

CALCULATEUR ABILE2

Calculateur du coût d'une réduction des émissions directes de Gaz à Effet de Serre en élevage porcin, bovin et avicole par une adaptation des pratiques de gestion des effluents d'élevage

Coût de l'épargne des émissions directes de GES^(*) en élevage par une adaptation des pratiques de gestion des effluents d'élevage

V.1.0

Nature des productions animales sur le site d'élevage

Gestion des déjections CONDUITES STANDARD			Animaux présents ou places	Emissions t Eq. CO ₂ /an		Gestion des déjections CONDUITES ALTERNATIVES	
Catégorie d'animal	en bâtiment			Conduite standard	Conduites alternatives	En bâtiment (menus déroulants hors situations uniques)	Mode de gestion/valorisation des effluents en sortie de bâtiment
BOVINS	Vaches laitières	Logette lisier raclage 6 à 8 fois/j		0	0	Logette raclage > 12 fois/j	Métha. psychrophile + chaudière
	Vaches laitières	Logette fumier raclé		0	0	Litière accumulée (1 curage/semaine)	Méthanisation collective
	Vaches laitières	Litière accumulé (1 curage/3 sem.)		0	0	Logette lisier raclage > 12 fois/j	Méthanisation collective
	Génisses	Logette lisier raclage 6 à 8 fois/j		0	0	Logette fumier raclée	Méthanisation collective
	Génisses	Logette fumier raclé		0	0	Litière accumulée (1 curage/semaine)	Méthanisation collective
	Génisses	Litière accumulé (1 curage/3 à 6 mois)		0	0	Pompage quotidien	Métha. mésophile + cogé.
	Vaches allaitantes	Litière accumulé (1 curage/3 à 6 mois)		0	0		
PORCINS	Porcs charcutiers	Lisier stocké en préfosse	2500	881	275	Raclage à plat, quotidien	Métha. psychrophile + chaudière
	Truies	Lisier stocké en préfosse	250	118	94	Pré_stockage_lisier_sous_caillebotis	Métha. psychrophile + chaudière
	Post-sevrage	Lisier stocké en préfosse	1160	150	94	Pré_stockage_lisier_sous_caillebotis	Métha. psychrophile + chaudière
VOLAILLES	Poulets de chair	Fumier accumulé		0	0	Fumier accumulé	Compostage
	Canards PAG	Fumier accumulé		0	0	Raclage quotidien	Métha. psychrophile + chaudière
	Canards au gavage	Lisier stocké en préfosse		0	0		
	Canard à rôti	Lisier stocké en préfosse		0	0		

Suggestion paramètres économiques	
Méthanisation psychrophile + chaudière	
Investissement	111022 €
Fonctionnement	2964 €/an
Méthanisation mésophile + cogénération	
Puissance installée	27 kW
Investissement	356491 €
Fonctionnement	23629 €/an
Valorisation kWh produit/épargne	21 cct€/kWh
Rendement cogénérateur	28 %
Recettes ou épargne	45110 €/an
Compostage fumiers volailles	
Investissement	0 €

Paramètres économiques à retenir	
Coûts étape de méthanisation et valorisation des biogaz	
Investissement	330200 €
Taux de subvention	15 %
Fonctionnement	21000 €/an
Recettes ou épargne	42000 €/an
Surcoût d'investissement méthanisation porc	
Engraissement	60 €/place
Gestante	350 €/place
Post-sevrage	350 €/place
Total raclage	237500 €
Autres coûts	
Investissement	0 €
Fonctionnement	0 €/an
Indicateurs financiers	
Durée d'amortissement	12 ans
Taux d'emprunt	2 %

Paramètres techniques à retenir	
Fuites biogaz lors de la méthanisation	5 %
Taux de couverture métha. psychrophile	90 %
Taux de combustion du biogaz collectable	100 %
Taux d'expression BMP métha. psychrophile	29 %
Taux d'expression BMP métha. mésophile	100 %

RESULTATS	
TOTAUX	1148
Différence	-60
Estimation coût à la t Eq. CO ₂ épargné	41

Emissions t Eq. CO ₂ /an	
Conduite standard	1148
Conduites alternatives	1088
Différence	-60
Coût	41 €/t Eq. CO ₂

*) Emissions directes de GES: Gaz à Effet de Serre issues des fermentations entériques et des déjections animales, émissions de CH₄ et N₂O traduite en équivalent CO₂
 Version 1.0 - Projet ABILEZ (Améliorer le Bilan Environnemental d'une Exploitation par la méthanisation des déjections animales - Impact des pratiques d'élevage)
 Etude menée avec le soutien financier du Casdar. La responsabilité du ministère chargé de l'agriculture ne saurait être engagée.

Pour que la simulation ait du sens, il faut que les scénarios mobilisés sur le site d'élevage (les animaux étant présentés) soient engagés sur le même profil de méthanisation/profil de gestion des effluents.

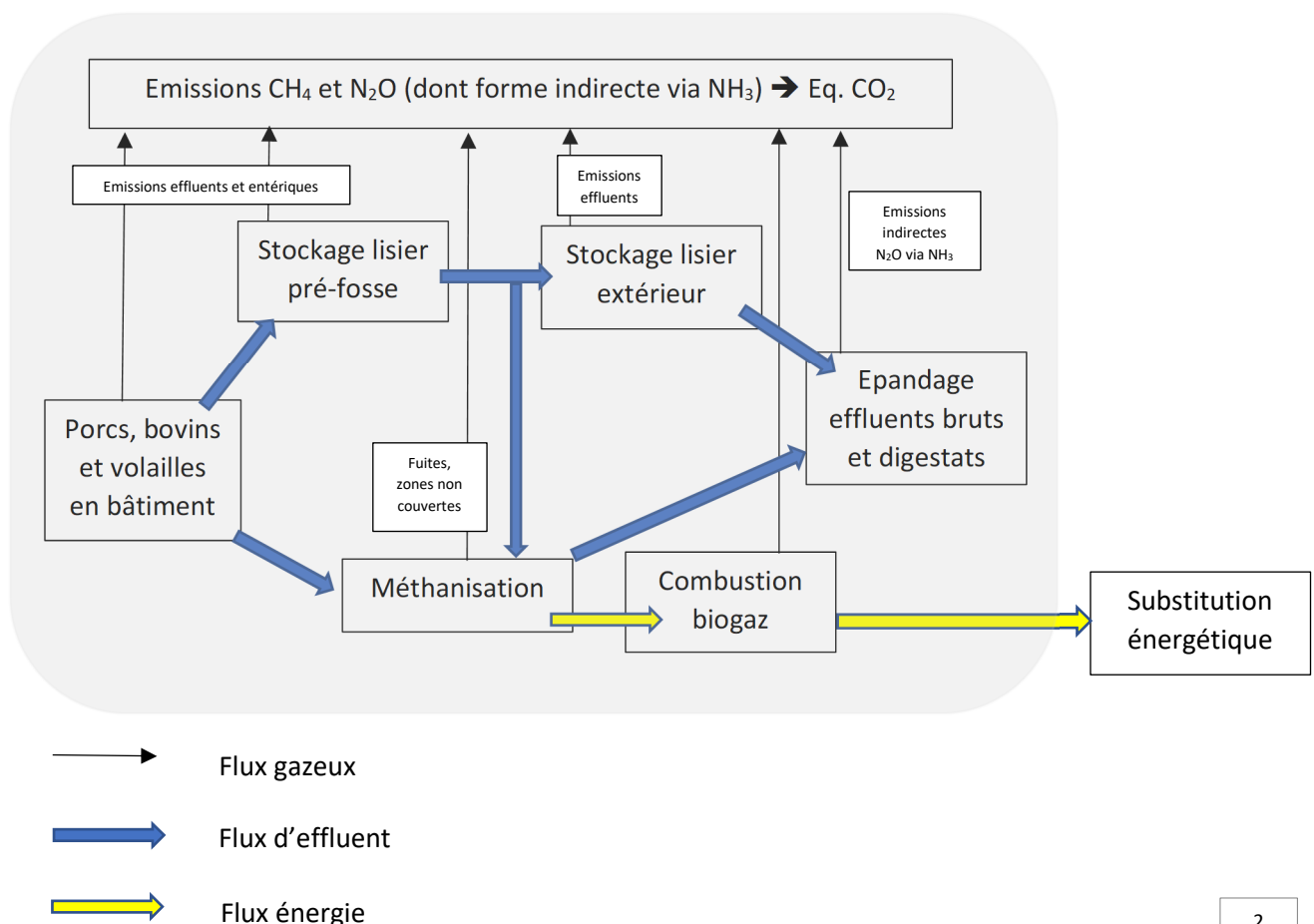
Version 1.0 - Projet ABILE2 (Améliorer le Bilan Environnemental d'une Exploitation par la méthanisation des déjections animales - Impact des pratiques d'élevage)

Etude menée avec le soutien financier du Casdar. La responsabilité du ministère chargé de l'agriculture ne saurait être engagée.

Sommaire

Sommaire	p 2
Périmètre de prise en compte des émissions de gaz à effet de serre (GES)	p 2
Mode d'emploi du calculateur	p 3
Guide méthodologique bovin	p 4
Guide méthodologique volaille	p 12
Guide méthodologique porc	p 18
Références bibliographiques	p 20

Périmètre de prise en compte des émissions de gaz à effet de serre (GES)



Mode d'emploi du calculateur ABILE2

ABILE2 est tout d'abord un projet financé par FranceAgriMer (2020 – 2022), piloté par l'IFIP-Institut Technique du Porc et ayant pour partenaires l'Idèle, l'Itavi, l'Inrae de Narbonne et l'Inrae Transfert. Le Calculateur du coût de réduction des émissions directes de GES par une adaptation des pratiques de gestion des effluents d'élevage porcin, bovin et avicole a été réalisé par les 3 instituts techniques animaux.

L'outil comprend une seule interface comportant des cellules jaunes à remplir.

Pour chaque filière d'élevage (porc, bovin, volaille), l'utilisateur doit rentrer le nombre de place attribué par catégorie d'animal concerné par la modification de la gestion des effluents. Le mode de gestion standard des effluents est mentionné à gauche de cette colonne.

Pour chacune de ces catégories d'animal, il est proposé une ou plusieurs méthodes de conduite des déjections (via des menus déroulants) en bâtiment et en sortie de bâtiment. Pour que la simulation ait du sens, tous les emplacements renseignés doivent avoir le même mode de gestion des effluents en sortie de bâtiment.

Sur la droite du calculateur figurent des paramètres économiques suggérés (en gris), pour de la méthanisation psychrophile et mésophile. L'utilisateur peut les reporter, ou non, dans la rubrique suivante. Celle-ci doit être remplie.

De nombreuses cellules proposent des notes d'information pour l'utilisateur.

Coût de l'épargne des émissions directes de GES⁽¹⁾ en élevage par une adaptation des pratiques de gestion des effluents d'élevage

Nature des productions animales sur le site d'élevage

Catégorie d'animal	Gestion des déjections CONDUITES STANDARD	Emissions Eq. CO ₂ /an		Gestion des déjections CONDUITES ALTERNATIVES			
		Conduite standard	Conduites alternatives	En bâtiment	En menuiserie		
BOVINS	Vaches lactières	Logette lisier (raçage à 8 fois)	0	0	Logette (raçage > 12 fois)	Métha. psychrophile + chaudière	
	Vaches lactières	Logette fumier (raçage)	0	0	Méthan. collective		
	Vaches lactières	Litière accumulée (1 curage/2 sem.)	0	0	Litière accumulée (1 curage/semaine)	Métha. psychrophile + cogé	
	Génisses	Logette lisier (raçage à 8 fois)	0	0	Logette (lisier / raçage > 12 fois)	Métha. psychrophile + cogé	
	Génisses	Logette fumier (raçage)	0	0	Logette fumier (raçage)	Méthanisation collective	
	Vaches allaitantes	Litière accumulée (1 curage/3 à 6 mois)	0	0	Litière accumulée (1 curage/semaine)	Méthanisation collective	
PORCS	Porcs charcutiers	Litière stockée en préfosse	1500	881	275	Raçage à plat quotidien	Métha. psychrophile + chaudière
	Truies	Litière stockée en préfosse	250	138	94	Pla. stockage lisier avec caillebotis	Métha. psychrophile + chaudière
VOLAILLES	Poussins de chair	Fumier accumulé	0	0	Pla. stockage lisier avec caillebotis	Métha. psychrophile + chaudière	
	Canards MAG	Fumier accumulé	0	0	Fumier accumulé	Compostage	
CANEARDS	Canards au gavage	Litière stockée en préfosse	0	0	Raçage quotidien	Métha. psychrophile + chaudière	
	Canards à litor	Litière stockée en préfosse	0	0			

RESULTATS

TOTALS	1148	463	1 Eq. CO ₂ /an
Différence	-60		%
Estimation coût à la t Eq. CO ₂ épargné	41		€/t Eq. CO ₂

(1) Emissions directes de GES: Gaz à Effet de Serre issues des fermentations entériques et des déjections animales, émissions de CH₄ en H₂O (traduites en équivalent CO₂)

Version 10 - Projet ABILE2 (Améliorer le Bilan Environnemental d'une Exploitation par la méthanisation des déjections animales - Impact des pratiques d'élevage)

Etude menée avec le soutien financier du Cerdex. La responsabilité de la méthode de calcul de l'agribusiness ne saurait être niée.

Plat qui ne diminue ni de poids, ni de fait que les déchets continuent sur le site d'élevage (en méthanisation comme procédé sans énergie sur le même site de méthanisation/traitement des effluents)

Les résultats montrent les émissions directes de GES et le coût (où le gain si l'installation de méthanisation dégage du profit) à la tonne d'équivalent CO₂ épargnée.

L'utilisateur a également la possibilité de modifier quelques critères techniques comme la proportion de fuites, le taux d'expression du potentiel méthanogène, etc. Cela permet de comparer leurs impacts respectifs.

Guide méthodologique bovins

Les émissions de GES des déjections depuis leur excrétion par l'animal (y compris les fermentations entériques) jusqu'à l'épandage des effluents (bruts et digestat) sont déterminés pour chaque étape (bâtiment, stockage extérieur, méthanisation, combustion du biogaz), par espèce animale et sont additionnées. Les flux de matière organique et d'azote sont également déterminés par étape et espèce animale car elles servent à la détermination de ces émissions gazeuses.

1- Excrétions au bâtiment

Emissions entériques (en kg CH₄/animal/an) = références IPCC (2006)

- VL et VA = 117
- Génisse, taurillon et veau de boucherie = 57

VL : vache laitière – VA : vache allaitante

Excrétion des matières organique (MO) par les VL (kg MO/animal/an) = quantité de MO non digestible (g/kg MS ingéré)/1000 x quantité MS ingéré quotidiennement (kg MS/j) x 365

Avec :

- . Qté de matière organique non digestible (g/kg MS ingéré) = 268
- . Qté MS (matière sèche) ingéré quotidiennement (kg MS/j) = 20,4

Excrétion de MO des « autres catégories d'animaux » (kg MO/animal/an) = Qté de matière organique excrétée quotidiennement (kg MO/j) x 365

Avec :

- . Qté de matière organique excrétée quotidiennement (kg MO/j)
- VA = 5,1
- Génisse, taurillon et veau de boucherie = 2,6

Excrétion d'azote (kg N/animal/an) = références ci-dessous (IPCC, 2006)

- VL = 113,9
- VA = 131,4
- Génisse = 36,1
- Taurillon = 42,2
- Veau de boucherie = 15,7

BMP effluents à l'excrétion (m3 CH4/kg MO) = références ci-dessous (Levasseur et al., 2022)

- VL = 0,201
- VA = 0,1608
- Génisse = 0,1474
- Taurillon = 0,1206
- Veau de boucherie = 0,1206

Remarque : les valeurs ci-dessus sont légèrement en deçà des valeurs IPCC (2006) qui elles-mêmes sont de 0,24 pour les VL – 0,18/0,19 pour les taurillons/veaux de boucherie.

2- Emission au bâtiment et au stockage extérieur ou jusqu'à l'entrée en méthanisation pour les scénarios correspondant

(les étapes de méthanisation et de stockage du digestat sont vus après)

Emission de NO2 (kg/animal/an) = Qté de N excrété en kg/animal/an x facteur de conversion du N-N2O en N2O (1,57) x FE du N2O

Avec

. Qté de N excrété/animal/an = références vues précédemment

. Facteur d'émission (FE) du N2O en % de la qté de N excrété (IPCC, 2006) :

- Fumier - litière accumulée = 0,07
- Fumier - raclage quotidien et stockage en fumière = 0,005
- Lisier - raclage quotidien et stockage en fosse avec croûte naturelle = 0,005
- Lisier - raclage quotidien et stockage en fosse sans croûte naturelle = 0
- Lisier - stockage sous caillebotis = 0,002
- Méthanisation = 0

Au vu des références, les FE N2O retenus pour les différents scénarios sont les suivants :

Fumier logette couloir raclé (quelle que soit la fréquence de raclage)	0,005
Litière accumulée	0,07
Lisier veau de boucherie : stockage sous les animaux et pompage quotidien	0,002

Remarques :

- La litière accumulée se distingue par un FE de N2O bien plus élevé que les autres conduites
- Pour le lisier des veaux de boucherie, pas de différences entre stockage sous les animaux et pompage quotidien car dans ce dernier cas, il reste toujours du lisier en fond de fosse (ce n'est pas du raclage).

Emission de CH4 (kg/animal/an) = Qté de MO excrété (kg MO/animal/an) x BMP à l'excrétion (m3 CH4/kg MO) x FCM méthane (%)

Avec,

. Qté de MO excrété (kg MO/animal/an) = calculé précédemment

. BMP à l'excrétion : mentionné page précédente

. FCM de méthane (% , IPCC 2006) :

Litière accumulée avec curage < 1 mois et stockage au champs (uniquement VL)	3,0%
Litière accumulée avec curage > 1 mois et stockage au champs (toutes les autres catégories d'animaux)	20,3%
FUMIER - couloirs raclés et stockage en fumièr	2,0%
FUMIER - méthanisation	1,7%
LISIER - couloirs raclés et stockage en fosse non couverte (ou couv. par charpente)	20,3%
LISIER - couloirs raclés et stockage en fosse avec présence d'une croûte naturelle	12,7%
LISIER - couloirs raclés et stockage en fosse couverte	0,1%
LISIER - caillebotis	20,3%
LISIER - méthanisation	3,9%

Emissions de NH3 (kg/animal/an) : références GESTIM EMEP (2016)

VL	Effluent liquide	19,2
	Effluent solide	16,9
Autres bovins	Effluent liquide	6,9
	Effluent solide	6,2

Remarque :

- Les émissions de NH3 permettent de déterminer les émissions indirectes de N2O. Ce calcul est réalisé à toutes les étapes de gestion des effluents et pour chacune des productions animales.

Emission de CO2 (kg/animal/an) = émission de CH4 sur l'étape de bâtiment/stockage (kg/animal/an) / densité du CH4 (kg/m3) / Proportion de CH4 dans le biogaz (%) x proportion de CO2 dans le biogaz x densité du CO2

Avec,

- . Densité du CH4 = 0,67 kg/m3
- . Proportion de CH4 dans le biogaz = 60 %
- . Densité du CO2 = 1,87 kg/m3
- . Proportion de CO2 dans le biogaz = 40 %

D'une manière plus générale : aucune émission de CO2 n'est comptabilisée dans les GES (car toutes ces émissions sont considérées comme biogéniques), les résultats servent à déterminer la MO résiduelle qui elle-même permet de déterminer les émissions de méthane.

3- Bilan matière en sortie de bâtiment et/ou entrée de méthanisation

Qté de MO entrée méthanisation (kg/animal/an) = Qté de MO excrétée – Qtés de CH₄ et CO₂ émises de l'excrétion jusqu'à la sortie du bâtiment (toutes les unités sont en kg/animal/an et ont été calculés précédemment)

BMP effluents sortie de bâtiment/entrée de méthanisation (m³ CH₄/kg MO) = les mêmes que ceux mentionnés à l'excrétion

Remarques :

- Pour les filières « standard » (pas de méthanisation), les BMP pris en référence à l'excrétion sont un peu en deçà des valeurs IPCC (2006) mais elles devraient baisser en bâtiment et au stockage. Les références retenues, à défaut d'en disposer de plus précises, se compensent partiellement
- Pour les scénarios avec méthanisation, le BMP devrait peu évoluer avec l'évacuation plus fréquente des déjections

Qté de N en sortie de bâtiment/entrée méthanisation (kg/animal/an) = Qté de N excrété/animal/an – Qté de NO₂ émis précédemment/facteur de conversion N-N₂O en N₂O – Qté de NH₃ émis précédemment/ facteur de conversion N-NH₃ en NH₃

Avec,

- . Qté de NO₂ et NH₃ émis précédemment déjà calculé, unités en kg/animal/an
- . Facteur de conversion N-N₂O en N₂O = 1,57
- . Facteur de conversion N-NH₃ en NH₃ = 1,21

4- Emission des effluents pour leur transport (cas des scénarios avec méthanisation collective)

Pour certains effluents, une unité de méthanisation collective est mentionnée dans les conduites alternatives. Cela peut être pertinent lorsqu'un tel projet se monte à proximité et/ou lorsque l'effluent n'est pas adapté seul à de la méthanisation en phase liquide (effluent solide, excessivement pourvu en azote [cas d'effluents avicoles], ...).

Emission Eq. CO₂ (kg eq. CO₂/emplacement/an) = Qté de matière brute produite annuellement x distance parcourue x FE transport

Avec

FE transport = 0,356 kg Eq. CO₂.t.km

Distance parcourue retenue : 7 km aller et retour

Remarque : le poids du transport (notamment pour des distances aussi courtes) demeure très marginal relativement à la somme des émissions directes de GES issues des effluents d'élevage

5- Emission en cours de méthanisation

Cette rubrique et les suivantes sont communes à l'ensemble des productions animales (porc, bovin, volaille)

Production brute de CH₄ (m³/animal/an) = Qté de MO sortie de bâtiment (kg/animal/an) x BMP des effluents en sortie de bâtiment x FCM du BMP

Avec :

. FCM du BMP = 29 % en psychrophilie (Adapté de IPCC, 2019) et 90 % en mésophilie

Production brute de CO₂ (m³/animal/an) = Production de méthane (m³/animal/an) x ratio volumique CH₄/CO₂

Production brute de biogaz = Flux cumulé de CH₄ + CO₂

Emission de N₂O (kg/animal/an) = Qté de N entrant (kg/animal/an) x FE de N₂O x 44/28 x (% de fuite x (1- taux de recouvrement))

Avec :

. Qté de N entrant déjà calculée précédemment

. FE N₂O = 0,5 % du N entrant (IPCC, 2019)

. % fuite de biogaz = modifiable sur l'interface de saisie du calculateur

. Taux de recouvrement de la couverture sur la fosse = 90 % en méthanisation psychrophile (Toudic et al, 2018 ; valeur modifiable sur l'interface de saisie du calculateur) et 100 % en méthanisation mésophile.

Emission de CH₄ dans l'atmosphère (kg/animal/an) = Production de CH₄ (m³/animal/an) x densité x (% de fuite + (1-taux de recouvrement)) + FE (0,0041) de la production de biogaz torché

Avec :

. % fuite de biogaz et taux de recouvrement de la couverture sur la fosse → voir précédemment

. FE CH₄ au torchage = 0,0041 kg CH₄/m³ biogaz (LBC porc, 2022)

. Proportion de biogaz torché = 1,4 % (Dréal, 2019)

Emission de NH3 (kg/animal/an) = % fuite Biogaz x production brute biogaz x proportion de NH3 dans le biogaz (= 0,01 %) x densité du NH3

Emission de CO2 (kg/animal/an) = proportion de CO2 dans le biogaz x taux de fuite du biogaz x coefficient de conversion des m3 en kg (densité)

6- Emission lors de la combustion du biométhane

Remarque : les substitutions énergétiques lors de la valorisation du biogaz ne sont pas prises en compte, par contre, il s'agit de la transformation du CH4 en CO2 lors de sa combustion est prise en compte.

Emission de N2O (kg/animal/an) = Emissions négligées

Emission de CH4 (kg/animal/an) en chaudière = Production brute de biogaz (m3/animal/an) x (1 - % de torchage – % proportion de fuite – (1- % de recouvrement couverture)) x FE CH4

Avec :

. % fuite de biogaz = modifiable sur l'interface de saisie du calculateur

. Proportion de biogaz torché = 1,4 % (Dréal, 2019)

. FE CH4 = 0,0041 kg CH4/m3 biogaz (LBC porc, 2022)

Emission de CH4 (kg/animal/an) en cogénération = Production brute de CH4 (m3/animal/an) x densité CH4 x % de fuite + production brute de biogaz (m3/animal/an) x % de torchage x FE CH4

Avec,

. % fuite de biogaz = modifiable sur l'interface de saisie du calculateur

. Proportion de biogaz torché = 1,4 % (Dréal, 2019)

. FE CH4 = 0,0041 kg CH4/m3 biogaz (LBC porc, 2022)

Emission de NH3 (kg/animal/an) : négligée

Emission de CO2 (kg/animal/an) = Emissions « résiduelle » de méthane lors de sa combustion/sa densité/fraction de CH4 dans le biogaz (65 %) x fraction de CO2 dans le biogaz (35 %) x densité du CO2 (1,87)

7- Bilan matière en sortie de méthanisation

Quantité de MO (kg/animal/an) = MO sortie de bâtiment – les pertes en C, H et O issus production de biogaz

Avec :

- . MO sortie de bâtiment déjà calculé précédemment (en kg/animal/an)
- . Perte en carbone = production brute de CH₄ émis lors de la méthanisation (m³/animal/an) x densité du CH₄/facteur de conversion C-CH₄ en CH₄
- . Calculs similaires pour H et O

Quantité de N (kg/animal/an) = N en sortie de bâtiment – pertes lors de la méthanisation (elles sont négligées)

8- Emission au stockage du digestat

NO₂ (kg/animal/an) = négligée (FE N₂O digestat = 0 selon LBC porc)

CH₄ (kg/animal/an) = Qté de MO résiduelle x BMP x MCF CH₄ x densité du CH₄

Avec

- . BMP = BMP sortie de bâtiment (bovin/porc) ou B0 (volaille), voir les rubriques concernées
- . MCF CH₄ :
 - Pour les digestats (toutes espèces animales) = 2,08 % (selon Bioteau et Dabert, DIGEST, 2009)
 - Effluents bruts volailles et bovins = FCM en bâtiment et au stockage (IPCC, 2006, voir les rubriques spécifiques « bovin » et « volaille »)
 - Effluents bruts porc = 29 % (adapté IPCC, 2019) du BMP résiduel

NH₃ (kg/animal/an) = Excrétion d'azote (kg/animal/an) – perte azotés (N-N₂O et N-NH₃) aux différentes étapes (bâtiment, méthanisation) x proportion TAN x FE de N-NH₃ (%) x facteur de conversion N-NH₃ en NH₃

Avec,

- . Proportion TAN : 70 % du N (porc, volaille) ou 60 % (bovin) (Citépa, 2021)
- . FE de N-NH₃ (%) (Citépa, 2021)

	Liquide	Solide
Vache laitière	0,25	0,32
Autres bovins	0,25	0,32
Lisier porcin	0,11	
Fumier poulet de chair		0,30
Fumier de PAG		0,24

Lisier canard gras	0,24	
Lisier canard à rôtir	0,24	

. Facteur de conversion N-NH3 en NH3 = 17/14 = 1,21

Remarque : il n'est pas prévu de couverture de stockage des effluents bruts, ni du digestat.

9- Emissions à l'épandage

Emission d'ammoniac à l'épandage par pendillard (kg/animal/an) = (Qté de TAN début de stockage – pertes de N-NH3 au stockage) x FE de N-NH3 x facteur de conversion N-NH3 en NH3 x facteur de correction lié aux modalités d'épandage

Avec,

. FE de N-NH3 (kg N-NH3/TAN épandable) (Citépa, 2021)

	Liquide	Solide
Vache laitière	0,55	0,68
Autres bovins	0,55	0,68
Lisier porc charcutier	0,4	
Lisier truie	0,29	
Lisier post-sevrage	0,4	
Fumier poulet de chair		0,38
Fumier de PAG		0,54
Lisier canard gras	0,54	
Lisier canard à rôtir	0,54	

Remarque : par manque de référence, les mêmes FE s'appliquent aux lisiers et aux digestats

. Facteur de conversion N-NH3 en NH3 = 17/14 = 1,21

. Facteurs de correction liés aux modalités d'épandage (Citépa, 2021):

- Les modalités d'épandage n'impactent les émissions de GES qu'à travers les émissions d'ammoniac. L'impact est marginal car le FE indirecte de N2O est de 1 % des émissions d'ammoniac ainsi une seule modalité d'épandage est retenue pour les liquides : le pendillard (70 % des émissions obtenues avec une buse palette) avec un enfouissement compris entre 12 et 24h (25 % d'abattement supplémentaire, tant pour les liquides que pour les fumiers). Le cumul de ces deux coefficients est de 0,525. Il n'y a pas de différences entre épandeurs à fumier.

Guide méthodologique volailles

Acronymes retenus pour les volailles :

Poulet de chair : PC
Canard prêt à gaver : CPAG
Canard gras : CG
Canard à rôtir : CR

1- Excrétions au bâtiment

Excrétion de MO (kg/place/an) = kg MO/animal/j x Durée du lot (j) x nb de bande/an

Avec :

. Excrétion de N (kg/an), durée du lot et nombre de bande/an = voir tableau ci-dessous

. Références retenues :

	Poulet de chair	Canards PAG	Canards gras	Canard à rôtir	Sources
Excrétion de MO (kg MO/animal/j)	0,01	0,08	0,02	0,02	IPCC, 2006
Excrétion d'azote (kg N/animal/an)	0,049	0,055	0,037	0,149	ITAVI, 2013
Durée lot (j)	36	80	10,7	74,6	ITAVI, 2020
Nombre de bande/an	7,1	3,7	15,7	3,2	ITAVI, 2020

Excrétion de N (kg/place/an) = kg N/animal/an x Durée du lot (j) x nb de bande/an/365

Avec :

Excrétion de N (kg/an), durée du lot et nombre de bande/an = voir tableau précédent

BMP (m3 CH4/kg MO) : références (IPCC, 2006 ; Levasseur et al, 2022) ci-dessous

Lisier CR = 0,4

Lisier CG = 0,38

Fumier VC et de CPAG = 0,36

Excrétion TAN (kg/animal/an) = Excrétion N x 0,7

2- Emission au bâtiment (et stockage extérieur pour N2O et CH4 des effluents bruts uniquement) ou jusqu'à l'entrée en méthanisation

Les émissions de CH₄ au bâtiment et stockage proposé par la méthode IPCC 2006 peuvent être allouées de manière distincte aux deux postes (bâtiment et stockage). Cette allocation est importante en vue d'éviter des doubles comptages, mais aussi mieux prendre compte l'incidence réelle de pratiques adoptées au bâtiment ou au stockage.

Pour les fumiers (productions de poulets de chair et de CPAG) concernant le bâtiment, l'équation pour le poste bâtiment/ stockage peut être reprise en y substituant la **FCM_{bât_Stock} (de 1.5%)**, par celle de la **FCM_{COMPOSTAGE} (de 0.5%)**. En effet nous pouvons estimer que pour ce scénario de traitement par compostage, les émissions de CH₄ au cours de ce procédé aérobic (en présence d'oxygène) sont négligeables. Ainsi les émissions de méthane au stockage peuvent être approchées par différence, soit une estimation de 1/3 de émissions de CH₄ en bâtiment et 2/3 au stockage.

Pour les élevages de **canards gras au gavage**, le cycle de production dure 12 à 14j avec un raclage quotidien du lisier (la température de salle est relativement stable et proche des 20°C en moyenne). Nous supposons donc que les émissions ont surtout lieu au stockage qui est lui au minimum de 60j et en moyenne d'environ 120j et tributaire des aléas climatiques. **La répartition des émissions bâtiment/ stockage sera donc de 20/80 %.**

Pour les élevages de canards à rôtir les températures de bâtiments sont régulés à 37°C (de 0 à 20j) puis de 15-20°C (de 20 à 80j). Au stockage les conditions (climat, durée...) sont les mêmes que pour la production de canards gras. Au regard du temps de stockage plus long en bâtiment et à des températures plus élevées qu'au stockage, **la répartition des émissions bâtiment/ stockage sera donc de 35/65 %.**

Table de répartition des émissions de CH₄ retenues entre bâtiment et stockage, ils ont été appliqués aux Facteurs de Conversion du Méthane (FCM) présentés à la page suivante :

Espèces de volaille	Part au Bâtiment	Part au stockage
VC	33,3	66,6
CPAG	33,3	66,6
CR	35	65
CG	20	80

La même clé de répartition est proposée pour le N₂O

Emission de NO₂ (kg/animal/an) = Qté de N excrété/animal/an (kg/an/an) x facteur de conversion du N-N₂O en N₂O (1,57) x FE du N₂O x répartition bâtiment/stockage

Avec :

- . Excrétion de N (kg/an) = voir tableau présenté antérieurement
- . Répartition bâtiment/stockage : 100 % pour les conduites standards, uniquement la fraction émise au bâtiment pour les scénarios avec méthanisation et compostage.

. FE du N2O pour le bâtiment + stockage

Fumier poulet de chair	kg N2O-N/kg N excrété	0,001
Fumier de PAG	kg N2O-N/kg N excrété	0,001
Lisier canard gras	kg N2O-N/kg N excrété	0,002
Lisier canard à rôtir	kg N2O-N/kg N excrété	0,002

Emission de CH4 (kg/place/an) au bâtiment et au stockage = FCM de CH4 x Durée du lot (j) x nb de bande/an/365

Avec :

Excrétion de N (kg/an), durée du lot et nombre de bande/an = voir tableau présenté antérieurement

. FCM CH4 :

Scénarios	Unité	Emissions Bâtiment	Emissions Stockage	Emissions Bâtiment et stockage
Fumier poulet de chair (VC1)	kgCH ₄ .animal-1.an-1	0,004	0,0087	0,013
Fumier poulet de chair composté (VC2) et en traitement collectif (VC3)	kgCH ₄ .animal-1.an-1	0,004	-	0,004
Fumier de PAG (CPAG1)	kgCH ₄ .animal-1.an-1	0,035	0,069	0,104
Fumier de PAG composté (CPAG2) et traitement collectif (CPAG 3)	kgCH ₄ .animal-1.an-1	0,035	-	0,035
Lisier canard gras (stocké + 1 mois en fosse non couverte) = Avec raclage (CG2)	kgCH ₄ .animal-1.an-1	0,01	0,04	0,05
Lisier canard à rôtir (stocké + 1 mois en fosse non couverte) = Avec raclage (CR2)	kgCH ₄ .animal-1.an-1	0,021	0,039	0,06
Lisier canard gras (stocké + 1 mois en fosse non couverte) = Sans raclage (CG1)	kgCH ₄ .animal-1.an-1	0,039	0,221	0,26
Lisier canard à rôtir (stocké + 1 mois en fosse non couverte) = Sans raclage (CR1)	kgCH ₄ .animal-1.an-1	0,098	0,182	0,28

Emissions de NH3 (kg/place/an) = FE NH3 en bâtiment x excrétion de TAN (kg/animal/an) x FC N-NH3 en NH3

Avec :

. FE NH3 en bâtiment

Fumier poulet de chair	kg N-NH3/kg TAN excrété	0,28
Fumier de PAG	kg N-NH3/kg TAN excrété	0,24
Lisier canard gras	kg N-NH3/kg TAN excrété	0,24
Lisier canard à rôtir	kg N-NH3/kg TAN excrété	0,24

. Excrétion de TAN déterminée précédemment

. Particularités : pour les 2 scénarios effectuant du raclage (CR2 et CG2) avant méthanisation, application d'un abattement de 30 % sur les émissions d'ammoniac en bâtiment.

Emissions de CO₂ (kg/place/an) = émission de CH₄ sur l'étape de bâtiment/stockage (*)
(kg/animal/an) / densité du CH₄ (kg/m³) / Proportion de CH₄ dans le biogaz x proportion de CO₂
dans le biogaz x densité du CO₂

Avec,

. Densité du CH₄ = 0,67 kg/m³
. Proportion de CH₄ dans le biogaz = 0,65
. Densité du CO₂ = 1,87 kg/m³
. Proportion de CO₂ dans le biogaz = 0,35

(*) uniquement bâtiment pour les scénarios avec méthanisation. Pour ces derniers, les pertes de CH₄ sont intégrées plus loin.

Remarque : aucune émission de CO₂ n'est comptabilisée dans les GES (car biogénique), ces résultats servent à déterminer la MO résiduelle

3- Bilan matière entrée (scénarios méthanisation) ou fin de stockage (autres scénarios)

Qté de MO (kg/place/an) = Qté de MO excrétée – Qté de CH₄ et CO₂ émises depuis d'excrétion
(toutes les unités sont en kg/place/an et ont été calculés précédemment)

Qté de N (kg/place/an) = Qté de N excrété/place/an – (Qté de NO₂ émis précédemment/facteur de conversion N-N₂O en N₂O + Qté de NH₃ émis précédemment/ facteur de conversion N-NH₃ en NH₃)

Avec,

. Qté de NO₂ et NH₃ émis précédemment déjà calculé, unité en kg/animal/an
. facteur de conversion N-N₂O en N₂O = 1,57
. facteur de conversion N-NH₃ en NH₃ = 1,21

Qté de TAN sortie de bâtiment/entrée méthanisation (kg/place/an) = Qté de TAN à l'excrétion [voir références ci-dessous] x Durée du lot (j) x nb de bande/an/365

Avec :

Durée du lot et nombre de bande/an = voir tableau présenté antérieurement

Références :

Fumier poulet de chair	kg TAN stockage animal-1.an-1	0,023
Fumier de PAG	kg TAN stockage animal-1.an-1	0,021
Lisier canard gras	kg TAN stockage animal-1.an-1	0,020
Lisier canard à rôtir	kg TAN stockage animal-1.an-1	0,082

Estimation des pertes en TAN et au stockage selon la catégorie de volaille

Pour les systèmes PC :

- Pertes en TAN au bâtiment de 32% donc TAN stockage = Tan Bat * 0,68
- Pertes en TAN au stockage de 15% donc TAN post stockage = Tan stockage * 0,85
- Au compostage les pertes d'azotes sont estimées à 25%

Pour les systèmes CPAG :

- Pertes en TAN au bâtiment de 46% donc TAN stockage = Tan Bat * 0,54
- Pertes en TAN au stockage de 15% donc TAN post stockage = Tan stockage * 0,85

Pour les systèmes CG et CR

- Pertes en TAN au bâtiment de 21% donc TAN stockage = Tan Bat * 0,79
- Pertes en TAN au stockage de 20% donc TAN post stockage = Tan stockage * 0,8

BMP effluents sortie de bâtiment/entrée de méthanisation (m3 CH4/kg MO) = les mêmes que ceux mentionnés à l'excrétion

4- Emissions au stockage

Emissions de NH3 au stockage en kg/animal/an = FE N-NH3 x TAN sortie de bâtiment x coefficient de conversion du N-NH3 en NH3 (1,21)

Avec :

. FE de N-NH3

Fumier poulet de chair	kg N-NH3/kg TAN excrété	0,28
Fumier de PAG	kg N-NH3/kg TAN excrété	0,24
Lisier canard gras	kg N-NH3/kg TAN excrété	0,24
Lisier canard à rôtir	kg N-NH3/kg TAN excrété	0,24

. TAN sortie de bâtiment déjà calculé précédemment

Emission de CO2 (kg/animal/an) = émission de CH4 (non calculé pour l'instant) x ratio CO2/CH4

5- Emission lors du processus de méthanisation, de la combustion du méthane, au stockage du digestat et à l'épandage

Voir rubrique « Ruminant »

Guide méthodologique porcs

1- Excrétion au bâtiment (en kg/place/an)

MO (kg/place/an) = Quantité d'aliment ingéré (kg/place/an) x MO excrété/kg d'aliment

Avec

Quantité d'aliment ingéré : 1200 kg/truie/an – 703 kg/place PC/an (rotation : 2,9 – IC : 2,76 - gain de poids : 87,9 kg) – 263 kg/place de PS/an (rotation 6,5 – IC : 1,69 – gain de poids : 24 kg) (GTE, 2015)

MO excrétée/kg d'aliment = 0,188 pour un aliment moyen (LBC porc, 2022)

BMP B0 = 450 l/kg de MO (IPCC, 2019)

Azote (kg/place/an) = références d'excrétion en alimentation biphasé (Dourmad et al, 2015)

Avec :

Références d'excrétion truie = 20,3 kg/truie/an

Références d'excrétion porc charcutier = 10,72 kg/place/an

Références d'excrétion porcelet en post-sevrage = 3,57 kg/place/an

Azote ammoniacal (kg/place/an) = 70 % du N excrété (Gestim⁺, 2020)

2- Emission dans le bâtiment (en kg/place/an)

N2O = Facteur d'émission en bâtiment (= 0,002) x N excrété/place/an x facteur de conversion du N-N2O en N2O

Avec :

FE = 0,002 si stockage lisier sous caillebotis ; = 0 si raclage à plat

CH4 = B0 x Excrétion de MO (kg/place/an) x FE en bâtiment x densité CH4

Avec

. B0 = 450 m3 CH4/kg MO,

. MCF en bâtiment (LBC porc d'après IPCC, 2019)

- PC sans (9,25 %) et avec raclage (0,37 %)
- Truie sans (80% du FE en gestantes [18,45 %]) et 20% du FE en lactation [3,23 %] soit 15,41 %) et avec raclage (0,1 %)
- Porcelet en PS sans (5,26 %) et avec raclage (0,1 %)

. Autres éléments déjà calculés antérieurement

NH3 = FE N-NH3 x Qté de TAN (kg/place/an) x facteur de conversion N-NH3 en NH3 x coefficient d'abattement si raclage

Avec :

. FE N-NH3 = 27 % du TAN pour les porcs charcutiers et les porcelets ; 35 % du TAN pour les truies (EMEP, 2019)

. Abattement de 55 % pour évacuation mécanique quotidien (GEREP v3.8, 2017)

3- Bilan en fin de bâtiment (en kg/place/an)

TAN = TAN excrété – émission de NH3/facteur de conversion N-NH3 en NH3

BMP (Nm3 CH4/t MO ; adapté de Levasseur et al, 2022) :

- Porc charcutier (fin engraissement) 333 (n = 3)
- Porcelet en post-sevrage (sortie PS) 389 (n = 2)
- Truie 151 (n = 4)

Lisier frais : 354 Nm3 CH4/t MO moyenne de 6 valeurs pour du lisier frais de porc charcutier. A défaut de références,

- la même valeur est utilisée pour les truies même si pour ces dernières, ce BMP est vraisemblablement inférieur (meilleure digestibilité des nutriments comparativement aux autres stades physiologiques),
- et pour les porcelets en post-sevrage, le BMP en sortie de post-sevrage est retenu, soit 389 Nm3 CH4/t MO.

N résiduel = Excrétion de N (kg/place/an) – (émission de N2O (kg/place/an)/ facteur de conversion N-N2O en N2O + émission de NH3 (kg/place/an)/ facteur de conversion N-NH3 en NH3)

Les éléments de calcul ont déjà été déterminés/présentés précédemment

4- Emission en cours de méthanisation, lors de la combustion du biométhane, au stockage du digestat, bilan matière en sortie de méthanisation et épandage (digestat et lisier brut)

Même méthodologie que pour les autres productions animales

Références bibliographiques

(mentionnées dans ce guide et dans le calculateur)

. Ademe, Boucher L. et P. Levasseur, 2019. Performances et potentiels de diffusion d'unités de méthanisation agricole, Rapport Ademe, 44 pp + annexes

. Ademe - APCA, 2022. Analyse technico-économique de 84 unités de méthanisation agricole. Synthèse des résultats du programme PROdige 1 et 2. 84 pages.

. Bioteau T., Loisel P., Peu P., Guibert A., Auvinet N., Barbu I., Aissani L., De Oliveira Fernandes M., Heitz D., Déchaux C., Nunes G., Buffet J., Blondel L., Georgeault P., 2018. ADEME - TRACKYLEAKS - Développement d'une méthode d'identification et de quantification des émissions fugitives de biogaz - Application aux installations de méthanisation. 51 p.

. Bioteau T., Dabert P. DIGES 2, 2009 : Application pour le calcul du bilan des émissions de gaz à effet de serre des installations de digestion anaérobie, version 2.0. Guide méthodologique. Rapport technique IRSTEA. pp. 57.

. CITEPA, 2018. Guide utilisateur et descriptif méthodologique de l'outil d'aide à l'évaluation des émissions à l'air des élevages IED Volailles, 83 pages

. CITEPA, 2021. Rapport OMINEA (Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France) – 18ème édition, 496 pages.

. Dourmad J.Y. (coord.), Levasseur P. (coord.), Daumer M., Hassouna M., Landrain B., Lemaire N., Loussouarn A., Salaün Y., Espagnol S., 2015. Evaluation de rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs. RMT Elevages et Environnement, Paris, 26 pages.

. DREAL Bretagne, 2019. Synthèse des bilans de fonctionnement des unités de méthanisation sur l'année 2019 en Bretagne. 32 pages.

. GESTIM EMEP : Tailleur Aurélie, Gac Armelle, Adoir Emilie, Blazy Vincent, Dauguet Sylvie, Espagnol Sandrine, Grasselly Dominique, Legall Cécile, Penavayre Sophie, Ponchant Paul, 2019. Guide méthodologique pour l'évaluation de l'impact des activités agricoles sur l'effet de serre, la préservation des ressources énergétiques et la qualité de l'air, 560 pages.

. GES'TIM+, 2020 : Guide de référence méthodologique pour l'évaluation de l'impact environnemental des activités agricoles sur l'effet de serre, la préservation des ressources énergétiques et la qualité de l'air.

. IFIP, 2017. Analyse 2021 des coûts raisonnés de construction et rénovation des bâtiments d'élevage destinés à la production de porcs.

. IPCC, 2006. N2O emissions from managed soils, and CO2 emissions from lime and urea application. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1–54.

. IPCC, 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

. Bioteau T., Loisel P., Peu P., Guibert A., Auvinet N., Barbu I., Aissani L., De Oliveira Fernandes M., Heitz D., Déchaux C., Nunes G., Buffet J., Blondel L., Georgeault P., 2018. ADEME - TRACKYLEAKS -

Développement d'une méthode d'identification et de quantification des émissions fugitives de biogaz - Application aux installations de méthanisation. 51 p.

. ITAVI, 2013. Estimation des rejets d'azote – phosphore – potassium calcium - cuivre – et zinc par les élevages avicoles, 63 pages.

. ITAVI, 2020. Performances techniques et coûts de production en volailles de chair- Résultats 2020, 35 pages.

. LBC Porc, Ifip, 2022. Méthode en cours d'élaboration.

. Levasseur P., Blazy V., Gervais F., Azam F., Zennaro B., Kabakian S., Carrere H, 2022. Potentiel méthanogène et composition chimique des déjections porcines, avicoles, bovines, ovines et caprines. Les Cahiers de l'IFIP, Vol 8 – n°1, p 17-24

. Toudic A., Langlois A.S., Lavenan K., Kergourlay F., Carré J.Y., Dabert P. Lendormi T., 2018. Méthanisation passive à température ambiante - Validation de la couverture flottante Nénufar à Guernévez. Rapport d'étude. Chambres d'agriculture de Bretagne, 12 pages.