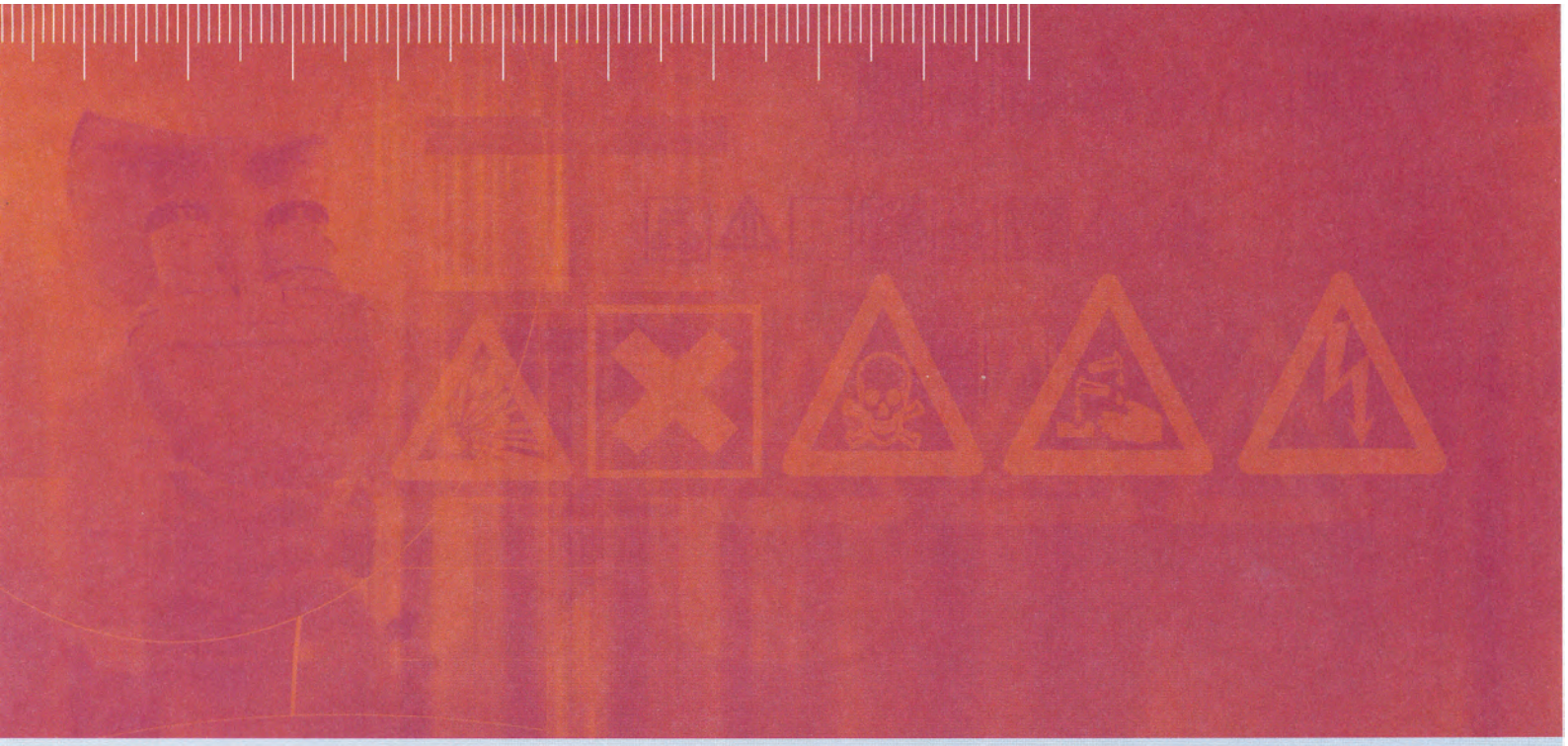

RAPPORT Août 2018

INERIS-DRC-17-163622-11651A

ETAT DE L'ART RELATIF AUX MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

REDUCTION DES EMISSIONS D'AMMONIAC AU NIVEAU DU STOCKAGE DE LISIER PORCIN DANS LES BATIMENTS

INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

ETAT DE L'ART RELATIF AUX MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

REDUCTION DES EMISSIONS D'AMMONIAC AU NIVEAU DU STOCKAGE DE LISIER PORCIN DANS LES BATIMENTS

Rapport réalisé pour le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	**Vérification**	**Approbation**
NOM	Laurène Zanatta	Rodolphe Gaucher	Martine Ramel
Qualité	Ingénieur de l'unité Technologies et Procédés Propres et Durables	Responsable de l'unité Technologies et Procédés Propres et Durables	Responsable du Pôle Risque et Technologies Durables
Visa			

SOMMAIRE

1. RESUME 7

2. INTRODUCTION 8

3. ASPECTS GENERAUX 9

3.1 Etat des lieux en Europe et en France. 9

3.2 Zones et Phénomènes impliqués dans les émissions d'ammoniac au bâtiment 12

3.3 MTD relatives au logement des porcs 13

4. REDUCTION DE LA SURFACE D'EMISSION 18

4.1 Caillebotis partiel 18

4.2 Dimensions restreintes de la préfosse à effluents d'élevage 20

4.3 Association de canaux d'eau et de canaux à effluents 22

4.4 Murs inclinés dans le canal à effluents d'élevage 24

4.5 Sol convexe avec séparation du canal d'effluents d'élevage et du canal à eau 27

4.6 Bac de collecte 30

4.7 Balles dans la fosse à lisier 31

5. EVACUATION FREQUENTE DU LISIER 33

5.1 Système de dépression 33

5.2 Raclage en V et tapis en forme de V 35

5.3 Flushing 40

6. MODIFICATION PHYSICO-CHIMIQUE DU LISIER 45

6.1 Cooling du lisier 45

6.2 Lisier flottant 47

6.3 Acidification 49

7. MODULE DE CALCUL GEREP 52

8. CONCLUSION 53

9. BIBLIOGRAPHIE 57

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Types de sols et profondeurs indicatives des fosses sous caillebotis selon les stades physiologiques (Source : (INRA, IFIP, & UGPVB)) 10

Tableau 2 : Consignes de renouvellement d'air et de températures recommandées en production porcine aux Pays-Bas (Source : PTC+, 2017)..... 12

Tableau 3 : Débit de ventilation et températures dans les bâtiments porcins en France (Source : (JRC Science for policy report, 2017))..... 13

Tableau 4 : MTD applicables au logement des porcs (Source : (JRC Science for policy report, 2017)) 14

Tableau 5 : NEA-MTD porcs (Source: (JRC Science for policy report, ... 17

Tableau 6 : Exemples de données économiques (Source : (JRC Science for policy report, 2017)..... 22

Tableau 7 :Exemples de performances (Source : (JRC Science for policy report, 2017))..... 26

Tableau 8 : Valeurs indicatives des surfaces minimales par animal selon les stades physiologiques (Source : (JRC Science for policy report, 2017)) 27

Tableau 9 : Exemples de données économiques (JRC Science for policy report, 2017) 29

Tableau 10 : Comparatifs des coûts selon le nombre de place et la technique utilisée en porcherie d'engraissement (Source : (JRC Science for policy report, 2017) ... 38

Tableau 11 : tapis de collecte incliné des effluents (Source : INERIS, 2017)..... 40

Tableau 12 : Synthèse des performances d'abattement (Source : (JRC Science for policy report, 2017)..... 42

Tableau 13 : Synthèse des surcoûts à l'investissement par rapport au système de référence (Source : (JRC Science for policy report, 2017))..... 42

Tableau 14 : Exemples de facteurs d'émission d'ammoniac pour des porcs à l'engraissement au Danemark (Source : (JRC Science for policy report, 2017)). 46

Tableau 15 : Exemples de facteurs d'émission mesurés aux Pays bas pour différentes configurations (Source : (JRC Science for policy report, 2017))..... 48

Tableau 16 : Comparatif des surcoûts engendrés par l'acidification selon le nombre de porcs au Danemark. 50

Tableau 17 : facteurs d'ajustement selon les modalités de gestion des effluents en élevage porcin (Source : CITEPA, 2017) 52

Tableau 18 : synthèse des MTD relatives au stockage de lisier dans les bâtiments 55

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Type de sols en fonction des stades physiologiques en France (Massabie & Ramonet, 2007) 9

Figure 2 : Caillebotis partiel (Source : (Van Gansbeke) 18

Figure 3 : Logement individuel truie sur caillebotis partiel et fosse réduite (Source : (JRC Science for policy report, 2017) 20

Figure 4 : Logette associée à une fosse réduite (Source : INERIS, 2017) 20

Figure 5: Logement groupé sur caillebotis partiel et fosse réduite (Source : (JRC Science for policy report, 2017)) 21

Figure 6 : Représentation schématique des logements de truies allaitantes avec canaux à eau et lisier séparés (Source : (JRC Science for policy report, 2017)). 23

Figure 7 : Vue sous caillebotis de la configuration des canaux (Source : (JRC Science for policy report, 2017)) 23

Figure 8 : Plan en coupe d'un enclos de truies avec parois inclinées du canal à lisier (Source : (JRC Science for policy report, 2017)). 25

Figure 9 : Parois inclinées dans un canal à lisier (Source : (Van Gansbeke) 25

Figure 10 : Sol plein convexe et préfosses fosses indépendantes de collecte de lisier et d'eau (Source : (JRC Science for policy report, 2017)) 28

Figure 11 : Sol plein convexe et préfosses indépendantes de collecte de lisier et d'eau (Source : INERIS,2017) 28

Figure 12 : Schéma bac de collecte (Source : (JRC Science for policy report, 2017)) 30

Figure 13 : Schéma explicatif du principe de fonctionnement des balles (Source : (JRC Science for policy report, 2017). 31

Figure 14 : Balles disposées dans une préfosse (Source : Balansbal®) 31

Figure 15: Bâtiment en caillebotis intégral avec système de dépression pour évacuer le lisier (Source : (JRC Science for policy report, 2017)) 33

Figure 16 : Bâtiment en caillebotis partiel avec système de dépression pour évacuer le lisier (Source : (JRC Science for policy report, 2017)) 33

Figure 17 : Raclage en V (Source : Réussir Porc) 36

Figure 18 : Schéma de fonctionnement d'un tapis de collecte de lisier (Source : (JRC Science for policy report, 2017)) 37

Figure 19: Préfosse équipée de gouttière (Source : (JRC Science for policy report, 2017)). 40

Figure 20: Préfosse équipée de tubes (Source : (JRC Science for policy report, 2017)). 41

Figure 21 : Canal à flushing sous caillebotis (Source : (JRC Science for policy report, 2017)) 41

Figure 22 : Section transversal d'un dispositif installé en élevage de porcelets en post-sevrage (Source : (JRC Science for policy report, 2017)) 47

Figure 23 : Représentation schématique du fonctionnement d'une installation d'acidification (Source : (Jonassen, 2016)). 49

Figure 24 : Citerne d'acide dans un élevage de porcs au Danemark (Source : INERIS, 2016) 49

1. RESUME

Les installations soumises aux conclusions sur les meilleures techniques disponibles (MTD) relatives aux « élevages intensifs de porcs et de volailles »[1] doivent respecter les niveaux d'émissions associés aux MTD (NEA-MTD)[2] associés aux logements (kg de NH_3/emplacement/an).
En France et en Europe, l'élevage de porcs en claustration totale sur caillebotis intégral avec stockage des effluents en préfosse sous les animaux pendant toutes la durée de la bande reste le modèle dominant (système de référence). Les émissions d'ammoniac issues des bâtiments d'élevage de porcs peuvent être réduites par différentes mesures en amont en optimisant l'alimentation des animaux, en utilisant des modes de logement peu émissifs ou en traitant l'air issu des bâtiments grâce à des laveurs d'air. Ce rapport présente les principales techniques constructives de réduction des émissions en bâtiment d'élevage porcin afin de faciliter l'appropriation de ces techniques sur le terrain.

Les MTD étudiées mettent en œuvre, seule ou en combinaison la réduction de la surface d'émission des effluents, leur évacuation fréquente et la modification de leurs propriétés physico-chimiques. Ces techniques se distinguent par leur applicabilité selon les stades physiologiques et leurs performances.

Les émissions d'ammoniac sont corrélées à la surface d'émission des effluents. Plusieurs techniques consistent à passer d'un caillebotis intégral à un caillebotis partiel couplé à des préfosses réduites ou à des canaux.

Les techniques d'évacuations fréquentes du lisier vers un ouvrage de stockage extérieur, améliorent l'ambiance au sein des bâtiments mais peuvent engendrer des pics d'odeurs et nécessiter la construction d'espaces de stockage supplémentaires. L'évacuation par raclage offre divers avantages. Le raclage ou le tapis en V concentre les éléments dans la fraction solide pouvant conduire à une réduction de la taille du plan d'épandage alors que le raclage à plat permet de travailler en lisier frais et préserve le potentiel méthanogène qui pourra être valorisé en méthanisation.

La température et le pH sont deux des principaux paramètres qui modulent le niveau d'émissions du lisier. Ainsi en diminuant le pH et la température, les quantités de NH_3 volatilisées sont réduites. Il est également possible de diluer le lisier.

Enfin, la réduction des émissions d'ammoniac au bâtiment doit s'accompagner de mesures d'abattement en aval du processus d'élevage, c'est-à-dire au stockage et à l'épandage afin de permettre un réel bénéfice environnemental.

Nombre des techniques documentées dans le présent rapport sont peu répandues sur le territoire national. Il n'existe, pour certaines, peu ou pas de données d'émission nationales ce qui peut expliquer les différences dans les facteurs d'abattement mentionnés dans ce rapport et ceux utilisés dans le module GEREP.

Si la mise en place de ces techniques dans des bâtiments nouveaux ne pose aucune difficulté majeure (a minima sur les sites IED), elle peut, pour certaines d'entre elles, être compliquée dans des bâtiments existants. Quelle que soit la technique considérée, celle-ci implique une adaptation des pratiques au niveau de l'ambiance, des opérations d'entretien ou encore du stockage.

---

[1] 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

2. INTRODUCTION

La réduction des émissions de NH_3 est un enjeu environnemental important en élevage intensif qui est le secteur le plus émissif. Bien que l'élevage bovin soit le principal émetteur (environ 60% des émissions), les tailles des cheptels français de porcs et de volailles font de ces élevages des contributeurs non négligeables. Ils sont responsables de 14% et de 21% des émissions de NH_3 respectivement. Le poste « bâtiment », en élevage porcin, représente 60% des émissions selon des données de 2010. Il existe plusieurs leviers de réduction qui concernent notamment les caractéristiques du bâtiment et la gestion des déjections (Eglin & Mousset, 2012). En effet, le stockage, même temporaire, du lisier dans les bâtiments peut être à l'origine de nuisances. Les émanations gazeuses et d'odeurs sont générées par les transformations et dégradations des effluents.

Différentes mesures considérées comme Meilleures Techniques Disponibles (MTD)[2] permettent de limiter la production d'ammoniac au bâtiment dans les élevages intensifs de porcs et de volailles.

Ce rapport se focalise sur les techniques applicables en système lisier et sur les techniques de réduction au bâtiment qui reposent sur les principes de diminution de la surface d'émissions des fosses en bâtiment, l'évacuation fréquente et le changement des propriétés physico-chimiques du lisier.

Ce rapport revêt un double objectif :

- il recense et détaille les MTD (Commission Européenne, 2017) relatives au traitement de l'air en élevages intensifs de porcs afin d'en faciliter la compréhension ;
- il vise à capitaliser des informations complémentaires qui pourront faciliter l'appropriation des MTD par les éleveurs et l'inspection des installations classées et leur mise en œuvre sur le terrain.

Dans une première partie, un état des lieux des pratiques en vigueur dans les bâtiments d'élevages en France est dressé. Les parties suivantes présentent les techniques reconnues comme MTD pour la réduction des émissions ammoniacales, leurs performances, leurs possibles effets croisés et des données opérationnelles. Pour plus de lisibilité, il a été choisi de classer les techniques par grand principe. Le découpage est arbitraire, certaines techniques pouvant appartenir à plusieurs catégories.

Ce rapport s'appuie principalement sur des informations issues du BREF Elevages intensifs de porcs et de volailles complétées par des informations acquises grâce à des recherches bibliographiques, des entretiens auprès d'éleveurs et de constructeurs et/ou fournisseurs.

La qualification de « fosse en bâtiment » recouvre plusieurs acceptions. Cette dénomination peut faire référence à un stockage temporaire de lisier sous le caillebotis de quelques jours à plusieurs mois (équivalent à la durée d'élevage d'une bande en général).

---

[2] 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

Dans ce cas, en France, ce type de fosse est qualifié de « préfosse » car les effluents sont ensuite dirigés vers un ouvrage de stockage externe. Il est possible de parler de fosse profonde lorsque les effluents sont stockés pendant presque un an en bâtiment avant d'être transféré ou épandu. Certains éleveurs optent pour cette solution lorsqu'ils ne peuvent pas ou ne veulent pas construire d'ouvrage de stockage externe. De plus, leur profondeur varie de manière importante de quelques dizaines de centimètres à plus de deux mètres selon les élevages et les stades physiologiques. Le vocabulaire employé dans les conclusions MTD peut différer de celui usité couramment sur le terrain. Ainsi dans ce rapport, le terme de « préfosse » sera privilégié pour désigner, les fosses en bâtiment globalement au détriment de « fosse profonde » afin de faciliter l'appropriation des notions présentées.

3. ASPECTS GENERAUX

3.1 ETAT DES LIEUX EN EUROPE ET EN FRANCE.

Le parc français de bâtiments d'élevage porcin est relativement âgé avec une moyenne de 15 ans pour le post-sevrage et de plus de 20 ans pour les salles de quarantaines d'après l'enquête bâtiment de 2006. La proportion de bâtiment de truies de plus de 25 ans est la plus grande (Roguet, Massabie, Ramonet, Grannec, & Rieu, 2011). Une étude récente des bâtiments d'élevage de type « naisseurs-engraisseurs » bretons confirme le vieillissement des outils de travail. Les résultats de cette enquête montrent que les rénovations permettent que des bâtiments âgés soient encore fonctionnels. Toutefois, les efforts de modernisation ou d'adaptations aux différentes normes sont inégaux selon les stades physiologiques avec une fréquence de renouvellement faible en post-sevrage et engraissement (Ramonet & Bertin, 2016). En France, quel que soit le stade physiologique considéré, les animaux sont principalement élevés sur des sols en caillebotis intégral avec stockage du lisier sous les animaux. Les bâtiments de maternité, post-sevrage et d'engraissement sont à 90% en caillebotis intégral (AGRESTE, 2010). Le caillebotis partiel représenterait actuellement, moins de 5% des élevages alors qu'il était couramment rencontré dans les années 80 (Massabie & Ramonet, 2007).

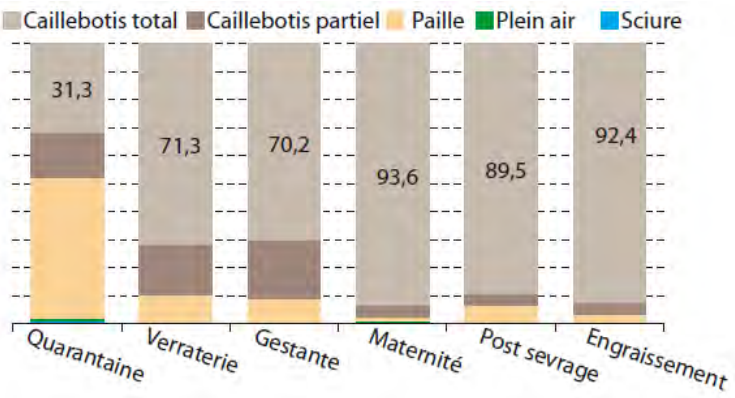

Figure 1 : Type de sols en fonction des stades physiologiques en France (Massabie & Ramonet, 2007)

Il semblerait que ces observations soient toujours représentatives ; modèle du caillebotis intégral et stockage des effluents sous les animaux pendant toute la durée de la bande est toujours largement prédominant dans les élevages français.

Ce système sera dénommé « système de référence » dans le reste de ce rapport en cohérence avec les définitions du BREF et de l'UNECE. Les pourcentages d'abattement sont exprimés comparativement à ce système, sauf mention contraire.

Les effluents sont stockés dans les préfosses sous les animaux pour des durées variables, allant de quelques heures à plusieurs mois. Ces espaces de stockage peuvent être à fond plat, légèrement pentus ou avoir une section en V. Les murs des préfosses et des systèmes de collecte sont en général en béton renforcé qui peuvent être construits directement sur place ou seulement assemblés. Les canaux dont les murs forment un V peuvent avoir une tendance au blocage par la fraction solide des déjections.

Les caillebotis peuvent être constitués de matériaux différents : béton, plastique, métal… Lorsqu'il est en béton, la directive 2008/120/CE[3] définit des largeurs maximales d'espacement des pleins. Elles sont au maximum de 11 mm pour les porcelets, 14 mm pour les porcelets en post sevrage, de 18 mm pour les porcs de production et de 20 mm pour les truies. La largeur minimale des pleins est de 50 mm pour les porcelets en post-sevrage et de 80 mm pour les autres stades (ANSES, 2015). Certains Etats Membres, appliquent une réglementation plus contraignante que la règlementation européenne. Par exemple, en Suède, le caillebotis intégral est interdit et aux Pays-Bas, les porcs de production et les porcelets doivent disposer de 40 % de sol plein (JRC Science for policy report, 2017)

Tableau 1 : Types de sols et profondeurs indicatives des fosses sous caillebotis selon les stades physiologiques (Source : (INRA, IFIP, & UGPVB))

Stades physiologiques	**Gestante**	**Maternité**		**Post- sevrage**		**Porc de production**
		Truie	Porcelets	21 jours	28 jours	
Types de sols	Caillebotis béton	Caillebotis fonte	Caillebotis plastique	Caillebotis plastique	Caillebotis béton+ fil	Caillebotis béton
Profondeur des préfosses	1-1,5 m	0,6-0,9 m		0,6-0,9 m		0,8-1,5

[3] DIRECTIVE 2008/120/CE DU CONSEIL du 18 décembre 2008 établissant les normes minimales relatives à la protection des porcs.

En pratique

- **Stockage des effluents**

La situation est contrastée et variable d'un élevage à l'autre. Il est possible de rencontrer, des préfosses d'une profondeur variant de 40 cm en post-sevrage à plus de 2 m en engraissement. Dans ce dernier cas, le stockage des effluents sous caillebotis dure une année environ et n'est généralement pas associé à un stockage externe. Aujourd'hui encore, certains éleveurs optent pour cette solution mais ils seraient minoritaires. La pratique la plus couramment observée lors des visites de terrain est celle du stockage des effluents dans la préfosse située sous le caillebotis pendant toute la durée de la bande. Dans les bâtiments « maternité », les préfosses seraient vidées entre chaque phase de sevrage. Les enclos des truies « maternité » peuvent être aménagés avec des préfosses pentues afin de favoriser l'écoulement des effluents et leur vidange vers un canal. Un sol de préfosse complètement sec favoriserait le développement des mouches.

Les avis divergent sur l'intérêt économique de ne pas construire un stockage externe. En effet, il ne serait pas plus économiquement favorable de stocker l'ensemble des effluents dans une fosse profonde car les travaux nécessaires pour sa construction (en fonction de la superficie de l'exploitation et de la profondeur nécessaire) seraient aussi chers voire plus chers que les coûts liés à la construction d'un ouvrage de stockage externe).

- **Nature des sols**

Différents revêtements de sols sont employés dans les élevages français. Ils présentent des avantages et des inconvénients. L'inox présente l'avantage de maintenir les enclos propres mais offrent moins de confort pour les animaux car il est plus froid. Les besoins en température peuvent être plus importants. Le béton est le seul matériau qui permet l'usure des onglons ; il ne serait pas possible d'avoir des sols uniquement en plastique en engraissement par exemple. Des essais en élevage auraient conduits à une dégradation des performances zootechniques. Il est, toutefois possible de rencontrer des caillebotis plastiques dans des nurseries où sont élevés, pour des durées relativement courtes, des porcelets en post-sevrage de 8 à 15 kg.

L'intérêt d'une association de divers matériaux permet d'orienter les animaux et les obliger à distinguer les zones d'alimentation des zones d'excrétion. Les sols caillebotis en inox ou en plastique sont le plus souvent utilisés dans les salles de post-sevrage seuls ou en association avec du caillebotis béton. Une combinaison de différents matériaux se retrouve également en maternité.

3.2 ZONES ET PHENOMENES IMPLIQUES DANS LES EMISSIONS D'AMMONIAC AU BATIMENT

3.2.1 FACTEURS D'INFLUENCE DES EMISSIONS DE NH_3 EN BATIMENT

Les émissions de NH_3 au sein des bâtiments proviennent essentiellement des préfosses de stockage du lisier et des zones souillées par les déjections dans les enclos. Le type de sol et la surface d'émissions influent sur le niveau de volatilisation. La part des émissions attribuable aux sols est fortement dépendante de leur souillure et de la saison (Danish Ministry of the Environment, 2014). Les facteurs impliqués dans la volatilisation de l'ammoniac sont :

- la configuration et la gestion du bâtiment et des stockages des déjections à l'intérieur,
- le système de ventilation et le débit d'air,
- la température,
- le stade physiologique,
- la quantité et la qualité des déjections stockées,
- le type de sol.

Les émissions de NH_3 sont également favorisées par la différence de concentration en ammoniac dans les effluents et l'air situé à la surface de ces des effluents (JRC Science for policy report, 2017).

Le pourcentage de volatilisation en bâtiment des gaz azotés en système « lisier » est estimé à 24% de l'azote excrété par les animaux (Dourmad, et al., 2015). Cette valeur a été revue à la baisse par rapport à celle retenue par le CORPEN[4] en 2003 où elle était évaluée à 25%. Cette actualisation résulte de l'analyse d'une base de données bibliographiques répertoriant des valeurs d'émissions d'itinéraires techniques proches de ceux employés en France.

Comme susmentionné, la température et la ventilation ont une influence sur la volatilisation d'ammoniac. A titre informatif, sont données les valeurs recommandées de ces paramètres aux Pays-Bas et en France.

Tableau 2 : Consignes de renouvellement d'air et de températures recommandées en production porcine aux Pays-Bas (Source : PTC+, 2017)

Stade physiologique	Fourchette de débit min (m^3/h)	Fourchette de débit max (m^3/h)	Température (°C)
Truies gestantes	14-25	120-150	20-22
Truies allaitantes	18-25	200-250	20-23
Post-sevrage	2-9	10-25	22-26
Porcs de production	6-20	20-80	21-25

[4] Comité d'orientation pour des pratiques respectueuses de l'environnement

Tableau 3 : Débit de ventilation et températures dans les bâtiments porcins en France (Source : (JRC Science for policy report, 2017))

Catégories animales	Débit de ventilation (m^3/h/emplacement)	Température du bâtiment(°C)
Truies en attente saillie et gestante (hiver)	25-150	20-22
Truies allaitantes	35-250	22-24
Porcelets en post sevrage	3-30	24-28
Porcs de production	8-65	22-25

En complément, on peut signaler que les températures moyennes au Danemark se situent aux alentours de 17-18°C. Les performances zootechniques des animaux et la valorisation de l'alimentation seraient optimales dans la fourchette de température rencontrées dans les élevages (Espagnol & Leterme, 2010).

3.2.2 COMPORTEMENT DE L'AMMONIAC ET VOLATILISATION

Dans le lisier, l'ammoniac est présent sous fome d'ions NH_4^+ et de NH_3 libre. L'azote ammoniacal total correspond à la somme de ces deux formes. Seul le NH_3 libre se volatilise à la surface du lisier. L'équilibre ammonium-ammoniac décrit par l'équation ci-après, est influencé par la température et le pH.

$$NH_4^+{}_{(l)} \leftrightarrow NH_3{}_{(l)} + H^+.$$

La volatilisation de NH_3 suit la loi de Henry. La pression partielle de $NH_3{}_{(g)}$ est proportionnelle à la concentration de NH_3 dans la phase liquide. Plus cette dernière est élevée, plus la pression partielle et donc la volatilisation sont importantes (Groot Koerkamp, 1994). Le transfert de NH_3 du lisier vers l'atmosphère à la surface du lisier est favorisé par des différences de concentration en NH_3 gazeux entre ces deux milieux. Dans la phase liquide, le pH détermine la prédominance de la forme NH_4^+ ou de la forme NH_3. Un pH basique déplace l'équilibre vers la formation de NH_3, d'où une volatilisation plus importante (Danish Ministry of the Environment, 2014). Des gradients de concentration interviennent dans le processus d'émissions de NH_3.

La formation de l'ammoniac résulte principalement de la dégradation de l'urée contenu dans l'urine. L'hydrolyse de l'urée est catalysée par l'uréase, enzyme produit par des micro-organismes contenus dans les fèces. L'activité de l'uréase est affectée par la température, le pH et le taux de matière sèche du lisier. Les émissions de NH_3 se produisent dès la formation d'azote ammoniacal sur le sol (Degré, Verhève, & Debouche, 2001) (Danish Ministry of the Environment, 2014).

3.3 MTD RELATIVES AU LOGEMENT DES PORCS

Différents paramètres influencent le niveau d'émission d'ammoniac dans les bâtiments sur lesquels il est possible d'agir :

- les mesures nutritionnelles (MTD 3) visant à réduire les quantités d'azote excrété limitent la volatilisation des émissions de NH_3 à toutes les étapes de gestion des effluents (bâtiment, stockage et épandage),
- le contrôle de l'ambiance au sein du bâtiment. Les émissions gazeuses sont favorisées par des températures et des débits de ventilation élevés.

Cependant, il est important de noter que la température et le débit de ventilation sont deux paramètres liés, il faut donc parvenir à un équilibre dans leur régulation tout en respectant les besoins des animaux,

- l'optimisation de la conception du bâtiment. Plusieurs aspects dans le bâtiment doivent être particulièrement étudiés pour limiter les émissions de NH_3. Pour cela, différents principes peuvent être appliqués :
  - réduction de la surface d'émission des effluents,
  - augmentation de la fréquence d'évacuation des effluents vers un ouvrage de stockage externe,
  - refroidissement du lisier
  - modification des propriétés physico-chimiques du lisier,
  - élevage sur des surfaces lisses et faciles à nettoyer
  - maintien d'une litière propre et sèche.

Les MTD ont été sélectionnées à l'issue de l'analyse des données remontées par les Etats Membres et les représentants de la profession en vue de respecter les niveaux d'émissions d'ammoniac à atteindre définis sur la base des performances des sites étudiés dans le cadre de la révision du BREF. Ces techniques ne sont ni exhaustives ni prescriptives, ce qui signifie qu'il est possible de mettre en œuvre d'autres approches, sous réserve d'apporter la preuve d'un niveau de performances équivalent par rapport aux émissions d'ammoniac. Ces techniques sont récapitulées dans le tableau 4.

MTD 30 : réduction des émissions d'ammoniac dans l'air issu d'un bâtiment d'élevage de porc.

MTD 30. Afin de réduire les émissions atmosphériques d'ammoniac provenant de chaque bâtiment d'hébergement de porcs, la MTD consiste à appliquer une ou plusieurs des techniques ci-dessous.

Tableau 4 : MTD applicables au logement des porcs (Source : (JRC Science for policy report, 2017))

	Technique	Stades physiologiques	Applicabilité
A	Une des techniques ci-après, qui met en œuvre un ou plusieurs des principes suivants : i) réduction de la surface d'émission d'ammoniac ; ii) augmentation de la fréquence d'évacuation du lisier (des effluents d'élevage) vers une installation de stockage extérieure ; iii) séparation des urines et des fèces ; iv) maintien d'une litière propre et sèche.		
	0.Préfosse (dans le cas d'un sol en caillebotis intégral ou en caillebotis partiel) uniquement si couplée à une mesure d'atténuation supplémentaire, par exemple : — une combinaison de techniques de gestion nutritionnelle ;	Tous les porcs	Non applicable aux nouvelles unités, sauf si la fosse profonde est utilisée en association avec un système de d'épuration d'air, le refroidissement du lisier

	— un système d'épuration d'air ; — la réduction du pH du lisier ; — le refroidissement du lisier		et/ ou la réduction du pH du lisier.
	1.Système de vide pour l'évacuation fréquente du lisier (dans le cas d'un sol en caillebotis intégral ou en caillebotis partiel).	Tous les porcs	N'est pas nécessairement applicable aux installations d'élevage existantes en raison de considérations techniques et/ou économiques.
	2.Murs inclinés dans le canal à effluents d'élevage (dans le cas d'un sol en caillebotis intégral ou en caillebotis partiel).	Tous les porcs	
	3.Racleur pour l'évacuation fréquente du lisier (dans le cas d'un sol en caillebotis intégral ou en caillebotis partiel).	Tous les porcs	
	4.Évacuation fréquente du lisier par chasse (dans le cas d'un sol en caillebotis intégral ou en caillebotis partiel).	Tous les porcs	N'est pas nécessairement applicable aux installations d'élevage existantes en raison de considérations techniques et/ou économiques. Si la fraction liquide du lisier est utilisée pour la chasse, cette technique n'est pas nécessairement applicable aux installations d'élevage situées à proximité de zones sensibles en raison des pics d'odeurs qu'elle génère.
	5.Dimensions restreintes de la fosse à effluents d'élevage (dans le cas d'un sol en caillebotis partiel).	Truies en attente de saillie et truies gestantes Porcs de production	N'est pas nécessairement applicable aux installations d'élevage existantes en raison de considérations techniques et/ou économiques.
	6.Système sur litière intégrale (dans le cas d'un sol en béton plein).	Truies en attente de saillie et truies gestantes Porcelets en post-sevrage Porcs de production	Les systèmes à base d'effluents d'élevage solides ne sont pas applicables aux nouvelles unités sauf si cela peut se justifier pour des raisons de bien-être animal. N'est pas nécessairement applicable aux unités à ventilation statique dans les régions à climat chaud ni aux unités existantes à ventilation dynamique pour porcelets en post-sevrage et porcs de production. La MTD 30.a.7 peut nécessiter beaucoup d'espace disponible.
	7.Hébergement de type niche/box couvert (dans le cas d'un sol en caillebotis partiel).	Truies en attente de saillie et truies gestantes Porcelets en post-sevrage Porcs de production	
	8.Système à écoulement de paille (dans le cas d'un sol en béton plein).	Porcelets en post-sevrage Porcs de production	
	9.Sol convexe avec séparation du canal d'effluents d'élevage et du canal d'eau (dans le cas des cases avec sol en caillebotis partiel).	Porcelets en post-sevrage Porcs de production	N'est pas nécessairement applicable aux unités existantes en raison de considérations techniques et/ou économiques.
	10.Cases avec litière et production d'effluents d'élevage associée (lisier et effluents solides).	Truies en maternité	Non applicable aux unités existantes ne disposant pas de sols pleins en béton.
	11.Boxes de nourrissage/de couchage sur sol plein (dans le cas des cases avec litière).	Truies en attente de saillie et truies gestantes	

	12.Bac de récolte des effluents d'élevage (dans le cas d'un sol en caillebotis intégral ou en caillebotis partiel).	Truies en maternité	Applicable d'une manière générale.
	13.Collecte des effluents d'élevage dans l'eau.	Porcelets en post-sevrage Porcs de production	N'est pas nécessairement applicable aux unités existantes en raison de considérations techniques et/ou économiques.
	14.Tapis de collecte des effluents d'élevage en forme de V (dans le cas d'un sol en caillebotis partiel).	Porcs de production	
	15.Combinaison de canaux d'eau et de canaux à effluents d'élevage (dans le cas d'un sol en caillebotis intégral).		
	16.Allée extérieure recouverte de litière (dans le cas d'un sol en béton plein).	Porcs de production	Non applicable dans les régions à climat froid. N'est pas nécessairement applicable aux unités existantes en raison de considérations techniques et/ou économiques.
B	Refroidissement du lisier.	Tous les porcs	Non applicable dans les cas suivants : — s'il n'est pas possible de réutiliser la chaleur; — si on utilise de la litière
C	Utiliser un système d'épuration d'air tel que : 1. laveur d'air à l'acide ; 2. système d'épuration d'air à deux ou trois étages ; 3. biolaveur.	Tous les porcs	N'est pas nécessairement applicable d'une manière générale en raison des coûts élevés de mise en œuvre. Applicable aux unités existantes uniquement en cas d'utilisation d'un système de ventilation centralisé.
D	Acidification du lisier.	Tous les porcs	Applicable d'une manière générale.
E	Utilisation de balles flottantes dans le canal à effluents d'élevage.	Porcs de production	Non applicable aux unités équipées de fosses à parois inclinées ni aux unités qui évacuent le lisier par chasse.

Pour être conforme à la MTD, il convient d'appliquer une ou plusieurs des techniques parmi les techniques A (de A0 à A16), B, C, D, E énoncées ci-avant et de respecter les niveaux d'émissions associés aux MTD (NEA-MTD) récapitulés dans le tableau ci-après. A noter que le choix de la technique A.0 impose de la coupler à une technique de réduction additionnelle (se référer aux exemples).

Tableau 5 : NEA-MTD porcs (Source: (JRC Science for policy report, 2017))

Catégories animales	Valeurs (kg NH_3/place/an)
Truies gestantes/attente reproduction	0,2-2,7 (5,2)[5]
Truies allaitantes	0,4-5,6 (7,5)
Porcs de production	0,1-2,6 (5,65)
Post-sevrage	0,03-0,53 (0,7)

Les techniques de réduction des émissions d'ammoniac au bâtiment qui sont détaillées dans les parties suivantes ont été groupées en trois grandes catégories établies sur le principe de réduction des émissions de NH_3. Plusieurs techniques partagent des éléments de similarité et pourraient appartenir à plusieurs catégories. A noter que les MTD se distinguent selon leur applicabilité aux différents stades physiologiques.

[5] Les valeurs entre parenthèses correspondent aux valeurs applicables aux installations existantes.

4. REDUCTION DE LA SURFACE D'EMISSION

La réduction de la surface d'émission de la préfosse réduit les émissions d'ammoniac car elle limite l'interface de contact entre le lisier et l'air. Plusieurs des techniques présentées ici sont des variantes l'une de l'autre.

4.1 CAILLEBOTIS PARTIEL

4.1.1 DESCRIPTION

Le caillebotis partiel associe une partie en lattes à une partie pleine à la différence du caillebotis intégral qui est constitué exclusivement de lattes. Les caractéristiques des matériaux utilisés (béton, métal/inox ou plastique), la forme des lattes (plates, triangulaires, …) et leur espacement influencent les propriétés de drainage du sol ainsi que le comportement des animaux. Des lattes transverses sont considérées comme les plus efficientes en matière de drainage alors que des lattes circulaires ou semi-circulaires offrent des performances moindres par rapport aux ouvertures rectangulaires traditionnelles car elles sont plus sensibles aux blocages. L'utilisation de matériaux composites est en augmentation. La partie pleine du sol réduit la surface d'émission de la fosse de stockage situé au-dessous (JRC Science for policy report, 2017).

Les émissions de NH_3 sont corrélées à la densité animale, aux comportements des animaux et à la température. En conditions normales, les animaux, si leur environnement le permet, définissent des zones de nourrissage, de repos et des zones d'excrétion. Toutefois, lorsque la température augmente dans les bâtiments , ils auraient tendance à souiller les parties solides pour pouvoir se refroidir. De même, en fin de période d'engraissement, le manque de place peut conduire les animaux à déféquer à la fois sur les parties pleines et sur le caillebotis (Philippe, Cabaraux, & Nicks, 2011).

Figure 2 : Caillebotis partiel (Source : (Van Gansbeke)

4.1.2 APPLICABILITE

Ce système est généralement applicable à tous les stades physiologiques et à tous les bâtiments.

4.1.3 BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

Le caillebotis partiel réduirait les émissions ammoniacales de 15-20 % par rapport à un caillebotis intégral et ce, plus particulièrement si les lattes sont métalliques ou plastifiées. Pour toutes les techniques comprenant un sol en caillebotis partiel, l'efficacité sur les émissions d'ammoniac dépend étroitement de la propreté des zones de sol plein (JRC Science for policy report, 2017).

Ce bénéfice environnemental ne serait pas vérifié en France où le caillebotis partiel est considéré comme plus émissif. Une étude menée en 2001 faisait état d'une augmentation des émissions d'ammoniac contrairement aux résultats obtenus aux Pays-Bas. Ces différences s'expliqueraient en partie par une température plus élevée dans les bâtiments français, influençant le comportement des animaux et notamment leur capacité à distinguer les zones de repos des zones de défécation. La comparaison des résultats français et des résultats néerlandais montre qu'à débit de ventilation équivalent, la température est inférieure de 4°C dans le bâtiment aux Pays-Bas. L'air entrant étant refroidi grâce à un échangeur de chaleur. Cette diminution de la température inciterait les porcs à utiliser le gisoir comme zone de repos et à mieux distinguer les différentes parties de la case. Toutefois, des travaux menés par l'IFIP sur l'influence de la température sur des porcs à l'engrais mettent en évidence une dégradation des performances zootechniques sans bénéfices sur les émissions de NH_3 (Guingand, 2011). De même, en hiver, les parties pleines des sols seraient chauffés aux Pays-Bas afin que les porcs n'utilisent pas cette zone comme une zone de défécation (Guingand & Granier, 2001).

4.1.4 DONNEES ECONOMIQUES ET OPERATIONNELLES

Le pourcentage de partie pleine n'est pas fixe. Un sol en caillebotis partiel implique l'adaptation du modèle d'élevage sans quoi les performances environnementales et zootechniques s'en trouveront dégradées. L'optimisation du ratio entre la surface en caillebotis et la surface de sol plein est cruciale. En effet, une part plus importante de sol plein a pour conséquence d'accroitre le dépôt de lisier sur celui-ci et ainsi les émissions d'ammoniac. L'autre aspect à intégrer lors de la conception du sol est sa capacité à favoriser le ruissellement de l'urine vers les zones de stockage. Une densité animale trop élevée et la difficulté à maintenir une température fraîche dans les salles conduisent à une augmentation des émissions de NH_3 (JRC Science for policy report, 2017).

4.1.5 EFFETS CROISES

L'utilisation de caillebotis partiel implique une gestion différente de l'ambiance comme expliqué ci-avant et des opérations de nettoyage qui peuvent être plus fréquentes, engendrant une consommation d'eau plus importante (JRC Science for policy report, 2017).

4.2 DIMENSIONS RESTREINTES DE LA PREFOSSE A EFFLUENTS D'ELEVAGE

4.2.1 DESCRIPTION

Associée à un sol en caillebotis partiel, la largeur de la préfosse est limitée à 60 cm environ. Pour les logements individuels de truies, l'urine et les fèces sont collectées à l'arrière de la logette d'où ils sont évacués via un système d'égout central par l'ouverture d'une valve. L'inclinaison du canal à lisier ou de la préfosse peut favoriser l'écoulement des effluents. Il est possible d'associer ces systèmes à des racleurs.

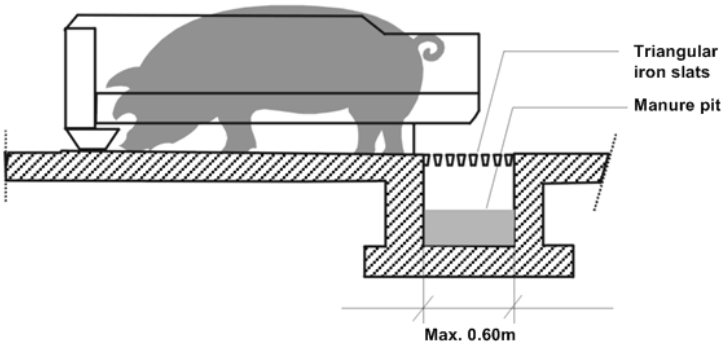

Figure 3 : Logement individuel truie sur caillebotis partiel et fosse réduite (Source : (JRC Science for policy report, 2017)

Figure 4 : Logette associée à une fosse réduite (Source : INERIS, 2017)

Cette MTD est aussi utilisée en Italie pour l'élevage sans contention des porcs de production et des truies. Les animaux sont élevés sur un sol plein et accèdent à une allée externe en caillebotis sous laquelle est située la préfosse (figure n°4).

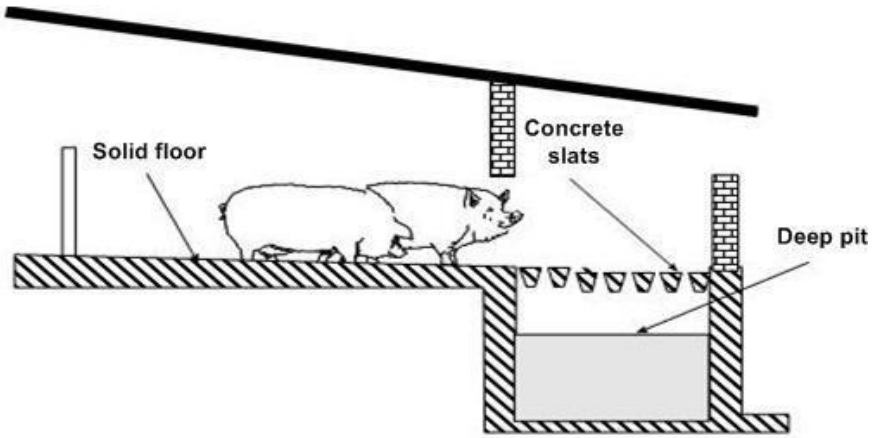

Figure 5: Logement groupé sur caillebotis partiel et fosse réduite (Source : (JRC Science for policy report, 2017))

4.2.2 APPLICABILITE

Pour les bâtiments existants, ces systèmes sont difficilement applicables, notamment en raison des coûts élevés de rénovation et des éventuelles limites techniques.

Cette MTD est applicable aux truies et aux porcs de production si la structure dispose déjà d'un sol plein en béton, une extension avec une allée externe associée à une préfosse peut être construite.

Dans le cas des truies gestantes, ce mode de rétention associé au logement individuel n'est appliqué que pour des périodes relativement limitées car depuis 2013, il est interdit de les maintenir en logement individuel 4 semaines après l'insémination et jusqu'à une semaine avant la date prévisionnelle de parturition (JRC Science for policy report, 2017).

4.2.3 BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

Les facteurs d'abattement retenus par l'UNECE[6] sont compris dans une fourchette de 25-35 % (Bittman, 2014).

La diminution de la surface d'émission combinée à une évacuation rapide du lisier et à des lattes triangulaires réduiraient les émissions ammoniacales de 20 à 40 % (JRC Science for policy report, 2017).

4.2.4 DONNEES ECONOMIQUES ET OPERATIONNELLES

L'étroitesse de la fosse peut être contrebalancée par une profondeur plus importante ou bien un retrait plus fréquent du lisier si la capacité de stockage externe le permet (JRC Science for policy report, 2017). Il n'y aurait pas de surcoûts pour la mise en place de cette technique lors de la construction du bâtiment. Les données économiques mentionnées dans le BREF sont relativement hétérogènes et sont retranscrites ici à titre d'exemple.

[6] United Nations Economic Commission for Europe

Tableau 6 : Exemples de données économiques
(Source : (JRC Science for policy report, 2017)

Stade physiologique	Description	Investissements	Fonctionnement	Références
Truies gestantes	Bâtiment existant Comblement de 50% de la surface d'un caillebotis intégral : caillebotis partiel et réduction de 50% de la surface.	Surcoûts de 5,7 à 6,8 €/emplacement/an.	Non précisé	Espagne, 2009
	Bâtiment neuf	Surcoûts de 450 €/emplacement(logement individuel) et 292 €/emplacement (en groupe)	Non précisé	Belgique, 2010
	Bâtiment existant (inclus les travaux d'adaptation de la fosse et l'augmentation de la capacité de stockage externe).	Surcoût de 671 €/emplacement (logement individuel) et 472 €/emplacement (en groupe)	Non précisé	Belgique, 2010
Porcs de production	Bâtiment existant-réduction de la taille de la préfosse d'un bâtiment initialement en caillebotis intégral.	3,6 à 4,33 €/emplacement/an.	Non précisé	Espagne 2006- et 2009

4.2.5 EFFETS CROISES

Aucun effet croisé supplémentaire par rapport au caillebotis partiel n'a été identifié.

4.3 ASSOCIATION DE CANAUX D'EAU ET DE CANAUX A EFFLUENTS

4.3.1 DESCRIPTION

La truie est maintenue en place à un endroit précis (au moyen d'une cage de mise-bas) et la zone de défécation est clairement délimitée. La préfosse à effluents d'élevage est scindée en un large canal d'eau à l'avant et un petit canal à effluents à l'arrière pour réduire la surface d'effluents exposée. Le canal avant est partiellement rempli d'eau. Le caillebotis est constitué de lattes métalliques ou plastiques (JRC Science for policy report, 2017).

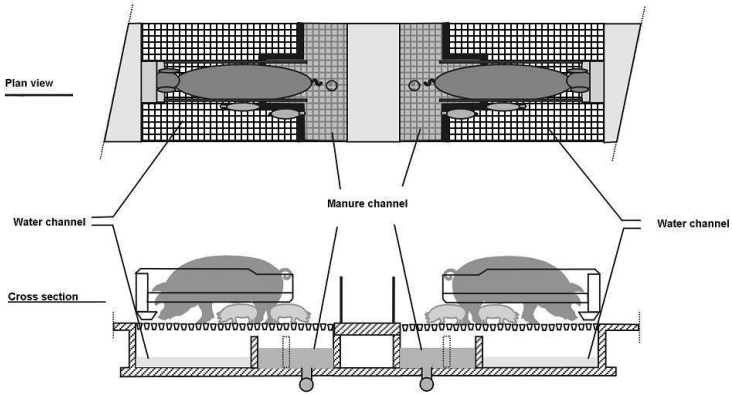

Figure 6 : Représentation schématique des logements de truies allaitantes avec canaux à eau et lisier séparés
(Source : (JRC Science for policy report, 2017))

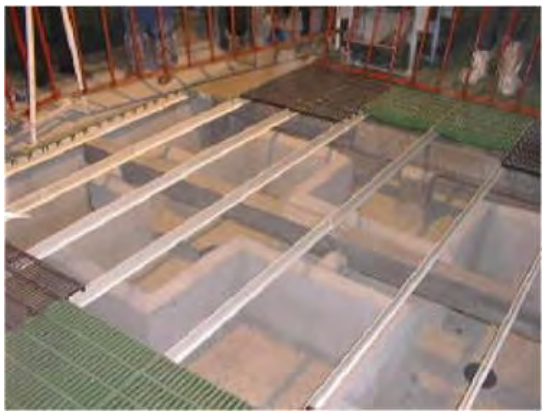

Figure 7 : Vue sous caillebotis de la configuration des canaux
(Source : (JRC Science for policy report, 2017))

4.3.2 APPLICABILITE

Cette technique est applicable aux truies allaitantes. Sa mise en place lors de la rénovation d'un bâtiment existant en caillebotis intégral et préfosse profonde est possible. Il est nécessaire que des exutoires soient présents dans chacune des préfosses afin de pouvoir évacuer les effluents. Dans le cas contraire, la préfosse existante doit être entièrement reconstruite tout comme le système d'évacuation.

Si initialement, le sol est en caillebotis partiel, il doit être remplacé par du caillebotis intégral (JRC Science for policy report, 2017)

4.3.3 BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

Les réductions observées en Belgique et aux Pays-Bas sont de 50% des émissions de NH_3 soit une émission de 4,0 kg de NH_3/emplacement/an. Ce même facteur d'abattement a été retenu dans le guide de l'UNECE (Bittman, 2014) (JRC Science for policy report, 2017).

4.3.4 DONNEES OPERATIONNELLES ET ECONOMIQUES

Le contenu des deux canaux est généralement évacué vers le même ouvrage de stockage et l'eau est changée après chaque bande.

L'investissement nécessaire à l'application de cette technique est 15% plus élevé par rapport au système standard ce qui équivaut à 433 €/place lors de la construction d'un nouveau bâtiment selon une évaluation belge de 2010. Ce surcoût englobe la construction d'un ouvrage de stockage supplémentaire de 300 m^3 permettant de compenser la diminution de la capacité de stockage au sein du bâtiment. Le surcoût n'est plus que de 316 €/place de truies allaitantes sans ouvrage de stockage additionnel. Si cette technique est mise en place lors de la rénovation d'un bâtiment, le montant de l'investissement est d'environ de 2 434 €/emplacement si le bâtiment est déjà en caillebotis intégral et de 4 565 €/emplacement si le sol est en caillebotis partiel. En Espagne, en 2009, les surcoûts ont été estimés à environ 20 €/place/an si la technique était installée dans un bâtiment existant et à 4 €/place/an dans une construction nouvelle. D'après l'UNECE, le surcoût d'investissement est de 2 €/place/an si la technique est intégrée lors de la conception du bâtiment (JRC Science for policy report, 2017) (Bittman, 2014).

4.3.5 EFFETS CROISES

Pour les techniques nécessitant le remplissage du canal à eau, cela peut engendrer des dépenses en eau supplémentaire et nécessiter une augmentation des capacités de stockage (JRC Science for policy report, 2017)

4.4 MURS INCLINES DANS LE CANAL A EFFLUENTS D'ELEVAGE

4.4.1 DESCRIPTION

Le canal à effluents d'élevage forme un V à la base duquel se situe le point d'évacuation. La pente et la surface lisse facilitent le déversement du lisier. L'évacuation des effluents d'élevage a lieu au moins deux fois par semaine.

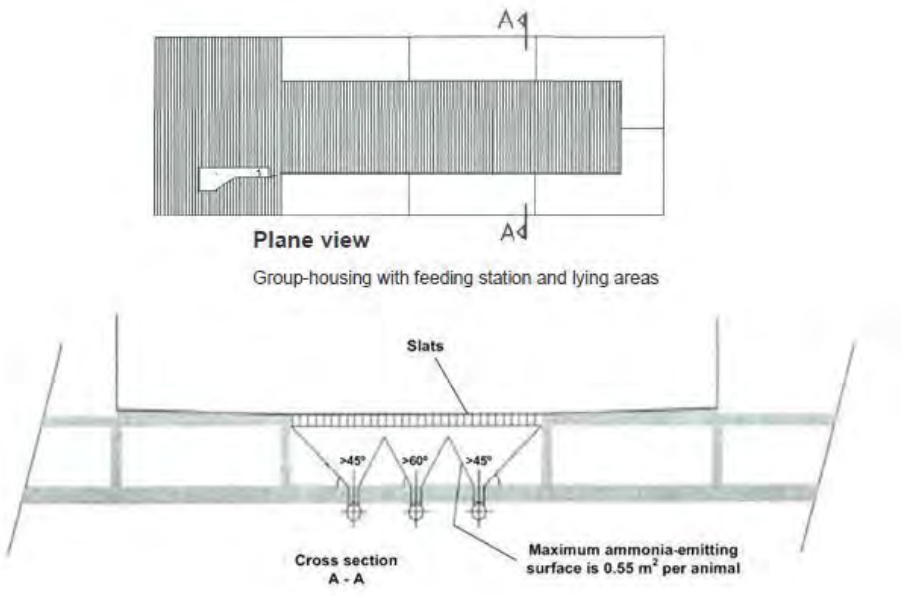

Figure 8 : Plan en coupe d'un enclos de truies avec parois inclinées du canal à lisier (Source : (JRC Science for policy report, 2017)).

Figure 9 : Parois inclinées dans un canal à lisier (Source : (Van Gansbeke)

4.4.2 APPLICABILITE

L'inclinaison des murs est applicable à tous les stades physiologiques et peut être combinée à un sol en caillebotis partiel ou intégral. Ce système peut être aisément adapté à des enclos individuels de truies gestantes lorsqu'ils sont convertis en logements de groupe si l'espace entre les stalles est suffisamment large.

4.4.3 BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

L'inclinaison d'un ou deux murs dans le canal à effluents d'élevage réduit la surface d'émission lorsque le niveau du lisier est abaissé grâce à l'évacuation fréquente du lisier. L'abattement des émissions d'ammoniac serait de 65% lorsque cette

configuration est associée à un caillebotis partiel. Le tableau ci-après récapitule les données d'abattement fournies dans le BREF.

Tableau 7 :Exemples de performances
(Source : (JRC Science for policy report, 2017))

Stade physiologique	Description du système	Abattement	Références
Porcs de production	1 ou 2 murs inclinés avec caillebotis partiel, canaux à eau et lisier	60-65%	UNECE, 2014
Post-sevrage	Caillebotis intégral et murs du canal inclinés évacuation en continu du lisier	65%	Espagne, 2010
Truies gestantes	Murs inclinés, vidange 2 fois/semaine	50%	Pays-Bas, 2010
	Groupes de truies	45%	UNECE, 2014

4.4.4 DONNEES ECONOMIQUES ET OPERATIONNELLES

Les données économiques fournies dans le BREF sont exprimées soit en €/emplacement/an soit en €/emplacement. Pour plus de lisibilité, il a été choisi de ne rapporter que celles exprimées en €/emplacement/an.

- Porcelets en post-sevrage. Cette technique mise en place dans des bâtiments nouveaux entraînerait un surcoût compris entre 0 et 2 €/emplacement/an. Dans le cas de bâtiment existant, son installation serait de 2 €/emplacement/an. Ces coûts proviennent des Pays-Bas et d'Espagne et datent de 2010 (JRC Science for policy report, 2017) (Bittman, 2014). Truies gestantes. Le surcoût est évalué à 16 €/emplacement/an dans le cas d'une nouvelle construction (Bittman, 2014). Sur la base de données néerlandaises de 2010, le surcoût varie de 10 à 15 €/emplacement/an.
- Truies allaitantes. La mise en œuvre dans un nouveau bâtiment est chiffrée à 2 €/emplacement/an (Bittman, 2014).
- Porcs de production. Cette technique entraînerait un surcoût de 3 à 5 €/emplacement/an sur la base de données néerlandaises de 2010. Sa mise en œuvre serait de l'ordre de 6-8 €/emplacement/an d'après une évaluation espagnole de 2010 (JRC Science for policy report, 2017).

Une longueur d'enclos en post-sevrage d'au-moins 2,75 m serait nécessaire afin de permettre la mise en place de cette technique. La surface maximale d'émission du canal à lisier est réduite à 0,55 m²/animal si le sol est en caillebotis partiel. Aux Pays-Bas, la température dans les salles d'hébergement de truies gestantes est aux alentours de 20°C et l'évacuation du lisier est bi-hebdomadaire.

4.4.5 EFFETS CROISES

Cette technique présente des effets croisés similaires à ceux évoqués pour le caillebotis partiel. En outre, une attention particulière est à apporter à la surface des murs ainsi qu'à l'angle formé par leur inclinaison pour éviter toute accumulation de lisier qui engendrerait une augmentation des émissions (JRC Science for policy report, 2017).

4.5 SOL CONVEXE AVEC SEPARATION DU CANAL D'EFFLUENTS D'ELEVAGE ET DU CANAL A EAU

4.5.1 DESCRIPTION

L'enclos est constitué d'un sol plein délimité de part et d'autre par deux canaux de collecte des effluents situés sous des caillebotis : l'un pour l'eau et la nourriture et le second pour le lisier. La partie pleine du sol, d'une largeur d'1,3 m environ est de forme convexe et permet l'écoulement bidirectionnel des effluents vers les canaux. Ces zones sous caillebotis visent à réduire le risque de salissure du sol plein.

Le canal à effluents d'élevage et le canal d'eau sont placés sur les côtés opposés du sol en béton plein convexe et lisse. Le canal d'eau est placé du côté de la case où les porcs ont tendance à aller manger et boire. L'eau de nettoyage des cases peut être utilisée pour remplir les canaux d'eau. Le canal est partiellement rempli d'eau, sur une hauteur d'au moins 10 cm. Le canal à effluents d'élevage peut être constitué de gouttières ajustées ou de parois inclinées qui sont normalement rincées par chasse deux fois par jour, par exemple avec l'eau provenant de l'autre canal ou avec la fraction liquide du lisier (teneur en matière sèche n'excédant pas 5% environ).

Tableau 8 : Valeurs indicatives des surfaces minimales par animal selon les stades physiologiques (Source : (JRC Science for policy report, 2017))

Stades	Porcelets en post sevrage	Porcs de production
Surface disponible par animal	0,4 m²/porcelet	
Surface disponible par animal sur partie solide	0,12 m²/porcelet	0,3 m²/porc à l'engrais
Largeur minimale du canal à lisier	0,6-0,9 m	1,10 m
Surface émettrice maximale	0,10 m²/porcelet	0,18-0,27 m² par porc (0,11 m² si les deux murs du canal à lisier forment un V)

Dans les systèmes présentés dans le BREF, la partie en caillebotis ne dépassait pas 37% de la surface de la case.

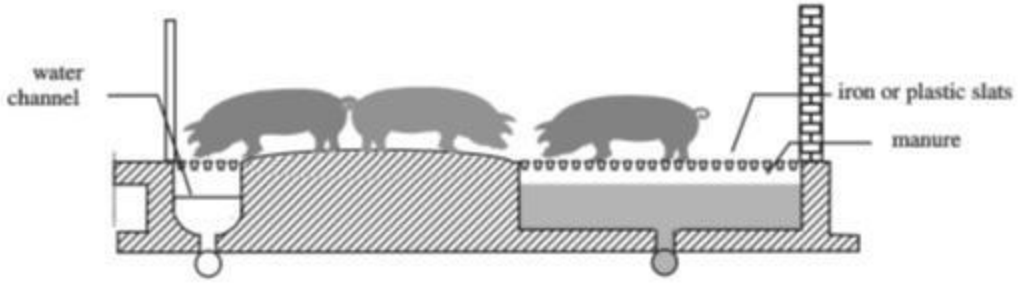

Figure 10 : Sol plein convexe et préfosses fosses indépendantes de collecte de lisier et d'eau (Source : (JRC Science for policy report, 2017))

Figure 11 : Sol plein convexe et préfosses indépendantes de collecte de lisier et d'eau (Source : INERIS,2017)

Il existe une variante de ce système où les parois de la préfosse à lisier sont inclinées avec des angles de 45 et 60° afin de réduire encore plus la surface d'émissions.

4.5.2 APPLICABILITE

Cette technique est applicable dans les bâtiments d'élevage de porcelets en post-sevrage et de porcs à l'engraissement. Dans les bâtiments existants, l'applicabilité dépend de la configuration initiale de la préfosse. La rénovation du système et sa scission en deux canaux peuvent s'avérer difficiles et onéreuses. En effet, il peut être nécessaire de déconstruire le fond de la préfosse pour modifier le système d'évacuation du lisier. Par contre, si l'enclos comprend déjà une partie centrale convexe, la mise en place de parois inclinées ou de gouttières est relativement aisée (JRC Science for policy report, 2017).

4.5.3 BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

La diminution des émissions d'ammoniac résulte de la combinaison de la réduction de la surface d'émissions du lisier et de la présence d'un canal de collecte sous la zone de nourrissage. L'abattement attribué à ce système varie de 40-50 % par rapport à un système standard en bâtiment d'engraissement. Il peut atteindre 65% lorsque le canal de collecte de lisier a des parois en V. Ce même pourcentage de réduction a été retenu en post-sevrage par l'UNECE. Le niveau d'abattement est

corrélé à la taille du canal de collecte (Bittman, 2014) (JRC Science for policy report, 2017).

4.5.4 DONNEES OPERATIONNELLES ET ECONOMIQUES

Le canal à eau placé sous la zone de nourrissage doit contenir au moins 10 cm d'eau pour les porcs à l'engrais et 5 cm pour les porcelets en post-sevrage afin de diluer les déjections qui pourraient éventuellement tombées dans cette zone et limiter le développement des mouches Une largeur maximale de 65 cm est reportée. Le canal de collecte des effluents peut aussi être construit avec des gouttières ou des murs inclinés comme présentés ci-avant. Après chaque bande, un nettoyage complet des canaux et des enclos doit être fait.

Tableau 9 : Exemples de données économiques (JRC Science for policy report, 2017)

Stade physiologique	Description	Investissement	Fonctionnement	Références
Porcs de production	Nouveau bâtiment	30 à 39 €/emplacement (comparé à un caillebotis partiel)	3 à 5 €/emplacement /an selon que le caillebotis est en béton ou en métal	Pays-Bas, 2010 Le surcoût annuel est de 2 €/emplacement par rapport au système standard.
	Bâtiment existant. Rénovation d'un bâtiment en caillebotis intégral et préfosse.	344 €/emplacement ou de 168 €/emplacement pour le caillebotis partiel.		Belgique, 2005
	Nouveau bâtiment	Surcoût de 2€/emplacement		Pays-Bas, 2014
Porcelets en post sevrage	Bâtiment existant	Surcoût de 13 €/emplacement (comparé à un caillebotis partiel	2 €/emplacement /an (charges supplémentaires)	Pays-Bas, 2010
	Bâtiment existant.	45 €/emplacement Si préfosse aux murs inclinés et disposant de canaux à eau et à lisier, rénovation est de.		Belgique, 2010

4.5.5 EFFETS CROISES

Aucun effet croisé supplémentaire n'a été identifié par rapport au caillebotis partiel.

4.6 BAC DE COLLECTE

Un bac ou préfosse préfabriqué est placé sous le caillebotis. Le bac est plus profond d'un côté et le fond, incliné suivant une pente d'au moins 3°, rejoint un canal central à effluents qui se déversent quand leur niveau dans le bac atteint environ 12 cm. Le bac peut être subdivisé en canal à eau et canal à effluents. De manière à faciliter le nettoyage et la non adhérence du lisier, le matériau constitutif du bac ou de la préfosse préfabriquée peut être lissé et traité contre la corrosion (JRC Science for policy report, 2017). La séparation en deux canaux réduit la surface d'émission, le canal rempli d'eau permet de diluer les éventuelles déjections qui pourraient y être déposées (JRC Science for policy report, 2017).

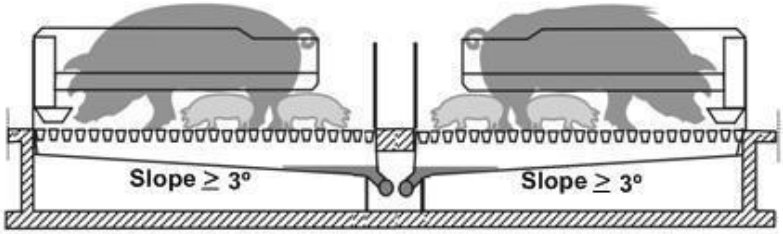

Figure 12 : Schéma bac de collecte
(Source : (JRC Science for policy report, 2017))

4.6.1 APPLICABILITE

Cette technique est applicable aux truies allaitantes dans des bâtiments existants et dans des bâtiments neufs. Sa mise en place est possible quelle que soit la configuration de l'enclos et le type de caillebotis. Cependant, le coût de la modification du système d'évacuation du lisier peut être élevé. Ce système est principalement employé aux Pays-Bas.

4.6.2 BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

Les émissions de NH_3 sont réduites grâce à la diminution de la surface d'émission à 0,8 m² par emplacement, à la séparation des canaux de collecte eau et effluents et le retrait fréquent du lisier par le système d'égout. L'abattement des émissions de NH_3 donné par le BREF est de 65% ; le même facteur a été retenu par l'UNECE. Des résultats identiques ont été observés en Belgique et aux Pays-Bas. Toutefois, les données fournies par l'Espagne sont plus faibles, de l'ordre de 32% (JRC Science for policy report, 2017).

4.6.3 DONNEES ECONOMIQUES ET OPERATIONNELLES

Les surcoûts d'investissement calculés en Espagne en 2009 par rapport à un système standard sont compris entre 17 et 21 €/emplacement/an pour un nouveau bâtiment et entre 31 et 37 €/emplacement/an pour la rénovation d'un bâtiment existant. Aux Pays-Bas, en 2010, le surcoût a été évalué à 270 €/emplacement et

si la fosse préfabriquée comprend un canal à eau et un canal à effluents, le surcoût était de 295 €/emplacement (JRC Science for policy report, 2017).

Le diamètre interne de l'exutoire devrait être d'au moins 90 mm et le diamètre du tuyau d'évacuation de 110 mm. Si la préfosse dispose d'un canal à eau, une hauteur d'au moins 5 cm y serait nécessaire (JRC Science for policy report, 2017).

4.6.4 EFFETS CROISES

Aucun effet croisé autre que relatif à des notions de bien-être animal n'a été répertorié concernant cette technique.

4.7 BALLES DANS LA FOSSE A LISIER

4.7.1 DESCRIPTION

L'ajout de balles flottantes dans la préfosse sous caillebotis réduit la surface d'émission du lisier. Elles sont en plastique à revêtement non collant et à moitié remplies d'eau. L'axe des balles change lorsque les fèces tombent à leur surface, entraînant leur pivotement et l'écoulement des excréments dans la préfosse à lisier.

Figure 13 : Schéma explicatif du principe de fonctionnement des balles (Source : (JRC Science for policy report, 2017).

Figure 14 : Balles disposées dans une préfosse (Source : Balansbal®)

4.7.2 APPLICABILITE

Selon les conclusions MTD, ce système est applicable aux porcs de production. Les balles ne peuvent être appliquées que dans des préfosses aux murs verticaux et jamais complétement vidées (JRC Science for policy report, 2017).

Néanmoins, aucun élément tangible n'explique sa non applicabilité aux autres stades physiologiques. Ses performances n'ont, semble-t-il, été vérifiées qu'en porcherie d'engraissement.

4.7.3 BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

L'UNECE a attribué un facteur de réduction de 25% des émissions d'ammoniac, tous stades confondus. Le facteur d'abattement retenu par les autorités néerlandaises est de 29% indépendamment du stade physiologique (Ministère de l'environnement néerlandais, 2017). Le niveau d'émission mesuré en porcherie d'engraissement utilisant cette technique est de 2,3 kg de NH_3/emplacement/an (JRC Science for policy report, 2017).

4.7.4 DONNEES OPERATIONNELLES ET ECONOMIQUES

La réduction potentielle maximale de la surface d'émission du lisier est de 70% soit une densité de 18 balles/m² pour des balles d'un diamètre de 225 mm (densité maximale). Le niveau de lisier dans la préfosse doit permettre le mouvement libre des balles et leur inclinaison. De manière similaire, lors de l'évacuation des effluents, un volume suffisant doit demeurer dans la fosse pour que les balles puissent continuer à flotter et il n'est pas nécessaire/prévu de les retirer. Il n'y a pas ou peu d'opérations de maintenance associée à cette technique et les coûts opérationnels sont inexistants. Il faut seulement effectuer des vérifications régulières des balles pour s'assurer que le lisier ne reste pas collé.

L'investissement est déterminé par la surface de lisier à couvrir, il est approximativement de 31 € HT/emplacement de porc charcutier soit environ 1 m² et le surcoût est estimé à 2 €/emplacement/an selon des données néerlandaises de 2013.

Le fournisseur peut fournir une attestation mentionnant a minima, le nombre et le type de balles installées pour une vérification ultérieure de la mise en place de la technique (JRC Science for policy report, 2017).

4.7.5 EFFETS CROISES

Une charge de travail supplémentaire est affectée au nettoyage des balles après chaque cycle d'élevage si cela est nécessaire (JRC Science for policy report, 2017).

En pratique

La grande majorité des techniques de cette partie sont utilisées aux Pays-Bas. L'association du sol convexe et des canaux à lisier et à eau est couramment rencontrée aux Pays-bas pour l'élevage des porcelets en post sevrage. Si le canal de collecte à lisier comporte des parois en V mais qu'il est rempli au-delà d'un certain niveau, le bénéfice de la réduction de la surface d'émissions est perdu. Aussi, aux Pays-Bas, des déversoirs ont été mis en place dans les canaux pour s'assurer que ce niveau ne soit pas dépassé. La réduction de la surface d'émission grâce à l'ajout de balles dans les préfosses est intégré à la RAV-list mais ne permet pas à elle seule le respect des niveaux d'émissions réglementaires, elle y est donc considérée comme une mesure additionnelle et serait peu utilisée. Un seul fournisseur de balles y a été identifié. Les discussions n'ont pas permis d'affiner les aspects liés aux éventuelles opérations d'entretien des balles ou difficultés lors de la vidange des préfosses.

5. EVACUATION FREQUENTE DU LISIER

Le principe de réduction des émissions de NH_3 des MTD détaillées dans cette partie repose sur une diminution du temps de stockage des effluents en bâtiments sous les animaux. Selon les techniques, la fréquence d'évacuation est variable.

5.1 SYSTEME DE DEPRESSION

5.1.1 DESCRIPTION

Le lisier stocké dans la préfosse, est évacué par un phénomène d'aspiration. L'ouverture d'une valve crée une légère dépression qui permet un retrait complet du contenu de la préfosse. Les exutoires sont situés au fond de la préfosse et connectés à un système de transfert vers un ouvrage de stockage extérieur.

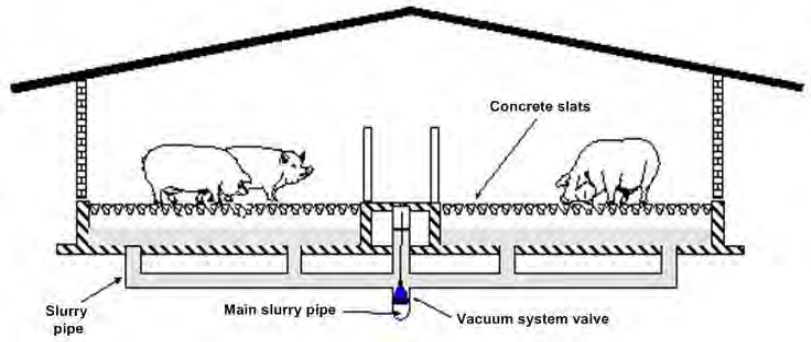

Figure 15: Bâtiment en caillebotis intégral avec système de dépression pour évacuer le lisier (Source : (JRC Science for policy report, 2017))

La fréquence d'évacuation peut être d'1 à 2 fois par semaine, elle dépend avant tout de la capacité de stockage située sous les animaux et de leurs poids.

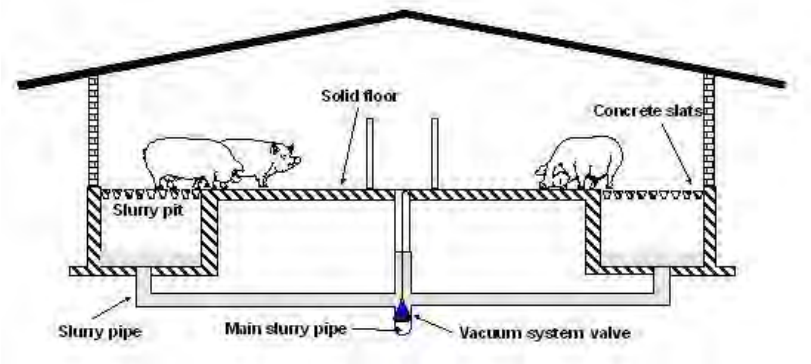

Figure 16 *: Bâtiment en caillebotis partiel avec système de dépression pour évacuer le lisier (Source : (JRC Science for policy report, 2017))*

5.1.2 APPLICABILITE

L'évacuation fréquente par dépression est applicable à tous les stades. Sa mise en œuvre dans des bâtiments existants peut être freinée par son coût et par des contraintes techniques si le nombre d'exutoires ne peut être modifié. La surface de la préfosse doit être suffisante pour ajouter des points de vidange (JRC Science for policy report, 2017).

5.1.3 BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

L'efficacité de la vidange tient également à la « fraicheur du lisier », il est important qu'elle soit réalisée alors que celui-ci est encore frais. Afin d'évaluer le temps de résidence du lisier avant d'être évacué, l'index du ratio des solides volatiles sur le total des solides peut être utilisé. Un lisier dont la valeur du ratio ci-dessus est de 75-80% est considéré comme frais.

Le guide de l'UNECE établit une réduction des émissions de 25%, quel que soit le stade considéré, par rapport à un système standard (Bittman, 2014). En France, un abattement de 20 % des émissions de NH_3 en porcherie d'engraissement a été mesuré avec une évacuation tous les 15 jours (Guingand, 2000). Au Royaume-Uni, il a été estimé qu'une évacuation deux fois par semaine permettait d'abattre de 25% les émissions ammoniacales. Ce même niveau de réduction a été reporté par l'Italie (JRC Science for policy report, 2017).

5.1.4 DONNEES ECONOMIQUES ET OPERATIONNELLES

La surface desservie par chaque exutoire dépend des dimensions de l'enclos. En général, il y en a un tous les 10-11 m de canalisation environ. Un nombre trop important de points de vidange peut augmenter les risques de fuites. Plus que le nombre d'exutoires pour une surface donnée, c'est la hauteur de lisier qui garantit une vidange efficace de la préfosse et ce, indépendamment du nombre de jours nécessaires pour l'atteindre. Le niveau de lisier doit être assez élevé afin de générer une dépression suffisante, la hauteur optimale serait de 80 cm Le niveau de lisier peut être abaissé à 50 cm mais le mouvement d'aspiration peut être insuffisant, laissant une partie du lisier dans la préfosse. L'atteinte de ces hauteurs de lisier peut prendre plus ou moins de temps en fonction du volume de la fosse. Cette technique n'engendre pas de charges opérationnelles additionnelles car elle ne requiert pas d'énergie supplémentaire, l'ouverture des valves étant opérée manuellement. Les investissements nécessaires peuvent concernés l'agrandissement ou la construction d'un nouvel ouvrage de stockage externe (JRC Science for policy report, 2017).

En Allemagne, l'investissement nécessaire à la mise en place de cette technique dans des bâtiments de post-sevrage était évalué à 195 €/emplacement, soit 18€/emplacement/an en 2010. En fonction des quantités d'effluents produites et des capacités de stockage externe, la fréquence d'évacuation est variable, elle peut être d'une à deux fois par semaine.

Pour un bâtiment de porcs à l'engrais en ventilation naturelle contrôlée, le montant de l'investissement est évalué à 270 €/place/an au Royaume-Uni en 2010.

5.1.5 EFFETS CROISES

Des pics d'odeurs peuvent être générés lors des vidanges. Les émissions de méthane seraient réduites de 65% selon des mesures effectuées en Espagne en porcherie d'engraissement (JRC Science for policy report, 2017).

En pratique

Une des pratiques les plus courantes est de stocker le lisier pendant toute la durée de la bande comme évoqué ci-avant. Cette technique est employée par certains éleveurs français mais les fréquences d'évacuation peuvent être moindres par rapport à celles citées en exemple dans les MTD : sur le terrain, des préfosses en engraissement peuvent être vidées mensuellement, ce qui peut être estimé par certains professionnels comme une évacuation fréquente. Dans le cadre de la mise en œuvre des MTD au niveau national, le MTES a acté dans sa FAQ qu'une vidange des préfosses tous les 15 jours était compatible avec la définition de cette technique.

Comme cela a pu être abordé dans la partie « données opérationnelles et économiques », il ressort que la fréquence d'évacuation est dépendante de la hauteur de lisier. La présence d'une pente dans la préfosse facilite l'évacuation des effluents. Plusieurs cas de figure sont rencontrés dans les élevages français :

- Préfosse à fond plat
- Préfosse avec une pente de 1,5-2 %
- Préfosse avec une pente de 7-8 %

5.2 RACLAGE EN V ET TAPIS EN FORME DE V

Ces deux techniques reposent sur une évacuation rapide du lisier associé à une séparation de l'urine et des fèces.

5.2.1 DESCRIPTION

Les effluents sont extraits pluri-quotidiennement du bâtiment à l'aide d'un dispositif de raclage en V. Le racleur, généralement constitué d'un câble et d'une lame métallique, est entrainé par action mécanique ou hydraulique. Il peut être associé à des sols en caillebotis partiel et intégral.

Ce système est associé à un canal de collecte en forme de V constitué de deux pentes transversales avec une inclinaison de 5 % à 9 %. Une pente longitudinale sur la longueur du bâtiment, de 0,4 % à 1 % permet l'écoulement en continu du liquide vers la gouttière avant d'être évacué à l'extérieur du bâtiment et stockée dans un ouvrage externe. La fraction solide des effluents reste sur les parois avant d'être enlevée du bâtiment et dirigée vers un stockage externe, à une fréquence comprise entre 3 et 8 fois par jour (JRC Science for policy report, 2017).

Figure 17 : Raclage en V (Source : Réussir Porc)

Le tapis en V tourne à l'intérieur des canaux à effluents d'élevage en couvrant toute la surface, de façon à recueillir la totalité des déjections et il est mis en fonctionnement au moins deux fois par jour pour transporter séparément les urines et les fèces dans un ouvrage de stockage clos. L'inclinaison de 4 cm des deux côtés du tapis vers l'intérieur donne la forme en V qui permet de séparer les urines et les fèces. Il est plastifié (en polypropylène ou polyéthylène) et circule sous les caillebotis, de façon à récolter le lisier. Les effluents sont acheminés vers un ouvrage de stockage fermé. Cette technique est associée à des enclos en caillebotis partiel au sein desquels chaque animal dispose d'une surface de 0,75-1 m² dont 0,3 m² est du sol plein (JRC Science for policy report, 2017).

5.2.2 APPLICABILITE

Le raclage en V est applicable à tous les stades physiologiques. Le tapis en V n'est applicable que dans des bâtiments de porcs de production (JRC Science for policy report, 2017).

La mise en place de ces techniques dans des bâtiments existants présente des difficultés techniques et économiques. Leur utilisation est à envisager dans des bâtiments nouveaux ou en rénovation. Le montant requis pour son installation serait aussi coûteux que la reconstruction totale du bâtiment et son applicabilité est conditionnée par la configuration de la structure en place (murs, fondations, préfosse...).

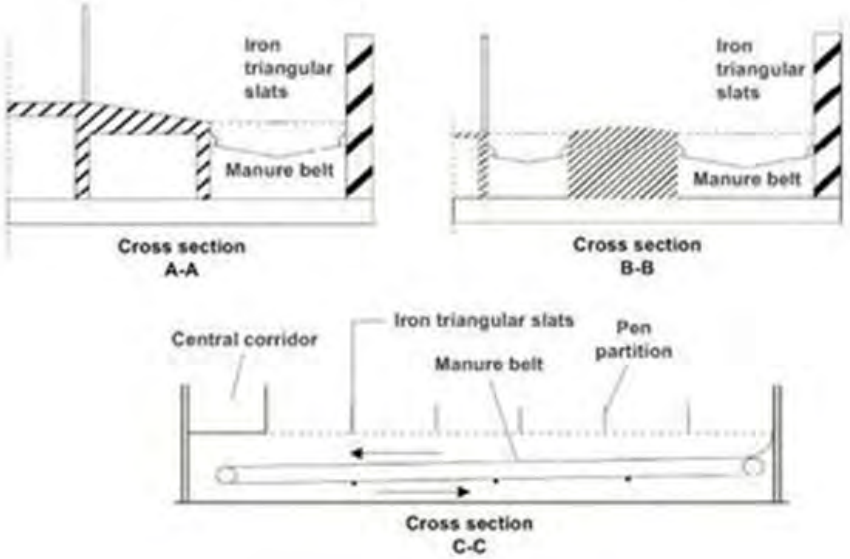

Figure 18 *: Schéma de fonctionnement d'un tapis de collecte de lisier (Source : (JRC Science for policy report, 2017))*

5.2.3 BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

La réduction de la surface d'émission du lisier et le retrait plusieurs fois par jour des effluents vers un stockage externe couplé à une séparation de phases du lisier conduisent à une réduction des émissions de NH_3 au bâtiment. La nature du caillebotis, la fréquence d'évacuation et le polissage de la surface de la préfosse modulent le niveau de réduction des émissions (JRC Science for policy report, 2017). Une réduction de 40% des émissions de NH_3 peut être atteinte grâce au raclage en V. Un niveau de réduction équivalent a été mesuré à la station expérimentale de Guernévez pour une fréquence d'évacuation de 12 fois/jour où des réductions de 40% ont été mesurées par rapport au système standard et de 56% comparativement aux émissions calculées à partir des données du CORPEN 2003[7] (Loussouarn, Lagadec, Landrain, & Derrien, 2014). Des études américaines font état de réduction de 40% par rapport à une évacuation fréquente et de 70% par rapport à un stockage long des effluents (Harmon, Hoff, Andersen, & Rieck-Hinz, 2014). Les émissions de NH_3 sont réduites de 50% si le caillebotis est en métal et varient de 15 à 40 % si c'est en béton par rapport au système standard. Les résultats sont issus de mesures réalisées en conditions moyennes d'élevage, avec une fréquence d'évacuation quotidienne et un sol en caillebotis métalliques. Les réductions d'émissions de NH_3 sont de 35 % pour les porcelets en post-sevrage élevés dans des conditions standards. Dans les enclos avec caillebotis partiel, l'abattement d'ammoniac atteint 40 % soit 0,36 kg de NH_3 par emplacement en Italie et 70 % aux Pays-Bas soit 0,18 kgNH_3/emplacement/an. Pour des truies allaitantes sur caillebotis partiel, des mesures réalisées en Italie et aux Pays-Bas ont montré des abattements de 35 à 52% (JRC Science for policy report, 2017).

[7] **Estimation des rejets d'azote - phosphore -potassium - cuivre et zinc des porcs.** Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections produites

Les performances du tapis en V sur les émissions d'ammoniac varient de de 58-70% par rapport à un système standard. La proportion de sol en caillebotis détermine la surface émettrice et module ainsi le pourcentage d'abattement des émissions de NH_3 (JRC Science for policy report, 2017).

5.2.4 DONNEES ECONOMIQUES ET OPERATIONNELLES

Les aspects sanitaires doivent aussi être intégrés à la réflexion dans le cas où le racleur circule dans des salles différentes (JRC Science for policy report, 2017).

Pour le raclage en V, le rabot doit être en contact le plus étroit possible avec le sol pour permettre une évacuation efficace des déjections solides. La qualité de ce contact est conditionnée par la régularité des sols et l'obtention d'une surface lisse et uniforme. En présence de rugosités, le racleur va étaler voire écraser les éléments solides en fond de préfosse, réduisant l'efficacité du système vis-à-vis des émissions d'ammoniac et surtout favorisant les émissions d'odeurs. Cela peut également dégrader les éléments constitutifs du racleur. Le choix des matériaux est important car le racleur et les câbles sont en contact direct et prolongé avec le lisier. En plus des éléments ci-avant, une attention particulière devra être portée aux jonctions entre les plaques constitutives des modules de fond de préfosse pour limiter les risques de blocage des racleurs. Il faut également veiller à garantir une bonne étanchéité au niveau de la sortie des racleurs pour limiter les entrées d'air parasites. Afin que la surface en contact avec le racleur soit suffisamment lisse, il est recommandé de l'enrober (JRC Science for policy report, 2017).

Aucune information sur les coûts relatifs au raclage en V n'est fournie dans le BREF. La construction e montant d'un bâtiment neuf intégrant un système de raclage en V serait de 500 euros par place d'engraissement soit un surcoût de 50 euros par rapport à un bâtiment couplant ventilation centralisée et laveur d'air (Loussouarn, Lagadec, Landrain, & Derrien, 2014).

Le tableau ci-après récapitule, en exemple, des données économiques néerlandaises de 2007 et rapportées dans le BREF concernant la technique du tapis en V.

Tableau 10 : Comparatifs des coûts selon le nombre de place et la technique utilisée en porcherie d'engraissement (Source : (JRC Science for policy report, 2017)

	Caillebotis partiel et tapis V (1 côté)	**Système de référence**	**Caillebotis partiel et tapis V (2 côtés)**	**Système de référence**
Nombre de places	2160	2160	4320	4320
Investissements (hors TVA) (€/place)	436	501	423	467
Coûts investissements annualisés (€/place/an)	50	55	48	52
Coûts énergie (€/porc présent)	6,9	6,9	3,5	6,9
Gestion du lisier (€/porc présent)	14	16	14	14
Total	75	79	66	76

5.2.5 EFFETS CROISES

Les émissions d'odeurs pourraient être supérieures avec l'utilisation de cette technique que dans le cas où la préfosse serait vidée par dépression.

Le fonctionnement du racleur et du tapis nécessite de l'énergie dont la consommation varie selon la fréquence d'évacuation.

Des cristaux peuvent se former dans la préfosse et entraver la progression du racleur. Ces systèmes nécessitent un entretien et une surveillance régulière (JRC Science for policy report, 2017). La séparation de phases engendrée par ces techniques réduit la quantité d'effluents à stocker et concentre les éléments fertilisants dans la fraction solide du lisier qui peut être compostée par la suite. Dans le cas du raclage en V, la fraction solide contient 55% de l'azote et 90% du phosphore excrété. Elle permet également de réduire la surface du plan d'épandage. La composition des phases liquide et solide est influencée par le type de racleur, la pente et des caractéristiques des déjections (Ramonet, et al., 2007), (Loussouarn, Le Bris, Toudic, & Decoopman, 2013).

Le lavage du tapis est nécessaire après chaque cycle de production tout comme l'établissement d'un contrat de maintenance pour une vérification complète du système et des équipements associées au moins annuellement. Si le système est endommagé, l'urine et les fèces s'accumulent rapidement rendant le service plus difficile et complexe. Dans ce cas, une organisation alternative doit être prévue afin de poursuivre l'évacuation des effluents (JRC Science for policy report, 2017).

En pratique

Comme exposé ci-avant, la qualité du sol est primordiale pour assurer un raclage efficace. Un des groupements interrogés, installe des dalles en béton préfabriquées en usine dont la surface est parfaitement lisse. Une autre possibilité est de couler et de lisser le béton directement sur place mais le résultat serait de qualité inférieure. La pente longitudinale est similaire quels que soient les modules V préfabriqués, elle est de 1,5 % pour faciliter l'écoulement gravitaire des urines.

Un des éleveurs rencontrés a opté pour le raclage en V lors de la construction d'un nouveau bâtiment d'engraissement de 1600 places. Le montant de l'investissement réalisé en 2015 était de de 150 € par porc produit.

Une fréquence d'évacuation de 3 à 4 fois par jour semble suffisante pour retirer la partie solide des effluents accumulés sous le caillebotis. L'urine s'écoule en continu grâce à la pente longitudinale. Les bâtiments les plus anciens en France équipés de racleurs en V ont 6 ans ; les retours d'expérience ne montrent pas pour le moment de signes d'usure particuliers au niveau du béton des préfosses ou bien des racleurs. Une attention particulière est à apporter aux câbles qui doivent faire l'objet d'une maintenance. Des enjeux locaux comme la nécessité de réduire les apports de phosphore ou le manque de terre d'épandage, poussent des éleveurs à mettre en place un raclage en V. Il permet de concentrer le phosphore et le potassium dans la fraction solide qui peut être compostée et exportée.

La mise en place de la technique de raclage en V ne peut être appliquée qu'à la faveur d'une rénovation ou d'un nouveau bâtiment et il est nécessaire de disposer d'une place suffisante pour permettre le passage d'une grue pour le transfert des blocs.

Aucun élevage porcin français n'est a priori équipé de tapis d'évacuation en V. Aux Pays-Bas, les techniques de séparation sont peu utilisées. Un exemple de tapis en V a été observé en élevage bovin.

Tableau 11 : tapis de collecte incliné des effluents (Source : INERIS, 2017)

5.3 FLUSHING

5.3.1 DESCRIPTION

Le lisier est évacué du bâtiment par un phénomène de chasse d'eau produit par l'ouverture d'une vanne et la libération d'un liquide (eau ou fraction liquide du lisier). La fraction liquide est obtenue par séparation mécanique du lisier et peut être aérée préalablement.

L'objectif est de réduire les émissions grâce à l'évacuation rapide des effluents. Plusieurs dispositifs de flushing existent et sont répertoriés dans le BREF. Il y a les gouttières, les tubes et les canaux à flushing par exemple (JRC Science for policy report, 2017).

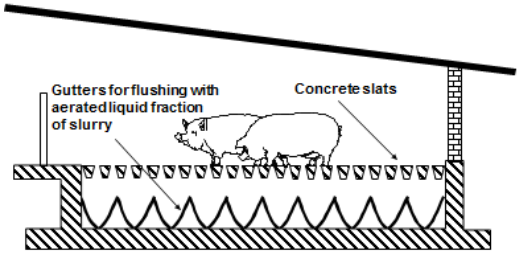

Figure 19: Préfosse équipée de gouttière (Source : (JRC Science for policy report, 2017)).

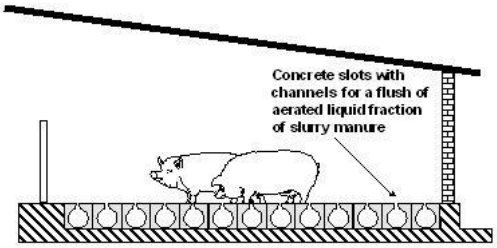

Figure 20: Préfosse équipée de tubes
(Source : (JRC Science for policy report, 2017)).

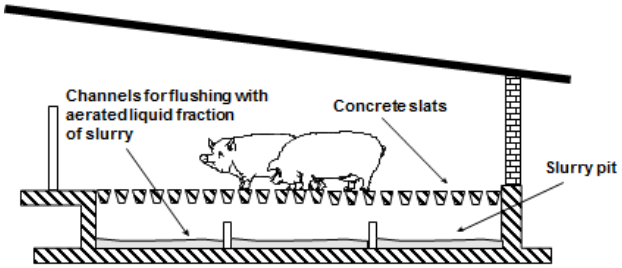

Figure 21 : Canal à flushing sous caillebotis
(Source : (JRC Science for policy report, 2017))

5.3.2 APPLICABILITE

Cette technique est applicable à tous les stades physiologiques.

L'applicabilité dépend de la configuration de la préfosse. Les adaptations constructives sont mineures si le logement est déjà équipé de canaux. Dans le cas où le bâtiment est en caillebotis intégral avec préfosse, des restructurations importantes sont à prévoir. Avec cette technique l'extraction de la ventilation ne peut être qu'en position haute.

Il est envisageable de construire des murets dans la préfosse pour la diviser en canaux qui vont permettre la mise en place du système de chasse. Le liquide de chasse est stocké dans des réservoirs disposés en bout de canal (Ramonet, et al., 2007). Dans le cas des gouttières, l'arrivée de liquide peut se faire par le biais d'électrovannes.

Cette technique est appliquée dans des loges avec des sols en caillebotis partiel ou intégral, et pour des animaux logés individuellement ou en groupe. La surface de lisier ne doit pas excédée 1,10 m² par truie *(JRC Science for policy report, 2017*).

5.3.3 BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

La réduction de la surface d'émission (gouttière ou caillebotis partiel), le retrait fréquent du lisier et le drainage continu de l'urine contribuent à la réduction des émissions de NH_3 (sans différence entre les gouttières et les canaux).

Tableau 12 : Synthèse des performances d'abattement (Source : (JRC Science for policy report, 2017)

Stade physiologique	Description	Abattement	Références
Porcelets en post-sevrage	Caillebotis partiel et lattes métalliques et retrait du lisier 2 fois/jour avec fraction liquide	65%	UNECE,2014-Pays-Bas, 1999
Truies allaitantes	Gouttière, caillebotis partiel, évacuation du lisier 2 fois/jour associé à un caillebotis métallique	60%	UNECE, 2014
Truies gestantes et porcs de production	Gouttière	40%	UNECE, 2014

5.3.4 DONNEES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES

La plupart des exploitations italiennes équipées de ce dispositif sont en ventilation naturelle diminuant ainsi les investissements. Dans le cas de bâtiments existants, les coûts d'adaptation de la ventilation doivent être pris en considération lorsque les bâtiments sont en extraction basse.

Seules les données économiques calculées par l'UNECE ont été répertoriées dans le BREF. Elles sont récapitulées dans le tableau suivant et ne concernent que des nouveaux bâtiments (JRC Science for policy report, 2017).

Tableau 13 : Synthèse des surcoûts à l'investissement par rapport au système de référence (Source : (JRC Science for policy report, 2017))

Stade physiologique	Description	Investissements	Références
Truites gestantes	Gouttières	33 €/emplacement/an	UNECE, 2014
Porcelets post-sevrage	Gouttières et caillebotis partiel	5 €/emplacement/an	UNECE, 2014
Porcs de production	Gouttières	10–15€/emplacement/an	UNECE, 2014

Un procédé simple de séparation consiste à utiliser la fraction liquide du lisier issue du passage au travers d'une grille constituées de fentes de 1 mm pour ôter les éléments les plus grossiers qui sont ensuite dirigés vers un stockage externe. Cette étape réduit les risques de bouchage des conduits. Le liquide utilisé est la fraction liquide obtenue après séparation mécanique du lisier, elle peut être aérée avant d'être utilisée afin d'abattre une partie des pathogènes (JRC Science for policy report, 2017). Dans ces conditions d'installation, la partie pleine représente 88 % de la surface totale du sol, contre 12 % pour les ouvertures. Dans un premier temps, les gouttières en plastique étaient fixées sur le sol, puis le béton coulé sur place. Le produit est aujourd'hui proposé sous forme d'éléments préfabriqués dans lesquels les gouttières en plastique sont intégrées. Le sol peut être mis en place avec une pente de 1 à 2 %. Ce choix entraîne une stagnation de liquide dans les gouttières. Hoeskema et al. (1992) estiment qu'il est nécessaire d'apporter un volume de liquide de chasse équivalent à 27 fois celui des déjections à évacuer. Jones et Collins (1996) recommandent un apport de 15 litres/porc/jour pour le porcelet et de 56 litres/porc/jour pour le porc à l'engrais. Les besoins en liquide sont corrélés à la densité animale dans le bâtiment, à l'aménagement du fond de fosse et de la pente du sol (Ramonet, et al., 2007).

Les consommations électriques varient de 1,9 à 3,1 kWh selon que le lisier est aéré ou non (JRC Science for policy report, 2017).

5.3.5 EFFETS CROISES

La consommation d'énergie liée à ces systèmes montre des variations importantes, notamment lorsque le lisier est aéré car c'est un procédé énergivore. De plus, s'il n'est pas correctement maîtrisé, il peut être une source d'émissions de CH_4, de N_2O, de NH_3 et d'H_2S.

Le flushing peut générer des pics d'odeurs et présenter ainsi des nuisances vis-à-vis des tiers. L'intensité de ces pics est moindre si de l'eau ou du lisier traité est utilisé. L'eau offre également l'avantage de diminuer les dépôts au sein des gouttières. Toutefois, cette pratique est peu développée sur le terrain à cause de l'augmentation du volume de stockage nécessaire. Le flushing avec du lisier a quasiment été abandonné aux Pays-Bas à cause des inconvénients précédemment cités et il n'est pas considéré comme une technique adaptée en Suède à cause des émissions de sulfures que cela peut générer. Cette pratique peut être à l'origine de risques sanitaires si les effluents utilisés ne sont soumis qu'à une simple séparation. Le volume des effluents à gérer est plus important et exige ainsi des capacités de stockage adaptées (JRC Science for policy report, 2017).

Le retrait fréquent du lisier ne permet pas de réduire de manière aussi efficace les émissions de NH_3 que le système de gouttière. En effet, la diminution des émissions est plus importante lorsque les gouttières sont préalablement vidées avant d'être rincées par flushing. La qualité du liquide utilisé influence aussi les résultats ; démontrant que la volatilisation de l'ammoniac est favorisée par le transfert de l'urée lors de la chasse d'eau (Ramonet, et al., 2007).

En pratique

Le flushing est employé en France depuis une dizaine d'années mais son usage est relativement restreint, il est utilisé dans des bâtiments d'élevage de truies gestantes et de porcs à l'engrais. Dans les exploitations où ce système est installé, l'emploi de la fraction liquide du lisier comme liquide de chasse est la pratique la plus commune.

Un des difficultés apparues à l'exploitation de ce système est liée à des blocages et à une mauvaise évacuation des effluents. Ces dysfonctionnements résultent d'une mauvaise séparation des phases liquide et solide du lisier. En effet, certains des canaux utilisés ne permettaient pas une décantation suffisante et obligeaient ainsi à investir dans un séparateur à lisier. Son utilisation tendrait à décroitre aux Pays-Bas en raison de ses moindres performances lorsqu'il n'est pas réalisé avec de l'eau.

6. MODIFICATION PHYSICO-CHIMIQUE DU LISIER

Le changement de certaines caractéristiques physico-chimiques du lisier est une des solutions qui permet de réduire la volatilisation de l'ammoniac. Les MTD présentées ci-après influent sur plusieurs paramètres que sont la température, le pH et la dilution.

6.1 COOLING DU LISIER

6.1.1 DESCRIPTION

L'abaissement de la température du lisier (à moins de 12 °C en général) est obtenu en installant un système de refroidissement placé au-dessus du lisier, au-dessus du sol en béton ou intégré dans le sol. L'intensité de refroidissement appliquée est comprise entre 10 et 50 W/m^2 pour les truies gestantes et les porcs à l'engraissement élevés sur des sols en caillebotis. Le système est constitué de conduites dans lesquelles circule un fluide frigorigène ou de l'eau. Les conduites sont en polyéthylène à faible densité et sont incorporés dans le béton du bâtiment. Elles sont espacées de 35 à 40 cm chacune et sont raccordées à un échangeur de chaleur qui permet de récupérer une partie de l'énergie pouvant être valorisée sous forme de chauffage. Le lisier doit être fréquemment évacué en raison de la surface d'échange relativement faible des tuyaux (JRC Science for policy report, 2017).

6.1.2 APPLICABILITE

Cette technique est applicable à l'ensemble des stades physiologiques dans des bâtiments nouveaux et existants à condition que la récupération de chaleur soit possible (JRC Science for policy report, 2017).

6.1.3 BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX.

Au Danemark, les facteurs d'abattement de l'ammoniac retenus pour les porcs de production sur caillebotis partiel associé à un raclage des canaux, sont de 40% par rapport à un système standard et de 30% par rapport à un logement sur caillebotis partiel uniquement (JRC Science for policy report, 2017). Des niveaux d'abattement supérieurs sont rapportés par l'UNECE, entre 45 et 75% en fonction des catégories animales et de la surface de refroidissement (Bittman, 2014).

Les réductions des émissions d'ammoniac dépendent majoritairement de l'effet de refroidissement par m². Des essais menés au Danemark ont montré que la volatilisation d'ammoniac diminuait de 5 à 10% pour chaque degré de moins. Une formule empirique a été définie pour permettre d'évaluer l'abattement d'ammoniac grâce au cooling et à l'évacuation fréquente des effluents (JRC Science for policy report, 2017).

- Evacuation fréquente du lisier : % de réduction des émissions de NH_3 est égal à : $-0{,}008x^2 + 1{,}5$
- Préfosse traditionnelle avec système de dépression et une hauteur maximale de lisier de 40 cm : % de réduction des émissions de NH_3 est égal à :

  $-0{,}004\ x^2+x$

X représente le refroidissement par surface en W/m².

Tableau 14 : Exemples de facteurs d'émission d'ammoniac pour des porcs à l'engraissement au Danemark (Source : (JRC Science for policy report, 2017))

Type de logement	Refroidissement (W/m²)	Facteur d'émission (g NH_3/emplacement/an)
Caillebotis partiel (25-49% de sol plein), retrait fréquent du lisier par dépression	10	1,16
Caillebotis partiel (50-75% de sol plein), retrait fréquent par dépression	10	1,52

6.1.4 DONNEES ECONOMIQUES ET OPERATIONNELLES

Les canaux doivent être raclés quotidiennement ou « flushés » fréquemment afin de ne pas avoir des volumes de lisier trop importants à refroidir ce qui serait difficilement réalisable à cause de la faible surface d'échange.

La technique de refroidissement du lisier est étudiée de manière à valoriser la chaleur. Une pompe échangeuse de chaleur a une durée de vie de 15 ans environ. Au Danemark, il est reporté que la hauteur de lisier dans la préfosse ne devrait pas excéder 40 cm sur une base hebdomadaire (JRC Science for policy report, 2017).

Selon la surface de sol à refroidir et l'intensité du programme des variations importantes en consommation énergétiques sont observées. Les besoins en énergie pour refroidir le lisier de porcs de production fluctuent de 21 à 63 kWh/place/an.

Dans le cas d'un nouveau bâtiment de porcs de production d'où le lisier est évacué par dépression, la mise en place de cette technique engendrerait des surcoûts de 0 à 6,8 €/place/an sur la base de données danoises de 2010. (JRC Science for policy report, 2017).

6.1.5 EFFETS CROISES

Le refroidissement de l'ambiance peut nécessiter la réduction du débit de ventilation tout en veillant à ce que les recommandations en termes d'exposition aux poussières et aux gaz soient respectées. Des problèmes de formation de glace ont été reportés avec cette technique (JRC Science for policy report, 2017).

En pratique

Quelques exemples d'utilisation de cette technique existent en France. Le cooling ou lisiothermie est envisagé lorsqu'il existe des besoins en chaleur au sein de l'élevage. En effet, les économies énergétiques possibles motivent les éleveurs à opter pour cette solution. Il n'y a pas de données mesurées sur les réductions d'émissions de NH_3 obtenues grâce au refroidissement du lisier. Un des groupements interrogés recommande de ne pas trop abaisser la température du lisier afin de ne pas trop refroidir l'ambiance de la salle et dégrader les performances zootechniques. Aux Pays-Bas, le principe du cooling est utilisé mais la technique se distingue de celle retenue dans les conclusions MTD. Elle consiste en la disposition à la surface du lisier d'un échangeur de chaleur flottant. Celui est composé d'un ensemble de tubes plastiques ou métalliques remplis d'eau froide. Cette méthode ne serait, toutefois, que peu usitée en raison des difficultés d'exploitation : problème de flottaison du dispositif, entretien, …

6.2 LISIER FLOTTANT

6.2.1 DESCRIPTION

Le lisier est collecté dans l'eau. Après chaque bande et avant le nettoyage, le lisier est évacué du bâtiment. Une hauteur d'eau de lavage d'environ 120-150 mm est maintenue dans le canal. Le lisier flottant peut être mis en place sous des caillebotis partiel et intégral et au sein de préfosse dont l'une ou les deux parois sont inclinées et dont la profondeur minimale est de 50 cm.

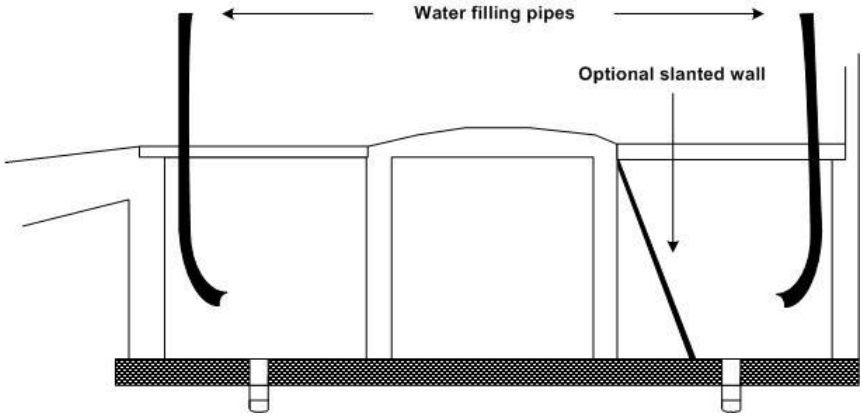

Figure 22 : Section transversal d'un dispositif installé en élevage de porcelets en post-sevrage (Source : (JRC Science for policy report, 2017))

6.2.2 APPLICABILITE

Cette technique n'est applicable qu'aux porcs de production et aux porcelets en post-sevrage selon le BREF (JRC Science for policy report, 2017). Néanmoins, cette restriction d'applicabilité n'est pas étayée dans le document et il n'y aurait pas de difficultés particulières s'opposant à son utilisation pour d'autres stades physiologiques.

6.2.3 BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

Selon la configuration du système (caillebotis partiel, parois inclinées…), la réduction des émissions est liée à la restriction de la surface d'exposition du lisier à l'air et à sa dilution dans l'eau. Le tableau ci-dessous recense des facteurs d'émission de NH_3 pour des porcelets en post-sevrage (JRC Science for policy report, 2017). Le BREF ne communique pas de données d'émission relatives à l'utilisation de cette technique dans des porcheries d'engraissement.

Tableau 15 : Exemples de facteurs d'émission mesurés aux Pays bas pour différentes configurations (Source : (JRC Science for policy report, 2017))

Pays	Description du système	Facteur d'émission	Mode de détermination des données
Pays-Bas	Caillebotis partiel, surface par animal <0.35m²	0.13 kg/place/an	Mesures
Pays-Bas	Caillebotis partiel, surface par animal >0.35m²	0,16 kg/place/an	Mesures
Belgique	Caillebotis intégral et 5 cm d'eau en fond de préfosse.	0.13–0.15 kg/place/an	Mesures

Cette technique a été étudiée en France par l'IFIP et la réduction mesurée des émissions de NH_3 est de 20 % environ (21 et 24 %). Ces valeurs d'abattement ont été obtenues avec l'itinéraire technique suivant : avant l'entrée des porcs à l'engrais dans le bâtiment, addition de 40 l/porc en fond de préfosse et ajout du même volume après le changement d'aliment vers 65 kg. La réduction des émissions est expliquée, ici par la solubilisation de certains des composés présents dans l'ambiance des bâtiments dont l'ammoniac et à une évacuation facilitée des fécès dont la sédimentation serait moindre grâce à la lame d'eau (Espagnol & Guingand, 2016).

6.2.4 DONNEES ECONOMIQUES ET OPERATIONNELLES

Aucune donnée économique n'a été fournie concernant l'application de cette technique aux porcs à l'engrais. L'IFIP n'a pas identifié de coûts directs d'investissement, seulement des coûts indirects relatifs au stockage et à l'épandage sans les chiffrer (Guingand, 2016).

6.2.5 EFFETS CROISÉS

Cette technique engendre une surconsommation d'eau. La dilution du lisier implique de disposer de capacité de stockage suffisante ou de l'augmenter. Elle génère également des coûts indirects pour l'épandage en raison du volume supérieur à épandre. Enfin, le lisier dilué ne peut être utilisé dans une installation de méthanisation (JRC Science for policy report, 2017).

6.3 ACIDIFICATION

6.3.1 DESCRIPTION

L'acidification du lisier, par ajout d'acide sulfurique, réduit les émissions d'ammoniac en abaissant le pH à environ 5 et déplace l'équilibre vers la forme de sulfate d'ammonium. Le lisier extrait des préfosses est dirigé vers une cuve dans laquelle l'acide est injecté puis l'ensemble est aéré et homogénéisé pour prévenir la formation d'H_2S à partir des ions sulfates et fluidifier le lisier. La quantité d'acide à délivrer est définie par un capteur. Une partie du mélange peut être réintroduit dans les préfosses et doit atteindre environ 10-15 cm de haut afin de neutraliser les excréments et maintenir un pH de 5,5. Le reste du lisier traité est envoyé dans un stockage externe. Toutes les étapes sont automatisées (JRC Science for policy report, 2017).

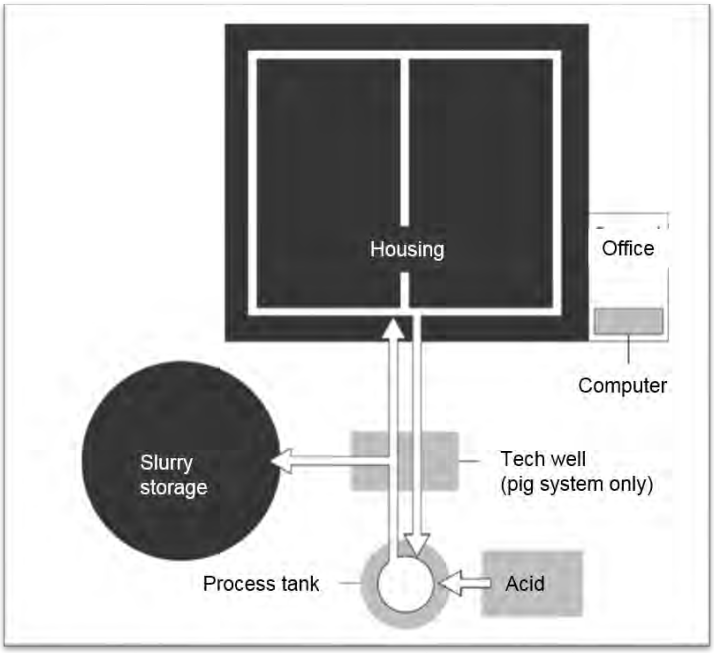

Figure 23 : Représentation schématique du fonctionnement d'une installation d'acidification (Source : (Jonassen, 2016)).

Figure 24 : Citerne d'acide dans un élevage de porcs au Danemark (Source : INERIS, 2016)

6.3.2 APPLICABILITE

Il n'y a pas de restriction particulière à l'application de cette technique.

6.3.3 BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

Les émissions d'ammoniac seraient réduites de 75 % pour les bâtiments en caillebotis intégral et de 80 % pour ceux en caillebotis partiel. Il n'y a pas de distinction entre les différents stades physiologiques (JRC Science for policy report, 2017). Au Danemark, plusieurs entreprises ont évalué les performances et les résultats produits entre 2004 et 2016 montrent un abattement de 56 à 71% (Jonassen, 2016)

6.3.4 DONNEES ECONOMIQUES ET OPERATIONNELLES

L'abaissement du pH jusqu'à 5,5 permet de prendre en considération l'instabilité du lisier et son effet tampon. L'atteinte de cette valeur est d'autant plus importante si le lisier est stocké plus de trois semaines avant d'être épandu. Au Danemark, si l'épandage intervient au-delà de 90 jours, il faut s'assurer que le pH ne dépasse pas 6 sinon de l'acide doit être ajouté. Généralement, une seule acidification est nécessaire pour atteindre le pH souhaité. L'automatisation du process permet d'en surveiller tous les aspects environnementaux et opérationnels : mesure continue du pH, quantité de lisier traité et stocké et niveau d'acide.

L'ensemble des données économiques proviennent du Danemark (2011). L'investissement nécessaire à l'installation d'une unité d'acidification est d'environ 200 000 € (pour une capacité de traitement de 2 400 m^3 de lisier) soit un coût annualisé de 13 300€ sur la base d'une période de dépréciation de 15 ans. Les coûts de maintenance annuelle sont de l'ordre de 2 000€ auxquels il faut ajouter des dépenses en électricité (3 kWh/ tonne de lisier traité et l'achat d'acide sulfurique (environ 1 à 2 €/tonne de lisier traité). Les surcoûts de fonctionnement sont compris entre 1.4 €/place/an et 7 €/place/an (JRC Science for policy report, 2017).

Tableau 16 : Comparatif des surcoûts engendrés par l'acidification selon le nombre de porcs au Danemark.

Nombre de porcs (32-107kg)	Surcoûts annuels totaux (en euros)
2 700	20 130
5 400	22 300
9 000	24 600
18 000	33 000
27 000	41 600
34 200	48 100

6.3.5 EFFETS CROISES

La manipulation d'acide peut s'avérer dangereuse, c'est pourquoi un système entièrement automatisé de distribution d'acide et de décharge du lisier est nécessaire pour empêcher tout contact avec l'acide ou les effluents traités.

Des phénomènes de corrosion peuvent se produire au contact du lisier acidifié. L'acidification augmente les émissions d'odeurs et des pics d'odeurs peut survenir

lors de l'aération et le pompage du lisier. Les effluents acides peuvent perturber les microorganismes, en fonction de leur proportion, s'ils sont méthanisés.

L'épandage de lisier acide peut requérir une action de chaulage pour ne pas impacter le pH du sol.

En pratique

Aujourd'hui, ce sont 20% des volumes de lisier (toutes espèces confondues) qui sont acidifiés au Danemark. La règlementation impose que le pH ne dépasse pas 5,5 lorsque l'acidification est réalisée au bâtiment. Concrètement les effluents porcins sont évacués quotidiennement du bâtiment et sont acheminés dans un réservoir où ils sont mélangés à de l'acide sulfurique.

Deux techniques d'acidification au stockage sont reconnues par la règlementation danoise. Le plus souvent le pH est abaissé à 5,5 juste avant que lisier ne soit épandu. Actuellement, il est officiellement reconnu que pendant 3 semaines le lisier ne dépasse pas 6. Il est également possible d'acidifier le lisier plusieurs semaines avant épandage si le lisier ne dépasse pas 6 au moment de l'épandage. Il n'est pas autorisé de mélanger du lisier acidifié avec du lisier non acidifié lors de l'épandage.

Les conditions nécessaires de sécurité (douche à proximité immédiate, matériel de protection, signalisation…) doivent être réunies pour que l'exploitant puisse utiliser cette technique (Ministère de l'environnement danois, 2016).

7. MODULE DE CALCUL GEREP

Le module de calcul GEREP réalisé par le CITEPA est utilisé pour évaluer les émissions d'ammoniac. Dans le cadre de la procédure de réexamen, le CITEPA, avec l'appui de l'INERIS, a révisé récemment certains des facteurs d'ajustement[8] utilisés. Le tableau de synthèse issu du guide méthodologique[9] des facteurs d'ajustement intégrés dans le fichier de calcul est remis ci-dessous.

Tableau 17 : facteurs d'ajustement selon les modalités de gestion des effluents en élevage porcin (Source : CITEPA, 2017)

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]

On peut noter des divergences sur les performances environnementales de certaines techniques entre celles retenues dans ce tableau et celles issues de ce travail de synthèse . Une des principales différences concerne la technique du caillebotis partiel qui apparait dans GEREP comme étant plus émissive que celle du caillebotis intégral. En effet, ce rapport est basé sur le BREF « élevages intensifs de porcs et de volailles » et enrichi par des éléments obtenus lors de visites dans des pays du nord de l'Europe alors que les données de GEREP sont essentiellement des données nationales.

Des travaux ultérieurs seront nécessaires pour acquérir de nouvelles données.

[8] Lorsque le facteur est supérieur à 1, cela à correspond à une sur-émission. A l'inverse, un facteur inférieur à 1, indique une réduction des émissions. Un facteur égal 1 n'a pas d'effet sur les émissions.

[9] CITEPA, 2017. Descriptif méthodologique de l'outil de calcul des émissions de NH_3, N_2O, CH_4 et particules pour le réexamen des élevages IED Porcins.

8. CONCLUSION

Le tableau de synthèse ci-après rassemble les principales données d'applicabilité, avantages, inconvénients des techniques étudiées dans ce rapport.

En France et en Europe, l'élevage de porcs en claustration totale sur caillebotis intégral avec stockage des effluents en préfosse sous les animaux pendant toutes la durée de la bande reste le modèle dominant (système de référence). Il est aussi considéré comme le plus émissif. Selon les conclusions MTD parues en 2017, cette technique n'est désormais plus applicable dans les nouveaux bâtiments des installations IED, sauf si elle est associée à un laveur d'air, un système de cooling ou d'acidification.

L'éventail de MTD applicables au bâtiment est relativement large et reflète la variété des techniques rencontrées en Europe et des choix opérés dans certains états membres. Par exemple, l'acidification et le cooling sont essentiellement rencontrés au Danemark. De même aux Pays-Bas, une tendance forte est à l'installation de laveurs humides pour traiter l'air extrait des porcheries. Ils ont également opté, depuis de nombreuses années déjà, pour des aménagements constructifs restreignant les échanges entre l'air et le lisier stocké dans les préfosses des bâtiments et réduisant ainsi les émissions d'ammoniac. L'essor de ces techniques a été favorisé par un durcissement de la réglementation relative aux émissions dans l'air.

Les MTD étudiées dans ce rapport reposent sur trois principes pour réduire les émissions d'ammoniac : la réduction de la surface d'émission des effluents, leur évacuation rapide et la modification de leurs propriétés physico-chimiques. Elles se distinguent par leur niveau de performances, leur applicabilité selon les stades physiologiques et selon le statut du bâtiment (neuf ou existant). En effet, la mise en place de certaines techniques semble difficilement envisageable dans le cadre d'une rénovation. C'est donc dès la phase de projet que doivent être sélectionnées la ou les techniques qui seront intégrées lors de la construction du bâtiment comme par exemple, l'utilisation d'un racleur ou d'un caillebotis partiel. Toutefois, d'autres MTD comme l'évacuation fréquente des effluents et le lisier flottant ne requièrent pas nécessairement d'adaptations structurelles des bâtiments tout en offrant des réductions intéressantes des émissions d'ammoniac. Il existe donc des possibilités d'adaptation des outils de production pour répondre aux exigences des conclusions sur les MTD.

Il ressort de cette synthèse une large variabilité des facteurs d'abattement des émissions inter et intra MTD, les conditions de leur détermination ne sont pas toujours explicitées. Le manque d'informations sur l'origine de certains facteurs utilisés rend difficile leur comparabilité.
Dans tous les cas, l'évolution des modes de logements par rapport au système de référence impacte un ou plusieurs aspects de l'élevage et requiert une adaptation des pratiques pour concilier performances environnementale et zootechnique avec par exemple : une maîtrise de l'ambiance des bâtiments, de la propreté des sols ou encore du stockage des effluents.

Le choix d'une ou de plusieurs MTD est un compromis entre les performances environnementales visées, les investissements nécessaires, les éventuelles dépenses annexes (consommations d'eau et d'énergie supplémentaires, achat de réactifs, augmentation des capacités de stockage,…), les opérations de maintenance mais aussi des voies de valorisation du lisier et doit s'envisager au regard des niveaux d'émissions de l'élevage et les objectifs futurs.

Enfin, la réduction des émissions d'ammoniac au bâtiment doit s'envisager de manière globale par une réduction des rejets d'azote via une optimisation des apports nutritionnels et doit s'accompagner de mesures d'abattement en aval du processus d'élevage, par la couverture des stockages externes et par l'usage de pratiques d'épandage moins émissives afin de permettre un réel bénéfice environnemental.

Tableau 18 : synthèse des MTD relatives au stockage de lisier dans les bâtiments

MTD	Applicabilité		Avantages	Abattement d'ammoniac potentiel	Inconvénients
	Stade physiologique	Installations existantes			
Caillebotis partiel	Tous les porcs		Réduction des émissions de NH_3	15-20%	Risque de salissure du sol plus important.
Dimensions restreintes de la préfosse	Truies gestantes et en attente reproduction et porcs de production	N'est pas nécessairement applicable en raison de considérations techniques et/ou économiques	Réduction des émissions de NH_3	25-35%	Augmentation de la capacité de stockage extérieure
Association de canaux d'eau et de canaux d'effluents d'élevage	Truies allaitantes	N'est pas nécessairement applicable en raison de considérations techniques et/ou économiques	Réduction des émissions de NH_3	50%	Augmentation de la capacité de stockage extérieure
Murs inclinés dans le canal	Tous les porcs	N'est pas nécessairement applicable en raison de considérations techniques et/ou économiques.	Réduction des émissions de NH_3	45-65%	Augmentation de la capacité de stockage extérieure
Sol convexe avec séparation du canal d'effluents	Porcelets en post-sevrage et porcs de production	N'est pas nécessairement applicable en raison de considérations techniques et/ou économiques	Réduction des émissions de NH_3	40-65%	Risque de salissure du sol plus important.
Bac de collecte des effluents	Truies allaitantes	Oui	Réduction des émissions de NH_3	32-65%	
Balles dans la fosse à lisier	Porcs de production	Oui	Réduction des émissions de NH_3	25-29%	
Evacuation par dépression	Tous les porcs	N'est pas nécessairement applicable en raison de considérations techniques et/ou économiques.	Réduction des émissions de NH_3	20-25%	Augmentation de la capacité de stockage extérieure
Raclage en V	Tous les porcs	N'est pas nécessairement applicable en raison de considérations techniques et/ou économiques.	Réduction des émissions de NH3 Réduction du plan d'épandage et des capacités de stockage externe Concentration des éléments dans la phase solide	35-70%	Augmentation des dépenses en électricité
Flushing	Tous les porcs	N'est pas nécessairement applicable en raison de considérations techniques et/ou économiques.	Réduction des émissions de NH_3	40%	Pics d'odeurs potentiels Dépenses en électricité supplémentaires
Acidification	Tous les porcs	Oui	Réduction des émissions de NH_3	56-80%	Risque de corrosion Rééquilibrage du pH lors de l'épandage
Collecte du lisier dans l'eau	Porcelets en post-sevrage et porcs de production	Oui	Réduction des émissions de NH_3	20%	Augmentation de la capacité de stockage extérieure Dépenses en eau supplémentaires
Cooling	Tous les porcs	Oui	Réduction des émissions de NH3 Récupération de la chaleur et utilisation pour le chauffage	40-75%	Augmentation des dépenses en énergie

9. BIBLIOGRAPHIE

ANSES. (2015). *Avis du 30/01/2015 de L'ANSES relatif à l'enrichissement du milieu d'élevage des porcs par la mise à disposition des matériaux manipulables.* Maison-Alfort.

Bittman, D. H. (2014). *Options for ammonia mitigtation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen,.* Edimbourg: Center for Ecology and Hydrology.

Celtys. (2016). *http://www.celtys.fr/.* Consulté le 09 30, 2016, sur Celtys: www.celtys.fr/medias/3/8/1278680893.doc

Danish Ministry of the Environment. (2014). *Review of ammonia emissions from a pig house slurry pit and outside storage.* Copenhagen.

Degré, A., Verhève, D., & Debouche, C. (2001). Emissions gazeuses en élevage porcin et modes de réduction: revue bibliographique. *Biotechnologie Agronomie Sociologie Environnement*, pp. 135-143.

Dourmad, J., Levasseur, P., Daumer, M., Hassouna, M., Landrain, B., Lemaire, N., . . . Espagnol, S. (2015). *Evaluation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs.* Paris: RMT élevages et environnement.

Eglin, T., & Mousset, J. (2012). *Les émissions agricoles de particules dans l'air. Etat des lieux et leviers d'action.* Angers: ADEME.

Espagnol, S., & Guingand, N. (2016). Efficacité sur les émissions gazeuses d'itinéraires techniques en élevage porcin intégrant des bonnes pratiques environnementales. Dans ADEME, *CORTEA-Recueil des résumés des projets achevés* (pp. 22-23). Angers.

Espagnol, S., & Leterme, P. (2010). *Elevages et environnement.* Quae.

Groot Koerkamp, P. (1994). *Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling.* Wageningen.

Guingand, N. (2000). *Influence de la vidange des préfosses sur l'émission d'ammoniac et d'odeurs par les porcheries d'engraissemnet-résultats préliminaires.* Paris: Journée de la recherche porcine.

Guingand, N. (2011). Caillebotis partiel, le retour? *Tech PORC*(2), pp. 20-23.

Guingand, N. (2016). Lisier flottant: une technique simple pour réduire les émissions d'ammoniac et d'odeurs en porcherie. *Journées de la recherche porcine*, (pp. 171-176). Paris.

Guingand, N., & Granier, R. (2001). *Comparaison caillebotis partiel et caillebotis intégral en engraissement-Effet sur les performances zootechniques et sur l'émission d'ammoniac.* Paris.

Harmon, J., Hoff, S., Andersen, D., & Rieck-Hinz, A. (2014). *Animal Housing-Urine and Feces Segregation Overview.* Iowa State University.

INERIS. (2016). *Aide à la décision pour l'élaboration du PREPA-Rapport.* Paris.

INRA, IFIP, & UGPVB. (s.d.). Conception et rénovation des bâtiments d'élevage de porcs-préconisations sanitaires., (p. 12). Rennes.

Jonassen, K. (2016). Ammonia emission reduction during in-house slurry acidification. *International seminar on slurry acidification.* Velje.

JRC Science for policy report. (2017). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs.* Séville: Publications office of the european union.

Loussouarn, A., Le Bris, B., Toudic, M., & Decoopman, B. (2013). *Transformation par compostage de la fraction solide issue du raclage avec séparation de phases en porcherie d'engraissement.* Chambre d'agriculture de Bretagne.

Loyon, L., Burton, C., & Guiziou, F. (2009). *Intensive livestock farming systems use across Europe-a review of the current situation relating to IPPC based on recent data gathered by questionnaire.* Rennes.

Massabie, P., & Ramonet, Y. (2007). Les bâtiments de porcs en France: état des lieux. *TechniPorc, 30*(5), pp. 5-12.

Ministère de l'environnement néerlandais. (2017, mars 16). *Additionele technieken*. Récupéré sur Infomil: http://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw/ammoniak/rav/stalbeshrijvingen:mapstaltypen/4-additionele

Philippe, F.-X., Cabaraux, J.-F., & Nicks, B. (2011). Ammonia emissions from pig houses: influencing factors and mitigation techniques. *Agriculture, ecosystem and environment*, 245-260.

Pieiro, C., Montalvo, G., Garcia, M., & Bigeriego, M. (2009). *Implantacion de la directiva IPPC en España. Evaluacion Técnica y economica de MTDs en granjas.* Madrid.

Ramonet, Y., & Bertin, C. (2016). *Etat des lieux des bâtiments d'élevage de porcs en Bretagne chez les naisseurs-engraisseurs en 2015.* Paris: IFIP.

Ramonet, Y., Guivarch, C., Dappelo, C., Robin, P., Laplanche, A., & Prado, N. (2007). *Le lisier frais : évacuation fréquente des lisiers des porcheries.* Paris.

Roguet, C., Massabie, P., Ramonet, Y., Grannec, M., & Rieu, M. (2011). Quels modèles d'élevage d'avenir pour la production porcine française. *Innovations agronomiques*, 109-124.

Teng, T., & David, B. (2011). *An automated scraper system for swine confinement facilities.* Columbia: University of Missouri.

Van Gansbeke, S. (s.d.). Ammoniakemissie-arme stalsystemen voor varkens en pluimvee. Belgique.

INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

Institut national de l'environnement industriel et des risques

Parc Technologique Alata
BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte

Tél. : +33 (0)3 44 55 66 77 - Fax : +33 (0)3 44 55 66 99

E-mail : ineris@ineris.fr - **Internet** : http://www.ineris.fr