



Descriptif méthodologique de l'outil de calcul des émissions de NH_3 , N_2O , CH_4 et particules des élevages IED Porcins

DGPR

Juillet 2017



Descriptif méthodologique de l'outil de calcul des émissions de NH₃, N₂O, CH₄ et particules des élevages IED Porcins Juillet 2017

<i>Rédaction</i>		
	<i>Nom, Fonction au sein du CITEPA</i>	<i>Organisme</i>
<i>Rédacteur principal</i>	A. DURAND, Ingénieur d'études	CITEPA

<i>Vérification</i>		
	<i>Nom, Fonction au sein du CITEPA</i>	<i>Date</i>
<i>Vérification V1</i>	E. MATHIAS, Responsable d'Unité	09/06/2017
<i>Vérification V2</i>	C. ROBERT, Ingénieur d'études	26/07/2017

Pour citer ce document :

CITEPA, 2017. Descriptif méthodologique de l'outil de calcul des émissions de NH₃, N₂O, CH₄ et particules pour le réexamen des élevages IED Porcins.

© CITEPA 2017

Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA)
42, rue de Paradis - 75010 PARIS - Tel. 01 44 83 68 83 - Fax 01 40 22 04 83
www.citepa.org | infos@citepa.org



SOMMAIRE

Introduction.....	3
1. Les données d’entrées.....	4
1.1 Catégories animales, places et effectifs	4
1.2 Excrétions azotées.....	5
2. Méthodologies et calcul des émissions de NH ₃	6
2.1 Principe général de la méthode de calcul	7
2.2 Poste Bâtiment	9
2.2.1 Etapes du calcul et facteurs d’émission	9
2.2.2 Facteurs d’ajustement et références associées	11
2.2.3 Résultat d’émission et expression en NEA-MTD	12
2.3 Poste Traitement.....	14
2.3.1 Suivi de l’azote.....	14
2.3.2 Récapitulatif	18
2.4 Poste Stockage	19
2.4.1 Etapes de calcul, facteurs d’émission et d’ajustement.....	19
2.4.2 Résultat d’émission	21
2.4.3 Emissions d’autres composés azotés et suivi de l’azote	21
2.5 Poste Epandage	23
2.5.1 Etapes de calcul, facteurs d’émission et d’ajustement.....	23
2.5.2 Résultat d’émission	24
3. Méthodologies et calcul des émissions de N ₂ O	25
3.1 Emissions au bâtiment et stockage	25
3.1.1 Emissions directes liées au stockage.....	25
3.1.2 Emissions indirectes liées à la volatilisation.....	25
3.1.3 Emissions indirectes liées au lessivage.....	26
3.2 Emissions à l’épandage	26
3.2.1 Emissions directes liées à l’épandage	26
3.2.2 Emissions indirectes liées à la volatilisation.....	26
3.2.3 Emissions indirectes liées au lessivage.....	27
3.2.4 Résultat d’émission	27
4. Méthodologies et calcul des émissions de CH ₄	27
4.1 Emissions liées à la fermentation entérique	27

4.2	Emissions liées à la gestion des déjections	28
4.3	Résultat d'émission	31
5.	Méthodologies et calcul des émissions de particules	32
	Table des figures.....	34
	Table des tableaux.....	34
	Table des équations	35
	Annexe I Références bibliographiques	37
	BIBLIOGRAPHIE.....	38

Introduction

La décision d'exécution (UE) 2017/302 de la Commission du 15 février 2017 établissant les conclusions sur les meilleures techniques disponibles (MTD), au titre de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil, pour l'élevage intensif de volailles ou de porcs (publiée le 21 février 2017) vise les élevages :

- avec plus de 40 000 emplacements pour les volailles ;
- avec plus de 2 000 emplacements pour les porcs de production (de plus de 30 kg) ;
- avec plus de 750 emplacements pour les truies.

La décision de la Commission sert de référence pour la fixation des conditions d'exploitation (et donc d'autorisation) des installations classées concernées. Les exploitants d'élevages dont la rubrique 3660 est la rubrique principale disposent d'un délai de 14 à 24 mois (en fonction de leur numéro de SIRET) pour réaliser un dossier de réexamen (conformément à l'arrêté ministériel modificatif du 23 mars 2017).

Parmi ces MTD, certaines visent les émissions de NH₃ au bâtiment (NEA-MTD à ne pas dépasser), au stockage et à l'épandage. Pour calculer ces émissions, l'outil GEREP développé par le CITEPA a été adapté de manière à pouvoir être utilisé lors du réexamen.

Le présent document répertorie les différents calculs effectués au sein de l'outil, les facteurs d'émission et d'ajustement utilisés, ainsi que les sources qui leur sont associées.

1. Les données d'entrées

1.1 Catégories animales, places et effectifs




Définitions utiles pour ce paragraphe


Taux d'occupation : ce taux reflète l'occupation « normale » du bâtiment en condition standard. Généralement, il est égal à 90% pour les truies (10% du temps étant consacré au vide sanitaire), et à 95% pour les porcelets en post-sevrage et les porcs de production (5% du temps étant consacré au vide sanitaire).

Taux d'activité : ce taux reflète des circonstances « exceptionnelles » de fonctionnement de l'élevage. Ce taux d'activité vaut 100% si le fonctionnement de l'élevage a été normal tout au long de l'année. En revanche, il doit être adapté en cas d'arrêt momentané ou définitif de la production de tout ou partie de l'élevage (il s'agit de circonstances exceptionnelles et en aucun cas des vides sanitaires à durée normale). Il est alors calculé de la manière suivante : [nombre de jours de fonctionnement / 365 x 100].

L'outil du réexamen distingue 7 catégories de porcins : porcelets en post-sevrage, porcs de production, cochettes, truies en maternité, truies en attente de saillie, truies gestantes, verrats.

 **Tableau 2** : L'exploitant doit renseigner le **nombre de places maximum** des catégories qu'il élève, parmi les catégories citées ci-dessus, **par bâtiment**.

L'outil somme ensuite automatiquement le nombre total de places théorique pour l'exploitation par catégorie animale, tous bâtiments confondus.

 **Tableau 3** : L'exploitant doit renseigner, pour chaque catégorie élevée, tous bâtiments confondus, les **taux d'occupation et d'activité** associés (cf. définitions).

Pour les animaux vivant moins d'un an, afin de déterminer l'effectif réel élevé au cours de l'année, les valeurs de rotation par défaut suivantes sont utilisées :

Catégorie	Nombre d'animaux produit par place par an
Porcelets en post-sevrage	6
Porcs de production	3
Cochettes	3

Tableau 1: Rotations par défaut

A partir de ces données, l'outil détermine les effectifs moyens qui ont été élevés dans l'année, par bâtiment, selon l'équation suivante :

Équation 1 : Effectifs moyens

$$\text{Effectifs_moyens} = \text{Nbe_places_max} \times \text{T}_x_O \times \text{T}_x_A \times \text{Rotation} \times (1 - \% \text{Mort} / 2)$$

Avec : Nbe_places_max : Nombre de places maximum ; T_x_O : taux d'occupation ; T_x_A : taux d'activité ; Rotation : nombre d'animaux produit par place par an ; %Mort : taux de mortalité par défaut.

Les taux de mortalité par défaut mentionnés dans l'équation précédente interviennent uniquement pour les porcelets en post-sevrage et les porcs de production. Ils sont recalculés à partir des

données publiées par l'IFIP dans ses documents technico-économiques [2]. Les données utilisées sont répertoriées dans le tableau ci-dessous.

Type d'élevage	Nombre d'élevages	Nombre de truies présentes (* porcs entrés)	Taux de pertes et saisies des porcelets en post-sevrage	Taux de pertes et saisies des porcs de production
Naisseur traditionnel	15	569	2,8	2,8
Mixte engraisseur	78	185	2,6	3,4
Naisseur engraisseur	1 579	228	2,5	3,7
Naisseur engraisseur Mult.fem	65	208	1,8	3,2
Engraisseur	82	1 831*	-	3,9
Post-sevreur engraisseur	330	2 848*	1,8	3,5

Tableau 2 : Données tirées du document de gestion technico-économique de l'IFIP 2015 [2]

A partir de ces données, des taux de pertes et saisies pour les catégories porcelets en post-sevrage et porcs de production ont été calculés, pondérés selon les types d'élevage :

- Pour les élevages type naisseur-engraisseur : mortalité estimée à 2,5% en post-sevrage, et à 3,7% en engraissement ;
- Pour les élevages type engraisseur : mortalité estimée à 1,8% en post-sevrage, et à 3,6% en engraissement.


Si l'exploitant a déclaré des truies, les valeurs par défaut des élevages « naisseur-engraisseur » lui sont attribuées. Si il n'a déclaré aucune truie, les valeurs par défaut des élevages « engraisseur » lui sont attribuées.

1.2 Excrétions azotées

L'un des paramètres prépondérants pour le calcul des émissions des composés azotés (NH₃, N₂O, NO, N₂) est l'excrétion azotée par animal.

Deux possibilités sont laissées à l'exploitant :

1. Renseigner une excrétion spécifique, calculée à partir d'un outil reconnu ;
2. Utiliser les valeurs par défaut proposées automatiquement par l'outil.

 **Tableau 3** : Dans le cas 1, l'exploitant renseigne l'excrétion azotée spécifique par catégorie, en kg d'azote/place/an. Dans le cas 2, l'exploitant renseigne le mode d'alimentation (standard ou biphasé) par catégorie, ce qui permet d'afficher automatiquement la valeur d'excrétion azotée par défaut recalculée associée à la catégorie et au mode d'alimentation sélectionnés.

Les valeurs d'excrétion par défaut sont calculées à partir des données produites par le RMT Elevage et environnement, dans sa publication [1] actualisant les valeurs CORPEN. Les valeurs tirées de cette publication sont consignées dans le tableau ci-dessous :

	Standard	Biphase
Truie reproductrice, kg N /an	24,6	20,3
Post-sevrage (8-31), kg N /porcelet	0,62	0,55
Engraissement (31-118), kg N/porc	4,49	3,68
<i>par kg de différence de poids d'abattage</i>	0,052	0,042

Tableau 3: Données d'excrétion tirée du RMT Elevage & Environnement [1]

Pour les truies (en maternité, en attente de saillie et gestantes), les verrats et les porcelets en post-sevrage, ces données sont utilisées en l'état, selon le mode d'alimentation apporté. En revanche, pour les porcs de production (et les cochettes, car on leur applique les mêmes paramètres et facteurs d'émission que ceux des porcs de production), l'excrétion azotée dépend de

leur poids de sortie. Pour le calcul des valeurs par défaut proposées dans l'outil, les données publiées par l'IFIP dans ses documents technico-économiques [2] ont été utilisées et sont répertoriées dans le tableau ci-dessous.

Type d'élevage	Nombre d'élevages	Nombre de truies présentes (* porcs entrés)	Poids moyen de sortie (kg)
Mixte engraisseur	78	185	118,3
Naisseur engraisseur	1 579	228	119,6
Naisseur engraisseur Mult.fem	65	208	118,0
Engraisseur	82	1 831*	120,9
Post-sevreur engraisseur	330	2 848*	120,2

Tableau 4 : Données tirées du document de gestion technico-économique de l'IFIP 2015 [2]

A partir de ces données, un poids moyen de sortie pondéré selon les types d'élevage a été calculé :

- Pour les élevages type naisseur-engraisseur : 119,50 kg
- Pour les élevages type engraisseur : 120,30 kg.

En croisant ces données avec les excréments par défaut du RMT, nous obtenons les valeurs d'excrétion azotée suivantes :

kgN/animal/an		Naisseur-engraisseur		Engraisseur	
Porcs de production cochettes	de et	Standard	Biphase	Standard	Biphase
		4,57	3,74	4,61	3,78

Tableau 5 : Excréments azotés recalculés selon les types d'élevage et les modes d'alimentation

Si l'exploitant a déclaré des truies, les valeurs par défaut des élevages « naisseur-engraisseur » lui sont attribuées. Si il n'a déclaré aucune truie, les valeurs par défaut des élevages « engraisseur » lui sont attribuées.

Ces valeurs par animal sont ensuite retraitées pour estimer une excrétion azotée par place par an, de manière à assurer la cohérence avec les résultats en sortie du BRS.

Équation 2 : Azote excrété au bâtiment par défaut par place

$$Nex_place = Effectifs_moyens \times Nex_animal / Nbe_places_max$$

Avec : Nex_animal : excrétion azotée par animal (kg N/animal).

2. Méthodologies et calcul des émissions de NH₃



Définitions utiles pour ce paragraphe

Azote ammoniacal : noté « N_{TAN} » tout au long de ce document. Seul l'azote sous cette forme est disponible pour la volatilisation.

Azote organique : noté « N_{ORG} » tout au long de ce document. Il n'est pas susceptible de se volatiliser sous cette forme.

Azote total : noté « N_{TOT} » tout au long de ce document. Il correspond à la somme de l'azote ammoniacal et organique.

2.1 Principe général de la méthode de calcul

La méthodologie de quantification des émissions d'ammoniac est une approche intégrée, basée sur l'étude des flux massiques d'azote ammoniacal (N_{TAN}) et organique (N_{ORG}) pendant la gestion des déjections.

Le système étudié correspond au processus d'élevage. Il est divisé en 4 postes :

- Le bâtiment,
- Le traitement,
- Le stockage,
- L'épandage.

A chaque étape du processus d'élevage, une partie de l'azote disponible peut être volatilisée, sous la forme d'ammoniac et d'autres composés azotés. Le schéma suivant résume les flux d'azote suivis et les postes d'émissions :

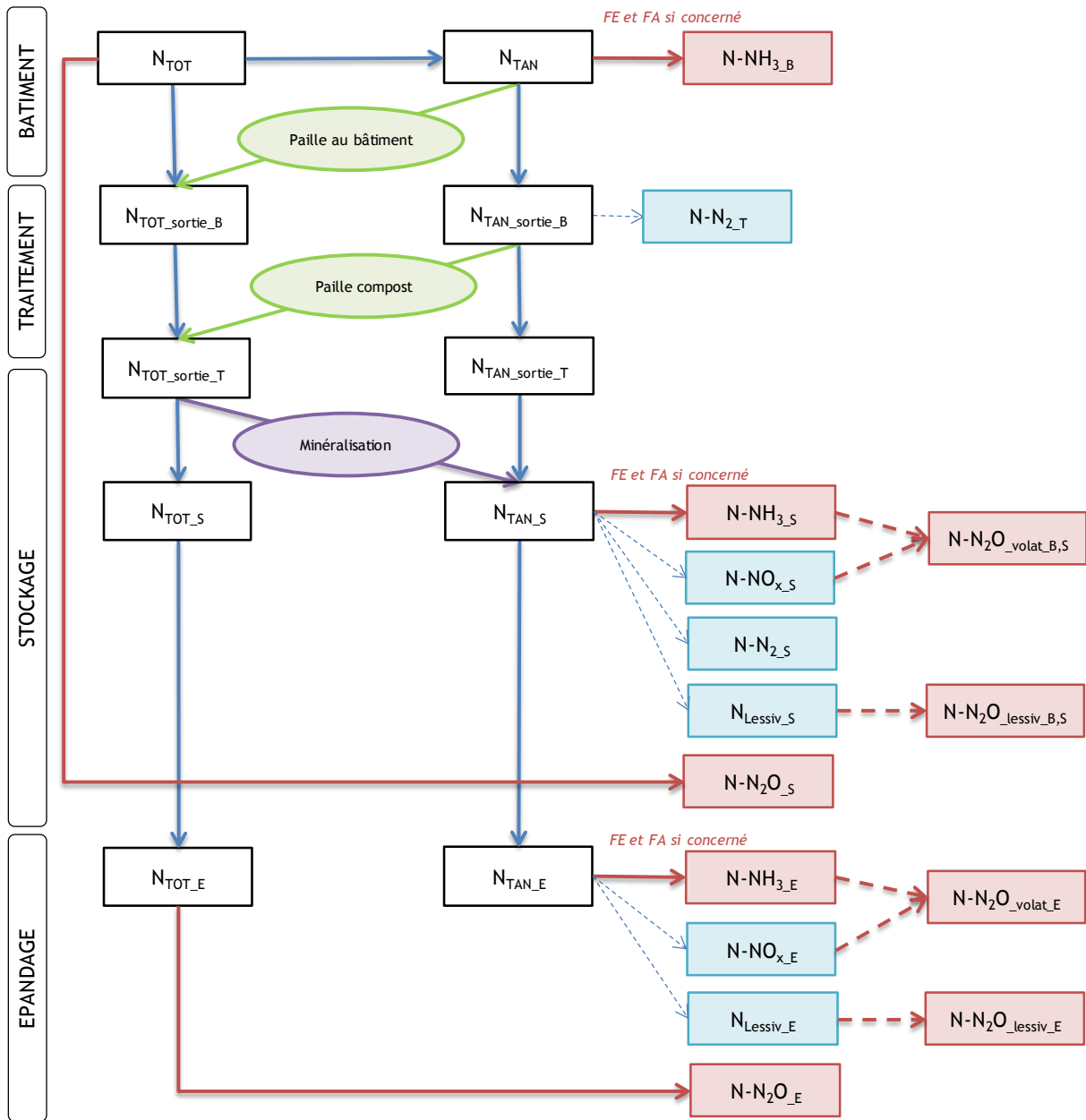


Figure 1: Schéma de principe de la méthode de quantification des émissions d'ammoniac dues aux activités d'élevage (Source : CITEPA)

Les émissions d'ammoniac liées à l'élevage sont égales à la somme des émissions d'ammoniac aux 3 postes émetteurs (bâtiment, stockage, épandage). A chaque poste, les émissions d'ammoniac sont estimées à partir de la quantité d'azote ammoniacal et de facteurs d'émission. Si l'éleveur a mis en place une ou plusieurs techniques de réduction des émissions, ces facteurs d'émission sont corrigés par des facteurs d'ajustement.

Les méthodologies de calculs sont détaillées ci-dessous, par poste.

2.2 Poste Bâtiment

2.2.1 Etapes du calcul et facteurs d'émission

Les émissions d'ammoniac sont très dépendantes à la fois de la catégorie animale, des caractéristiques du bâtiment et du mode de gestion au bâtiment. L'équation générale de calcul des émissions d'ammoniac au bâtiment est la suivante :

Équation 3 : Emissions de N-NH₃ au bâtiment

$$N_{NH_3_B} = N_{TAN_B} \times FE \times FA$$

Avec : $N_{NH_3_B}$: émissions d'ammoniac au bâtiment (en kg N-NH₃) ; N_{TAN} : quantité d'azote ammoniacal excrétée (kg N_{TAN}) ; FE : facteur d'émission au bâtiment (kg N-NH₃/kg N_{TAN}) ; FA : facteur d'ajustement (sans dimension)

Le paramètre N_{TAN_B} dépend de la catégorie animale concernée :


Équation 4 : Azote ammoniacal excrété au bâtiment

$$N_{TAN_B} = N_{be_places_max} \times N_{ex_place} \times \%TAN$$

Avec : N_{ex_place} : excrétion azotée par place (kg N/place) ; $\%TAN$: proportion d'azote ammoniacal dans l'azote excrété.

Le paramètre $\%TAN$ prend les valeurs par défaut proposées par le guide EMEP 2013, document de référence pour le calcul des émissions de polluants atmosphériques. Quelle que soit la catégorie porcine concernée, on a : $\%TAN = 0,7$.

Pour évaluer les paramètres FE et FA, il faut également prendre en compte les **caractéristiques des bâtiments**. Pour rappel, il est possible de déclarer jusqu'à 20 bâtiments dans l'outil.

 **Tableau 4** : L'exploitant doit renseigner, pour chaque bâtiment, le **type de sol** en place.

Cette information permet de définir la part de déjections solides et liquides produites au sein du bâtiment, car les facteurs d'émission à appliquer diffèrent selon la nature des effluents. Les types de sols et effluents associés sont listés dans le tableau ci-dessous :

Type de sol	% Fumier	% Lisier
Caillebotis intégral	0%	100%
Caillebotis partiel	0%	100%
Litière paille	100%	0%
Litière sciure	100%	0%


Tableau 6 : Liste des types de sols et effluents associés

En combinant la catégorie animale et le type d'effluent associé, il est alors possible de sélectionner le facteur d'émission de NH₃ pertinent à appliquer. Ces facteurs proviennent du guide EMEP 2013 :

FE N-NH ₃ bât (kg N-NH ₃ /kg N _{TAN})	Fumier	Lisier
Porcelets en post-sevrage	0,27	0,28
Porcs de production	0,27	0,28
Cochettes	0,27	0,28
Truies en maternité	0,25	0,22
Truies en attente de saillie	0,25	0,22

Truies gestantes	0,25	0,22
Verrats	0,25	0,22

Tableau 7 : Facteurs d'émission d'ammoniac au bâtiment, par catégorie et type d'effluent

 **Tableau 4** : L'exploitant doit renseigner, pour chaque bâtiment, les modalités de gestion des déjections.

Certaines modalités de gestion des déjections permettent de réduire les émissions d'ammoniac au bâtiment par rapport à des modalités plus classiques. Cette information permet de déterminer par la suite si des facteurs d'ajustement doivent être appliqués ou non lors du calcul des émissions d'ammoniac au bâtiment.

Cela permet également, uniquement dans le cas du raclage en V, de considérer deux types d'effluents sortant du bâtiment : liquide et solide, ce qui impactera le calcul des émissions au stockage.

Type de sol	Modalités de gestion des déjections	N° MTD	Type d'effluent sortant
Caillebotis intégral	Stockage en préfosse sur toute la durée de présence des animaux	30.a.0	Liquide
	Stockage en préfosse avec évacuation du lisier au minimum tous les 15 jours	30.a.1	Liquide
	Stockage en préfosse avec évacuation du lisier au minimum deux fois par semaine	30.a.1	Liquide
	Evacuation mécanique avec racleurs en V	30.a.3	Liquide et Solide
	Evacuation par chasse avec la fraction liquide du lisier	30.a.4	Liquide
	Lisier flottant	30.a.13	Liquide
	Acidification du lisier	30.d	Liquide
	Balles flottantes dans le canal à effluents d'élevage	30.e	Liquide
Caillebotis partiel	Stockage en préfosse sur toute la durée de présence des animaux	30.a.0	Liquide
	Stockage en préfosse avec évacuation du lisier au minimum tous les 15 jours	30.a.1	Liquide
	Stockage en préfosse avec évacuation du lisier au minimum deux fois par semaine	30.a.1	Liquide
	Evacuation mécanique avec racleurs en V	30.a.3	Liquide et Solide
	Evacuation par chasse avec la fraction liquide du lisier	30.a.4	Liquide
	Acidification du lisier	30.d	Liquide
	Balles flottantes dans le canal à effluents d'élevage	30.e	Liquide
	Litière paille	Litière	30.a.6
Litière sciure	Litière	30.a.6	Solide

Tableau 8 : Combinaisons types de sol / modalités de gestion des déjections / types d'effluents sortant

✎ **Tableau 4** : L'exploitant doit renseigner, pour chaque bâtiment, la **gestion de l'ambiance** ainsi que le **traitement de l'air**, si pertinent.

Gestion de l'ambiance	MTD correspondante
Ventilation statique	-
Ventilation dynamique	-
Cooling du lisier	30.b
Brumisation	-
Ionisation	-

Tableau 9 : Modalités de gestion de l'ambiance

Traitement de l'air	MTD correspondante
Biolaveur	30.c
Laveur d'air combiné	30.c
Laveur acide	30.c
Autres traitements	-
Pas de traitement	-

Tableau 10 : Modalités de traitement de l'air

Pour le traitement de l'air, si l'exploitant dispose de données spécifiques concernant l'efficacité de l'équipement sur la réduction des émissions de NH₃, cette efficacité peut être renseignée dans le Tableau 4, en colonne I. Il s'agit bien ici de renseigner le pourcentage de réduction des émissions d'ammoniac associé à l'équipement en place. Si l'exploitant ne dispose pas de données spécifiques, les valeurs d'abattement par défaut listées dans le Tableau 11 ci-dessous sont appliquées.

2.2.2 Facteurs d'ajustement et références associées

La mise en place de certaines modalités de gestion des déjections, de gestion de l'ambiance et de traitement de l'air permettent des réductions d'émission de NH₃ au bâtiment. Ces réductions sont traduites par l'utilisation d'un facteur d'ajustement, appliqué au facteur d'émission de base (cf. tableau 6). Le tableau ci-dessous liste les différents facteurs d'ajustement (FA) et références associées, qui sont appliqués dans l'outil.

Technique	Valeur du FA	Référence	
MODALITE DE GESTION DES DEJECTIONS			
Caillebotis intégral	Stockage en fosse profonde sur toute la durée de présence des animaux	1	[15] [16] [17]
	Stockage en préfosse avec évacuation du lisier au minimum tous les 15 jours	0,85	[18]
	Stockage en préfosse avec évacuation du lisier au minimum deux fois par semaine	0,75	[14]
	Evacuation mécanique avec racleurs en V	0,55	[3]
	Evacuation par chasse avec la fraction liquide du lisier	0,75	[19]
	Lisier flottant	0,80	[20]
	Acidification du lisier	0,40	[14]
	Balles flottantes dans le canal à effluents d'élevage	0,75	[14]
Caillebotis partiel	Stockage en fosse profonde sur toute la durée de présence des animaux	1,25	[15] [16] [17]
	Stockage en préfosse avec évacuation du lisier au minimum tous les 15 jours	1,10	Calcul CITEPA à partir de [15] [18] [25]
	Stockage en préfosse avec évacuation du lisier au minimum deux fois par semaine	1	Calcul CITEPA à partir de [15] [14] [25]

	Evacuation mécanique avec racleurs en V	0,80	Calcul CITEPA à partir de [15] [3] [25]
	Evacuation par chasse avec la fraction liquide du lisier	1	Calcul CITEPA à partir de [15] [19] [25]
	Acidification du lisier		Calcul CITEPA à partir de [15] [14] [25]
	Balles flottantes dans le canal à effluents d'élevage		Calcul CITEPA à partir de [15] [14] [25]
	Litière paille	1	-
	Litière sciure	1	-
GESTION DE L'AMBIANCE			
	Ventilation statique	1	-
	Ventilation dynamique	1	-
	Cooling du lisier	0,6	[21] [22]
	Brumisation	1	-
	Ionisation	1	-
TRAITEMENT DE L'AIR			
	Biolaveur	0,7	[23]
	Laveur d'air combiné	0,2	[14]
	Laveur acide	0,2	[14]
	Autres traitements	1	-
	Pas de traitement	1	-

Tableau 11 : Facteurs d'ajustement et références associées au bâtiment

Pour déterminer le FA global à appliquer, le FA de la gestion des déjections est croisé avec le FA de la gestion de l'ambiance et le FA du traitement de l'air.

Équation 5 : FA global au bâtiment

$$FA_{Bât} = FA_{Gest_dég} \times FA_{Gest_amb} \times FA_{Trait_air}$$

Avec : $FA_{Gest_dég}$: facteur d'ajustement lié à la modalité de gestion des déjections ; FA_{Gest_amb} : facteur d'ajustement lié à la gestion de l'ambiance ; FA_{Trait_air} : facteur d'ajustement lié au traitement de l'air.

2.2.3 Résultat d'émission et expression en NEA-MTD

Le résultat du calcul d'émission de NH_3 au bâtiment est disponible dans l'onglet « Synthèse des émissions ». Les émissions de $N-NH_3$ calculées précédemment sont converties en NH_3 de la manière suivante :

Équation 6 : Emissions de NH_3 au bâtiment

$$NH_{3_B} = N_NH_{3_B} \times 17/14$$

Plusieurs tableaux ont été intégrés dans cet onglet :

- **Synthèse des émissions de l'élevage poste par poste** : c'est au sein de ce tableau que sont présentés les résultats d'émissions de l'élevage, en distinguant les postes d'émission, toutes catégories confondues.
- **Emissions pour un élevage standard équivalent (MTD23)** : mis en parallèle avec le tableau précédent, ce tableau propose une estimation des émissions pour un élevage **semblable** (effectifs, mode d'alimentation, types de sol et modalités de gestion des déjections identiques à celui du déclarant) considéré **standard** : excrétion azotée par défaut associée au mode d'alimentation renseigné, sans technique de réduction liée à la gestion de

l'ambiance ou au traitement de l'air au bâtiment, sans poste de traitement des effluents, avec un stockage des effluents liquides en fosse non couverte, un stockage des effluents solides au champ, un épandage des effluents liquides avec buse palette et incorporation dans les 12h et un épandage des effluents solides avec incorporation dans les 24h. Ces hypothèses sont résumées dans le tableau ci-dessous.

- **Emissions d'ammoniac par place et par bâtiment** : dans ce tableau, les émissions d'ammoniac au bâtiment calculées par l'outil sont rapportées par place, par catégorie et par bâtiment, de manière à vérifier la conformité à la NEA correspondante. On regroupe d'une part les porcelets en post-sevrage, porcs de production, cochettes ; et d'autre part les truies et verrats. Les résultats d'émission sont rapportés au nombre de places maximum renseigné par l'exploitant (c'est-à-dire non corrigé du taux d'occupation et du taux d'activité).
- **Valeurs limites réglementaires en ammoniac par place et par bâtiment** : mis en parallèle avec le tableau précédent pour comparaison, il récapitule les NEA à respecter par bâtiment et catégorie. L'exploitant doit sélectionner **dans la liste déroulante** le type de MTD relatif au bâtiment concerné, qui dépend du mode de logement (Générique, MTD30.a0, Paille). Si la déclaration concerne des porcelets en post-sevrage élevés dans un bâtiment où il n'y a pas de porcs de production, l'exploitant doit renseigner le poids final des porcelets de manière à moduler la NEA.
- **Emissions d'ammoniac par bâtiment** : dans ce tableau, les émissions d'ammoniac au bâtiment calculées par l'outil sont rapportées par catégorie et par bâtiment.
- **Emissions d'ammoniac maximales par bâtiment en appliquant les valeurs réglementaires** : dans ce tableau, les émissions sont calculées en appliquant les NEA au nombre de places maximum renseigné par l'exploitant par catégorie et par bâtiment.

Données	Synthèse des émissions de l'élevage poste par poste	Emissions pour un élevage standard équivalent (MTD23)
Nombre de places maximum	Données renseignées - Tableau 2	Données renseignées - Tableau 2
Cheptels, taux d'occupation, taux d'activité et modalité de gestion de l'alimentation	Données renseignées - Tableau 3	Données renseignées - Tableau 3
Excrétions azotées	Données renseignées - Tableau 3	Par défaut (cf. section 1.2)
Type de sol, modalité de gestion des déjections, durée de stockage des déjections au bâtiment, quantité de litière	Données renseignées - Tableau 4	Données renseignées - Tableau 4
Gestion de l'ambiance et traitement de l'air	Données renseignées - Tableau 4	Ventilation statique et pas de traitement
Traitement des effluents	Données renseignées - Tableau 5 (si concerné)	Pas de traitement
Stockage des effluents	Données renseignées - Tableau 6	Liquide : Fosse non couverte Solide : Fumier stocké au champ
Epanchage des effluents	Données renseignées - Tableau 7	Liquide : Buse palette avec incorporation dans les 12h Solide : Incorporation dans les 24h

Tableau 12 : Hypothèses pour le calcul d'un élevage standard équivalent

2.3 Poste Traitement

Ce poste est un intermédiaire entre le poste bâtiment et le poste stockage. **Aucune émission de NH₃ n'est comptabilisée à ce niveau-là.** Cependant, le traitement des effluents modifie la composition des effluents, ce qui impacte ensuite les émissions au stockage et à l'épandage.

2.3.1 Suivi de l'azote

Comme indiqué sur la figure 1 qui schématise la comptabilisation des émissions des différents composés azotés, tous les calculs sont fondés sur l'azote disponible, en distinguant la part d'azote ammoniacal de celle organique.

La première étape du calcul des émissions de NH₃ au stockage consiste à déterminer les quantités d'azote (dont l'azote ammoniacal) sortant des bâtiments.

2.3.1.1 En sortie de bâtiment

Plusieurs paramètres entrent en jeu pour déterminer les quantités et formes d'azote sortant des bâtiments :

- **le niveau d'émission de NH₃ au bâtiment** : l'azote émis sous forme de NH₃ est à soustraire de l'azote excrété ;
- **l'apport de paille** : dans le cas de systèmes en litière, l'ajout de paille permet l'immobilisation d'une partie de l'azote ammoniacal excrété, qui passe sous forme organique (non volatile) ;
- **la séparation liquide/solide** si concerné : le caractère liquide ou solide des déjections impacte le choix des facteurs d'émission à appliquer. En cas de séparation au bâtiment (raclage), il faut estimer les quantités d'azote (ammoniacal et organique) qui se retrouvent dans la phase liquide, et celles qui se retrouvent dans la phase solide.

Il est important de suivre à la fois l'azote total (noté N_{TOT}) et l'azote ammoniacal (N_{TAN}). On a :

Équation 7 : Formes de l'azote

$$N_{TOT} = N_{TAN} + N_{ORG}$$

Avec : N_{TOT} : azote total (en kg N) ; N_{TAN} : azote ammoniacal (kg N_{TAN}) ; N_{ORG} : azote organique.

En sortie de bâtiment, les quantités d'azote obtenues sont les suivantes :

Équation 8 : Azote en sortie de bâtiment, hors raclage

$$N_{TAN_sortie_B,i} = N_{TAN} - N-NH_{3_B} - Litière \times Taux_{MS} \times F_{imm}$$

$$N_{TOT_sortie_B,i} = N_{TOT} - N-NH_{3_B} + Litière \times Taux_N$$

Avec : l'indice i fait référence à la forme de l'effluent sortant, dépendant du type de gestion (liquide ou solide, cf. tableau 7) ; Litière : quantité de litière apportée (tonnes) ; Taux_{MS} : taux de

matière sèche moyen = 88%¹ ; F_{imm} : facteur d'immobilisation = 0,0067 kg N_{TAN}/kg MS paille² ; Taux_N : quantités d'azote apportées par la paille = 0,0056 tonnes N/tonnes MS³.

Équation 9 : Azote en sortie de bâtiment après raclage

$$N_{TAN_sortie_B, Liq} = [N_{TAN} - N-NH_3_B] \times \%N_{TAN,liquide}$$


$$N_{TOT_sortie_B, Liq} = [N_{TAN} - N-NH_3_B] \times \%N_{TOT,liquide}$$

$$N_{TAN_sortie_B, Sol} = [N_{TAN} - N-NH_3_B] \times \%N_{TAN,solide}$$

$$N_{TOT_sortie_B, Sol} = [N_{TAN} - N-NH_3_B] \times \%N_{TOT,solide}$$

Avec : %N_{TAN,i} : pourcentage d'azote ammoniacal retrouvé dans la phase i, %N_{TOT,i} : pourcentage d'azote total retrouvé dans la phase i.

Dans l'équation 7, un nouveau paramètre entre en jeu : Litière.

 **Tableau 4 : L'exploitant doit renseigner, pour chaque bâtiment, la quantité de litière apportée par an, si pertinent.**

Cette quantité est renseignée pour le bâtiment dans sa globalité. Si plusieurs catégories porcines sont élevées au sein d'un même bâtiment, l'outil recalcule une quantité de litière apportée par catégorie élevée, au prorata du nombre de places :

Équation 10 : Apport de litière

$$Litière_{c,b} = Litière_b \times Nbe_places_max_{c,b} / \sum_c Nbe_places_max_b$$

Avec : Litière_{c,b} : quantité de litière apportée pour la catégorie C dans le bâtiment B (tonnes litière/an) ; Litière_b : quantité de litière totale apportée dans le bâtiment B (tonnes litière/an) ; Nbe_places_max_{c,b} : nombre de places maximum pour la catégorie C dans le bâtiment B ; $\sum_c Nbe_places_max_b$: nombre de places maximum toute catégorie confondue dans le bâtiment B.

Dans le système d'équations 8, la répartition de l'azote, sous différentes formes, dans les différentes phases (solide et liquide) doit être connue. Pour cela, nous faisons appel aux données tirées de la publication [3].

	Quantité produite (kg/porc/j)	N _{TOT} (kg/t)	N _{TAN} (kg/t)	N _{ORG} (kg/t)
Urines	2,5	4,9	4,1	0,79
Fèces	1,3	12,3	2,5	9,9

Tableau 13 : Données tirées de la publication [3]

Ces données ont ensuite été retravaillées pour obtenir les paramètres recherchés, listés ci-dessous :

	% N _{TAN}	% N _{ORG}
Liquide	76	13
Solide	24	87

Tableau 14 : Répartition de l'azote solide/liquide après raclage - Calcul CITEPA

¹ INRA - Table rouge 2007, Valeur pour la paille de blé seule


² EMEP 2013

³ INRA - Table rouge 2007, Valeur pour la paille de blé seule

Pour les effluents ne subissant pas de traitement supplémentaire, ces équations sont suffisantes pour estimer l'azote qui rentrera au poste stockage.

2.3.1.2 En sortie de traitement

Comme mentionné précédemment, le traitement des effluents peut impacter directement la composition en azote, en terme de quantités et/ou de répartition entre les formes.

 **Tableau 5** : L'exploitant doit renseigner le type de traitement effectué, si concerné.

Selon le type d'effluent sortant du bâtiment (liquide ou solide), les traitements disponibles ne sont pas les mêmes.

Traitement des effluents	Liquide	Solide
Fumier composté sans additifs bactériens		X
Fumier composté avec additifs bactériens		X
Compostage du lisier	X	
Séparation de phases	X	
Séparation de phases + Nitrification-dénitrification	X	
Nitrification-dénitrification	X	
Méthanisation	X	X
Méthanisation + Séparation de phases	X	X

Tableau 15 : Traitements disponibles selon le type d'effluent

Plusieurs paramètres entrent en jeu pour déterminer les quantités et formes d'azote sortant des traitements :

- **les émissions de N₂** : composé azoté inerte, émis lors de certains traitements, ce qui entraîne une réduction de l'azote présent dans l'effluent traité.
- **le changement de phase** (séparation de phase, ou passage d'une forme liquide à solide, ou inversement) : le caractère liquide ou solide des déjections impacte le choix des facteurs d'émission à appliquer. En cas de changement de phase, il faut estimer les quantités d'azote (ammoniacal et organique) qui se retrouvent dans la phase liquide, et celles qui se retrouvent dans la phase solide.
- **la minéralisation** : certains traitements favorisent la minéralisation de l'azote déjà présent, conduisant à une augmentation de l'azote ammoniacal.
- **l'apport de paille** : dans le cas du compostage du lisier, l'ajout de paille permet l'immobilisation d'une partie de l'azote ammoniacal excrété, qui passe sous forme organique (non volatile).

2.3.1.3 Emissions de N₂

D'après la publication [4] du RMT Elevage & Environnement, pour le traitement par nitrification/dénitrification de la phase liquide, après séparation de phases, « on observe généralement un abattement de l'azote de 70% voire 95% si le refus de séparation de phase est exporté ». A partir de cette donnée, et en comparant à d'autres valeurs dans la littérature, on fait l'hypothèse que 95% de l'azote ammoniacal de la phase liquide est volatilisé au cours de la nitrification/dénitrification en N₂. En revanche, sans séparation de phase préalable, « l'abattement d'azote sera de 70% ».

A noter : les abattements en question correspondent au N₂ émis.

Le compostage du lisier entraîne également des émissions de N₂, estimées à partir de la publication [5] de Bonneau et al, 2008. Les données utilisées pour effectuer cette estimation sont listées ci-dessous :

Paramètre	Valeur	Référence
N _{TOT} lisier stocké (g)	712	[5]
% N _{TAN} par défaut	0,7	EMEP 2013
N _{TAN} lisier stocké (g)	498	Calcul CITEPA
N-N ₂ émis (g)	43	[5]
FE N-N _{2-T} (gN-N ₂ /gN _{TAN})	0,09	Calcul CITEPA

Tableau 16 : Données pour estimer les émissions de N₂ liées au compostage du lisier

Ci-dessous le tableau récapitulant les émissions de N₂ selon les types de traitement :

Traitement	FE N-N _{2-T} (kg N ₂ /kg N _{TAN})
Séparation de phases + Nitrification-dénitrification <i>sur la phase liquide uniquement</i>	0,95
Nitrification-dénitrification	0,70
Compostage du lisier	0,09

Tableau 17 : Emissions de N₂

2.3.1.4 Changement de phases

Certains traitements modifient le type de l'effluent :

- effluent entrant liquide → effluent sortant solide,
- effluent entrant solide → effluent sortant liquide,
- effluent entrant liquide → effluents sortant liquide et solide,
- effluent entrant solide → effluents sortant liquide et solide.

Pour ces traitements, il est nécessaire de suivre l'azote dans les différentes phases obtenues.

Pour la séparation de phase, nous nous sommes fondés sur les données tirées de la publication [6]. Le bilan matière simplifié réel d'un traitement d'extraction - concentration de l'azote organique et ammoniacal par floculation-centrifugation est présenté :

	% N _{TAN,liquide}	% N _{TAN,solide}	% N _{TOT,liquide}	% N _{TOT,solide}
Séparation de phases	75%	25%	50%	50%

Tableau 18 : Données utilisées pour répartir l'azote suite à une séparation de phases

Faute d'autres données, ces chiffres sont utilisés pour tous les traitements impliquant une séparation de phase.

2.3.1.5 Minéralisation

D'après la publication [7] de Quideau et al, 2014, la méthanisation impacte la teneur en azote ammoniacal et en azote organique de lisier :

- le lisier entrant présente une teneur en azote ammoniacal à 65% de l'azote total ;
- le digestat sortant présente une teneur en azote ammoniacal à 72% de l'azote total.

Ainsi, l'azote ammoniacal a augmenté de 11% au cours de la méthanisation. Faute d'autres données disponibles à ce jour, cet impact est attribué à tous les traitements de méthanisation, quel que soit le type d'effluent (liquide et solide).

2.3.1.6 Apport de paille

Le compostage du lisier implique l'ajout de paille au moment du traitement. Pour estimer les quantités nécessaires au compostage, nous nous sommes basés sur les données tirées de la publication [8] de l'ITP (2005). Le produit « compost de lisier sur paille » est défini comme issu du mélange de paille et de lisier de porc dans des proportions (en masse) de 1 pour 15. Par ailleurs, dans la composition du produit « Lisier mixte », la teneur en azote total est estimée en moyenne à 3,5 g/kg sur produit brut. Ces données nous permettent ensuite de calculer un ratio « kg paille/kg N_{TOT traité} ».

Équation 11 : Apport de paille pour le compostage du lisier

$$\text{Paille_compost} = \% \text{Paille} \times \text{Taux_N}_{\text{TOT}} \times 1000 = 19 \text{ kg paille/kg N}_{\text{TOT}}$$

Avec : Paille_compost : quantité de paille moyenne apportée par kg d'azote traité (kg paille/kgN_{TOT}) ; %Paille : proportion en masse pour faire du compost de lisier = 1/15 ; Taux_N_{TOT} : teneur moyenne en azote d'un lisier mixte (3,5 gN_{TOT}/kg lisier).

Tout comme au bâtiment, l'apport de paille pour le compost du lisier induit une immobilisation de l'azote ammoniacal, ce que nous allons ensuite détailler dans les calculs.

2.3.2 Récapitulatif

En associant ces différentes données, nous parvenons à suivre l'azote au cours de chacun des types de traitement. Le tableau ci-dessous récapitule les données de répartition utilisées :

	% N _{TAN,Liq}	% N _{TAN,Sol}	% N _{TOT,Liq}	% N _{TOT,Sol}
Fumier composté sans additifs bactériens	0%	100%	0%	100%
Fumier composté avec additifs bactériens	0%	100%	0%	100%
Compostage du lisier	0%	100%	0%	100%
Séparation de phases	75%	25%	50%	50%
Séparation de phases + Nitrification-dénitrification	75%	25%	50%	50%
Nitrification-dénitrification	100%	0%	100%	0%
Méthanisation	111%	0%	100%	0%
Méthanisation + Séparation de phases	83%	28%	50%	50%

Tableau 19 : Récapitulatif des répartitions de l'azote selon les traitements effectués

Les équations suivantes permettent de déterminer les quantités d'azote (sous différentes formes) qui sont disponibles après traitement. *Rappel : dans les équations ci-dessous, l'indice « B » fait référence à « Bâtiment », l'indice « T » fait référence à « Traitement ».*

Équation 12 : Suivi de l'azote pour les systèmes avec séparation de phases, suivie ou non de nitrification/dénitrification

$$N_{\text{TAN_sortie_T, Liq}} = [N_{\text{TAN_sortie_B}} \times \%N_{\text{TAN,Liq}}] \times [1 - FE_{\text{N-N}_2\text{T}}]$$

$$N_{\text{TOT_sortie_T, Liq}} = [N_{\text{TOT_sortie_B}} \times \%N_{\text{TOT,Liq}}] - [N_{\text{TAN_sortie_B}} \times \%N_{\text{TAN,Liq}}] \times FE_{\text{N-N}_2\text{T}}$$

$$N_{\text{TAN_sortie_T, Sol}} = [N_{\text{TAN_sortie_B}} \times \%N_{\text{TAN,Sol}}]$$

$$N_{\text{TOT_sortie_T, Sol}} = [N_{\text{TOT_sortie_B}} \times \%N_{\text{TOT,Sol}}]$$

Équation 13 : Suivi de l'azote pour les systèmes avec nitrification/dénitrification uniquement

$$N_{TAN_sortie_T, Liq} = N_{TAN_sortie_B} \times [1 - FE_{N-N2_T}]$$

$$N_{TOT_sortie_T, Liq} = N_{TOT_sortie_B} - N_{TAN_sortie_B} \times FE_{N-N2_T}$$

Équation 14 : Suivi de l'azote pour les systèmes avec compostage du lisier

$$N_{TAN_sortie_T, Liq} = 0$$

$$N_{TOT_sortie_T, Liq} = 0$$

$$N_{TAN_sortie_T, Sol} = N_{TAN_sortie_B} - [Paille_{compost} \times N_{TOT_sortie_B} \times Taux_{MS} \times F_{imm}]$$

$$N_{TOT_sortie_T, Sol} = [N_{TOT_sortie_B} \times \%N_{TOT,Sol}] + [Paille_{compost} \times N_{TOT_sortie_B} \times Taux_{MS} \times Taux_N]$$

Équation 15 : Suivi de l'azote pour les systèmes avec méthanisation, suivis ou non de séparation de phases

$$N_{TAN_sortie_T, Liq} = N_{TAN_sortie_B} \times \%N_{TAN,Liq}$$

$$N_{TOT_sortie_T, Liq} = N_{TOT_sortie_B} \times \%N_{TOT,Liq}$$

$$N_{TAN_sortie_T, Sol} = N_{TAN_sortie_B} \times \%N_{TAN,Sol}$$

$$N_{TOT_sortie_T, Sol} = N_{TOT_sortie_B} \times \%N_{TOT,Sol}$$

Équation 16 : Suivi de l'azote pour les systèmes avec compostage du fumier

$$N_{TAN_sortie_T, Sol} = N_{TAN_sortie_B}$$

$$N_{TOT_sortie_T, Sol} = N_{TOT_sortie_B}$$

2.4 Poste Stockage

2.4.1 Etapes de calcul, facteurs d'émission et d'ajustement

Pour les effluents de type liquide, une nouvelle réorganisation de l'azote a lieu au cours du stockage : une partie de l'azote organique est minéralisée.

Équation 17 : Réorganisation de l'azote liquide au stockage

$$N_{TAN_S,Liq} = N_{TAN_sortie_B\ ou\ T,Liq} + [N_{TOT_sortie_B\ ou\ T,Liq} - N_{TAN_sortie_B\ ou\ T,Liq}] \times Min$$

$$N_{TOT_S,Liq} = N_{TOT_sortie_B\ ou\ T,Liq}$$

Avec : $N_{TAN_S,Liq}$: quantité d'azote ammoniacal stockée, sous la forme liquide (kg N_{TAN}) ; $N_{TAN_sortie_B\ ou\ T,Liq}$: quantité d'azote ammoniacal en sortie de bâtiment (si non traité) ou de traitement, sous la forme liquide (kg N_{TAN}) ; $N_{TOT_sortie_B\ ou\ T,Liq}$: quantité d'azote totale en sortie de bâtiment (si non traité) ou de traitement, sous la forme liquide (kg N_{TOT}) ; Min : facteur de minéralisation de l'azote organique = $0,1 kgN_{TAN}/kgN_{ORG}^4$.

Pour les effluents solides, on a :

⁴ EMEP 2013

Équation 18 : Réorganisation de l'azote solide au stockage

$$N_{TAN_S,Sol} = N_{TAN_sortie_B\ ou\ T,Sol}$$

$$N_{TOT_S,Sol} = N_{TOT_sortie_B\ ou\ T,Sol}$$

Avec : $N_{TAN_S,Sol}$: quantité d'azote ammoniacal stockée, sous la forme solide (kg N_{TAN}) ; $N_{TAN_sortie_B\ ou\ T,Liq}$: quantité d'azote ammoniacal en sortie de bâtiment (si non traité) ou de traitement, sous la forme solide (kg N_{TAN}) ; $N_{TOT_sortie_B\ ou\ T,Liq}$: quantité d'azote totale en sortie de bâtiment (si non traité) ou de traitement, sous la forme solide (kg N_{TOT}).

Les émissions de NH_3 au stockage sont estimées à partir des quantités d'azote ammoniacal entrant au stockage, après minéralisation pour les effluents liquides. Elles dépendent principalement du type d'effluent et des caractéristiques du stockage. L'équation générale appliquée est la suivante :

Équation 19: Emissions de $N-NH_3$ au stockage

$$N_{NH_3_S} = N_{TAN_S,i} \times FE \times FA$$

Avec : $N_{NH_3_S}$: émissions d'ammoniac au stockage (en kg $N-NH_3$) ; $N_{TAN_S,i}$: quantité d'azote ammoniacal stockée, sous la forme i (solide ou liquide) (kg N_{TAN}) ; FE : facteur d'émission au stockage (kg $N-NH_3$ /kg N_{TAN}) ; FA : facteur d'ajustement (sans dimension)

Il est alors possible de sélectionner le FE pertinent, qui dépend du type d'effluent stocké. Les FE au stockage ne varient pas selon les catégories mais la distinction est conservée tout le long de la chaîne car les FE à l'épandage dépendent des catégories. Les facteurs d'émission au stockage proviennent d'EMEP 2013 et sont listés ci-dessous :

FE $N-NH_3$ stock (kg $N-NH_3$ /kg N_{TAN})	Solide	Liquide
Porcelets en post-sevrage	0,45	0,14
Porcs de production	0,45	0,14
Cochettes	0,45	0,14
Truies en maternité	0,45	0,14
Truies en attente de saillie	0,45	0,14
Truies gestantes	0,45	0,14
Verrats	0,45	0,14

Tableau 20 : Facteurs d'émission d'ammoniac au stockage, par catégorie et type d'effluent

Pour évaluer le paramètre FA , il faut prendre en compte les **caractéristiques des unités de stockage**. Pour rappel, il est possible de déclarer 5 unités de stockage différentes dans l'outil.

 **Tableau 6** : L'exploitant doit renseigner le **type de stockage** en place.

Les modalités de stockage, qui dépendent du type d'effluent, les FA associés et leurs références sont listés ci-dessous :

Effluent	Modalité de stockage	N ° MTD	FA	Référence
Solide	Fumier stocké au champ	-	1	-
	Fumière non couverte	-	1	-
	Fumière couverte	14.b	1	-
	Pas de stockage	-	0	-
Liquide	Fosse non couverte (extérieure)	-	1	-
	Fosse non couverte alimentée par le bas (extérieure)	16.a.3	0,6	[14]
	Couvertures rigide et souple	16.b.1 et 16.b.2	0,2	[14]

Croûte naturelle, paille, balles en plastique, matériaux légers en vrac	16.b.3 en partie	0,6	[14]
Couvertures souples flottantes, plaques géométriques en plastique, couvertures gonflables, feuilles de plastique souples	16.b.3 en partie	0,4	[14]
Pas de stockage	-	0	-

Tableau 21 : Facteurs d’ajustement associés aux modalités de stockage

A noter : le FA pour la modalité « Pas de stockage » est égal à 0 de manière à ne pas associer d’émissions à ce poste si les déjections ne sont pas stockées.

2.4.2 Résultat d’émission

Le résultat du calcul d’émission de NH₃ au stockage est disponible dans l’onglet « Synthèse des émissions ». Les émissions de N-NH₃ calculées précédemment sont converties en NH₃ de la manière suivante :

Équation 20 : Emissions de NH₃ au stockage

$$NH_{3_S} = N_NH_{3_S} \times 17/14$$

Plusieurs tableaux ont été intégrés dans cet onglet :

- **Synthèse des émissions de l’élevage poste par poste** : c’est au sein de ce tableau que sont présentés les résultats d’émissions de l’élevage, en distinguant les postes d’émission, toutes catégories confondues.
- **Emissions pour un élevage standard équivalent (MTD23)** : mis en parallèle avec le tableau précédent, ce tableau propose une estimation des émissions pour un élevage **semblable** (effectifs, mode d’alimentation, types de sol et modalités de gestion des déjections identiques à celui du déclarant) considéré **standard** : excrétion azotée par défaut associée au mode d’alimentation renseigné, sans technique de réduction liée à la gestion de l’ambiance ou au traitement de l’air au bâtiment, sans poste de traitement des effluents, avec un stockage des effluents liquides en fosse non couverte, un stockage des effluents solides au champ, un épandage des effluents liquides avec buse palette et incorporation dans les 12h et un épandage des effluents solides avec incorporation dans les 24h. Ces hypothèses sont résumées dans le tableau 12 (cf. plus haut).

2.4.3 Emissions d’autres composés azotés et suivi de l’azote

Comme mentionné sur la figure 1 qui schématise la méthodologie de calcul sur toute la chaîne de l’élevage, d’autres composés azotés (N₂O, NO, N₂) sont émis au stockage et doivent être pris en compte pour estimer l’azote disponible à l’épandage.

2.4.3.1 Emissions de N₂O

Les émissions de N₂O comptabilisées au niveau du poste stockage sont appelées les émissions « directes » de N₂O. Elles sont estimées directement à partir de l’azote total excrété au bâtiment. L’équation générale appliquée est la suivante :

Équation 21 : Emissions de N-N₂O au stockage

$$N_N_{2}O_S = N_{TOT_B,i} \times FE_i$$

Avec : $N_{N_2O_S}$: émissions de $N-N_2O$ au stockage (en kg $N-N_2O$) ; *FE* : facteur d'émission au stockage (kg $N-N_2O$ / kg $N_{TOT,B}$).

Les émissions de N_2O dépendent principalement du type d'effluent, du caractère composté ou non ainsi que du mode de stockage. Grâce au suivi de l'azote mis en place, l'outil peut tracer l'azote excrété au bâtiment en y associant les traitements effectués, sa forme au stockage (solide ou liquide) et le type de stockage associé.

Il est ensuite possible de sélectionner le FE pertinent. Les FE utilisés proviennent du GIEC 2006 et sont listés ci-dessous :

Type d'effluent	FE $N-N_2O$ (kg $N-N_2O$ /kg $N_{TOT,B}$)
Liquide	0
<i>en fosse non couverte (sans croûte)</i>	
Liquide	0,005
<i>en fosse non couverte alimentée par le bas</i> <i>en fosse couverte</i>	
Solide	0,005
Composté	0,006

Tableau 22 : Facteurs d'émission de $N-N_2O$ au stockage

2.4.3.2 Emissions de NO_x

Les émissions de NO_x au stockage sont estimées à partir des quantités d'azote ammoniacal entrant au stockage. Elles dépendent principalement du type d'effluent stocké. L'équation générale appliquée est la suivante :

Équation 22 : Emissions de $N-NO_x$ au stockage

$$N_{NO_x_S} = N_{TAN,S,i} \times FE_i$$

Avec : $N_{NO_x_S}$: émissions de $N-NO_x$ au stockage (en kg $N-NO_x$) ; *FE* : facteur d'émission au stockage (kg $N-NO_x$ /kg N_{TAN}).

Les facteurs d'émission utilisés proviennent d'EMEP 2013 et sont listés ci-dessous :

Type d'effluent	FE $N-NO_x$ (kg $N-NO_x$ /kg N_{TAN})
Liquide	0,0001
Solide	0,01

Tableau 23 : Facteurs d'émission de $N-NO_x$ au stockage

2.4.3.3 Emissions de N_2

Les émissions de N_2 au stockage sont estimées à partir des quantités d'azote ammoniacal entrant au stockage. Elles dépendent principalement du type d'effluent stocké. L'équation générale appliquée est la suivante :

Équation 23 : Emissions de $N-N_2$ au stockage

$$N_{N_2_S} = N_{TAN,S,i} \times FE_i$$

Avec : $N_{N_2_S}$: émissions de N_2 au stockage (en kg $N-N_2$) ; *FE* : facteur d'émission au stockage (kg $N-N_2$ / kg N_{TAN}).

Les facteurs d'émission utilisés proviennent d'EMEP 2013 et sont listés ci-dessous :

Type d'effluent	FE N-N ₂ (kg N-N ₂ /kg N _{TAN})
Liquide	0,003
Solide	0,3

 Tableau 24 : Facteurs d'émission de N-N₂ au stockage

2.4.3.4 Azote lessivé

Au cours du stockage, une partie de l'azote part dans les eaux. Il est important de comptabiliser cet azote pour estimer au mieux l'azote restant, disponible pour l'épandage. D'après EMEP 2013, le lessivage ne concerne que les effluents solides. L'équation appliquée est la suivante :

Équation 24 : Azote lessivé au stockage

$$N_{\text{Lessiv}_S} = N_{\text{TAN}_S, \text{Sol}} \times \text{Frac}_{\text{Lessiv}}$$

Avec : N_{Lessiv_S} : azote partant dans les eaux au stockage (en kg N) ; $\text{Frac}_{\text{Lessivage}}$: fraction d'azote ammoniacal partant dans les eaux : 12%⁵.

2.4.3.5 Bilan : azote disponible pour l'épandage

L'azote disponible pour épandage est calculé à partir de l'équation suivante :

Équation 25 : Azote disponible pour l'épandage

$$N_{\text{TAN}_E, i} = N_{\text{TAN}_S, i} - N_{\text{NH}_3_S} - N_{\text{N}_2\text{O}_S} - N_{\text{NO}_x_S} - N_{\text{N}_2} - N_{\text{Lessiv}_S}$$

$$N_{\text{TOT}_E, i} = N_{\text{TOT}_S, i} - N_{\text{NH}_3_S} - N_{\text{N}_2\text{O}_S} - N_{\text{NO}_x_S} - N_{\text{N}_2} - N_{\text{Lessiv}_S}$$

2.5 Poste Epandage

2.5.1 Etapes de calcul, facteurs d'émission et d'ajustement

Les émissions de NH₃ à l'épandage sont estimées à partir des quantités d'azote ammoniacal entrantes, provenant du poste stockage.

Elles dépendent principalement de la catégorie animale, du type d'effluent et des caractéristiques de l'épandage. L'équation générale de calcul des émissions d'ammoniac à l'épandage est la suivante :

Équation 26: Emissions de N-NH₃ à l'épandage

$$N_{\text{NH}_3_E} = N_{\text{TAN}_E, i} \times \text{FE} \times \text{FA}$$

Avec : $N_{\text{NH}_3_E}$: émissions d'ammoniac à l'épandage (en kg N-NH₃) ; FE : facteur d'émission à l'épandage (kg N-NH₃/kg N_{TAN}) ; FA : facteur d'ajustement (sans dimension)

Le paramètre $N_{\text{TAN}_E, i}$ a été calculé en amont : il provient du stockage et est connu par catégorie.

⁵ EMEP 2013

Il est alors possible de sélectionner le FE pertinent, qui dépend à la fois de la catégorie animale et du type d'effluent épandu. Les facteurs d'émission à l'épandage proviennent d'EMEP 2013 et sont listés ci-dessous :

FE N-NH ₃ épandage (kg N-NH ₃ /kg N _{TAN})	Solide	Liquide
Porcelets en post-sevrage	0,81	0,4
Porcs de production	0,81	0,4
Cochettes	0,81	0,4
Truies en maternité	0,81	0,29
Truies en attente de saillie	0,81	0,29
Truies gestantes	0,81	0,29
Verrats	0,81	0,29

Tableau 25 : Facteurs d'émission d'ammoniac à l'épandage, par catégorie et type d'effluent

Pour évaluer le paramètre FA, il faut prendre en compte les **modalités d'épandage**. Pour rappel, il est possible de déclarer 10 épandages différents dans l'outil.

 **Tableau 7** : L'exploitant doit renseigner les **modalités d'épandage** en place.

Les modalités d'épandage combinent à la fois le matériel utilisé et les délais d'incorporation. Ci-dessous les facteurs d'ajustements et références associées :

Effluent	Modalité d'épandage	N° MTD	FA	Référence
Solide	Inconnue	-	1	-
	Epandage sans incorporation	-	1	-
	Incorporation immédiate	22	0,35	[24]
	Incorporation dans les 4h	22	0,5	[24]
	Incorporation dans les 12h	-	0,65	[24]
	Incorporation dans les 24h	-	0,75	[24]
	Incorporation après 24h	-	1	-
Liquide	Inconnue	-	1	-
	Buse palette (sans incorporation)	-	1	-
	Buse palette (incorporation immédiate)	22	0,2	[24]
	Buse palette <4h (incorporation dans les 4h)	22	0,3	[24]
	Buse palette <12h (incorporation dans les 12h)	-	0,6	[24]
	Buse palette <24h (incorporation dans les 24h)	-	0,75	[24]
	Buse palette >24h (incorporation après 24h)	-	1	[24]
	Pendillards à tubes trainés (sans incorporation)	21.b	0,7	[4]
	Pendillards à tubes trainés (incorporation immédiate)	21.b et 22	0,2	[24] [4]
	Pendillards à tubes trainés <4h (incorporation dans les 4h)	21.b et 22	0,3	[24] [4]
	Pendillards à tubes trainés <12h (incorporation dans les 12h)	21.b	0,6	[24] [4]
	Pendillards à tubes trainés <24h (incorporation dans les 24h)	21.b	0,7	[24] [4]
	Pendillards à tubes trainés >24h (incorporation après 24h)	21.b	0,7	[4]
	Pendillards à sabots trainés	21.b	0,6	[4]
	Injecteur (sillon ouvert)	21.c	0,4	[4]
Enfouisseur (sillon fermé)	21.d	0,2	[4]	

Tableau 26 : Facteurs d'ajustement à l'épandage

2.5.2 Résultat d'émission

Le résultat du calcul d'émission de NH₃ à l'épandage est disponible dans l'onglet « Synthèse des émissions ». Sont distinguées les émissions liées :

- à l'épandage sur terres en propres : comptabilisées dans le total ;
- à l'épandage sur autres terres dans le cadre du plan d'épandage : comptabilisées dans le total ;

- aux effluents normalisés exportés : non comptabilisées dans le total.

Les émissions de N-NH₃ calculées précédemment sont converties en NH₃ de la manière suivante :

Équation 27: Emissions de NH₃ à l'épandage

$$NH_{3_E} = N_NH_{3_E} \times 17/14$$

Plusieurs tableaux ont été intégrés dans cet onglet :

- **Synthèse des émissions de l'élevage poste par poste** : c'est au sein de ce tableau que sont présentés les résultats d'émissions de l'élevage, en distinguant les postes d'émission, toutes catégories confondues.
- **Emissions pour un élevage standard équivalent (MTD23)** : mis en parallèle avec le tableau précédent, ce tableau propose une estimation des émissions pour un élevage **semblable** (effectifs, mode d'alimentation, types de sol et modalités de gestion des déjections identiques à celui du déclarant) considéré **standard** : excrétion azotée par défaut associée au mode d'alimentation renseigné, sans technique de réduction liée à la gestion de l'ambiance ou au traitement de l'air au bâtiment, sans poste de traitement des effluents, avec un stockage des effluents liquides en fosse non couverte, un stockage des effluents solides au champ, un épandage des effluents liquides avec buse palette et incorporation dans les 12h et un épandage des effluents solides avec incorporation dans les 24h. Ces hypothèses sont résumées dans le tableau 12 (cf. plus haut).

3. Méthodologies et calcul des émissions de N₂O

Les émissions de N₂O sont calculées selon la méthodologie des lignes directrices du GIEC 2006, qui distinguent les émissions au bâtiment et stockage d'une part, et les émissions à l'épandage d'autre part.

3.1 Emissions au bâtiment et stockage

Trois sources d'émissions de N₂O sont distinguées au bâtiment/stockage :

- les émissions directes au stockage ;
- les émissions indirectes liées à la volatilisation de NH₃ et NO au bâtiment et au stockage,
- les émissions indirectes liées aux pertes d'azote par ruissellement et lessivage au stockage.

3.1.1 Emissions directes liées au stockage

Le calcul de ces émissions est présenté en section 2.4.3.1.

3.1.2 Emissions indirectes liées à la volatilisation

Les émissions indirectes liées à la volatilisation sont calculées selon l'équation suivante :

Équation 28: Emissions indirectes de N-N₂O liées à la volatilisation au bâtiment/stockage

$$N_N_{2}O_{volat_B,S} = N_{volat_B,S} \times FE$$

Avec : N_{N₂O_{volat_B,S}} : émissions de N-N₂O indirectes liées à la volatilisation de l'azote au bâtiment et stockage (kg N-N₂O) ; N_{volat_B,S} : quantités d'azote volatilisées au bâtiment et stockage (kg N-NH₃ + kg N-NO_x) ; FE : facteur d'émission de N₂O dues au dépôt atmosphérique d'azote sur les sols et des surfaces aquatiques = 0,01 kg N-N₂O/(kg N-NH₃ + kg N-NO_x)

Le FE est tiré du GIEC 2006. Le paramètre N_{volat_B,S} est estimé selon l'équation suivante :

Équation 29: Azote volatilisé sous forme de N-NH₃ et N-NO_x au bâtiment et stockage

$$N_{\text{volat_B,S}} = N_{\text{NH}_3\text{-B}} + N_{\text{NH}_3\text{-S}} + N_{\text{NO}_x\text{-S}}$$

3.1.3 Emissions indirectes liées au lessivage

Les émissions indirectes liées aux pertes d'azote par ruissellement et lessivage sont calculées selon l'équation suivante :

Équation 30 : Emissions indirectes de N-N₂O liées au lessivage de l'azote

$$N_{\text{N}_2\text{O_lessiv_B,S}} = N_{\text{lessiv_S}} \times \text{FE}$$

Avec : N_{N₂O_lessiv_B,S} : émissions de N-N₂O indirectes liées au lessivage de l'azote (kg N-N₂O) ; N_{lessiv_S} : azote partant dans les eaux durant le stockage (kg N) ; FE : facteur d'émission de N₂O de l'azote de lixiviation et écoulements = 0,0075 kg N-N₂O/kg N lessivé et écoulé.

Le calcul du paramètre N_{lessiv,S} est présenté en section 2.4.3.4. Le FE est tiré du GIEC 2006.

3.2 Emissions à l'épandage

Tout comme au bâtiment/stockage, trois sources d'émissions de N₂O sont distinguées pour l'épandage :

- les émissions directes à l'épandage ;
- les émissions indirectes liées à la volatilisation de NH₃ et NO_x à l'épandage ;
- les émissions indirectes liées aux pertes d'azote par ruissellement et lessivage à l'épandage.

3.2.1 Emissions directes liées à l'épandage

Le calcul de ces émissions est effectué à partir de l'azote total épandu, selon l'équation suivante :

Équation 31 : Emissions directes de N-N₂O liées à l'épandage

$$N_{\text{N}_2\text{O_E}} = N_{\text{TOT_E,i}} \times \text{FE}$$

Avec : N_{N₂O_E} : émissions de N-N₂O à l'épandage (en kg N-N₂O) ; N_{TOT_E} : quantité d'azote totale épandue (kg N_{TOT}) ; FE : facteur d'émission à l'épandage = 0,01 kg N-N₂O /kg N_{TOT}.

Le calcul du paramètre N_{TOT_E,i} est présenté en section 2.4.3.5. Le FE est tiré du GIEC 2006.

3.2.2 Emissions indirectes liées à la volatilisation

Les émissions indirectes liées à la volatilisation sont calculées selon l'équation suivante :

Équation 32 : Emissions indirectes de N-N₂O liées à la volatilisation à l'épandage

$$N_{\text{N}_2\text{O_volat_E}} = N_{\text{volat_E}} \times \text{FE}$$

Avec : N_{N₂O_volat_E} : émissions de N-N₂O indirectes liées à la volatilisation de l'azote à l'épandage (kg N-N₂O) ; N_{volat_E} : quantités d'azote volatilisées à l'épandage (kg N-NH₃ + kg N-NO_x) ; FE : facteur d'émission de N₂O dues au dépôt atmosphérique d'azote sur les sols et des surfaces aquatiques = 0,01 kg N-N₂O/(kg N-NH₃ + kg N-NO_x)

Le FE est tiré du GIEC 2006. Le paramètre N_{volat_E} est estimé selon l'équation suivante :

Équation 33 : Azote volatilisé sous forme de N-NH₃ et N-NO_x à l'épandage

$$N_{\text{volat}_E} = N_{\text{NH}_3_E} + N_{\text{NO}_x_E}$$

Avec : $N_{\text{NH}_3_E}$: émissions d'ammoniac à l'épandage (en kg N-NH₃) ; $N_{\text{NO}_x_E}$: émissions de N-NO_x à l'épandage (en kg N-NO_x).

Les émissions de NO_x à l'épandage sont calculées selon l'équation suivante :

Équation 34 : Emissions de N-NO_x à l'épandage

$$N_{\text{NO}_x_E} = N_{\text{TOT}_E} \times FE$$

Avec : $N_{\text{NO}_x_E}$: émissions de N-NO_x à l'épandage (en kg N-NO_x) ; N_{TOT_E} : quantité d'azote totale épandue (kg N_{TOT}) ; FE : facteur d'émission à l'épandage = **0,004 kg N-NO_x /kg N_{TOT}**.

Le FE est tiré de la publication [9].

3.2.3 Emissions indirectes liées au lessivage

Les émissions indirectes liées aux pertes d'azote par ruissellement et lessivage à l'épandage sont calculées selon l'équation suivante :

Équation 35: Emissions indirectes de N-N₂O liées au lessivage à l'épandage

$$N_{\text{N}_2\text{O}_{\text{lessiv}_E}} = N_{\text{TOT}_E} \times \text{Frac}_{\text{lessiv}_E} \times FE$$

Avec : $N_{\text{N}_2\text{O}_{\text{lessiv}_E}}$: émissions de N-N₂O indirectes liées au lessivage de l'azote à l'épandage (kg N-N₂O) ; N_{TOT_E} : quantité d'azote totale épandue (kg N_{TOT}) ; $\text{Frac}_{\text{lessiv}_E}$: fraction de l'azote partant dans les eaux pendant l'épandage = **30%** ; FE : facteur d'émission à l'épandage = **0,0075 kg N-N₂O/kg N lessivé et écoulé**.

La fraction d'azote partant dans les eaux lors de l'épandage et le FE associé sont tirés du GIEC 2006.

3.2.4 Résultat d'émission

Le résultat du calcul d'émissions totales de N₂O (directes et indirectes) sur toute la chaîne (bâtiment, stockage, épandage) est rapporté dans l'onglet « Synthèse des émissions ».

Les émissions de N-N₂O calculées précédemment sont converties en N₂O de la manière suivante :

Équation 36 : Emissions totales de N₂O

$$N_2O = [N_{\text{N}_2\text{O}_S} + N_{\text{N}_2\text{O}_{\text{volat}_B,S}} + N_{\text{N}_2\text{O}_{\text{lessiv}_B,S}} + N_{\text{N}_2\text{O}_E} + N_{\text{N}_2\text{O}_{\text{volat}_E}} + N_{\text{N}_2\text{O}_{\text{lessiv}_E}}] \times 44/28$$

4. Méthodologies et calcul des émissions de CH₄

Les émissions de CH₄ sont calculées selon la méthodologie des lignes directrices du GIEC 2006, qui distinguent les émissions liées à la fermentation entérique d'une part, et les émissions liées à la gestion des déjections d'autre part.

4.1 Emissions liées à la fermentation entérique

Les émissions de CH₄ entérique sont calculées selon l'équation suivante :

Équation 37 : Emissions de CH₄ entérique

$$CH_4_{\text{ent}} = N_{\text{be_places_max}} \times T_{x_O} \times T_{x_A} \times (1 - \%Mort/2) \times FE$$

Avec : Nbe_places_max : Nombre de places maximum ; Tx_O : taux d'occupation ; Tx_A : taux d'activité ; %Mort : taux de mortalité ; FE : facteur d'émission de CH₄ entérique par place (kg CH₄/place)

Les facteurs d'émission varient selon la catégorie animale. Le tableau ci-dessous liste ces FE et les sources utilisées :

Catégorie animale	FE (kg CH ₄ /place)	Source
Porcelets en post-sevrage	0,28	Calcul CITEPA à partir de [10]
Porcs de production	0,82	Calcul CITEPA à partir de [10]
Cochettes	0,78	[11]
Truies en maternité	3,01	[11]
Truies en attente de saillie	3,01	[11]
Truies gestantes	3,01	[11]
Verrats	0,78	[11]

Tableau 27 : Facteurs d'émission pour la fermentation entérique

4.2 Emissions liées à la gestion des déjections

Les émissions de CH₄ liées à la gestion des déjections sont calculées selon la méthodologie GIEC 2006, à partir de l'équation suivante :

Équation 38 : Emissions de CH₄ liées à la gestion des déjections

$$CH_4_{\text{dég}} = Nbe_places_max \times Tx_O \times Tx_A \times (1 - \%Mort/2) \times FE \times FA$$

Avec : Nbe_places_max : Nombre de places maximum ; Tx_O : taux d'occupation ; Tx_A : taux d'activité ; %Mort : taux de mortalité ; FE : facteur d'émission de CH₄ des déjections par place (kg CH₄/place) ; FA : facteur d'ajustement (sans dimension).

Le facteur d'émission est lui-même estimé à partir d'une équation du GIEC 2006. Il dépend de la catégorie animale, du mode de gestion des déjections mais aussi de la température moyenne.

Équation 39 : Facteur d'émission de CH₄ pour la gestion des déjections

$$FE = SV_i \times 365 \text{ jours/an} \times Bo \times 0,67 \text{ kg/m}^3 \times FCM_i \times SG_i$$

Avec: Bo = Capacité de production maximale de CH₄ (m³/kg de SV) ; SV = Solides volatils excrétés (kg/jour) ; FCM = facteur de conversion en CH₄ (%) ; SG : Système de gestion des déjections i = type de gestion.

Les paramètres SV et Bo sont tirés du GIEC 2006, et listés ci-dessous :

Catégorie animale	SV (kg /place)	Bo (m ³ /kg SV)
Porcelets en post-sevrage	0,3	0,45
Porcs de production	0,3	0,45
Cochettes	0,3	0,45
Truies en maternité	0,46	0,45
Truies en attente de saillie	0,46	0,45
Truies gestantes	0,46	0,45
Verrats	0,46	0,45

Tableau 28 : Paramètres SV et Bo pour le calcul du FE CH₄ des déjections

A noter : les SV à considérer sont relatifs à un système de gestion (décrit ci-après). Les SV sont, comme l'azote, suivis sur toute la chaîne pour pouvoir être associés correctement aux systèmes de gestion concernés.

Les paramètres FCM varient avec la température.

 **Tableau 1** : L'exploitant doit sélectionner la **région** de son élevage.

Les températures moyennes régionales entre 2005 et 2015, tirées des données Météo France, sont utilisées pour sélectionner les valeurs à utiliser.

Région	Température moyenne
Alsace	11,34
Aquitaine	13,94
Auvergne	10,81
Basse-Normandie	11,25
Bourgogne	11,75
Bretagne	12,12
Centre	11,81
Champagne-Ardenne	10,80
Corse	16,25
Franche-Comté	11,14
Guadeloupe	25
Guyane	25
Haute-Normandie	11,30
Île-de-France	12,06
La Réunion	25
Languedoc-Roussillon	12,70
Limousin	11,93
Lorraine	10,80
Martinique	25
Mayotte	25
Midi-Pyrénées	13,07
Nord-Pas-de-Calais	11,36
Pays de la Loire	12,61
Picardie	10,88
Poitou-Charentes	13,00
Provence-Alpes-Côte d'Azur	14,96
Rhône-Alpes	12,47

Tableau 29 : Températures moyennes régionales 2005-2015

Le GIEC 2006 propose différents « systèmes de gestion des déjections » pour estimer les émissions de CH₄, qui concerne à la fois le bâtiment, le traitement et le stockage. On distingue les systèmes suivants :

Poste	Système	Code FCM
Bâtiment	Durée de stockage < 1 mois	FCM_Bât<1mois
	Durée de stockage > 1 mois	FCM_Bât>1mois
Traitement	Compostage	FCM_compostage
	Stockage solide	FCM_Stock_Sol
Stockage	Stockage liquide avec croûte	FCM_Stock_Liq_Croûte
	Stockage liquide sans croûte	FCM_Stock_Liq_SS_croûte

Tableau 30 : Système de gestion des déjections et codes FCM associés

En parallèle, certaines gestions des déjections au bâtiment ou traitements impliquent un changement/une modification de la phase du SV, paramètre impactant également le choix du FCM. Il faut donc suivre la forme des SV sur toute la chaîne comme cela a été fait pour l'azote. Le principe est similaire à celui mis en place pour le suivi de l'azote, sauf qu'ici on suit le passage de la matière organique d'une phase à l'autre.

Au bâtiment

Seule la gestion des déjections par raclage entraîne une séparation de phase. Pour suivre le SV dans les deux phases en sortie de bâtiment, nous faisons appel aux données tirées de la publication [3].

	Quantité produite (kg/porc/j)	Matière organique (%)
Urines	2,5	1,3
Fèces	1,3	23,6

Tableau 31 : Données tirées de la publication [3]

Ces données ont ensuite été retravaillées pour obtenir les paramètres recherchés, listés ci-dessous :

	% Matière organique initiale
Liquide	10%
Solide	90%

Tableau 32 : Répartition de la matière organique solide/liquide après raclage - Calcul CITEPA

Au traitement

Faute de données disponibles pour les traitements avec séparation de phase, la même répartition de la matière organique que celle déterminée pour le raclage en V est appliquée.

Récapitulatif

Poste	% SV _{Liq}	% SV _{Sol}
BATIMENT		
Raclage en V	10%	90%
TRAITEMENT		
Fumier composté sans additifs bactériens	0%	100%
Fumier composté avec additifs bactériens	0%	100%
Compostage du lisier	0%	100%
Séparation de phases	10%	90%
Séparation de phases + Nitrification-dénitrification	10%	90%
Nitrification-dénitrification	100%	0%
Méthanisation	100%	0%
Méthanisation + Séparation de phases	10%	90%

Tableau 33 : Récapitulatif des répartitions de la matière organique selon les différentes gestions

Le choix du système de gestion (dépendant du type d'effluent), parmi ceux cités ci-dessus, détermine, en combinaison avec la température moyenne de la région, la valeur du paramètre FCM. Cependant, un élevage peut combiner plusieurs systèmes (par exemple : stockage des déjections plus d'un mois au bâtiment, puis compostage et stockage solide). L'arbre de décision suivant est utilisé :

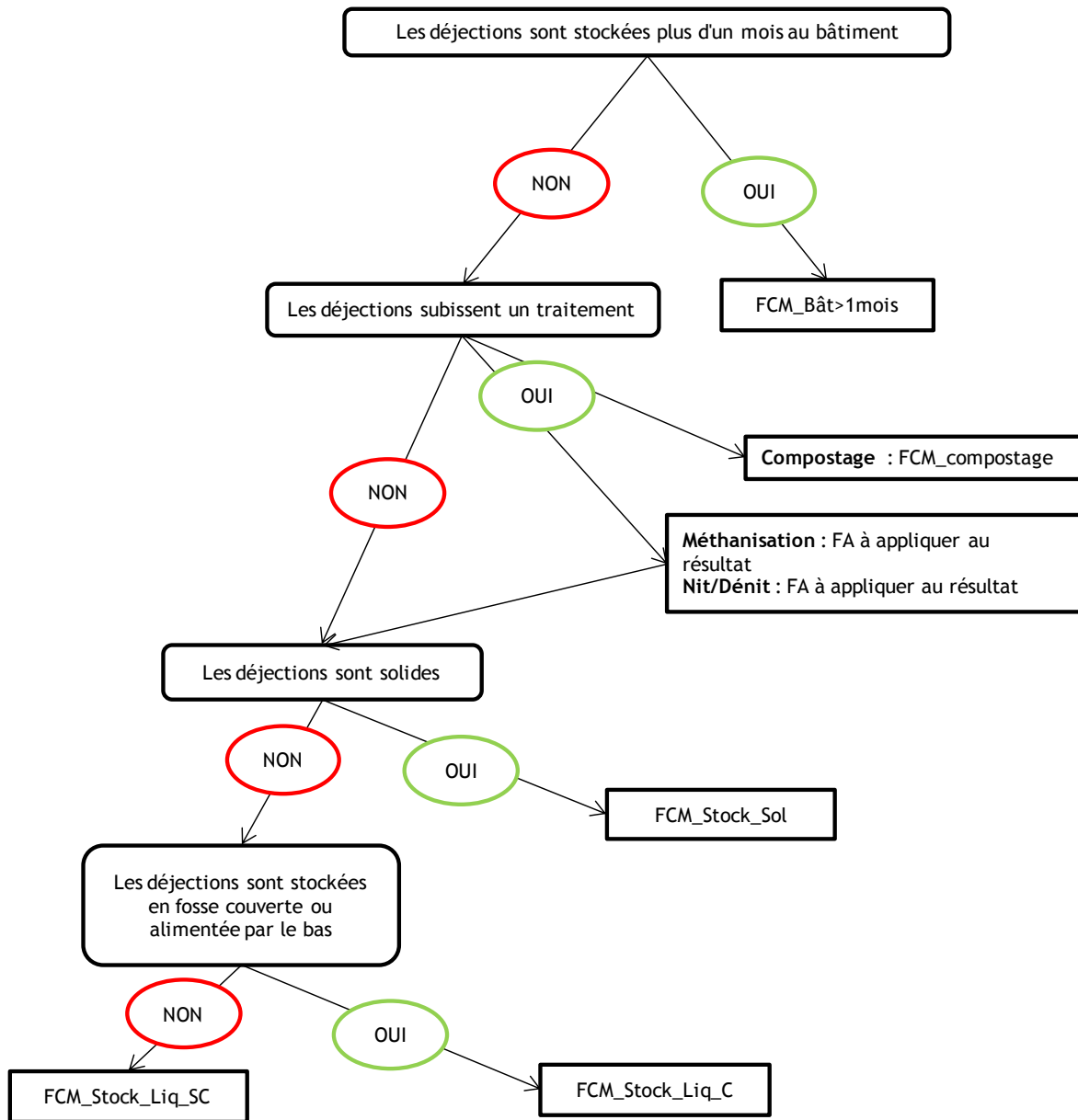


Figure 2: Arbre de décision - FCM

Le dernier paramètre à appliquer concerne les facteurs d’ajustement, associés à certains traitements. **Attention !** Ces FA sont à appliquer ou non selon le chemin pris dans l’arbre de décision, Figure 2. Les valeurs appliquées et sources associées sont listées dans le tableau ci-dessous :

Traitement	FA	Référence
Méthanisation	0,21	[12] Ecosecurities
Nitrification/dénitrification	0,18	[13] Rapport entre le % de C émis par un lisier aéré et un lisier brut

Tableau 34 : Facteurs d’ajustement pour le méthane

4.3 Résultat d’émission

Le résultat du calcul d’émissions totales de CH₄ (entérique et déjections) est rapporté dans l’onglet « Synthèse des émissions ».

Équation 40 : Emissions totales de CH₄

$$CH_{4_TOT} = CH_{4_ent} + CH_{4_déj}$$

5. Méthodologies et calcul des émissions de particules

Les émissions de particules (TSP et PM₁₀) sont calculées selon la méthodologie EMEP 2013, à partir des équations suivantes :

Équation 41 : Emissions de TSP et PM₁₀

$$TSP = Nbe_places_max \times Tx_O \times Tx_A \times (1 - \%Mort/2) \times FE \times FA$$

$$PM_{10} = Nbe_places_max \times Tx_O \times Tx_A \times (1 - \%Mort/2) \times FE \times FA$$

Avec : Nbe_places_max : Nombre de places maximum ; Tx_O : taux d'occupation ; Tx_A : taux d'activité ; %Mort : taux de mortalité ; FE : facteur d'émission de TSP (resp.PM₁₀) par place (kg TSP (resp.PM₁₀) /place) ; FA : facteur d'ajustement (sans dimension).

Les facteurs d'émission utilisés varient selon les catégories et types d'effluent. Ils proviennent d'EMEP 2013 :

FE TSP (kg TSP/ place)	Fumier	Lisier
Porcelets en post-sevrage	0	0,36
Porcs de production	0,83	0,7
Cochettes	0,83	0,7
Truies en maternité	1,77	1,36
Truies en attente de saillie	1,77	1,36
Truies gestantes	1,77	1,36
Verrats	1,77	1,36

Tableau 35 : Facteurs d'émission de TSP

FE PM ₁₀ (kg PM ₁₀ / place)	Fumier	Lisier
Porcelets en post-sevrage	0	0,16
Porcs de production	0,37	0,31
Cochettes	0,37	0,31
Truies en maternité	0,8	0,61
Truies en attente de saillie	0,8	0,61
Truies gestantes	0,8	0,61
Verrats	0,8	0,61

Tableau 36 : Facteurs d'émission de PM₁₀

Les facteurs d'ajustement à appliquer dépendent de la gestion de l'ambiance au bâtiment et du traitement de l'air. Leurs valeurs et sources associées sont listées ci-dessous :

Gestion de l'ambiance et traitement de l'air	N° MTD	FA	Source
Ventilation statique	-	1	-
Ventilation dynamique	-	1	-
Cooling du lisier	-	1	-

Brumisation	11.b.1	0,7	[4]
Ionisation	11.b.3	1	-
Biolaveur	11.c.5	0,3	[14]
Laveur d'air combiné	11.c.6	0,3	[14]
Laveur acide	11.c.4	0,3	[14]
Autres traitements	11.c	0,3	[14]
Pas de traitement	-	1	-

Tableau 37 : Facteurs d'ajustement particules

Le résultat du calcul d'émissions de TSP et de PM₁₀ est rapporté dans l'onglet « Synthèse des émissions ».

Table des figures

Figure 1: Schéma de principe de la méthode de quantification des émissions d’ammoniac dues aux activités d’élevage (Source : CITEPA).....	8
Figure 2: Arbre de décision - FCM	31

Table des tableaux

Tableau 1: Rotations par défaut	4
Tableau 2 : Données tirées du document de gestion technico-économique de l’IFIP 2015 [2].....	5
Tableau 3: Données d’excrétion tirée du RMT Elevage & Environnement [1]	5
Tableau 4 : Données tirées du document de gestion technico-économique de l’IFIP 2015 [2].....	6
Tableau 5 : Excrétions azotées recalculées selon les types d’élevage et les modes d’alimentation	6
Tableau 6 : Liste des types de sols et effluents associés	9
Tableau 7 : Facteurs d’émission d’ammoniac au bâtiment, par catégorie et type d’effluent	10
Tableau 8 : Combinaisons types de sol / modalités de gestion des déjections / types d’effluents sortant	10
Tableau 9 : Modalités de gestion de l’ambiance	11
Tableau 10 : Modalités de traitement de l’air	11
Tableau 11 : Facteurs d’ajustement et références associées au bâtiment	12
Tableau 12 : Hypothèses pour le calcul d’un élevage standard équivalent.....	13
Tableau 13 : Données tirées de la publication [3]	15
Tableau 14 : Répartition de l’azote solide/liquide après raclage - Calcul CITEPA	15
Tableau 15 : Traitements disponibles selon le type d’effluent	16
Tableau 16 : Données pour estimer les émissions de N ₂ liées au compostage du lisier	17
Tableau 17 : Emissions de N ₂	17
Tableau 18 : Données utilisées pour répartir l’azote suite à une séparation de phases	17
Tableau 19 : Récapitulatif des répartitions de l’azote selon les traitements effectués	18
Tableau 20 : Facteurs d’émission d’ammoniac au stockage, par catégorie et type d’effluent	20
Tableau 21 : Facteurs d’ajustement associés aux modalités de stockage	21
Tableau 22 : Facteurs d’émission de N-N ₂ O au stockage.....	22
Tableau 23 : Facteurs d’émission de N-NO _x au stockage.....	22
Tableau 24 : Facteurs d’émission de N-N ₂ au stockage.....	23
Tableau 25 : Facteurs d’émission d’ammoniac à l’épandage, par catégorie et type d’effluent.....	24
Tableau 26 : Facteurs d’ajustement à l’épandage	24
Tableau 27 : Facteurs d’émission pour la fermentation entérique.....	28
Tableau 28 : Paramètres SV et Bo pour le calcul du FE CH ₄ des déjections	28
Tableau 29 : Températures moyennes régionales 2005-2015.....	29
Tableau 30 : Système de gestion des déjections et codes FCM associés.....	29
Tableau 31 : Données tirées de la publication [3]	30
Tableau 32 : Répartition de la matière organique solide/liquide après raclage - Calcul CITEPA	30
Tableau 33 : Récapitulatif des répartitions de la matière organique selon les différentes gestions .	30
Tableau 34 : Facteurs d’ajustement pour le méthane	31
Tableau 35 : Facteurs d’émission de TSP	32
Tableau 36 : Facteurs d’émission de PM ₁₀	32
Tableau 37 : Facteurs d’ajustement particules.....	33

Table des équations

Équation 1 : Effectifs moyens	4
Équation 2 : Azote excrété au bâtiment par défaut par place	6
Équation 3 : Emissions de N-NH ₃ au bâtiment	9
Équation 4 : Azote ammoniacal excrété au bâtiment	9
Équation 5 : FA global au bâtiment	12
Équation 6 : Emissions de NH ₃ au bâtiment	12
Équation 7 : Formes de l'azote	14
Équation 8 : Azote en sortie de bâtiment, hors raclage	14
Équation 9 : Azote en sortie de bâtiment après raclage	15
Équation 10 : Apport de litière	15
Équation 11 : Apport de paille pour le compostage du lisier	18
Équation 12 : Suivi de l'azote pour les systèmes avec séparation de phases, suivie ou non de nitrification/dénitrification	18
Équation 13 : Suivi de l'azote pour les systèmes avec nitrification/dénitrification uniquement	18
Équation 14 : Suivi de l'azote pour les systèmes avec compostage du lisier	19
Équation 15 : Suivi de l'azote pour les systèmes avec méthanisation, suivis ou non de séparation de phases	19
Équation 16 : Suivi de l'azote pour les systèmes avec compostage du fumier	19
Équation 17 : Réorganisation de l'azote liquide au stockage	19
Équation 18 : Réorganisation de l'azote solide au stockage	20
Équation 19: Emissions de N-NH ₃ au stockage	20
Équation 20 : Emissions de NH ₃ au stockage	21
Équation 21 : Emissions de N-N ₂ O au stockage	21
Équation 22 : Emissions de N-NO _x au stockage	22
Équation 23 : Emissions de N-N ₂ au stockage	22
Équation 24 : Azote lessivé au stockage	23
Équation 25 : Azote disponible pour l'épandage	23
Équation 26: Emissions de N-NH ₃ à l'épandage	23
Équation 27: Emissions de NH ₃ à l'épandage	25
Équation 28: Emissions indirectes de N-N ₂ O liées à la volatilisation au bâtiment/stockage	25
Équation 29: Azote volatilisé sous forme de N-NH ₃ et N-NO _x au bâtiment et stockage	26
Équation 30 : Emissions indirectes de N-N ₂ O liées au lessivage de l'azote	26
Équation 31 : Emissions directes de N-N ₂ O liées à l'épandage	26
Équation 32 : Emissions indirectes de N-N ₂ O liées à la volatilisation à l'épandage	26
Équation 33 : Azote volatilisé sous forme de N-NH ₃ et N-NO _x à l'épandage	26
Équation 34 : Emissions de N-NO _x à l'épandage	27
Équation 35: Emissions indirectes de N-N ₂ O liées au lessivage à l'épandage	27
Équation 36 : Emissions totales de N ₂ O	27
Équation 37 : Emissions de CH ₄ entérique	27
Équation 38 : Emissions de CH ₄ liées à la gestion des déjections	28
Équation 39 : Facteur d'émission de CH ₄ pour la gestion des déjections	28
Équation 40 : Emissions totales de CH ₄	32
Équation 41 : Emissions de TSP et PM ₁₀	32

Annexe I

Références bibliographiques

BIBLIOGRAPHIE

- [1] DOURMAD J.Y (coord), LEVASSEUR P. (coord), DAUMER M., HASSOUNA M., LANDRAIN B., LEMAIRE N., LOUSSOUARN A., SALAUN Y., ESPAGNOL S., 2015. Evaluation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs. RMT Elevage & Environnement, Paris, 26 pages.
- [2] Gestion Technico-économique - Résultats nationaux par orientation, Période du 01/01/2015 au 31/12/2015.
- [3] LOUSSOUARN A., LAGADEC S., ROBIN P., HASSOUNA M., 2014. Raclage en « V » : bilan environnemental et zootechnique, Journées Recherche Porcine.
- [4] RMT Elevage & Environnement, 2010. Guide des bonnes pratiques environnementales d'Elevage.
- [5] BONNEAU M., DOURMAD J.-Y., GERMON J.-C., HASSOUNA M., LEBRET B., LOYON L., PAILLAT J.-M., RAMONET Y., ROBIN P., 2008. Connaissances des émissions gazeuses dans les différentes filières de gestion des effluents porcins, Inra Prod. Anim.
- [6] COILLARD J. Procédés de traitement des lisiers de porc étudiés en France : principales techniques adaptées à la gestion des lisiers en zone d'excédent structurel. Ingénieries - E A T, IRSTEA édition 1997, p. 17 - p. 33
- [7] QUIDEAU P., BELINE F., GUIZIOU F., MORVAN T., 2013. Effets de la méthanisation sur l'azote des lisiers de porc et conséquences sur son devenir au stockage et à l'épandage, Journées Recherche Porcine.
- [8] Composition des effluents porcins, ITP, 2005.
- [9] Estimation des émissions gazeuses de NH₃, NO et N₂O par les terres agricoles à l'échelle mondiale, IFA - FAO, 2003.
- [10] RIGOLOTT C., ESPAGNOL S., POMAR C., DOURMAD J.Y., 2010a. Modelling of manure production by pigs and NH₃, N₂O and CH₄ emissions. Part I: animal excretion and enteric CH₄, effect of feeding and performance. Animal, 4, 1401-1412.
- [11] VERMOREL M., JOUANY J.P., EUGENE M., SAUVANT D., NOBLET J, DOURMAD J.Y. - Evaluation quantitative des émissions de méthane entérique par les animaux d'élevage en 2007 en France. INRA prod. Anim., 2008, 21 (5), 403-418.
- [12] Ecosecurities - CITEPA, 2007. Méthodologie spécifique pour les projets de Méthanisation des effluents d'élevage
- [13] DEGRE A., VERHEVE D., DEBOUCHE C., 2001. Emissions gazeuses en élevage porcin et modes de réduction - revue bibliographique.
- [14] BITTMAN S., DEDINA M., HOWARD C.M., OENEMA O., SUTTON M.A., (eds), 2014, Options for Ammonia Mitigation : Guidance from UNECE Task Force on Reactive Nitrogen, Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh, UK.
- [15] GUINGAND N., GRANIER R., 2001. Comparaison caillebotis partiel et caillebotis intégral en engraissement - Effets sur les performances zootechniques et sur l'émission d'ammoniac. Journées de la Recherche Porcine en France, 33:31-36.
- [16] GUINGAND N., QUINIOU N., COURBOULAY V., 2010. Emissions comparées d'ammoniac et de gaz à effet de serre par des porcs charcutiers élevés au froid sur caillebotis partiel ou à la thermoneutralité sur caillebotis intégral. Journées de la Recherche Porcine en France, 42:277-283.

- [17] GUINGAND N., 2003. Influence de la mise en place de caillebotis partiel et de la taille de la case sur les émissions d'ammoniac et d'odeurs en engraissement. Journées de la Recherche Porcine en France, 35:15-20.
- [18] GUINGAND N., 2000. Influence de la vidange des préfosse sur l'émission d'ammoniac et d'odeurs par les porcheries d'engraissement Résultats préliminaires. Journées de la Recherche Porcine en France, 32:83-88.
- [19] ESPAGNOL S., GUINGAND N., GENERMONT S., HASSOUNA M., 2015. Efficacité sur les émissions gazeuses d'itinéraires techniques en élevage porcin intégrant des bonnes pratiques environnementales. Journées de la Recherche Porcine en France, 47:171-176.
- [20] GUINGAND N., RUGANI A., 2016. Lisier flottant : une technique simple pour réduire les émissions d'ammoniac et d'odeurs en porcherie. Journées de la Recherche Porcine en France, 48:171-176.
- [21] Measures to reduce ammonia emissions in pig production - Review, 2010. Swedish University of Agricultural Sciences.
- [22] GROENESTEIN C.M., SMITS M.C.J., HUIJSMANS J.F.M, OENEMA O., 2011. Measures to reduce ammonia emissions from livestock manures : now, soon and later.
- [23] LAGADEC S., LANDRAIN P., BELLEC F., MASSON L., DAPELLO C., GUINGAND N., 2015. Enquête sur 31 laveurs d'air de porcherie en Bretagne, clés d'amélioration de l'efficacité sur l'abattement de l'ammoniac. Journées de la Recherche Porcine en France, 47:177-182.
- [24] Analyse du potentiel de 10 actions de réduction des émissions d'ammoniac des élevages français aux horizons 2020 et 2030, CITEPA et ADEME, 2013.
- [25] AARNINCK A.JA., VAN DEN BERG A.J., 1995. Pigs Misset 11(6),36-39.



© CITEPA 2017
www.citepa.org
infos@citepa.org
42, rue de Paradis
75010 PARIS