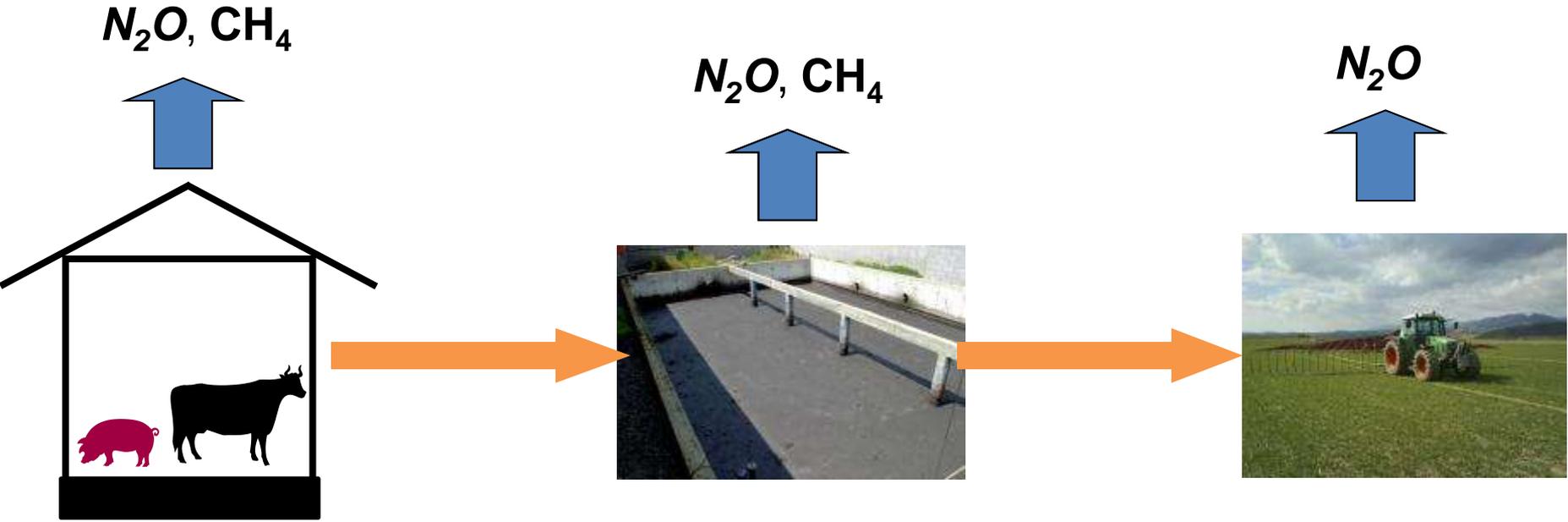


Développer la méthanisation et installer des torchères pour réduire les émissions de CH₄ liées au stockage des effluents d'élevage

► F. Béline, P. Dupraz et al.



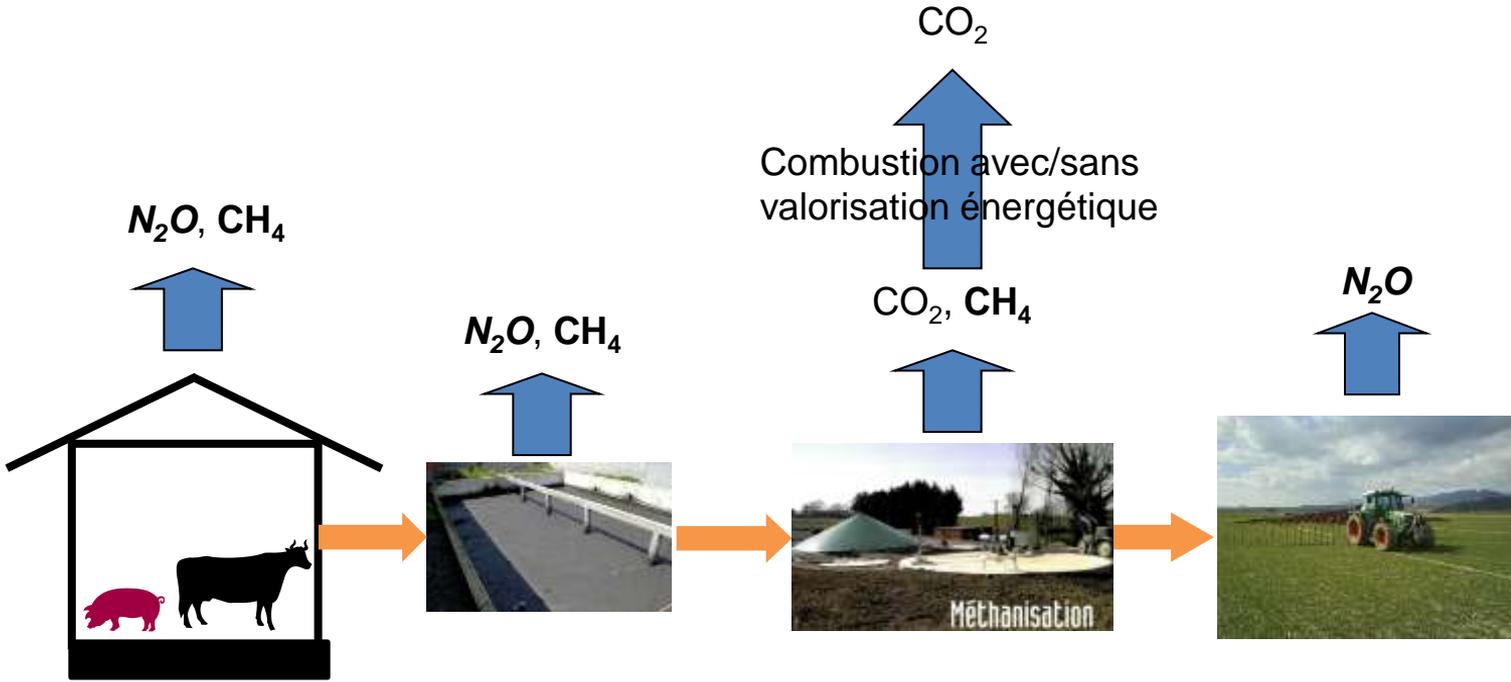
Gestion conventionnelle des effluents d'élevage



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

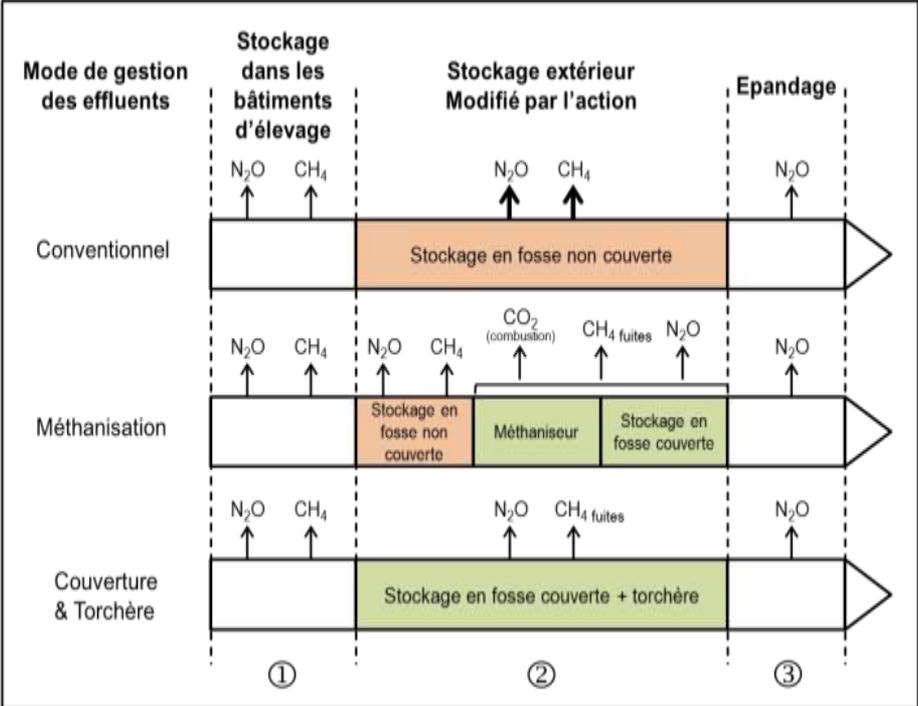
Action de réduction des émissions de GES



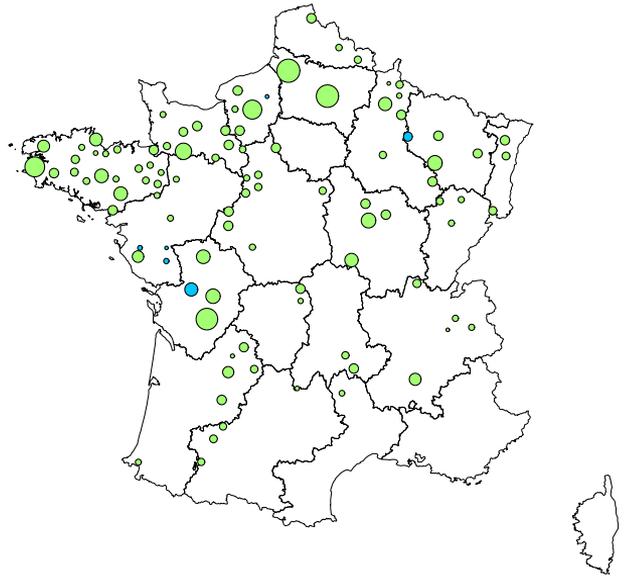
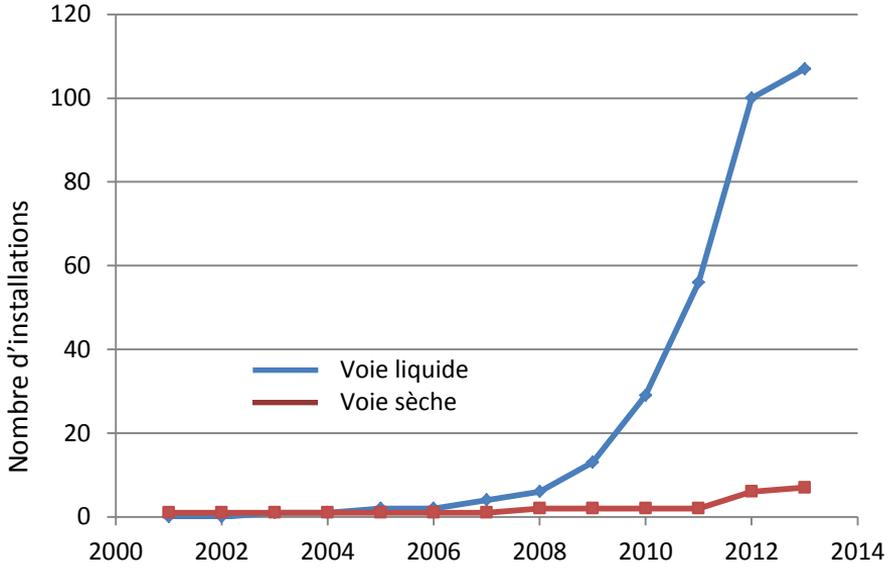
2 sous actions étudiées:

- 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)

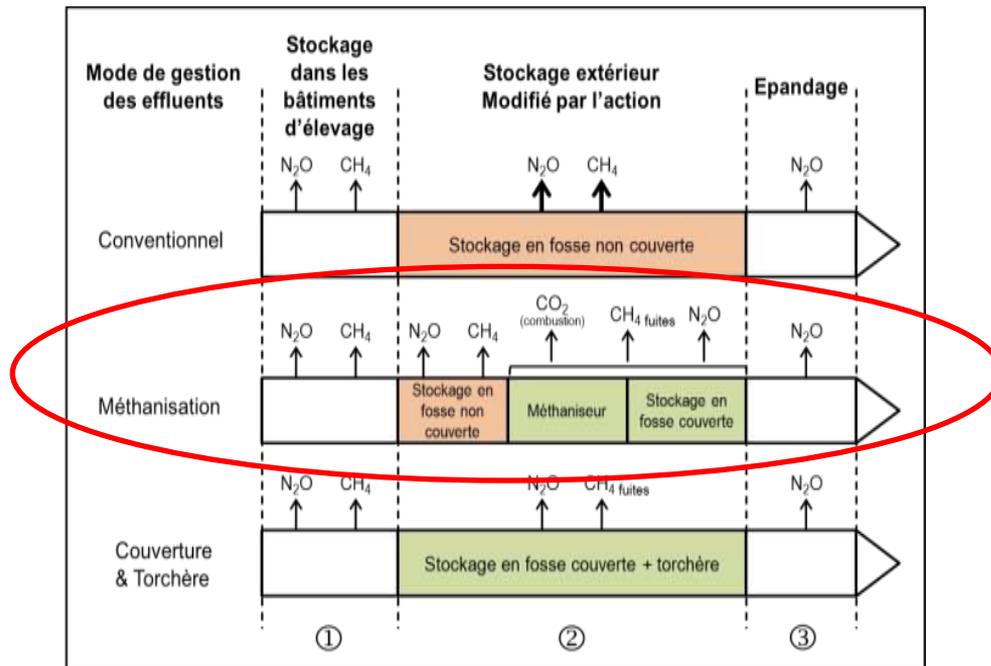
$$FE_i = F_{exi} \cdot \sum(jk) F_{vj} \cdot S_{gijk}$$

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.

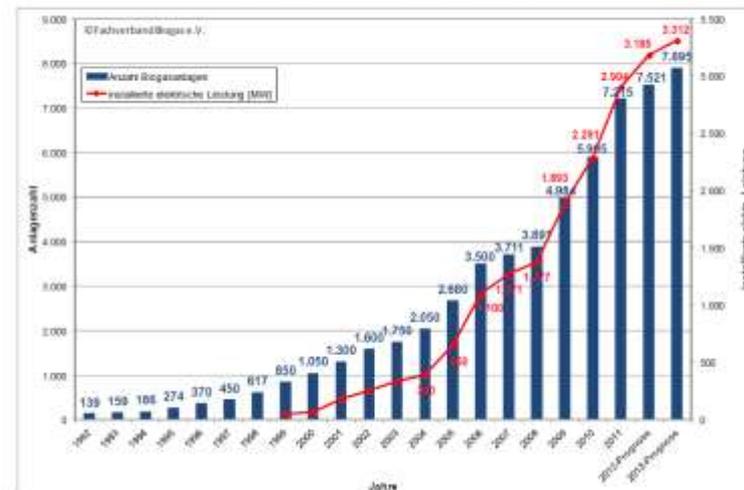
SG	Fv (%)
Lisier	0,1
Fumier	2
Pâturage	2

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

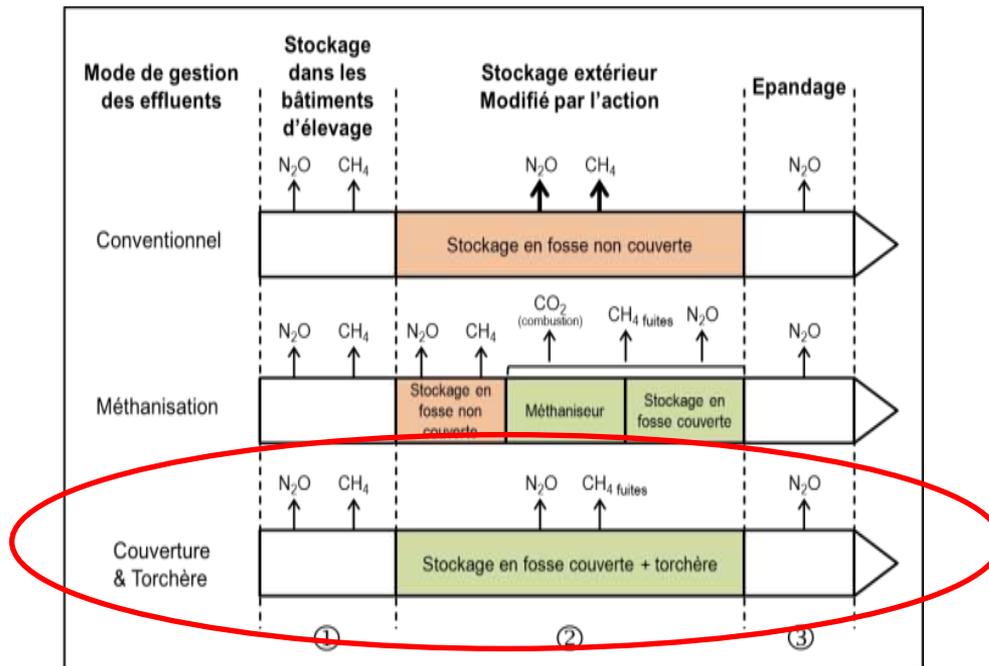
	Coût unitaire	Simulation pour une unité de 50 kW _{électrique}
Investissements	9 000 €/kWe dont 1/4 pour le système de cogénération amorti sur 8 ans. Le reste est amorti sur 16 ans	112 500 € sur 8 ans 337 500 € sur 16 ans
Main d'œuvre annuelle	14 €/MWhe	5 600 €
Maintenance moteur annuelle	18 €/MWhe	7 200 €
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

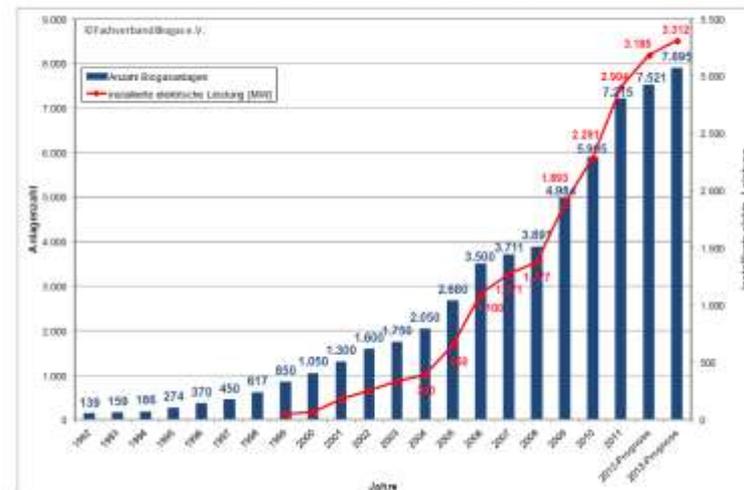
Coût unitaire moyen	17 €/tCO ₂ directes
Coût unitaire scénario « investissement 7500 €/kWe »	6.6 €/tCO ₂ directes
Coût unitaire scénario « investissement 10500 €/kWe »	27.9 €/tCO ₂ directes
Coût unitaire scénario « fonctionnement +65%, 735€/kWe »	35.5 €/tCO ₂ directes
Coût unitaire scénario « tarif d'achat 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