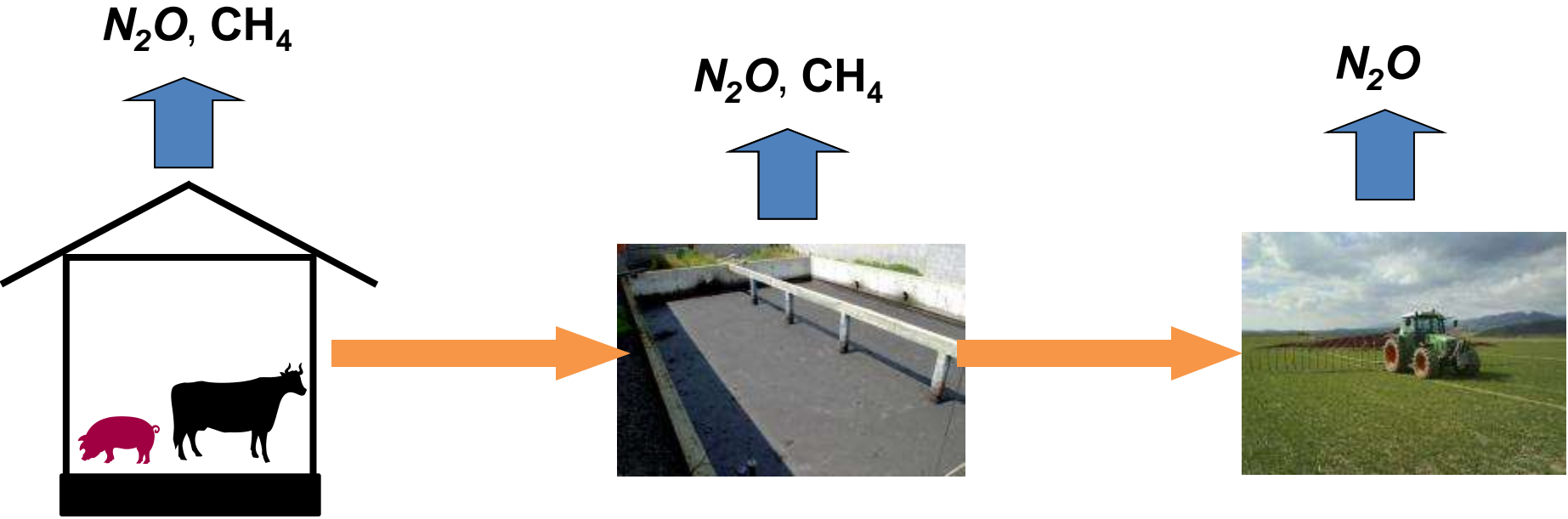


Développer la méthanisation et installer des torchères pour réduire les émissions de CH₄ liées au stockage des effluents d'élevage

► F. Béline, P. Dupraz et al.



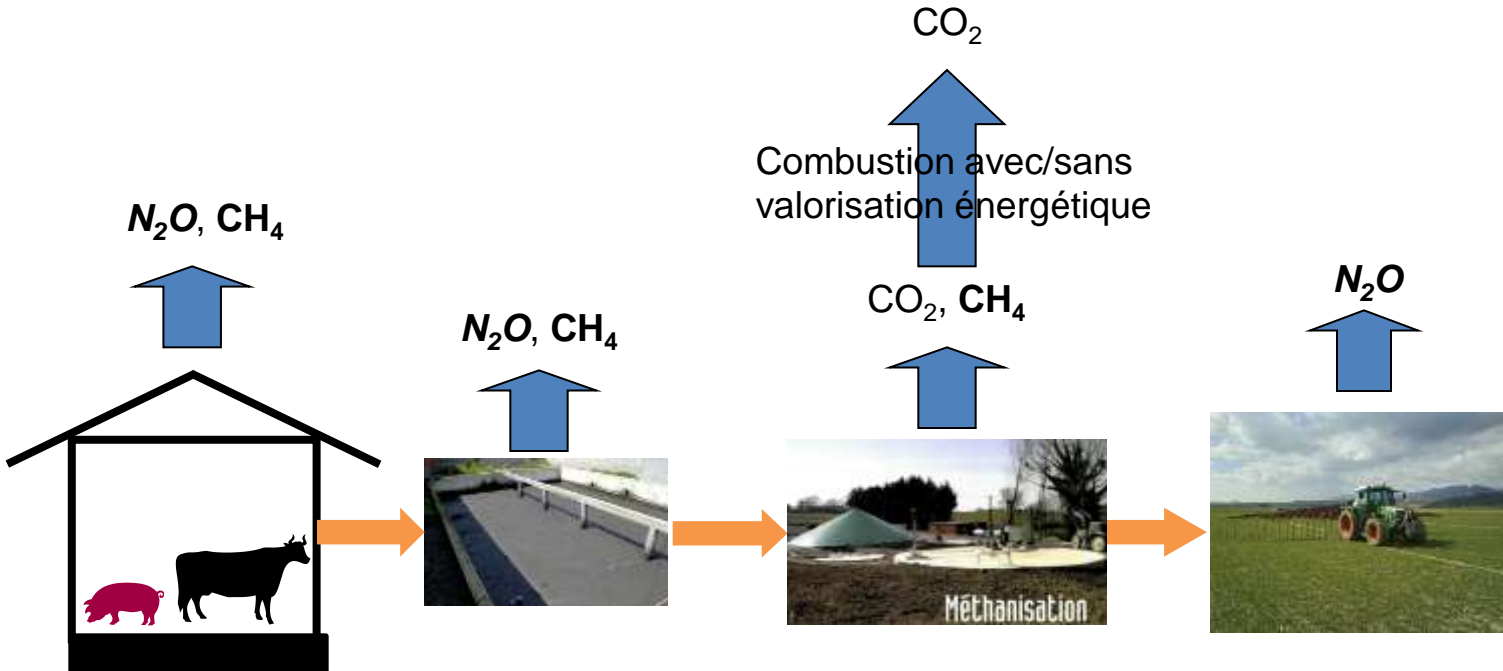
Gestion conventionnelle des effluents d'élevage



Gestion conventionnelle des effluents d'élevage

- Période de stockage de 4 à 6 mois sous les bâtiments et/ou en fosses extérieures
- Dégradation partiellement ou totalement anaérobie de la matière organique et production/émission de méthane (CH_4)
- Transformations aérobie/anaérobie de l'azote et production/émission de protoxyde d'azote (N_2O)
- Rejet direct vers l'atmosphère de composés gazeux, CH_4 et N_2O , représentant respectivement 13,7 et 5,2 MtCO₂e, soit 13% et 4,9% des émissions du secteur agricole français

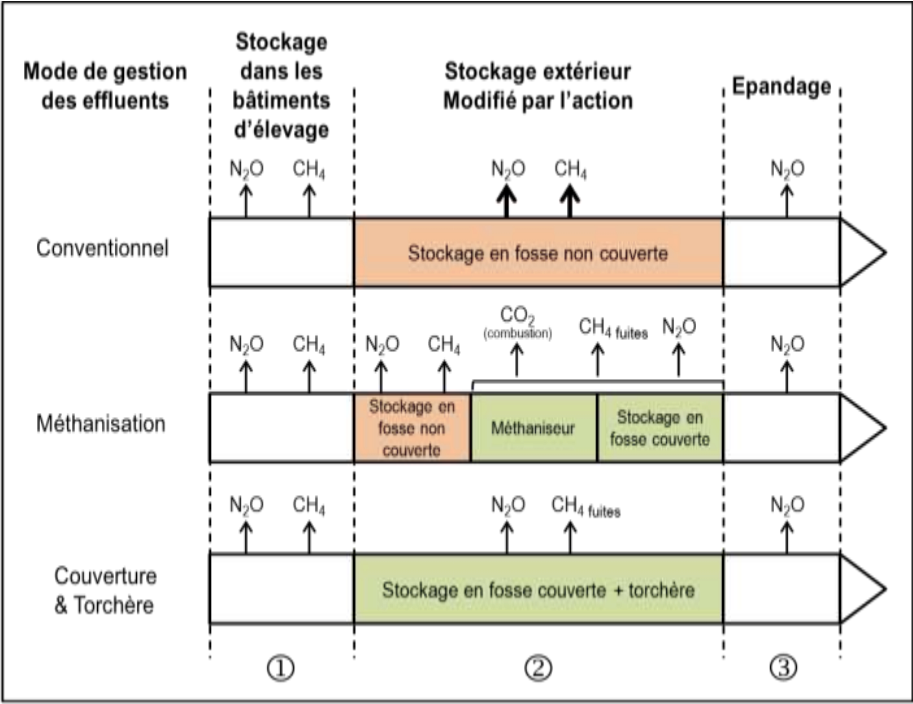
Action de réduction des émissions de GES



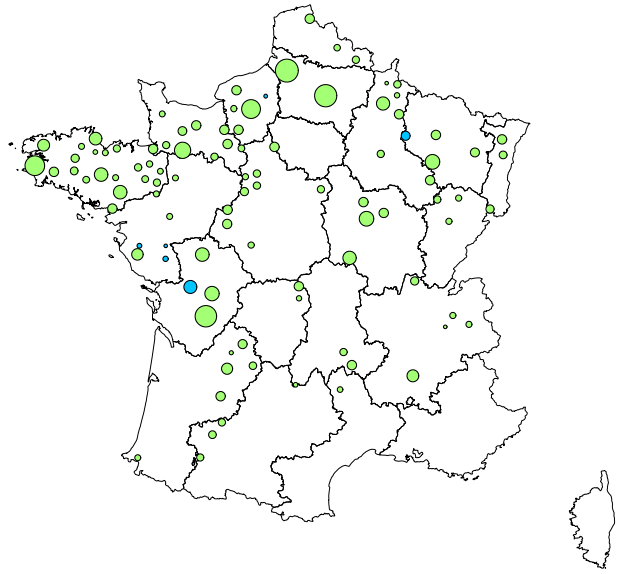
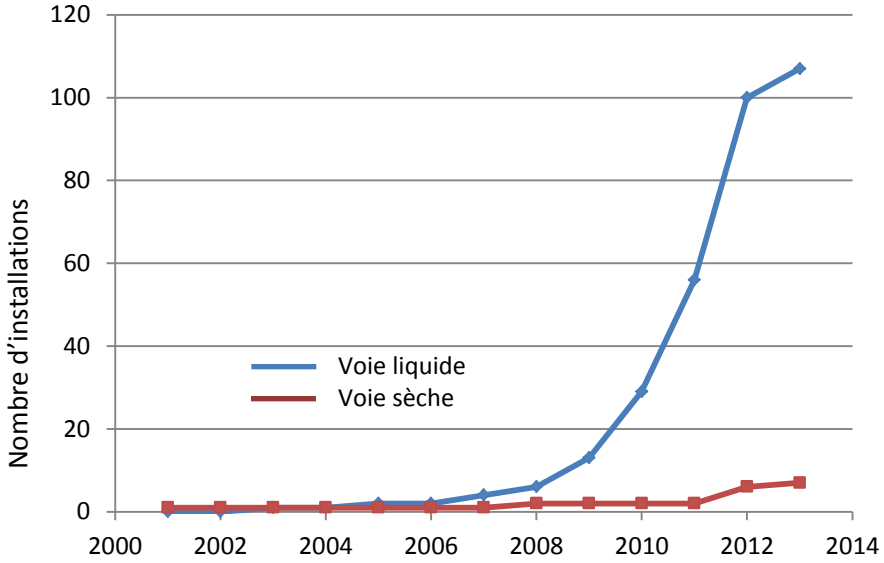
2 sous actions étudiées:

- Sous-action 1: Procédé de méthanisation avec valorisation du biogaz
- Sous-action 2: Couverture « rustique » des fosses de stockage pour récupération du biogaz et torchage

2 sous actions étudiées:



La méthanisation déjà en cours de développement



La mise en place de couverture « rustique » et torchage du biogaz au stade R&D



Biomass and Bioenergy

Volume 35, Issue 8, August 2011, Pages 3719–3726

PROCEEDINGS OF A WORKSHOP OF IEA BIOENERGY TASK 31 ON
'SUSTAINABLE FORESTRY SYSTEMS FOR BIOENERGY: INTEGRATION,
INNOVATION AND INFORMATION'



In-storage psychrophilic anaerobic digestion of swine manure: Acclimation of the microbial community

Susan M. King^a,  , Suzelle Barrington^a, , Serge R. Guiot^{b, 1},  

Estimation des émissions en système conventionnel (CH₄)

$$FE_i = SV_i \cdot 365 \text{ jours/an} \cdot Bo_i \cdot 0,67 \text{ kg/m}^3 \cdot \sum(jk) FCM_{jk} \cdot SG_{ijk}$$

avec :

- FE_i: Facteur d'Emission pour le cheptel i (kgCH₄/an),
- SV_i : Solides volatils excrétés (kg/jour) pour le cheptel i,
- Bo_i : Capacité de production maximale de CH₄ (m³/kg de SV) pour le cheptel i,
- FCM_{jk} : Facteur de Conversion en Méthane (%) pour le système j, pour le climat k,
- SG_{ijk} : Système de Gestion des déjections animales pour le cheptel i, pour le système j, pour le climat k.

| SG | FCM (%) |
|----------|---------|
| Lisier | 45 |
| Fumier | 1,5 |
| Pâturage | 1,5 |

Estimation des émissions en système conventionnel (N₂O)

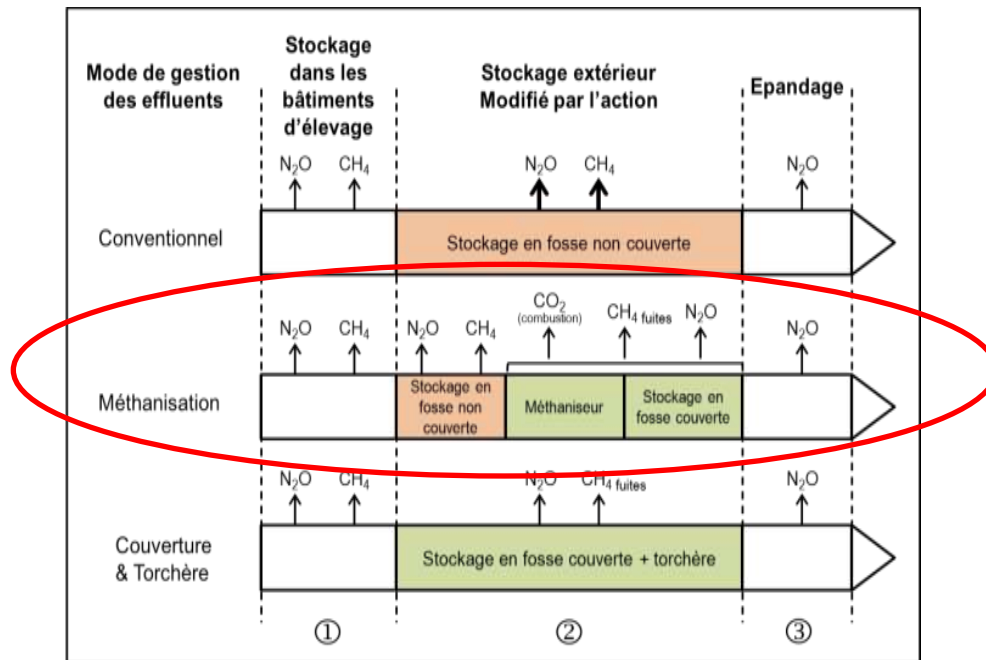
$$FE_i = F_{exi} \cdot \sum(jk) F_{vj} \cdot S_{gijk}$$

avec :

- FE_i : Facteur d'Emission pour le cheptel i,
- F_{exi} : Facteurs d'Excrétion azotée pour le cheptel i,
- F_{vj} : Facteurs de Volatilisation sous forme de N₂O, pour le système j,
- S_{Gijk} : Systèmes de Gestion (SG) des déjections animales pour le cheptel i, pour le système j, pour le climat k.

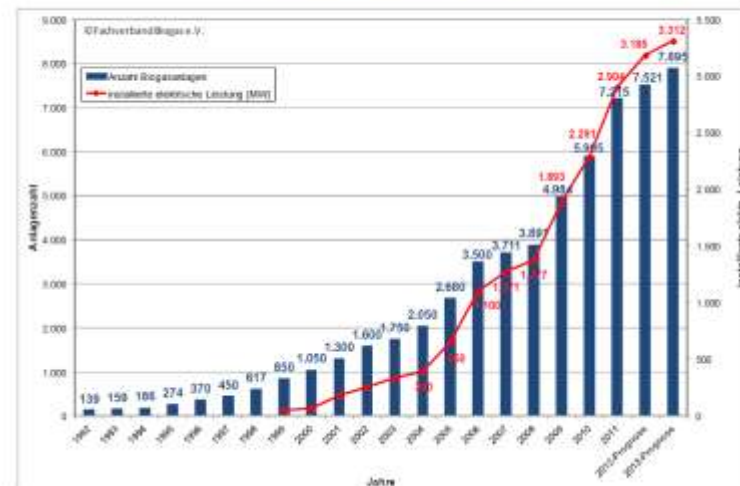
| SG | Fv (%) |
|----------|--------|
| Lisier | 0,1 |
| Fumier | 2 |
| Pâturage | 2 |

Cas de la méthanisation



Conditions de développement de la méthanisation

- Exemple du développement en Allemagne: 680 unités/an, soit 12200 en 2030
- Soit 33% des effectifs bovins et 33% des effectifs porcins concernés en considérant en priorité les exploitations les plus importantes
- Bovins: 2/3 lisier – Porcins: 100% lisier



Estimation du potentiel d'atténuation de la méthanisation

- Distinction des émissions bâtiments / extérieur: 0/100 pour les bovins et 20/80 pour les porcins
- Stockage amont: émissions proportionnelles au temps, soit 3 semaines versus 6 mois
- Fuites de CH₄: 1,5% du CH₄ produit
- Emissions induites de GES liées à la substitution énergétique

| Catégories animales | Système de gestion | FCM (%) |
|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| Bovins | Méthanisation | 1,5 + 0,12 x 45 soit 6,9 |
| Porcins | Méthanisation | 1,5 + 0,12 x 36 soit 5,8 |

Résultats d'atténuation des émissions de GES par la méthanisation en 2030 (MtCO₂e/an)

| Emissions | Directes | | | Induites | Totales |
|-----------|-----------------|------------------|------------------------------------|----------|---------|
| | CH ₄ | N ₂ O | CH ₄ + N ₂ O | | |
| Bovins | 3,3 | 0,6 | 3,9 | 0,36 | 4,3 |
| Porcs | 1,9 | 0,0 | 1,9 | 0,14 | 2,0 |
| Total | 5,2 | 0,6 | 5,8 | 0,5 | 6,3 |

Etude de sensibilité pour la méthanisation

- Répartition bâtiments / extérieur: 20/80 pour les bovins et 40/60 pour les porcins
- Variation des facteurs « excrétion » et FCM (-30%)
- Variation de la cinétique de développement (540 – 1000 unités/an)

| | Directes | Directes + induites |
|---------------|-----------|---------------------|
| Méthanisation | 3.8 – 6.9 | 4.1-7.5 |

Fourchette d'atténuation des émissions de GES par la méthanisation en 2030 (MtCO₂e/an)

Coûts et bénéfices induits par la méthanisation

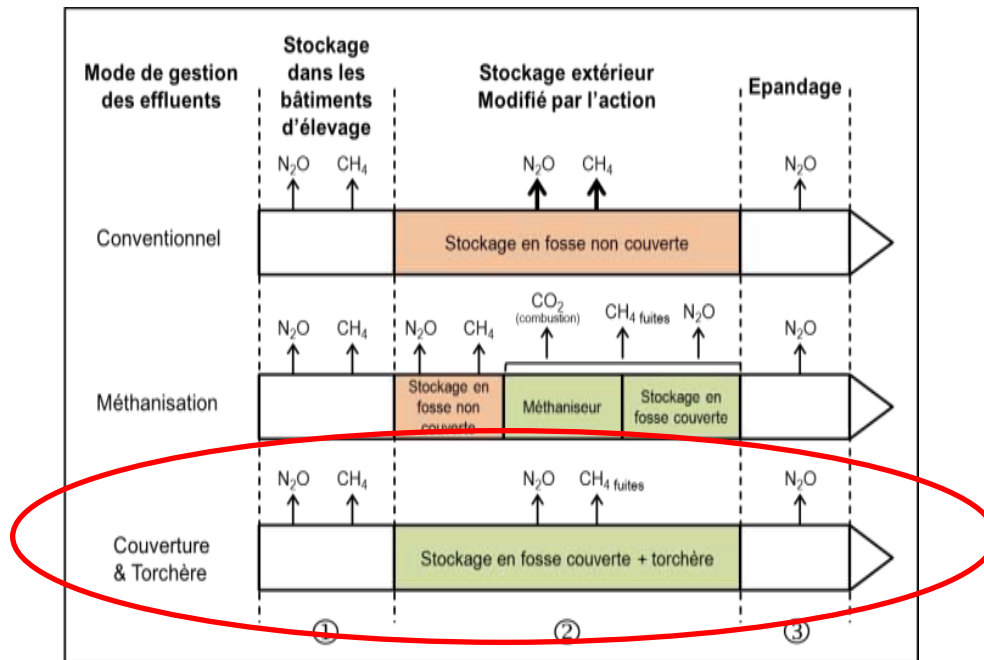
| | Coût unitaire | Simulation pour une unité de 50 kW _{électrique} |
|-----------------------------------|--|--|
| Investissements | 9 000 €/kWe dont 1/4 pour le système de cogénération amorti sur 8 ans. Le reste est amorti sur 16 ans | 112 500 € sur 8 ans 337 500 € sur 16 ans |
| Main d'œuvre annuelle | 14 €/MWhe | 5 600 € |
| Maintenance moteur annuelle | 18 €/MWhe | 7 200 € |
| Electricité annuelle | 7% de la production à 71 €/MWhe | 1 568 € |
| Maintenances autres | 1,3% de l'investissement total | 5 850 € |
| Assurances annuelles | 0,4% de l'investissement total | 1 800 € |
| Total fonctionnement (/an) | | 22 018 € |

- prix d'achat de l'électricité produite de 130 €/MWhe (prix moyen, tarif 2006 applicable en 2010), les recettes annuelles sont de 52 000 €.

Coûts unitaires pour la méthanisation

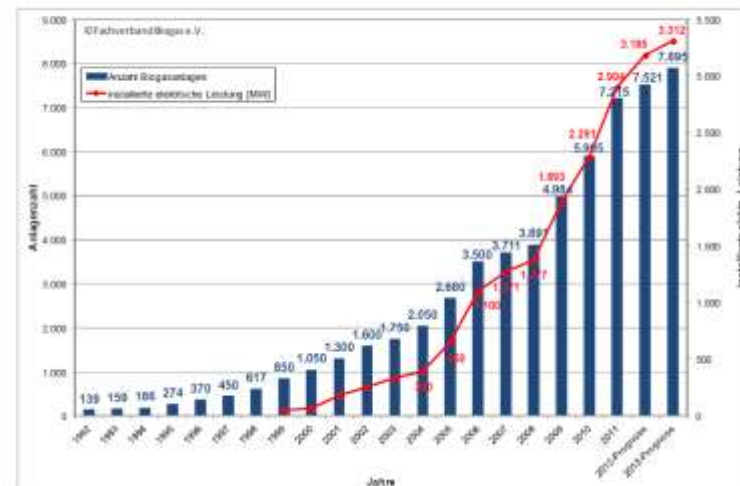
| | |
|---|----------------------------------|
| Coût unitaire moyen | 17 €/tCO ₂ directes |
| Coût unitaire scénario « investissement 7500 €/kWe » | 6.6 €/tCO ₂ directes |
| Coût unitaire scénario « investissement 10500 €/kWe » | 27.9 €/tCO ₂ directes |
| Coût unitaire scénario « fonctionnement +65%, 735€/kWe » | 35.5 €/tCO ₂ directes |
| Coût unitaire scénario « tarif d'achat actuel – 170 €/MWh » | 2.5 €/tCO ₂ directes |
| Coût unitaire scénario « tarif d'achat sans subvention – 54 €/MWh » | 54.9 €/tCO ₂ directes |

Cas de la couverture + torchère



Conditions de développement de couverture+tochère

- Exemple du développement maximum de la méthanisation en Allemagne: 1000 unités/an, soit 20000 exploitations en 2030
- Sous-action appliquée uniquement aux élevages sur « lisier »
- Sous-action appliquée uniquement aux élevages non concernés par la sous action « méthanisation »



Estimation du potentiel d'atténuation de la couverture+torchère

- Distinction des émissions bâtiments / extérieur: 0/100 pour les bovins et 20/80 pour les porcins
- Stockage amont: aucun
- Fuites de CH₄: 1,5% du CH₄ produit
- Pas de substitution énergétique

| Catégories animales | Système de gestion | FCM (%) |
|---------------------|---------------------|---------|
| Bovins + Porcins | Couverture+torchère | 1,5 |

Résultats d'atténuation des émissions de GES par la couverture+torchère en 2030 (MtCO₂e/an)

| | CH ₄ (MtCO ₂ e/an) |
|--------|---|
| Bovins | 1,92 |
| Porcs | 1,47 |
| Total | 3,4 |

Etude de sensibilité

- Répartition bâtiments / extérieur: 20/80 pour les bovins et 40/60 pour les porcins
- Variation des facteurs « excrétion » et FCM (-30%)
- Variation de la cinétique de développement (+/- 40%)

| | Directes |
|---------------------|-----------|
| Couverture+torchère | 2.0 – 4.7 |

Coûts unitaires pour la couverture+torchère

| | Coût unitaire |
|----------------------------|----------------------|
| Investissements | |
| Couverture | 280 €/m ² |
| Torchère | 21 000 € |
| Total fonctionnement (/an) | 1 000€ |

Coût unitaire

59 €/tCO₂e directes

Conclusions

- Deux sous-actions ont été étudiées avec des potentiels d'atténuation de 5,8 et 3,4 MtCO₂e annuel atteint en 2030 pour la méthanisation et la couverture/torchère, soit au total un cumul de 9,18 MtCO₂e/an
- Les coûts associés à la méthanisation sont 3 fois plus faibles (investissements et fonctionnement mais recettes liée à la vente d'électricité subventionnée)
- La méthanisation permet de produire de l'énergie renouvelable
- Données de calcul macroscopiques, notamment pour le calcul des coûts
- Incertitudes moyennes de 20-25% pouvant atteindre 50%
- Malgré les incertitudes apparaissent ces actions permettent une atténuation intéressante et la méthanisation est une action en cours de développement
- Veiller aux effets négatifs induits tels que les émissions de NH₃ et les fuites de CH₄