

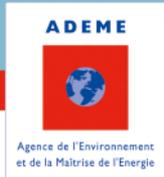
Suivi technique, économique, social et environnemental de 7 installations innovantes de petite méthanisation à la ferme Principaux résultats



Par Audrey EL HABTI, S3D Ingénierie



Quelle place pour la petite méthanisation ?



→ Projet à l'échelle d'une exploitation agricole

Intérêt vis-à-vis de l'autonomie en intrants, du dimensionnement de la valorisation chaleur et de la proximité pour l'épandage du digestat

Quelle rentabilité ? Quel modèle de développement ? Quelles technologies ?

→ 236 installations de méthanisation à la ferme au 1er janvier 2016

Puissance moyenne 202 kWe

Une trentaine <75kWe et une soixantaine entre 75 et 150 kWe

→ Appel à projet ADEME lancé fin 2012 : sélection de 7 binômes exploitant/constructeur accompagnés dans la réalisation d'installations innovantes de méthanisation de puissance inférieure ou égale à 75 kWe

Méthodologie



UF1	Réception et préparation des matières entrantes	Bilan matière, composition MO/MS, PM de la ration...
UF2	Digestion	Milieu de fermentation (t°, pH), Performances techniques (TS, TRH, CO) et biologiques (TPM, Rb, Rv, Td, ...)
UF3	Valorisation du biogaz	Performances énergétiques (qté de biogaz produit, taux de CH ₄ , production électrique brute et nette, rendement, chaleur valorisée, autoconsommée...)
UF4	Digestat	Qualité agronomique et sanitaire, gestion de l'épandage
UF5	Fonctionnement global	Emploi, efficience énergétique, bilan GES, risques de nuisances, bilan économique

- ➔ Analyse au regard du prévisionnel + indications aux références existantes (1^{er} suivi ADEME de 11 installations 2011-2013)
- ➔ Analyse sur 12 mois de fonctionnement (période de montée en charge pour la majorité des installations et améliorations techniques) et performances sur les 3 derniers mois (régime « nominal »)

Présentation des unités suivies



Nom de l'installation	Nom du constructeur	Puissance électrique installée	Innovation
Biogazplus	Arcbiogaz	75 kWe	Digesteur et post-digesteur sous forme de citernes souples Innovations techniques pour l'agitation, le pompage des matières entrantes, l'incorporation du mélange entrant par le biais d'une pré-cuve montée sur pesons, l'épuration du biogaz (H ₂ S)
GAEC des Buissons	Host France	65 kWe	Technologie Microferm Digesteur tour avec une vitesse de dégradation de la matière organique élevée – Agitation verticale avec un brasseur à pâles ; Automatisation complète du fonctionnement
SCA Forzy	Valogreen	75 kWe	Digesteur silo acier galvanisé isolé et doublé à l'intérieur d'une géomembrane, agitation par recirculation
Exploitation Guilbaud	Methajade – repris pas Naskéo	54 kWe	Méthanisation par voie sèche garage Système d'aspersion de percolât automatisé
EARL Bois Guilbert	Erigène	36 kWe	Méthanisation par voie sèche en conteneurs mobiles
EARL Devienne	Arkolia	100 kWe (prévu à 75 kWe)	Technologie Arkometha en voie pâteuse Méthanisation bi phase grâce à une compartimentation du digesteur, agitation par injection de biogaz sous pression
GAEC des Beaudors	Agréole développement	36 kWe	Digesteur filtre anaérobie à lit fixe avec une vitesse de dégradation élevée

Présentation des unités suivies

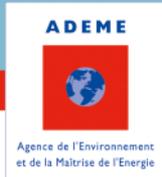


Nom de l'installation	Tonnage annuel réalisé	Substrats majoritaires	Modalités de valorisation de la chaleur
Biogazplus	3500 t/an	Fumiers de bovins et dessus de silos	Séchage du digestat
GAEC des Buissons	5300 t/an	Lisiers de bovins sur menue paille, eaux vertes et blanches, et refus d'aliments	Chauffage et eau chaude d'habitations et eau chaude pour l'élevage bovin
SCA Forzy	1300 t/an	Fumiers et lisiers de bovins, pulpes de betterave	Chauffage et eau chaude d'habitations et de l'élevage bovin
Exploitation Guilbaud	3100 t/an	Fumiers de bovins, de porcs, de volaille et déchets verts	Chauffage et eau chaude d'habitation et élevage volaille
EARL Bois Guilbert	1300 t/an	Fumier de cheval, intercultures	Chauffage et eau chaude d'habitation et de gîtes, séchage de céréales
EARL Devienne	1800 t/an	Fumier bovin, ensilage d'herbe, lisier compressé	Chauffage et eau chaude d'habitation, séchoir, piscine
GAEC des Beaudors	3200 t/an	Phase liquide lisier bovin, lisier de porc, lactoserum	Chauffage élevage porcin, séchage phase solide du lisier bovin



Présentation des unités suivies

Exploitation Guilbaud



- ➔ Technologie voie sèche garage – 54kWe
- ➔ Mise en service en septembre 2013
- ➔ Constructeur METHAJADE repris par NASKEO courant 2014
- ➔ Chaleur valorisée en bâtiment volaille et habitations
- ➔ Gestion du percolât automatisée
- ➔ Suivi prolongé pendant 27 mois suite aux difficultés rencontrées + suivi de l'unité Methanchottes du constructeur Naskéo Methajade (12 mois)

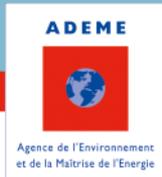


¹ sur les 6 unités suivies

27 mois de suivi / résultats des 3 derniers mois	Charge organique (kg MO/m ³ dig./jour)	Qté substrats réalisés/prév (%)	Tps de séjour digesteur (j)	Rdt techno (Nm ³ biogaz/m ³ dig./j)	Taux d'expression du PM (%)	Prod. élec réalisé/prév (%)	Invest. (€/kWe)
Unité Guilbaud	1,9	134%	60	0,31	56%	32%	16 000
Moy. 5 unités voie liquide/pâteuse	6,9	113% ¹	26	1,8	98%	74% ¹	9400
Ref. voie sèche Bois joly	1,5	nc	70	0,66	90%	nc	10500
Moy. unités agricoles suivi 2011-2013	2	nc	92	1,10	102,6	nc	6300

Présentation des unités suivies

Exploitation Guilbaud



+

FORCES

- Possibilité de traiter une grande diversité d'intrants
- Possibilité de réaliser des mix d'intrants différents dans chaque digesteur
- Technologie permettant de traiter des matières avec un taux de matière sèche élevé
- Bilan environnemental positif

OPPORTUNITÉS

- Reprise de Methajade par Naskeo et réalisation d'un audit complet pour identifier les modifications à apporter
- Correctifs techniques réalisés sur cette installation
- Evolution dans la conception des installations suivantes
- Mise en service et suivi d'une installation intégrant les améliorations en cours de suivi

-

FAIBLESSES

- Absence de gazomètre ne permettant pas de souplesse dans la gestion du biogaz produit
- Défauts d'étanchéité des digesteurs
- Gestion du percolât non optimale
- Manque de précision dans le mode de mesure et de gestion des températures
- Performances du moteur dégradées

MENACES

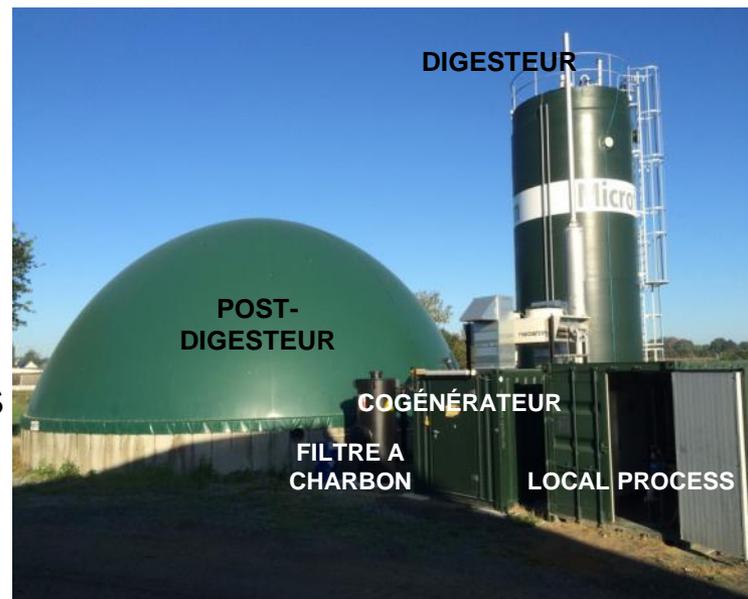
- Incertitudes des performances de l'installation du GAEC Guilbaud malgré les correctifs techniques apportés
- Risque économique si les modifications complémentaires ne sont pas réalisées (gazomètre, étanchéité des portes)
- Cette installation pourrait être une contre-référence impactant le développement de nouvelles installations

Présentation des unités suivies

GAEC des Buissons



- ➔ Technologie voie liquide digesteur tour – 65 kWe
- ➔ Mise en service en janvier 2014
- ➔ Constructeur HOST
- ➔ Chaleur valorisée en salle de traite et habitations
- ➔ Technologie Microferm : charge organique élevée, temps de séjour réduit
- ➔ Suivi réalisé pendant 12 mois



¹ sur les 6 unités suivies
²Tps de séjour D+PD = 37 jours

12 mois de suivi / résultats des 3 derniers mois	Charge organique (kg MO/m ³ dig./jour)	Qté substrats réalisés/prév (%)	Tps de séjour digesteur (j)	Rdt techno (Nm ³ biogaz/m ³ dig./j)	Taux d'expression du PM (%)	Prod. élec réalisé/prév (%)	Invest. (€/kWe)
GAEC des Buissons	11,1	156%	7²	1,01	90%	128%	8900
Moy. 5 unités voie liquide/pâteuse	6,9	113% ¹	26	1,8	98%	74% ¹	9400
Moy. unités agricoles suivi 2011-2013	2	nc	92	1,10	102,6	nc	6300

Présentation des unités suivies

GAEC des Buissons



+

FORCES

- Niveau d'automatisation élevé et temps de travail réduit
- Absence de risque sanitaire par le traitement d'effluents provenant uniquement de l'exploitation
- Emprunte au sol réduite
- Technologie éprouvée à l'étranger
- Maîtrise des coûts d'investissement liée à la standardisation de l'offre « Microferm »

OPPORTUNITÉS

- Ouverture à d'autres substrats dans la limite d'un taux de matière sèche acceptable
- Modèle « Microferm » susceptible de répondre aux besoins de nombreux élevages laitiers dans un contexte de concentration/fin des quotas laitiers

-

FAIBLESSES

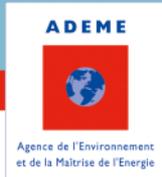
- Système limité à un mélange entrant majoritairement composé de lisiers bovins
- Taux de matière sèche limité en entrée (prévu pour 12% de MS)

MENACES

- D'un point de vue économique, il est nécessaire de respecter une taille critique d'élevage qui ne saurait être inférieure à 110 VL, la configuration optimale pour un 65 kWe se situant autour de 150 VL.

Présentation des unités suivies

SCA Forzy



- ➔ Technologie liquide digesteur silo – 75 kWe
- ➔ Mise en service en novembre 2013
- ➔ Constructeur VALOGREEN
- ➔ Chaleur valorisée en bâtiment d'élevage et habitations
- ➔ Séparation de phase
- ➔ Agitation par recirculation de la phase liquide du digestat
- ➔ Suivi réalisé pendant 13 mois



¹ sur les 6 unités suivies

13 mois de suivi / résultats des 3 derniers mois	Charge organique (kg MO/m ³ dig. /jour)	Qté substrats réalisés/prév (%)	Tps de séjour digesteur (j)	Rdt techno (Nm ³ biogaz/m ³ dig./j)	Taux d'expression du PM (%)	Prod. élec réalisé/prév (%)	Invest. (€/kWe)
SCA Forzy	1,6	90%	71	0,79	92%	65%	6300
Moy. 5 unités voie liquide/pâteuse	6,9	113% ¹	26	1,8	98%	74% ¹	9400
Moy. unités agricoles suivi 2011-2013	2	nc	92	1,10	102,6	nc	6300

Présentation des unités suivies

SCA Forzy



+

FORCES

- Broyage de la matière en amont du digesteur
- Ratio d'investissement maîtrisé
- Bonne isolation thermique du digesteur (température constante à l'intérieur peu impactée par les fluctuations extérieure)
- Absence de maintenance à l'intérieur du digesteur

OPPORTUNITÉS

- Retrofits techniques positifs (agitation en préfosse, pompe d'incorporation avec broyeur en tête, séparateur de phase)
- Performances en hausse depuis la fin de ces retrofits
- Développement envisageable pour des petites puissances
- Création d'un emploi sur la SCA Forzy

-

FAIBLESSES

- Technologie peu adaptée à des proportions élevées en menue paille (matière sèche, granulométrie...)
- Recirculation très importante (pour diluer) avec des conséquences sur les indicateurs (TRH, CO, rendement biologique, taux de dégradation...)
- Fonctionnement dégradé sur les 10 premiers mois de suivi (40 % de la ration prévisionnelle) impactant le bilan économique
- EBE inférieur au prévisionnel

MENACES

- Besoin de limiter les quantités de menue paille traitées dans ce type d'installation
- Reproductibilité de l'absence d'agitation dans un digesteur de plus gros volume (quid de l'impact sur les performances ?)
- Volume de recirculation pouvant perturber les performances biologiques (risques de lessivage et d'acidose) si la ration de base a une siccité élevée

Présentation des unités suivies

Biogazplus



- ➔ Technologie voie liquide
digesteurs souples – 75 kWe
- ➔ Mise en service en septembre 2013
- ➔ Constructeur ARC BIOGAZ
- ➔ Séparation de phase
- ➔ Chaleur valorisée pour le séchage de la phase solide du digestat
- ➔ Suivi réalisé pendant 12 mois



12 mois de suivi / résultats des 3 derniers mois	Charge organique (kg MO/m ³ dig. /jour)	Qté substrats réalisé/ prév (%)	Tps de séjour digesteur (j)	Rdt techno (Nm ³ biogaz/m ³ dig./j)	Taux d'expression du PM (%)	Prod. élec réalisé/prév (%)	Invest. (€/kWe)
Biogazplus	4,08	118%	31	1,47	110%	122%	6393
Moy. 5 unités voie liquide/pâteuse	6,9	113% ¹	26	1,8	98%	74% ¹	9400
Moy. unités agricoles suivi 2011-2013	2	nc	92	1,10	102,6	nc	6300

¹ sur les 6 unités suivies

Présentation des unités suivies

Biogazplus



+

FORCES

- Technologie permettant de traiter des matières variées (broyeur en entrée)
- Installation dite « mobile » puisque très peu de génie civil
- Efficacité biologique importante
- Investissements limités pour installation bien équipée (automate monitoré)

OPPORTUNITÉS

- Technologie très abordable pour l'instant car peu d'effectif chez ARCBIOGAZ
- Evolution dans la conception des prochaines installations
- Cette installation est une bonne référence pour le constructeur

-

FAIBLESSES

- Consommation électrique du procédé qui dégrade l'intérêt environnemental
- Durabilité du matériel inconnue (mais fiabilité clairement améliorée depuis le rapport de suivi à 6 mois)
- Technologie limitée pour des gisements faibles en MS (volume citerne limité)

MENACES

- Surface financière du constructeur à consolider dans le temps
- Bilan environnemental dégradé par les consommations internes élevées

Présentation des unités suivies

EARL Bois Guilbert



- ➔ Technologie voie sèche
conteneurs casiers amovibles – 36 kWe
- ➔ Mise en service en novembre 2013
- ➔ Constructeur ERIGENE
- ➔ Chaleur valorisée pour le chauffage et l'ECS de l'habitation et de gîtes et le séchage de fourrages
- ➔ Suivi interrompu au bout de 8,5 mois (mars à décembre 2014)



¹ sur les 6 unités suivies

8,5 mois de suivi	Charge organique (kg MO/m ³ dig. /jour)	Qté substrats réalisé/ prév (%)	Tps de séjour digesteur (j)	Rdt techno (Nm ³ biogaz/m ³ dig./j)	Taux d'expression du PM (%)	Prod. élec réalisé/prév (%)	Invest. (€/kWe)
EARL Bois Guilbert	2	77%	38	0,5	65%	NC	12 000
Moy. 5 unités voie liquide/pâteuse	6,9	113% ¹	26	1,8	98%	74% ¹	9400
Moy. unités agricoles suivi 2011-2013	2	nc	92	1,10	102,6	nc	6300

Présentation des unités suivies

EARL Bois Guilbert



+

FORCES

- Modularité et flexibilité du concept
- Simplicité des chargements/déchargements
- Empreinte au sol réduite (petite puissance)
- Technologie adaptée à des teneurs en matière sèche élevées
- Temps de séjour moyen de 38 jours conforme aux préconisations classiques

OPPORTUNITÉS

- Pistes d'amélioration du concept déjà identifiées par l'exploitant
- Nouveau protocole de conduite de l'installation mis en place après le suivi
- Intérêt porté par l'extérieur (étudiant, porteur de projet...)

-

FAIBLESSES

- Complexité de pilotage
- Manque de visibilité sur la durée de vie des caissons (déformations, étanchéité...)
- Multiplication des sources de dysfonctionnements (Instabilité de l'automate, absences et/ou erreurs dans les remontées de certaines données)
- Structure mécanique des digesteurs (étanchéité et résistance des matériaux)
- Ratio d'investissement élevé
- Constructeur en dépôt de bilan

MENACES

- Des brevets en jeu
- Moyens financiers de l'exploitant pour améliorer et finaliser son installation

Présentation des unités suivies

EARL Devienne



- ➔ Technologie voie « pâteuse » biphas
- 100 kWe (fonctionnement prévu à 75 kWe)
- ➔ Mise en service en octobre 2014
- ➔ Constructeur ARKOLIA
- ➔ Valorisations chaleur prévues : chauffage et l'ECS de 4 habitations, séchage de foin
- ➔ Séparation de phase
- ➔ Suivi réalisé pendant 12 mois

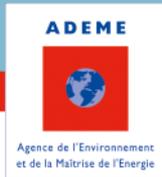


12 mois de suivi / résultats des 3 derniers mois	Charge organique (kg MO/m ³ dig. /jour)	Qté substrats réalisés/prév (%)	Tps de séjour digesteur (j)	Rdt techno (Nm ³ biogaz/m ³ dig./j)	Taux d'expression du PM (%)	Prod. élec réalisé/prév (%)	Invest. (€/kWe)
EARL Devienne	7,5	82%	21	4,05	108%	58%	10 600
Moy. 5 unités voie liquide/pâteuse	6,9	113% ¹	26	1,8	98%	74% ¹	9400
Moy. unités agricoles suivi 2011-2013	2	nc	92	1,10	102,6	nc	6300

¹ sur les 6 unités suivies

Présentation des unités suivies

EARL Devienne



+

FORCES

- Bonnes performances biologiques
- Charge organique acceptée très élevée
- Temps de séjour pratiqué très court
- Volume de digestion réduit
- Efficacité de l'agitation
- Hygiénisation facilitée par le régime hyperthermophile

OPPORTUNITÉS

- Possibilité de réduire les coûts d'investissement si production en quantité importante
- Production à plus de 100% du taux d'expression du pouvoir méthanogène si ajout d'un post digesteur (à la place du stockage de digestat liquide)

-

FAIBLESSES

- Consommation thermique actuelle élevée en régime hyperthermophile
- Coût d'investissement élevé pour de petites puissances
- Volume de digestat important si dilution des substrats nécessaire
- Consommation électrique élevée

MENACES

- Actuel coût d'investissement élevé ne permettant pas le développement d'installations de petite puissance
- Système d'introduction à adapter en fonction des types de substrats introduits
- Finesse de pilotage pour atteindre des performances élevées

Présentation des unités suivies

GAEC des Beaudors



- ➔ Technologie voie liquide filtre anaérobie – 35 kWe
- ➔ Mise en service en mars 2015
- ➔ Constructeur Agréole développement / devenu Certitude Energie
- ➔ Séparation de phase du lisier avant méthanisation
- ➔ Chaleur valorisée pour le chauffage de l'élevage porcin et le séchage de la phase solide du lisier
- ➔ Suivi réalisé pendant 13 mois

13 mois de suivi / résultats des 3 derniers mois	Charge organique (kg MO/m ³ dig./jour)	Qté substrats réalisés/prév (%)	Tps de séjour digesteur (j)	Rdt techno (Nm ³ biogaz/m ³ dig./j)	Taux d'expression du PM (%)	Prod. élec réalisé/prév (%)	Invest. (€/kWe)
GAEC des Beaudors	9,6	93%	7²	1,68³	90%	115%	10 800
Moy. 5 unités voie liquide/pâteuse	6,9	113% ¹	26	1,8	98%	74% ¹	9400
Moy. unités agricoles suivi 2011-2013	2	nc	92	1,10	102,6	nc	6300

¹ sur les 6 unités suivies

²Tps de séjour D+PD = 28 jours

³sur dig+pot-dig

Présentation des unités suivies

GAEC des Beaudors



+

FORCES

- Faible emprise au sol du digesteur
- Récupération d'ouvrages existants (préfosse, post-digesteur)
- Récupération de la phase solide du lisier pour une utilisation en litière animale

OPPORTUNITÉS

- Ajustements techniques apportés permettant d'améliorer les conditions de production
- Identification de gisements complémentaires plus méthanogènes
- Incorporation de matière présentant un taux de MS plus élevé

-

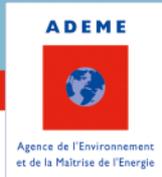
FAIBLESSES

- Nécessité d'un mélange entrant très liquide
- Difficulté à identifier des substrats très liquides suffisamment méthanogènes
- Rendement moteur à optimiser

MENACES

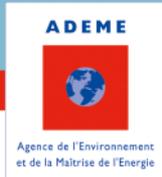
- Concept adapté uniquement à des substrats ultra-liquides
- Risque de dégradation prématurée des équipements cas de fonctionnement avec des matières présentant un taux de MS plus élevé

Quelques uns des principaux résultats



- ➔ Des améliorations apportées sur les équipements pour tous les sites
 - Incorporation
 - Maintien en température et isolation thermique des digesteurs
 - Étanchéité des digesteurs, connexions et tuyaux (voie sèche)
 - Fonctionnement de la cogénération, de l'automatisation, du couplage réseau
 - Séparation de phase du digestat
- ➔ Evolution de l'approvisionnement par rapport au prévisionnel
 - Augmentation des quantités traitées ou modification des intrants pour compenser un potentiel méthanogène moins élevé que prévu, ou des difficultés d'incorporation (menues paille, matière sèche)
- ➔ Des rendements électriques moteur inférieurs aux prescriptions des motoristes de 3 à 6%
 - Rendement brut moyen de 30% pour les 6 installations, de 22% à 35% selon les sites
 - Implique une perte de recettes électriques de l'ordre de 10 à 20%
- ➔ Temps de travail évalué en moyenne à 39h/mois soit 0,25 ETP/mois
- ➔ Des bilans économiques globalement positifs pour les unités voie liquide grâce à la revalorisation du tarif d'achat de l'électricité

Conclusions



→ Technologies innovantes

- Intensité de traitement plus élevée : Charge organique élevée, réduction du temps de séjour = des unités plus compactes permettant de réduire l'investissement et l'emprise au sol des installations
- Alternatives au « tout béton », à confirmer sur le long terme.
- Des solutions d'automatisation pertinentes pour ces tailles de projet
- Des porteurs de projet à protéger pour tenir compte du risque « innovant ».

→ Problèmes rencontrés et améliorations apportées

- Plan d'approvisionnement
- Instrumentation
- Problèmes liés à la mise en œuvre des procédés plus qu'aux procédés eux-même
- Business plan prévisionnel et garanties apportées par le constructeur
- Des technologies voie sèche moins mûre pour ces tailles de projets

→ Perspectives pour le développement de la petite méthanisation

- Intérêt environnemental et social
- Innovations prometteuses
- Poste cogénération à optimiser pour ces niveaux de puissance

Merci de votre attention !