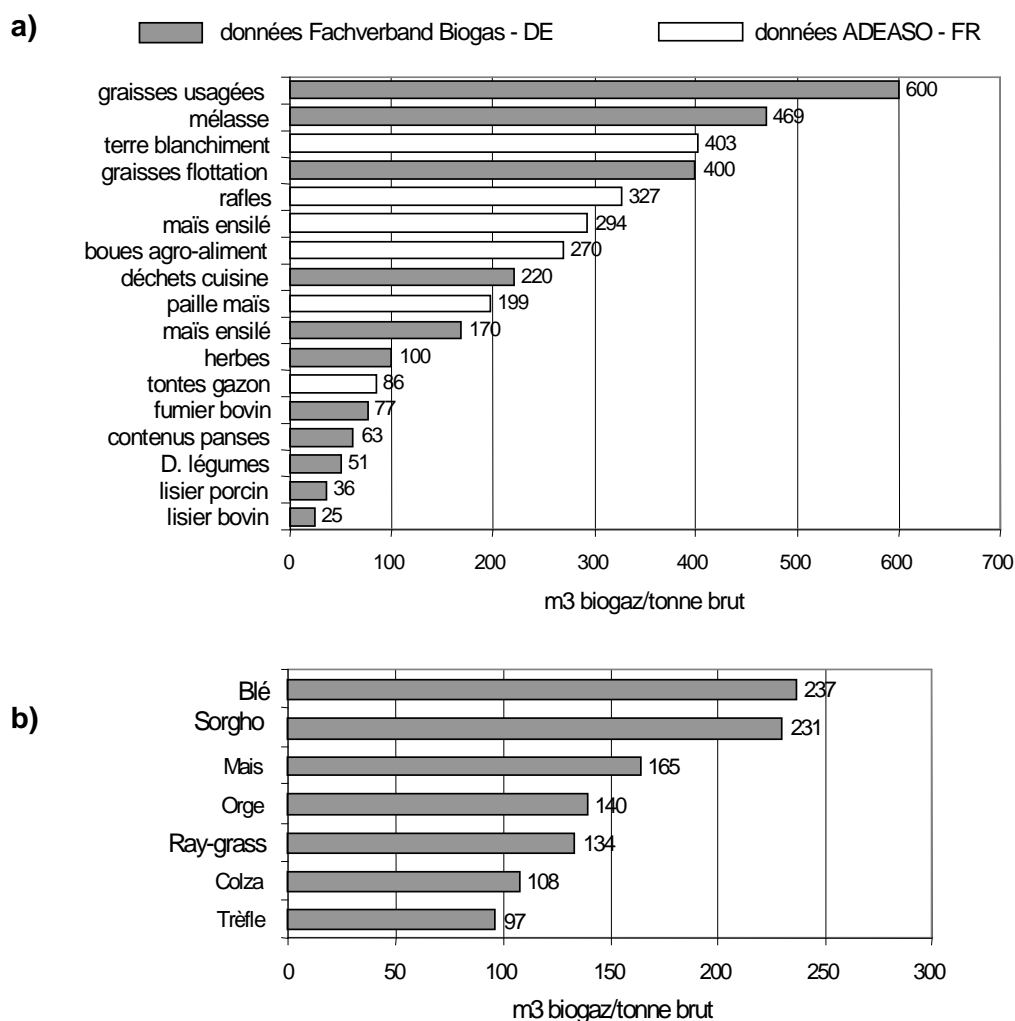
Les déchets solides autant que les déchets liquides peuvent être traités par méthanisation. Différents déchets d'origine agricole sont méthanisables : lisiers (porcs, bovins, canards), fumiers de bovins, fientes de volailles, rafles, glumes et spathes de maïs, maïs ensilage, pailles, cultures dites "énergétiques", etc. La méthanisation peut être opérée soit avec un seul type de déchet (digestion "monoproduit"), soit avec un mélange de déchets ("codigestion").

Les productivités en biogaz ont été déterminées pour quelques produits agricoles ou agroalimentaires (EREP, 2004). Elles sont précisées dans la figure 1.

Du fait de leur capacité à augmenter fortement la production de biogaz, les cultures à vocation énergétique sont de plus en plus utilisées en codigestion, particulièrement en Allemagne, où leur usage est incité financièrement par une prime pouvant atteindre 6 c€/ kWh. Leurs potentiels de production de biogaz sont donnés figure 1b.

Bien que la méthanisation soit en principe peu adaptée au traitement d'effluents peu chargés, elle peut avoir des atouts dans des contextes agricoles particuliers, notamment lorsque l'épandage des effluents pose problème (surfaces insuffisantes, odeurs, etc.). La diminution du volume à épandre peut être un argument en faveur de l'usage de la méthanisation.

FIGURE 1 – Productivité en biogaz (a) de différents déchets et coproduits et (b) de différentes cultures énergétiques (EREP, 2004).



Le potentiel de développement de la méthanisation pour le secteur agricole français est considérable, et estimé à 13 millions de tonnes équivalent pétrole (tep)(SOLAGRO, 2004), ce qui représente entre 5 et 6 fois la consommation de matières premières d'origine fossile de ce secteur. Cependant, ce développement reste conditionné à des problèmes de collecte et d'organisation, car les gisements de matières organiques sont dispersés sur l'ensemble du territoire national, et parfois difficilement accessibles. Néanmoins, certains projets locaux peuvent être envisagés, permettant une centralisation de plusieurs dizaines de milliers de mètres cubes de déjections animales, généralement en mélange avec d'autres déchets organiques (déchets ménagers et assimilés, déchets d'industries agro-alimentaires, boues d'épuration biologiques).

3. Les procédés utilisés pour la méthanisation des produits agricoles

Une installation de digestion anaérobie peut être décomposée en plusieurs sous éléments distincts :

- la réception et le stockage des déchets,
- la digestion proprement dite, avec ses périphériques (chauffage, brassage..),
- le stockage et la valorisation du biogaz produit,
- le stockage et éventuellement le traitement final du digestat (épuration complémentaire, compostage, etc.).

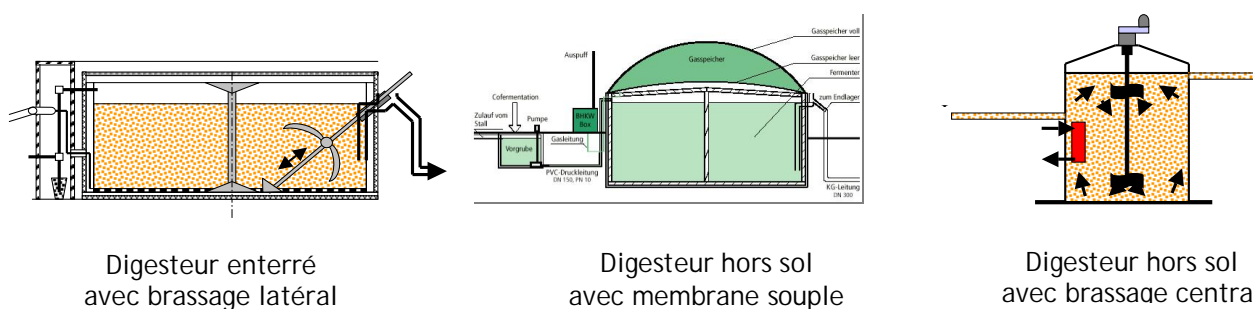
Les déjections animales sont naturellementensemencées en bactéries anaérobies et elles donnent lieu spontanément à un processus de méthanisation lorsqu'elles sont stockées. Les technologies employées pour optimiser le processus visent à accomplir trois fonctions principales :

- le maintien de l'anaérobiose dans les réacteurs, notamment grâce à une étanchéité complète,
- le maintien des matières à une température optimale et constante : 35 à 40°C pour la digestion mésophile, 50 à 55°C pour la digestion thermophile,
- le brassage à l'intérieur de la cuve afin d'éviter la décantation.

Les systèmes *infiniment mélangés* sont les plus répandus dans les installations agricoles. Il faut noter que ces systèmes ne sont pas véritablement brassés en continu, mais par intermittence. Les matières en fermentation à l'intérieur du réacteur sont sous forme d'un liquide que l'on maintient le plus homogène possible grâce à l'agitation régulière du système.

Le digesteur est une cuve calorifugée en béton ou en acier, généralement cylindrique (figure 2). Le système d'agitation est le plus souvent mécanique : à hélices ou à pales, fixe ou mobile. Mais il peut également être pneumatique par injection de biogaz, ou hydraulique avec une recirculation du digestat.

FIGURE 2 – Présentation schématique des 3 principaux types de digesteurs agricoles (EREP, 2004).



Le stockage de biogaz peut être prévu dans un gazomètre séparé, ou incorporé dans le digesteur (on parle alors d'installations compactes), ou encore incorporé dans le stockage du digestat. Ces systèmes permettent de traiter des lisiers, des mélanges de lisiers avec des coproduits plus secs jusqu'à une teneur globale en matière sèche de 10% environ mais cela dépend du type de matières.

4. La valorisation du biogaz

Le biogaz agricole contient en moyenne 60% de méthane et présente un contenu énergétique moyen de 6 kWh/N m³. Il peut être utilisé techniquement dans toutes les applications du gaz naturel : valorisation thermique en chaudière, production d'électricité avec des moteurs à combustion interne ou des turbines à gaz (voire des microturbines à gaz), valorisation en carburant pour véhicules, injection dans le réseau de gaz naturel ou combustion dans des piles à combustible (procédé en développement).

Le biogaz issu de déjections animales est riche en hydrogène sulfuré (H₂S) et doit être partiellement épuré avant sa valorisation afin de protéger les matériels de valorisation. Cette épuration est souvent réalisée par une oxydation biologique de l'H₂S dans le digesteur (ou le stockage de biogaz), grâce à l'injection d'un petit débit d'air directement dans le ciel gazeux du digesteur. Cette méthode peu coûteuse est couramment utilisée en Suisse et en Allemagne. Elle permet d'éviter l'addition de chlorure de fer ou de charbon actif, techniques consommatrices de réactifs et relativement onéreuses à long terme.

Dans le cas où la valorisation énergétique du biogaz n'est pas possible techniquement ou économiquement, ou dans le cas où la production de biogaz est supérieure aux besoins de l'unité de valorisation, il peut être recouru à l'incinération directe du biogaz en torchère (ou "torchage").

5. Un prix d'achat de l'électricité en révision

Parus en avril 2002, les arrêtés définissant les tarifs d'achat de l'électricité produite à partir de biogaz issu de méthanisation (arrêtés du 13 mars 2002¹ et du 16 avril 2002²) font actuellement l'objet d'une révision. L'annonce de l'augmentation des tarifs d'achat de 50% par la Ministre de l'Ecologie et du Développement Durable à l'occasion des assises de La Baule en septembre 2005 n'a pas fait l'objet de précisions complémentaires. En particulier, si la révision des tarifs est en principe acquise, il n'est pas sûr que la prime à l'efficacité et le tarif "petite puissance" ($P \leq 36$ kVa) soient revus à la hausse dans la même proportion. Il est prévu que les nouveaux tarifs paraissent pour la fin du mois de mars 2006.

Dans l'arrêté de 2002, le kilowattheure électrique est acheté 4,6c€ en base, avec une prime à l'efficacité énergétique pouvant atteindre 1,2 c€, si un taux de valorisation de l'énergie primaire³ supérieur à 70% est atteint. Pour les puissances inférieures à 36 kVA, soit environ 100 kW de puissance thermique et électrique totale, les tarifs d'achat sont plus avantageux, et atteignent 7,8 c€/kWh. Cependant, il n'existe pas de prime d'efficacité énergétique pour ces petites puissances, qui doivent se contenter de ce tarif, déjà fort intéressant. Les unités françaises de méthanisation agricole les plus récentes ont toutes profité de cette tarification.

Toutes les simulations basées sur le tarif d'achat actuel montrent qu'il est indispensable, pour les projets, de bénéficier de subventions de l'Etat. Ces subventions permettent de ramener le temps de retour sur investissement (TRI) à une durée proche ou inférieure à 10 ans. Sans subventions, les projets sont rentabilisés sur des périodes longues à très longues, et peuvent parfois présenter un TRI négatif.

6. La gestion du produit final ou « digestat »

La méthanisation des déjections animales est pour partie motivée par un objectif de meilleure valorisation de ces dernières sur les surfaces cultivées de l'exploitation. Pour les installations à la ferme, le digestat est valorisé le plus souvent sur l'exploitation même, mais il peut éventuellement être exporté. Les digestats sont généralement stockés avant d'être épandus. La législation imposant des périodes d'interdiction d'épandage (hiver), les stockages nécessitent une autonomie de plusieurs mois et sont de grandes tailles.

Le digestat peut être utilisé :

- *brut*, en l'état, c'est à dire liquide : il est épandu avec le même matériel que le lisier brut (à l'aide de tonnes à lisier, éventuellement équipées de pendillards ou d'un enfouisseur). C'est le cas le plus couramment observé.

- *après une séparation liquide-solide* : on obtient alors d'une part un produit solide assimilable à un compost après une courte phase de post-compostage et, d'autre part, un produit liquide utilisé comme un purin. Cette solution nécessite le recours à différents matériels ou aménagements : tonne à lisier, épandeur à fumier et compost, matériel de séparation de phase (ex : presse à vis) et de retournement (ex : retourneur d'andain, ou godet), aire de compostage. La séparation liquide-solide du digestat permet d'envisager une gestion différenciée des éléments fertilisants de l'effluent, en séparant notamment la gestion de l'azote et celle du phosphore.

L'épandage du digestat doit s'effectuer dans un cadre défini réglementairement :

- le respect du règlement sanitaire départemental (RSD), pour les installations non soumises au régime des installations classées au titre de la protection de l'environnement (ICPE),

- le respect d'un plan d'épandage, dans le cas d'une ICPE,

- la commercialisation sous la forme d'un produit plus ou moins élaboré, et répondant à une norme ou à une homologation.

1 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par des installations d'une puissance inférieure ou égale à 36 kVA

2 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par méthanisation

3 défini par le rapport $V = (\text{énergie thermique valorisée [vendue ou auto-consommée]} + \text{énergie électrique valorisée [vendue ou auto-consommée]}) / (\text{énergie primaire contenue dans le biogaz} \times 0,97)$.

7. Les émissions de gaz à effet de serre

Il est admis que la méthanisation permet de limiter les émissions de gaz à effet de serre (GES) des exploitations agricoles d'élevage, par captage et valorisation énergétique ou torchage du biogaz. Le CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique) précise que les émissions de CH₄ proviennent pour 70% des activités agricoles liées à la fermentation entérique et aux déjections animales (CITEPA, 2003), soit un total estimé à un peu plus de 2 Millions de tonnes de CH₄ (soit 42 Millions de tonnes équivalent CO₂) pour ce secteur. De même, les activités agricoles seraient responsables de 11% des émissions françaises de CO₂, soit un total estimé à 52 Millions de tonnes de CO₂ pour le secteur. Le CO₂ et le CH₄ captés dans le biogaz permettent donc de diminuer l'impact des activités d'élevage dans leur contribution aux émissions de gaz à effet de serre.

Il est possible de prévoir les émissions de GES évitées grâce aux installations de méthanisation et de tirer le bilan *a priori* d'une unité, en se basant sur plusieurs hypothèses :

- des compositions moyennes d'effluents ou de déchets ;
- des scénarii de référence pour le stockage, le traitement et l'épandage des matières organiques ;
- des simulations de production de biogaz ;
- des possibilités de substitution de l'énergie valorisée sous forme thermique et/ou électrique.

Sur cette base, l'ADEME et le CEMAGREF ont mis au point un calculateur d'émissions de gaz à effet de serre pour les projets de méthanisation et pouvant être utilisé dans le secteur agricole. Les premières simulations montrent que, pour un élevage de bovins produisant environ 1 000 m³ de fumier par an, les émissions de GES évitées seraient comprises entre 100 et 200 tonnes équivalent CO₂, selon la valorisation de l'énergie primaire produite à partir du biogaz qui en est faite.

Conclusion

La méthanisation représente un véritable enjeu pour l'agriculture vis-à-vis de ses émissions de gaz à effet de serre, et en termes de production énergétique locale. Les nombreux projets de méthanisation d'effluents, concernant tous les secteurs de l'élevage (porcs, bovins, volailles), ont intégré ces 2 axes. Le Plan Climat, annoncé par le Gouvernement en juillet 2004, a permis de flécher certains domaines d'intervention : l'agriculture fait partie des domaines à privilégier pour la mise en place d'actions exemplaires.

Pour autant, certaines questions demeurent. Dans les simulations effectuées par l'ADEME, les seuls projets présentant un bilan de gaz à effet de serre très négatif (c'est-à-dire évitant des émissions de gaz à effet de serre) sont les projets où il existe un pourcentage important de valorisation de la chaleur issue du biogaz. Or, dans les projets de méthanisation agricole, les débouchés pour la chaleur sont souvent restreints au seul maintien en température des cuves de méthanisation, faute de débouchés de proximité intéressants. L'absence de réseaux de chaleur locaux, comme on peut en trouver au Danemark par exemple, ou d'industries consommatrices est une explication. C'est donc en intégrant, dès la conception du projet, la dimension territoriale de la gestion des déchets et de l'énergie que les unités de méthanisation agricole obtiendront le plus de chances de succès.

Remerciements : Cet article a bénéficié de la relecture attentive et des corrections d'Emilie CHERON et de Jérôme MOUSSET de l'ADEME.

Références bibliographiques

- EREP (2004) : Réalisation d'un référentiel technico-économique des unités de méthanisation de produits organiques agricoles et non agricoles à petite échelle en Europe, marché ADEME n° 0375C0057, 101 p. + annexes
- SOLAGRO (2004) : Potentiels et facteurs d'émergence de la récupération du biogaz et des gaz fatals, étude RECORD n° 02-415/1A, 37 p. + annexes.
- CITEPA (2003) : Emissions dans l'air en France métropolitaine – Substances impliquées dans le phénomène d'accroissement de l'effet de serre, 18 p.