



La méthanisation en zone à forte pression environnementale

Dans les zones à forte pression environnementale, la méthanisation d'effluents agricoles en mélange avec des déchets de l'extérieur peut engendrer des excédents en éléments fertilisants. Des simulations montrent que le surcoût de production du kWh électrique lié au traitement du digestat peut atteindre 25 %.

Le coût de production du kWh produit par une unité de méthanisation a fait l'objet de simulations techniques et économiques. Les scénarios étudiés se distinguent par la taille de l'installation – 50, 200 et 1000 kW électrique installés – et le mode de gestion du digestat : situation témoin sans traitement, transport du digestat brut sur longue distance par camion-citerne, séparation de phases par

décanteuse-centrifuge, tapis de séchage, traitement biologique par boue activée, évapo-concentration.

Un coût de production du kWh électrique de 14 à 28,5 cts €

Sans traitement du digestat, le coût de production du kWh électrique d'une

unité de méthanisation « à la ferme » de 200 kWe installé, est de l'ordre de 17 cts € pour un investissement de 7 500 €/kWe de puissance installée (S3- figure 1). Sur le terrain, le coût est vraisemblablement supérieur compte tenu des inévitables aléas.

Pour la petite méthanisation (S1 et S2 – figure 1), le coût de production du kWh électrique est globalement plus important et s'élève à 20 et 28,5 cts €/kWh pour 6 500 et 11 100 €/kWe respectivement. La réduction du coût moyen d'investissement repose sur une simplification des matériaux et des équipements. Nous sommes dans le cas où l'élevage porcin de 300 truies naisseur-engraisseurs doit utiliser le lisier d'un autre élevage, ce dernier reprenant du digestat au prorata des apports en éléments fertilisants. L'objectif est d'être en autonomie totale par

Les simulations ont été réalisées pour un élevage de 300 truies naisseur-engraisseur, disposant de 65 ha de SAU en propre. Le bilan de fertilisation a été effectué sur un assolement composé de 41 % de maïs grain, 38 % de blé et 21 % d'orge. L'assolement des terres mises à disposition a été simplifié à 50 % de prairie et 50 % de maïs fourrage.

Pour l'ensemble des scénarios, le choix des critères techniques et économiques s'est basé sur la bibliographie la plus récente complétée par une enquête réalisée en 2014 et 2015 sur des unités de méthanisation en fonctionnement dans l'ouest de la France. Des compléments d'information ont été demandés auprès des constructeurs ayant une expérience dans le domaine du traitement du digestat.

Tableau 1 : Descriptif technique des scénarios retenus

Taille unité méthanisation	Intrants	Puissance cogénération	Gestion du digestat	Intitulé du scénario (fig. 1)
Petite méthanisation	100 % lisier de porc	50 kW	Plan d'épandage suffisant	S1 : 50 kW – 11 100 €/kW S2 : 50 kW – 6 500 €/kW
Méthanisation à la ferme	Lisier de porc + déchets des IAA	200 kW	Transport longue distance de digestat brut par camion-citerne	S3 : 200 kW – sans traitement S4 : 200 kW – Transport digestat
			Séparation de phases par décanteuse-centrifuge (SP par DC), épandage du liquide, compostage et exportation du refus solide	S5 : 200 kW – SP par DC
			Tapis de séchage – Exportation du digestat sec	S6 : 200 kW – Tapis de séchage
			Décanteuse centrifuge, traitement biologique par boues activées du liquide, compostage et exportation du refus solide	S7 : 200 kW – SP/DC + trait. Bio.
			Méthanisation centralisée	Lisier de porc, de bovin et déchets des IAA

rapport à des intrants exogènes non agricoles, mais aussi de ne pas augmenter la charge en éléments fertilisants.

La méthanisation centralisée avec traitement du digestat permettrait de produire de l'énergie à moins de 16 cts €/kWh électrique (S8 – figure 1). Cela s'explique par des économies d'échelle sur les investissements de l'unité de production et de valorisation du biogaz comme dans le cas de projet collectif d'éleveurs. Le digesteur est alimenté par les déjections animales de ces élevages, complétées par des déchets des industries agro-alimentaires et des collectivités de manière à pouvoir atteindre une puissance électrique installée de 1 MWe. Les procédés retenus pour traiter cet excédent directement

sur le site de méthanisation centralisée est l'évapo-concentrateur compte tenu de l'économie d'échelle et de l'intérêt des co-produits obtenus : forte réduction volumique, ferti-irrigation de l'eau résiduaire.

Les deux scénarios sur huit ayant des coûts de production du kWh supérieurs aux tarifs d'achat devront bénéficier de plus de subventions pour pouvoir être rentables.

Le traitement du digestat augmente le coût de production

D'après nos simulations, l'utilisation de déchets extérieurs très méthanogènes représente 36 % de l'azote, 27 % du phos-

phore et 37 % du potassium des apports totaux pour une unité de méthanisation « à la ferme » de 200 kWe. En pratique, le choix de ce type de déchets est rarement possible et la proportion d'éléments peut être bien supérieure. Avec une réduction de la fertilisation minérale sur site, les excédents en azote et phosphore par rapport à l'équilibre de fertilisation peuvent être contenus à 27 % du flux total, hypothèse retenue dans les simulations.

Le transport de digestat brut par camion entraîne un surcoût de production du kWh électrique de l'ordre de 9 % (1,7 ct €/kWh) par rapport à une unité de méthanisation sans traitement (simulations avec 90 km de distance, 27 % de digestat en excédent et camion-citerne de 27 m³). Pour des distances ou des volumes d'excédent inférieurs ou égaux, ce procédé est compétitif par rapport aux autres procédés de traitement. Au-delà, le choix d'un autre procédé sera à privilégier.

Les performances des tapis de séchage dépendent principalement du potentiel méthanogène des intrants et de l'aptitude du procédé à valoriser l'énergie thermique. Dans de bonnes conditions – taux de matière du digestat élevé, intrants très méthanogènes... –, plus de 30 % du digestat produit et donc du niveau d'excédent, peut être traité. À défaut, les performances peuvent être bien moindres. Notons que les coûts d'investissement et de fonctionnement retenus dans nos

Figure 1 : Coût de production du kWh selon le modèle de méthanisation – Impact du mode de gestion et de traitement du digestat

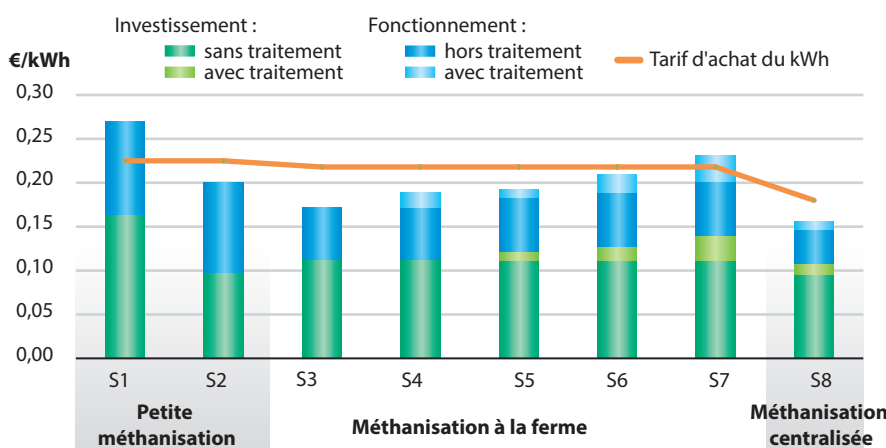


Tableau 2 : Descriptif économique des scénarios retenus

	Coût d'investissement (k€)			Coût de fonctionnement (k€/an)		
	Production et valorisation biogaz	Traitement digestat	Total	Production et valorisation biogaz	Traitement digestat	Total
S1 : 50 kW- 11100€/kW	568	0	568	41	0	41
S2 : 50 kW - 6500 €/kW	338	0	338	40	0	40
S3 : 200 kW - sans traitement	1536	0	1536	93	0	93
S4 : 200 kW - Transport digestat	1536	0	1536	93	26	119
S5 : 200 kW - SP par DC	1536	160	1696	94	14	106
S6 : 200 kW - Tapis de séchage	1536	250	1786	94	32	126
S7 : 200 kW - SP/DC + trait. Bio.	1536	450	1986	95	45	140
S8 : 1MW - Evapo concentrateur	6300	980	7280	286	70	356

Les coûts d'investissement retenus pour les unités de méthanisation comprennent un renouvellement du co-générateur au bout de sept ans de fonctionnement.

simulations (250 k€ et 32 k€ – tableau 2 – S6) serait à préciser avec d'autres références, car il repose sur très peu de données. Sur la base de ces estimations, le coût du kWh électrique produit serait de l'ordre de 21 cts €/kWh soit 18 % de surcoût. Avec les anciens tarifs d'achat de l'électricité issue du biogaz, la prime à l'efficacité énergétique était particulièrement incitative pour la mise en œuvre des tapis de séchage, car très énergivore. Cette prime ayant été intégrée dans le tarif de base des nouveaux tarifs d'achat, leur développement sur le terrain devrait s'en trouver freiné.

Sur la base d'un coût d'investissement de 160 k€ pour une décanteuse-centrifuge de 1,5 m³/h avec un hangar de 40 m², l'ensemble étant équipé/monté, le surcoût du kWh électrique produit avec ce dispositif serait de l'ordre de 10 %. Ce coût demeure variable selon le type de décanteuse-centrifuge et la surface de plateforme couverte retenue. En cas d'excédent plus important sur le plan d'épandage, le phosphore ne serait plus le facteur limitant, mais plutôt l'azote, car ce séparateur de phases ne permet de capter que 15 à 30 % (en valeurs extrêmes) de l'azote d'un digestat.

Si l'unité de méthanisation monte en puissance avec essentiellement des déchets extérieurs ou en cas de perte notable de plan d'épandage, le traitement biologique par boue activée peut

constituer une solution de traitement alternative. Ce procédé ne résorbe que l'azote, environ 60-65 % via un processus de nitrification/dénitrification. Une décanteuse-centrifuge en tête doit être rajoutée pour capturer et concentrer le phosphore dans une fraction solide avant d'être exportée après compostage. Le coût de production du kWh électrique s'élève alors à 23 cts €. Avec 25 % de surcoût, il devient supérieur au tarif d'achat. Dans une zone bien pourvue en déchets fermentescibles, mais défavorable en terme de pression environnementale, l'intérêt de construire une unité de méthanisation à la ferme avec traitement biologique par boue activée et décanteuse-centrifuge va dépendre du niveau de subvention envisageable. Pour un élevage déjà équipé de ce procédé, le surcoût d'investissement serait marginal. Déjà plus de 300 élevages porcins sont équipés de la sorte en Bretagne.

En valorisant l'énergie thermique issue de la co-génération, les évapo-concentrateurs peuvent résorber de grandes quantités d'éléments fertilisants, tant en azote, que phosphore et potassium. Pour 20 000 m³/an de digestat à traiter, le coût d'investissement serait un peu moins d'un million d'euros. Ce procédé aura pour objectif de déshydrater plus de digestat qu'un tapis de séchage, mais de manière plus partielle : 30 % de matière sèche par exemple contre 70/80 % respectivement. Avec l'évapo-concentra-

« En bref »

Dans nos simulations, le traitement du digestat pour résorber des excédents représente 10 à 25 % du coût de production du kWh, cela peut être localement un handicap pour la production d'énergie dans les zones à forte pression environnementale.

teur, il est toutefois recommander de poursuivre le traitement par un co-compostage du concentrat obtenu avec le refus de vis compacteuse et des déchets verts. Selon nos simulations, le coût de production du kWh électrique de ce scénario 8 serait de 15,6 cts €/kWh (figure 1), soit 2,4 cts de moins que le tarif d'achat. Sans traitement, le coût de production aurait été de 13,3 cts €/kWh.

Cette étude a bénéficié des financements Casdar (projet Meterri).

Pascal LEVASSEUR
Ifip – Institut du porc

Aurore TOUDIC
Chambres d'agriculture de Bretagne

Stéphanie BONHOMME
Trame
pascal.levasseur@ifip.asso.fr