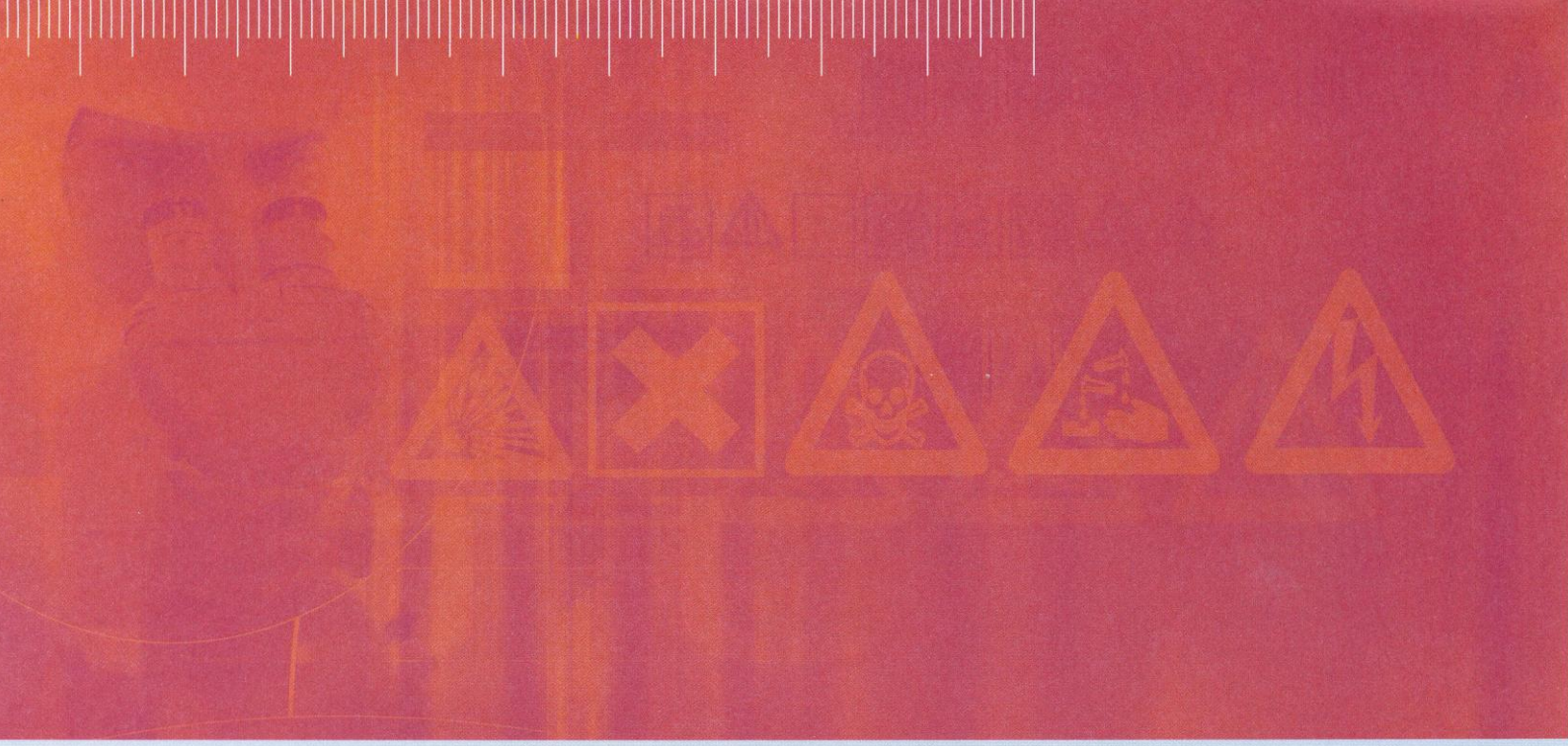

RAPPORT 17/07/2017

INERIS- DRC-17-163622-06436A

TECHNIQUES EQUIVALENTES AUX MTD EN ELEVAGES INTENSIFS DE PORCS :

EVALUATION DE L'UTILISATION D'ADDITIFS POUR LA REDUCTION DES EMISSIONS D'AMMONIAC.

INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

TECHNIQUES EQUIVALENTES AUX MTD EN ELEVAGES INTENSIFS DE PORCS :

EVALUATION DE L'UTILISATION D'ADDITIFS POUR LA REDUCTION DES EMISSIONS D'AMMONIAC

Rapport réalisé pour le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

Personne ayant participé à l'étude : Karine Adam

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 6

2. OBJET ET CONTEXTE 9

3. METHODOLOGIE GENERALE D'EVALUATION DE LA DEMANDE DE RECONNAISSANCE EN TANT QUE TECHNIQUE EQUIVALENTE A UNE MTD 10

4. EVALUATION DES ADDITIFS : PERIMETRE ET INFORMATIONS DISPONIBLES 15

4.1 Informations transmises par la profession en appui à l'évaluation 15

4.2 Terminologie, classification et périmètre de l'étude 16

4.3 Etat des lieux 17

4.3.1 Révision du BREF Elevages intensifs 17

4.3.2 Mise en œuvre de la technique au niveau national 17

5. LES ADDITIFS ALIMENTAIRES INDUISANT UNE REDUCTION DU PH URINAIRE 19

5.1 Composition, modes d'action et utilisation 19

5.2 Synthèse des informations issues des publications 19

5.3 Analyse 24

6. LES ADDITIFS ALIMENTAIRES A CAPACITE D'ECHANGE CATIONIQUE ELEVEE 25

6.1 Composition, modes d'action et utilisation 25

6.2 Synthèse des informations issues des publications 25

6.3 Analyse 30

7. LES ADDITIFS INCORPORES DANS LE LISIER 32

7.1 Composition, modes d'action et utilisation 32

7.2 Synthèse des informations issues de la publication 32

7.3 Analyse 36

8. DISCUSSION 38

8.1 Eléments complémentaires 38

8.2 Evaluation des performances d'après les données fournies 39

9. CONCLUSION 40

10. BIBLIOGRAPHIE 43

11. ANNEXES 44

1. RESUME

Les exploitants disposent de deux années au plus pour réaliser leur dossier de réexamen suite à la parution des « Conclusions sur les meilleures techniques disponibles en élevages intensifs de porcs et de volailles le 21 février 2017 ». Le nombre important d'installations concernées et le souhait de simplifier la procédure de réexamen pour les éleveurs et les services d'Inspection ont motivé les Organisations Professionnelles Agricoles (OPA) et les Instituts techniques à demander une reconnaissance des techniques couramment employées et dont l'efficacité serait équivalente à celles citées dans les conclusions MTD. L'arrêté modificatif du 23 mars 2017 introduit la possibilité d'avoir une reconnaissance officielle et une validation des Services de l'Etat, après évaluation, des techniques recensées, évitant aux exploitants d'avoir à faire la démonstration individuelle de l'efficacité équivalente de ces techniques.

L'INERIS apporte un appui technique au Ministère chargé de l'environnement dans le domaine de la mise en œuvre des MTD d'une part, et de la connaissance et la réduction des émissions des élevages d'autre part. Dans le cadre de ses travaux, il a été amené à procéder à l'évaluation de cette « équivalence ».

Cette démarche inédite a nécessité l'établissement d'une méthodologie de sélection et d'évaluation des propositions et la définition d'un niveau minimal de performance. Parmi les techniques proposées pour les élevages intensifs de porcs, seule l'utilisation d'additifs alimentaires ou incorporés au lisier pour réduire les émissions d'ammoniac (NH_3) en bâtiment d'élevage a été retenue pour faire l'objet d'une évaluation approfondie. Elle est basée sur les publications fournies à l'INERIS par l'IFIP (7 publications au total) comme convenu en amont avec les représentants de la profession.

Sur la base de cette documentation, les additifs ont été catégorisés en trois familles : *additifs incorporés au lisier, induisant une réduction du pH urinaire, à forte capacité d'échange cationique.* Les résultats issus de ces publications ont été compilés et analysés en vue de porter un jugement sur la reconnaissance des différents additifs étudiés comme permettant l'obtention de performances équivalentes aux MTD pour réduire les émissions de NH_3. Plusieurs éléments ressortent de cette analyse :

- Au niveau national, les additifs, toutes catégories confondues (additifs alimentaires et ceux incorporés au lisier), ont fait l'objet de quelques études et semblent avoir déjà été utilisés sur le terrain,

- Au niveau européen, l'acide benzoïque est utilisé dans plusieurs états membres où sa capacité à réduire les émissions de NH_3 est reconnue. Concernant les additifs incorporés au lisier et les additifs à CEC élevée, il ne semble pas y avoir de reconnaissance nationale à cette fin.

Par ailleurs, aucun additif n'a été officiellement reconnu selon le processus de vérification développé par VERA[1] ou par le programme ETV[2].

- Des réductions d'émissions ou de concentrations en NH_3 soit en élevage de porcs à l'engrais soit en élevage de porcelets en post-sevrage ont été mises en évidence dans les 7 publications étudiées mais les résultats relatifs à l'utilisation d'additifs incorporés au lisier et ceux relatifs aux additifs à forte capacité d'échange cationique sont insuffisants ou peu exploitables.
- Les études sur l'acide benzoïque sont plus détaillées et démontrent une réduction des émissions d'ammoniac pour les porcs à l'engraissement dont le niveau est variable. Aussi, il est difficile d'évaluer précisément, avec les données disponibles, un abattement minimal. De manière pragmatique, en se basant sur l'ensemble des résultats analysés en France et en Europe, il est proposé de retenir une réduction minimale des émissions d'ammoniac de 16%. Elle est conditionnée par une incorporation d'acide benzoïque à hauteur de 1% dans l'alimentation des porcs à l'engrais élevés sur caillebotis intégral ou partiel avec une évacuation fin de bande. Cette réduction pourrait aller jusqu'à 25% sous réserve de confirmation par des données complémentaires. Par rapport aux critères d'équivalence MTD retenus dans la présente évaluation, l'ajout d'acide benzoïque ne peut être retenu, a priori, comme permettant d'atteindre les mêmes performances que la MTD 30 (relative aux modes de logement des porcs).
  L'absence de données dans les publications transmises pour les porcelets en post-sevrage et les truies ne permet pas de statuer sur l'efficacité de l'acide benzoïque.

En conclusion, au vu des éléments ci-avant, l'INERIS considère que :

- l'acide benzoïque incorporé à hauteur de 1% dans l'alimentation des porcs à l'engrais a démontré une efficacité vis-à-vis des émissions d'ammoniac. Une réduction minimale des émissions d'ammoniac de 16% dans le cas d'un élevage sur caillebotis intégral ou partiel avec une évacuation en fin de bande du lisier peut être retenue.

- les autres additifs et l'acide benzoïque pour les autres stades physiologiques n'ont pas fait la preuve d'une efficacité minimale suffisante et répétée en matière de réduction des émissions d'ammoniac au bâtiment.

- la démonstration de l'atteinte d'une réduction de 20% (voire 25% telle qu'identifiée dans les publications) dans le cas de l'acide benzoïque pour les porcs à l'engrais peut être réalisée au cas par cas via une vérification par l'exploitant associant bilan de masse et analyses.

[1] Collaboration entre le Danemark, les Pays-Bas et l'Allemagne pour tester et vérifier les technologies environnementales du secteur agricole.

[2] Environmental technology verification

- l'utilisation de l'acide benzoïque à 1% couplée à une technique reconnue comme MTD, en particulier l'évacuation fréquente des lisiers, est de nature à permettre une réduction minimale de 20% des émissions d'ammoniac pour les porcs à l'engrais.

Les résultats des tests n'excluent pas une révision possible ultérieurement de cette conclusion générale, sous réserve d'une démonstration de l'efficacité de certains de ces additifs, quantifiée de façon étayée dans le temps, assortie de conditions d'application précises et pour certaines catégories de bâtiments et/ou d'itinéraires techniques.

En particulier, une justification spécifique à un élevage particulier n'est pas exclue, si l'exploitant peut apporter la preuve de l'efficacité de l'additif qu'il met en œuvre dans sa situation d'exploitation particulière ou s'il peut fournir une justification de l'efficacité du produit démontrée dans le cadre d'une ETV.

Enfin, bien que l'ajout d'additifs n'ait pas à ce jour comme vocation première la réduction des émissions d'ammoniac et qu'en dehors de l'acide benzoïque, aucune performance minimale n'ait été confirmée, cette pratique pourrait être envisagée comme une technique additionnelle aux techniques considérées comme MTD dans les cas où la mise en œuvre des MTD ne permettrait pas à elle seule d'atteindre les niveaux de performances associés.

2. OBJET ET CONTEXTE

Les « Conclusions sur les Meilleures Techniques Disponibles (MTD) relatives aux élevages intensifs de porcs et de volailles sont parues au « Journal Officiel de l'Union Européenne », le 21 février 2017. A partir de ce jour, les exploitants d'installations visées par ces conclusions disposent au plus de 2 ans pour effectuer leur dossier de réexamen. Les « conclusions MTD » ne sont « ni exhaustives ni prescriptives », il est possible de mettre en œuvre d'autres techniques à condition de démontrer que les performances environnementales sont équivalentes.

En raison du nombre important d'installations d'élevage concernées et d'une volonté de simplification des étapes de réalisation des dossiers de réexamen par les éleveurs et les services d'Inspection, les Organisations Professionnelles Agricoles (OPA) et les Instituts techniques ont demandé à ce que des techniques couramment employées et qui auraient une efficacité équivalente à celles citées dans les conclusions MTD soient reconnues comme techniques dites équivalentes. L'objectif est d'avoir une reconnaissance officielle et une validation des Services de l'Etat, après évaluation, des techniques recensées afin que chaque éleveur n'ait pas à faire la démonstration de l'efficacité de ces techniques lorsqu'il les utilise. L'arrêté modificatif du 23 mars 2017[3] introduit la possibilité d'une telle reconnaissance par avis du Ministère en charge de l'environnement.

Une sélection parmi les propositions de techniques devant faire l'objet d'une telle évaluation a été opérée en fonction des enjeux et des données mises à disposition par la profession. L'objectif de cette étude est de statuer sur la demande de reconnaissance de l'utilisation d'additifs en élevage intensif de porcs en tant que technique équivalente aux MTD pour la réduction des émissions de NH_3 au bâtiment.

Ce rapport présente dans un premier temps la méthodologie d'évaluation appliquée à l'étude des techniques proposées par la profession en tant que techniques équivalentes aux MTD. Les additifs sont abordés de manière générale dans une seconde partie. Enfin, l'évaluation de chaque catégorie d'additifs sera réalisée spécifiquement avec une partie dédiée pour chacune.

Le rapport ne traite pas des aspects économiques et santé/sécurité liés à l'emploi d'additifs. Il est considéré que si cette technique a été proposée par la profession agricole, elle est supposée économiquement acceptable pour la filière et que les aspects santé/sécurité pour les agriculteurs sont considérés préalablement à leur mise sur le marché et à leur utilisation.

[3] Arrêté du 23 mars 2017 portant modification des prescriptions générales applicables aux installations relevant du régime de l'autorisation au titre des rubriques nos 2101, 2102, 2111 et 3660 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement

3. METHODOLOGIE GENERALE D'EVALUATION DE LA DEMANDE DE RECONNAISSANCE EN TANT QUE TECHNIQUE EQUIVALENTE A UNE MTD

La détermination des MTD au niveau européen s'inscrit dans un processus d'échanges et de concertation qui dure plusieurs années entre la Commission Européenne, les états membres, l'Industrie, et les Organisations Non Gouvernementales (ONG) au cours duquel sont proposées des techniques candidates au statut de MTD. Leur sélection s'appuie sur les contributions des différents acteurs, en particulier la remontée de données relatives à des sites en exploitation à travers l'Europe pour asseoir cette sélection sur les pratiques et les performances réelles. L'ensemble de ce travail d'analyse, supervisé par la Commission Européenne, aboutit à l'établissement d'un document de référence répertoriant les techniques dont les performances environnementales ont été démontrées à l'échelle industrielle ou agricole et parmi celles-ci, celles qui sont considérées à l'issue du processus comme les meilleures vis-à-vis de la protection de l'environnement dans son ensemble.

La demande actuelle de reconnaissance en tant que techniques équivalentes (postérieurement à la parution des conclusions sur les MTD de surcroît) est inédite en France d'où la nécessité de définir un cadre méthodologique de sélection des propositions et d'analyse des techniques retenues.

Une liste de 14 techniques, porcs et volailles, a été soumise par la profession agricole en novembre 2016. L'analyse de ces propositions s'est effectuée comme suit.

Recevabilité des demandes

La première étape dite « étude de recevabilité » a permis de présélectionner les techniques devant faire l'objet d'une étude approfondie.

Un travail préalable de réflexion a permis de formuler 4 questions de présélection, à savoir :

- Est-ce que la technique a été proposée durant le processus de révision du BREF ?
- Si oui, est-ce qu'il y a des éléments qui expliquent qu'elle n'ait pas été retenue comme MTD ?
- Est-ce que la technique a fait l'objet d'une ETV[4] en Europe ou en Amérique du Nord ?
- Est-ce que la technique est identifiée par ailleurs comme un moyen de réduction de l'impact environnemental dans les différents politiques de lutte contre les pollutions atmosphériques (Directive NEC, UNECE) ?

A l'issue de cette pré-analyse, les techniques ont été classées en trois catégories :

- Techniques non proposées lors de la révision du BREF,
- Techniques non retenues lors de la révision du BREF par manque de données ou de fiabilité,

[4] Environmental technology verification

- Techniques refusées durant la révision du BREF.

Les techniques appartenant à cette dernière catégorie ont été jugées non éligibles dans le cadre de cette démarche. Par ailleurs certaines demandes ne s'apparentaient pas à des techniques au sens des BREF mais faisaient plutôt référence à des questions d'interprétation des conclusions sur les MTD et ont été traitées séparément.

Définition de la performance minimale de référence

L'objectif de l'étude est de statuer sur la reconnaissance des techniques sélectionnées comme étant équivalentes aux MTD en termes de performances. Pour rappel, les « conclusions MTD en élevages intensifs de porcs et de volailles » ne comporte que des NEA-MTD[5] relatif aux émissions d'ammoniac en bâtiment selon les espèces (volailles) ou les stades physiologiques (porcs). Toutefois, les MTD permettant de respecter ces valeurs n'ont pas systématiquement de performance individuelle quantifiée minimale dans le BREF, seul le niveau d'émission exprimé en flux spécifique (kg d'ammoniac par emplacement et par an) traduit au final la performance associée à la mise en œuvre d'une ou plusieurs techniques au bâtiment.

Dans le cadre d'une réflexion a posteriori sur des techniques qui ont été discutées dans le BREF pour la plupart mais non retenues à l'issue du processus (souvent du fait du manque de données), il est apparu nécessaire de définir une performance individuelle minimale de référence à atteindre par les techniques proposées en l'absence de corrélation évidente entre les performances d'une technique individuelle et les émissions d'ammoniac exprimées par emplacement, quand bien même cette performance individuelle est relative puisque les niveaux d'émissions d'ammoniac au bâtiment sont nécessairement liées à une combinaison de mesures de prévention et de réduction propres à chaque exploitation et qu'il convient donc de définir l'installation de référence à laquelle on se compare.

Sur la base des documents de référence dans le domaine au niveau européen, l'INERIS a proposé, en concertation avec le Ministère en charge de l'Environnement, de fixer une performance minimale de réduction des émissions de NH_3 de 20% pour qu'une technique individuelle non citée par le BREF puisse être considérée comme MTD, en s'appuyant sur la Directive NEC et le document d'orientation rédigé par l'UNECE[6] auquel elle renvoie et qui prévoit une *« réduction d'au moins 20 % par rapport à la méthode de référence décrite dans le document d'orientation sur l'ammoniac ».* Le système de référence est un élevage sur caillebotis intégral avec stockage des effluents sous les animaux. Il est à noter qu'aucune des publications transmises dans le cadre de cette étude ne fait état de niveaux de performance lors des essais exprimés en flux spécifique (i.e. en kg de NH3/emplacement/an).

[5] Niveau d'émissions associé à la MTD

[6] Document d'orientation de la CEE-ONU 2014 pour la prévention et la réduction des émissions d'ammoniac provenant des sources agricoles

Informations demandées

- Trois techniques de réduction des émissions au bâtiment ont été retenues pour faire l'objet d'une évaluation approfondie par l'INERIS : l'utilisation d'additifs alimentaires et au bâtiment (lisier), brumisation et matériaux spéciaux pour les caillebotis.

Pour mener à bien cette analyse, il a été demandé aux OPA et aux instituts techniques de transmettre, pour chacune des techniques retenues, des publications où les essais décrits devaient avoir été réalisés en conditions réelles d'exploitation. En accompagnement des publications, une fiche synthétique de présentation de la technique et des principaux résultats a été rédigée par les instituts techniques. Elle précise notamment les objectifs d'utilisation et les bénéfices environnementaux attendus. L'intérêt d'une telle fiche est d'expliciter et de bien délimiter le périmètre et les usages de la technique. L'étude s'est ainsi attachée aux aspects ci-dessous afin de s'assurer du caractère extrapolable des résultats et de la représentativité des élevages « tests » à d'autres catégories animales (dans le cas où l'équivalence était demandée pour toutes les catégories animales) et à tout ou partie des élevages français.

De par les contraintes de temps imposées, une évaluation préliminaire du contenu des dossiers a été conduite afin de s'assurer de la complétude des informations à étudier. La démarche suivante a été mise en œuvre :

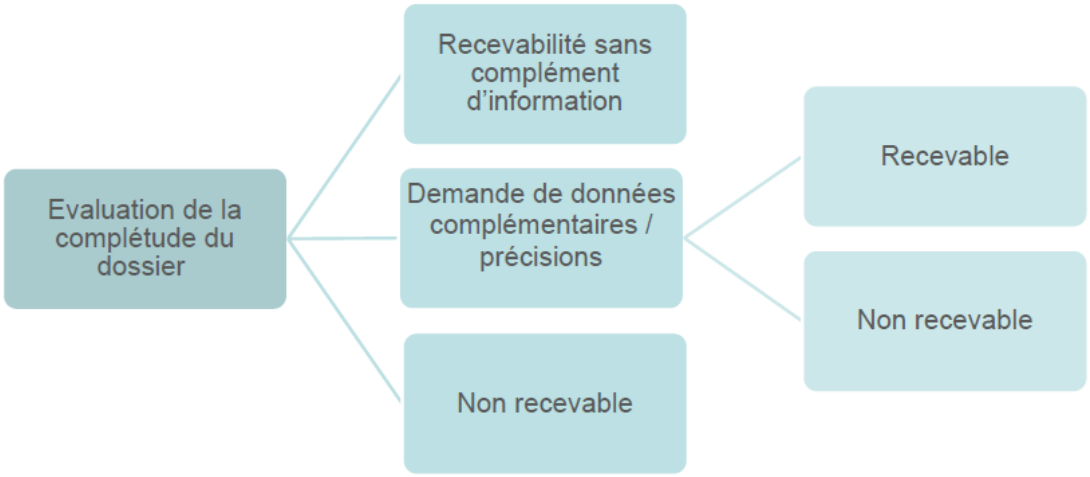

Figure 1 : Schéma de présentation de la démarche d'évaluation préalable des données fournies en appui des demandes d'équivalence MTD

Démarche d'évaluation des informations transmises et des essais réalisés

Pour mener à bien la phase d'analyse à proprement parler du contenu des publications et des résultats, une liste de critères d'évaluation a été déterminée. Il a été jugé pertinent de s'appuyer en partie sur le protocole élaboré par VERA (VERA, 2011). Il est spécifiquement dédié à l'évaluation des performances des techniques en bâtiment d'élevage (annexe n°1) dans la logique de l'ETV européenne[7] et donne un cadre précis pour la réalisation d'essais visant à démontrer la performance environnementale d'une technique dans ce secteur.

Plusieurs techniques de réduction des émissions d'ammoniac ont été certifiées selon ce protocole, notamment des laveurs d'air et une technique d'acidification des effluents en porcherie. Des échanges avec VERA au premier trimestre ont permis de confirmer qu'aucun additif n'avait fait l'objet d'une reconnaissance officielle selon le protocole susmentionné.

De ce protocole, ont été extraits les éléments considérés comme essentiels pour garantir la robustesse et l'exploitabilité des résultats présentés dans les publications. Ces aspects sont listés ci-après :

- Technique : description, portée (nombre d'installations utilisant la technique en France et en Europe, retour d'expérience), préconisations fournisseurs (dosage recommandé, mise en œuvre…) et consignes de protection (notice, fiche de données de sécurité…), données bibliographiques (si possible publiées dans des revues scientifiques ou vérifiées par des organismes indépendants) …

- Description de la conduite de l'élevage lors des essais : animaux concernés, nombre d'animaux, alimentation, données zootechniques, gestion des effluents, description du bâtiment, gestion de l'ambiance (température, hygrométrie, débit de ventilation) …

- Test : description de l'essai et présence d'un témoin[8], présentation de la technique et de sa mise en œuvre (dose, mode d'application, …) et indication d'écarts par rapport aux préconisations/recommandations…

- Protocole de mesure : technique de mesure, points de mesure, fréquence et durée, distinction phase transitoire, paramètres contextuels…

- Présentation et exploitation des résultats : exclusion des données aberrantes, calcul des moyennes, expression des résultats…

[7] http://www.verification-etv.fr/ et https://ec.europa.eu/environment/ecoap/etv_en

[8] Dispositif expérimental destiné à comparer et isoler les effets de la technique testée que l'on souhaite mettre en évidence.

Comme la demande de reconnaissance de l'équivalence des performances des techniques concerne le paramètre « ammoniac », seuls les éléments relatifs à la réduction des émissions de NH_3 ont été évalués dans les parties « Résultats-Efficacité » du présent rapport et ce même si plusieurs paramètres (qualité des litières, performances zootechniques, …) ont été suivis dans les études.

Les aspects essentiels des protocoles et des méthodologies de mesures issus des publications sont synthétisés dans des tableaux récapitulatifs dans ces mêmes parties.

Présentation des conclusions d'une évaluation

A l'issue de l'évaluation, une technique pourra :

- être validée comme technique équivalente aux MTD sous conditions d'utilisation dans un cadre précis correspondant aux informations transmises,
- être validée sous conditions sur la base d'une justification spécifique à chaque élevage,
- ne pas être validée comme technique équivalente.

4. EVALUATION DES ADDITIFS : PERIMETRE ET INFORMATIONS DISPONIBLES

4.1 INFORMATIONS TRANSMISES PAR LA PROFESSION EN APPUI A L'EVALUATION

La liste des publications transmises pour étude sont :

Guingand, N., Boulestreau, A.-L., Juin, S., & Maupertuis, F. (2004). Utilisation d'additifs en porcherie-Effet sur l'emission d'odeurs et d'ammoniac en engraissement. *Techni Porc*, pp. 25-32. (Annexe 10)

Guingand, N., Broz, J., & Demerson, L. (2005). *Influence of adding 0,5 or 1% of benzoic acid to the feed of growing-finishing pigs on ammonia emission and performance.* Varsovie. (Annexe 5)

Guingand, N., Chauvel, J., & Theophilou, N. (2000). Clinoptilolite et environnement-résultats d'études en post-sevrage. *TechniPorc, 23*(4). (Annexe 8)

Guingand, N., Demerson, L., & Broz, J. (2005). *Incidence de l'incorporation d'acide benzoïque dans l'alimentation des porcs charcutiers sur les performances zootechniques et l'émission d'ammoniac.* Paris. (Annexe 4)

Guingand, N., Salaun, Y., Bouyer, J., & Poincelet, E. (2014). Influence de l'incorporation de 3% de chabasite dans l'alimentation des porcs charcutiers sur l'émission d'ammoniac et d'odeurs des porcheries. *Journées Recherche Porcine*, (pp. 215-216). Paris. (Annexe 9)

Milic, D., Tofant, A., Vucemilo, M., Venglovsky, J., & Ondrasovicova, O. (2005). The performance of natural zeolite as a feed additive in reducing aerial ammonia and slurry ammonium ion concentration in the pig farm nursery. Folia veterinaria, 23-25 (Annexe 7).

Aarnink A.J.A, Hol A., Nijeboer G.M. (2008). Ammonia emission factor for using benzoic acid (1% VevoVitall®) in the diet of growing finishing pigs. Animal Sciences Group/Wageningen University (Annexe 6)

4.2 TERMINOLOGIE, CLASSIFICATION ET PERIMETRE DE L'ETUDE

Le terme « additifs » n'est pas clairement défini dans les fiches de présentation de la technique rédigée par l'IFIP (cf. annexes 2 et 3). Seule leur nature est abordée. Ils sont présentés comme des « substances naturelles qui peuvent être quelquefois associées à des microorganismes, des arômes ou des substances chimiques et dont l'utilisation permettra de réduire les émissions de gaz et d'odeurs en agissant sur certains composés azotés et/ou odorants présents dans les effluents ou dans l'air des bâtiments d'élevage. Le mode d'action peut être la dégradation des composés, l'adsorption sur un substrat ou le masquage ». Toutefois, la composition des produits n'est pas détaillée.

Sur la base des informations communiquées et des types de substances étudiées dans les publications, l'INERIS propose la classification suivante selon la nature de l'additif et son mode d'application :

- *additifs alimentaires visant à réduire le pH urinaire,*
- *additifs alimentaires à capacité d'échange cationique élevée,*
- *additifs incorporés au lisier.*

Les informations et publications fournies concernent les additifs incorporés à l'alimentation, au lisier et épandus sur les sols.

Les additifs réduiraient les émissions d'ammoniac et auraient des performances équivalentes aux MTD 30a1 et 30e des « conclusions MTD » *selon l'IFIP (Annexes 1 et 2)*. Ils agiraient sur « certains composés azotés et/ou odorants présents dans les effluents ou dans l'air des bâtiments d'élevage ». Pour rappel, les MTD porcs susmentionnées sont :

- MTD 30a1: Evacuation fréquente du lisier par dépression.
- MTD 30e : réduction de la surface d'émission des préfosses avec des balles flottantes.

Les niveaux d'émissions associés à la MTD relative à la réduction des émissions d'ammoniac en bâtiment d'élevage de porcs pour les différents stades physiologiques sont récapitulés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Récapitulatif des NEA-MTD au bâtiment (Source : IPPC, 2017)

Stades physiologiques	NEA-MTD (kg NH_3/place/an)
Truies gestantes	0,2 - 2,7 (4,0)[9]
Truies allaitantes	0,4 - 5,6 (7,2)
Porcelets en post-sevrage	0,03 - 0,53 (0,7)
Porcs à l'engraissement	0,1 - 2,6 (5,65)

[9] Les valeurs entre parenthèses correspondent aux NEA-MTD applicables aux bâtiments existants.

4.3 ETAT DES LIEUX

4.3.1 REVISION DU BREF ELEVAGES INTENSIFS

Lors de la révision du BREF, l'ajout d'acide benzoïque dans l'alimentation des porcins a été proposé comme MTD et intégré dans le « Final Draft » comme étant une technique de réduction du pH du lisier. Cependant, cette technique n'a finalement pas été retenue dans les « Conclusions MTD » et aucun élément n'a été trouvé permettant d'expliquer son exclusion.

Les additifs mélangés au lisier ont été proposés comme techniques de traitement des effluents et l'IFIP a manifesté son souhait de les voir reconnaître comme MTD de réduction des émissions de NH_3, avançant une efficacité de 30-40%. Cependant, cette proposition a été rejetée car :

- peu ou pas d'information sur l'applicabilité, les coûts et les performances environnementales a été transmise,
- l'efficacité est variable et les objectifs de réduction ne sont pas systématiquement atteints ou la bibliographie existante est pauvre. De plus, aucune étude démontrant un abattement de 30-40% n'a été communiquée lors de la révision du BREF,
- seuls les additifs dont les données sont suffisantes pour permettre une évaluation devraient être présentés.

4.3.2 MISE EN ŒUVRE DE LA TECHNIQUE AU NIVEAU NATIONAL

Les éléments rapportés ici sont issus de la réunion de travail avec l'IFIP du 24/04/2017. Les additifs alimentaires sont déjà utilisés sur le terrain et sont le plus souvent intégrés directement dans les aliments fournis aux éleveurs. Pour rappel, environ 70% des élevages reçoivent les aliments déjà préparés et les 30% restants fabriquent leurs aliments à la ferme (FAF). Pour ces derniers, s'ils souhaitent utiliser un additif alimentaire comme l'acide benzoïque, ils peuvent demander à ce qu'il soit intégré au premix.

Le marché de cet additif est important sans qu'il y ait, toutefois, de données précises sur le nombre exact d'exploitations concernées. Les zéolites comme la chabasite et la clinoptilolite sont également employés par certains fournisseurs d'aliments. Globalement, il n'y a pas ou peu de communication par ces derniers sur l'ajout d'additif dans les aliments.

Environ 50% d'éleveurs utiliseraient des additifs, tout type confondu. La moitié utiliserait des additifs alimentaires et l'autre moitié des additifs à incorporer au lisier. Néanmoins, il est possible que certains exploitants associent additifs alimentaires et additifs ajoutés en préfosses. Ces produits sont majoritairement utilisés en élevage de porcs à l'engraissement car ce stade physiologique est le principal poste d'émissions de NH_3.

L’emploi de ce type de produits est principalement motivé pour lutter contre les odeurs et les problèmes de mouches L’ensemble des éléments fournis ci-avant sont purement indicatifs car il n’existe pas de statistiques officielles sur ces pratiques. Les additifs seraient une technique couramment employée en Europe d’après l’IFIP.

Concernant le mode d’application, les additifs utilisés en préfosse peuvent être préalablement mélangés à de l’eau et épandus à différents endroits de la préfosse afin d’avoir une répartition assez homogène. Il n’y aurait pas d’opération de mélange ou de brassage à effectuer. Sinon, ils peuvent être saupoudrés sur le caillebotis ou la litière. Les modes d’emplois mentionnés ci-avant sont des éléments généraux et cités à titre d’exemple par l’IFIP. Ils illustrent les principales préconisations d’utilisation possible mais ne sont pas directement issus de documentation « fournisseur ».

Il existe une grande variété d’additifs « préfosse » disponibles sur le marché. Les éleveurs peuvent changer régulièrement de produits en fonction des conjonctures économiques. Le dernier travail de recensement des produits disponibles sur le marché a été réalisé par l’IFIP en 2000.

5. LES ADDITIFS ALIMENTAIRES INDUISANT UNE REDUCTION DU PH URINAIRE

Les éléments descriptifs et résultats présentés ci-après sont issus des publications :

1. « Incidence de l'incorporation d'acide benzoïque dans l'alimentation des porcs charcutiers sur les performances zootechniques et l'émission d'ammoniac », (Guingand, Demerson, & Broz, 2005) (Publication 1),
2. « Influence of adding 0,5 or 1% of benzoic acid to the feed of growing-finishing pigs on ammonia emission and performance » (Guingand, Broz, & Demerson, 2005) (Publication 2),
3. « Ammonia emission factor for using benzoic acid (1% Vevovitall) in the diet of growing-finishing pigs (Aarnink, Hol, & Nijeboer, 2008) (Publication 3).

5.1 COMPOSITION, MODES D'ACTION ET UTILISATION

Les trois publications font référence au même additif, distribué par un seul laboratoire et uniquement en application pour les porcs à l'engraissement. Il est composé à 99,99% d'acide benzoïque. Ce composé aromatique, de formule chimique $C_7H_60_2$ est utilisé comme additif alimentaire. Les conditions d'utilisation sont définies par différents règlements européens qui fixent notamment les quantités maximales qui peuvent être administrées aux animaux à savoir : 1% dans l'alimentation des porcs à l'engrais[10] et des truies[11] et 0,5% dans l'alimentation des porcelets en post-sevrage[12].

L'acide benzoïque est métabolisé par le foie et converti en acide hippurique qui diminue le pH urinaire et est excrété avec les urines. Le pH urinaire est en général neutre. Cette acidification est corrélée au taux d'incorporation d'acide dans l'alimentation. Le pH de l'urine des porcs traités peut être abaissé de près d'une unité pour 1% d'acide benzoïque. L'acidification des urines réduit la volatilisation ammoniacale.

5.2 SYNTHESE DES INFORMATIONS ISSUES DES PUBLICATIONS

Les résultats reportés dans le tableau n°2 sont issues de deux études menées par l'IFIP et le laboratoire distribuant cet additif et d'une étude menée par l'Université de Wageningen.

Les études 1 et 2 ont été conduites en station expérimentale appartenant à l'IFIP (située dans l'Aveyron pour l'étude 1). Les essais ont été réalisés dans plusieurs salles, incluant des salles avec des animaux traités (une salle test « 1% d'acide benzoïque et une salle test « 0,5% d'acide benzoïque) et une salle témoin dans chacune des deux publications. Dans les deux études, les animaux « traités » ont reçu une alimentation contenant soit 0,5 soit 1% d'acide benzoïque. L'objectif de ces deux expériences était d'analyser les effets de l'acide benzoïque sur les performances zootechniques des porcs charcutiers et les émissions d'ammoniac.

[10] RÈGLEMENT (CE) N° 1138/2007 DE LA COMMISSION du 1er octobre 2007

[11] RÈGLEMENT D'EXÉCUTION (UE) 2016/900 DE LA COMMISSION du 8 juin 2016

[12] RÈGLEMENT (CE) N° 1730/2006 DE LA COMMISSION du 23 novembre 2006,

Pour cela, plusieurs paramètres ont été suivis : l'indice de consommation (IC), le gain moyen quotidien (GMQ), le poids, le pH urinaire, les débits de ventilation, les concentrations en ammoniac et la composition du lisier. Dans l'étude 1, les concentrations en ammoniac ont été mesurées à l'intérieur des salles par tubes diffuseurs en trois endroits différents par salle et à deux hauteurs (0,3 et 1 m) au niveau du caillebotis. Les concentrations extérieures ont été mesurées par barbotage en solution acide, il n'est pas indiqué où exactement.

Dans l'étude 2, le protocole de mesure des concentrations intérieures en NH_3 diffère légèrement avec quatre et non trois points de mesures, les hauteurs sont identiques. Dans chacune des deux études, ce sont douze campagnes de mesures, soit une par semaine pour ensemble de l'engraissement, qui ont été effectuées. Les pH urinaires ont été mesurés (6 mesures) directement après prélèvement sur 10 animaux par salle.

Le lisier a été échantillonné et analysé dans la publication 1 uniquement (un pour chacune des salles traitées et un dans la salle témoin) lors du départ des animaux. Le lisier a été prélevé dans les préfosses après le dernier départ des animaux pour l'abattoir. Les paramètres suivis sont le pH, la quantité de MS, la concentration en azote total et en azote ammoniacal.

Les résultats ont été traités statistiquement dans l'étude 1. Dans les deux publications, sont donnés les taux protéiques des différents aliments distribués aux animaux et dans la publication 1, les formules alimentaires sont détaillées.

Dans les deux études, une réduction des émissions de NH_3 est observée. La réduction des émissions d'ammoniac est de 25% (soit 200 grammes de NH_3 par porc produit) pour les animaux traités à 1% d'acide benzoïque, particulièrement celle imputable aux sols souillés par les urines et les fèces dans la publication n°1. La réduction des émissions issues de la salle où les animaux reçoivent 0,5% de NH_3 n'est pas significative par rapport au témoin selon les auteurs.

Dans l'étude 2, l'émission journalière d'ammoniac par porc est significativement réduite pour la salle où les animaux ont reçu une alimentation comprenant 1% d'acide benzoïque par rapport à la salle témoin, soit une réduction de 24%. Les résultats du régime à 0,5% d'acide benzoïque sur les émissions de NH_3 ne sont pas rapportés dans la publication. Pour des taux d'acide de 0,5 et 1%, le pH est diminué de 0,3 et 0,9 unité respectivement par rapport au témoin dans les publications 1 et 2.

Dans les études 1 et 2, les paramètres d'ambiance et les consignes de ventilation ont été enregistrés durant toute la période de présence des animaux.

L'étude 3 a été conduite par une équipe de recherche de l'université de Wageningen dans 4 élevages commerciaux différents. Chacun des élevages appliquait un mode de logement différent.

- caillebotis partiel et 40% de la surface correspondait au sol plein (exploitation 1),
- caillebotis partiel en béton et surface d'émission des effluents réduite par inclinaison des parois de la zone de stockage (exploitation 2),
- caillebotis partiel béton et métallique avec canal à lisier et à eau séparés (exploitation 3).
- caillebotis partiel et cooling du lisier (exploitation 4),

Les objectifs étaient doubles. D'une part, les tests visaient à évaluer les effets de l'acide benzoïque incorporé à hauteur de 1% dans l'alimentation sur les émissions d'ammoniac et d'autre part, à déterminer s'il y avait une interaction entre le mode de logement et les effets de l'additif. Le laboratoire commercialisant cet additif a sollicité cette étude afin d'obtenir une reconnaissance officielle de cette technique dans la règlementation néerlandaise et une inscription dans la RAV-list[13]

La publication explicite précisément les conditions de réalisation des différents essais. Les données zootechniques (poids, régime alimentaire), la description des salles (modalité de stockage des effluents, fréquence de retrait, taille des préfosses, état des préfosses…) et le plan de répartition des différentes salles témoins et traitées dans le bâtiment sont présentés dans le rapport. Le pH urinaire a été mesuré sur 3 ou 4 animaux par salle chaque jour de mesures des concentrations en NH_3. La différence entre le pH de l'urine des animaux traités et des animaux témoins était d'environ 1,20 point (5,29 vs 6,50 respectivement).

Les concentrations en ammoniac ont été mesurées, pendant 24 h au total, 6 fois à partir d'échantillon d'air et par barbotage à l'acide. Le flux d'échantillonnage était de 2 litres par minute et la concentration a été déterminée par spectrophotométrie. En outre, les mesures d'ambiance (température, humidité, concentration en $C0_2$ et débit de ventilation) et de concentration en ammoniac sont rapportées de manière exhaustive dans la publication ainsi que le traitement statistique (modèle) qui est appliqué aux données.

Les résultats d'émission sont fournis pour chacune des périodes de mesures et par exploitation. La réduction des émissions d'ammoniac issues de bâtiment de porcs à l'engrais par la distribution d'une alimentation à 1% d'acide benzoïque est en moyenne de 15,8% pour la totalité des élevages impliqués dans l'étude. Les auteurs indiquent ne pas avoir mis en évidence une quelconque influence des différents modes de logement sur l'effet escompté de l'acide benzoïque.

[13] Liste établie par le ministère de l'environnement et des milieux qui recense les systèmes de logement des animaux peu émissifs en ammoniac et les techniques de réduction.

Tableau 2 : Récapitulatif des informations relatives au déroulé de l'essai

Catégorie animale	Mode d'application de l'additif et dose testée	Conditions de réalisation des essais	Méthodologie de détermination des émissions de NH_3	Résultat
Porcs à l'engraissement (30 à 115 kg) (Publication 1)	Deux régimes formulés à 0,5 et 1% d'acide benzoïque isoénergétique par rapport à aliment témoin-Biphase CORPEN. Essai sur une bande	Tests effectués en station expérimentale (Aveyron). Essais menés sur des porcs entrés en engraissement à 30 kg et suivis jusqu'à abattage répartis par sexe et par poids. 120 porcs répartis en 3 salles de 8 cases de 5 animaux sur sol en caillebotis béton avec stockage des déjections en préfosse pendant toute la période d'engraissement. 2 préfosses indépendantes par salle stockent le lisier de 4 cases. Entrée d'air par plafond diffuseur et extraction basse sous caillebotis par cheminée. Surface de 0,65m²/porc	Mesure ambiance : paramètres physiques et consignes de ventilation enregistrés sur toute la période de présence des animaux. Mesures des concentrations en $[NH_3]$int par tubes diffuseurs au niveau de trois emplacements par salle et à deux hauteurs (0,3 et 1m). $[NH_3]$ ext mesurée par barbotage en solution acide. 12 campagnes de mesures ont été réalisées soit une par semaine pour ensemble de l'engraissement.	25% de réduction des émissions de NH_3
Porcs à l'engraissement (30 à 115 kg) (Publication 2)	Deux études ont été réalisées : une avec témoin vs alimentation avec 0,5% d'acide, l'autre avec comparaison de trois régimes alimentaires (témoin, 0,5% et 1%). Biphase Corpen. Essai sur une bande	Réalisés en station expérimentale Essais menés sur des porcs entrés en engraissement à 30 kg et suivis jusqu'à abattage répartis par sexe et par poids. Tous les animaux pesés au début de l'étude. Consommation alimentaire de chaque case enregistrée pendant toute l'étude. Données sur l'ambiance (température et débit ventilation) à l'intérieur et à l'extérieur enregistrés pendant tout l'essai. Surface de 0,65 m²/pc.	Mesures des $[NH_3]_{int}$ par tubes diffuseurs au niveau de quatre points par salle et à deux hauteurs (0,3 et 1 m). $[NH_3]_{ext}$ mesurée par barbotage en solution acide chaque semaine pour l'ensemble de l'engraissement.	25% de réduction des émissions de NH_3

Porcs à l'engraissement (25 à 110 kg) (Publication 3)	Etude réalisée dans 4 exploitations de porcs avec des animaux témoins et des animaux nourris avec des aliments contenant 1% d'acide benzoïque. Essais sur 2 à 3 bandes.	Les essais ont été réalisés dans 4 élevages « engraisseurs » aux 4 systèmes de logement différents et répandus aux Pays-Bas. Etude menée en 2 phases : 1ère phase d'avril à décembre 2005 pendant 2,5 périodes d'engraissement dans **l'exploitation 1**. 8 salles de 80 porcs dans chacune des salles : 4 salles traitées et 4 salles témoin. Caillebotis partiel. 2ème phase d'août 2006 à août 2007 pendant trois périodes d'engraissement dans les exploitations 2,3 et 4. **Exploitation 2** : 2 salles traitées et 2 salles témoins avec 132 animaux dans chaque salle. Caillebotis partiel et réduction de la surface d'émission des fosses. **Exploitation 3** : 1 salle témoin et 2 salles traitées avec 110 animaux dans chaque salle. Caillebotis métallique et avec canal à lisier et à eau séparés. **Exploitation 4** : 2 salles traitées et 2 salles témoins avec 80 animaux dans chaque salle. Caillebotis partiel et cooling du lisier.	Les émissions de NH_3 ont été calculées à partir du débit de ventilation et des concentrations en ammoniac. 6 jours de mesures répartie de manière homogène sur l'ensemble de la période d'étude. Les mesures ont débuté 1 mois après le début du traitement.	Réduction des émissions de NH_3 de 15,8% en moyenne. Les réductions des émissions de NH_3 par exploitation sont : Exploitation 1 : 23% Exploitation 2 :5,9% Exploitation 3 : 19,1% Exploitation 4 : 12,2%

5.3 ANALYSE

Selon le taux d'incorporation dans l'alimentation des animaux, l'acide benzoïque réduit les émissions de NH_3 par acidification du pH urinaire comme cela est démontré dans les trois publications. Toutefois plusieurs aspects importants du déroulement des essais ne sont pas présentés ou ne le sont que partiellement et des différences entre les itinéraires techniques et la conception des salles et préfosses peuvent expliquer la variabilité des abattements.

Dans la publication 2, les auteurs n'indiquent pas combien d'animaux ont participé à l'étude. Les éléments relatifs au type et à la position de ventilation, à l'ambiance dans les salles et à l'état des préfosses (vides ou pas à l'entrée des animaux) ne sont pas rapportés non plus. De plus, dans cette étude, seuls les résultats obtenus à partir du régime à 1% d'acide benzoïque sont présentés alors que les effets des deux régimes sur les émissions d'ammoniac ont été étudiés. Les auteurs précisent le nombre de points de mesures des concentrations en ammoniac sans pour autant indiquer où, dans les salles, ils ont été effectués.

De même, dans la publication 1, les auteurs fournissent des indications sur les hauteurs auxquelles ont été mesurées les concentrations mais sans préciser où exactement dans les salles. Pour les publications 1 et 2, il est rappelé que les essais n'ont été réalisés que sur une seule bande de porcs à l'engraissement.

Comme évoqué ci-avant, plusieurs aspects distinguent les trois études et pourraient possiblement avoir une influence sur la variabilité des niveaux de réduction des émissions de NH_3. En particulier, dans les études 1 et 2, les animaux sont élevés sur caillebotis intégral avec stockage des effluents en préfosse alors que dans l'étude 3, les animaux sont élevés sur caillebotis partiel. De plus, la comparaison entre les pH urinaires montre que, dans l'étude néerlandaise, ils sont plus acides que ceux mesurés dans les essais français.

Les systèmes de logement dans lesquels sont testés les effets de l'acide benzoïque (1%) dans l'étude 3 sont considérés comme moins émissifs que celui utilisé dans les publications 1 et 2, d'où des abattements moindres. Ces différences sont accentuées dans les exploitations 2, 3 et 4 qui ont, en plus du caillebotis partiel, d'autres techniques de réductions comme du cooling par exemple.

6. LES ADDITIFS ALIMENTAIRES A CAPACITE D'ECHANGE CATIONIQUE ELEVEE

Les éléments descriptifs et résultats présentés ci-après sont issus des publications :

1. « The performance of natural zeolite as a feed additive in reducing aerial ammonia and slurry ammonium ion concentration in the pig farm nursery » (Milic, Tofant, Vucemilo, Venglovsky, & Ondrasovicova, 2005), (Publication 1)
2. « Clinoptilolite et environnement : résultats d'études en post-sevrage » (Guingand, Chauvel, & Theophilou, 2000), (Publication 2)
3. « Influence de l'incorporation de 3% de chabasite dans l'alimentation, des porcs charcutiers sur l'émission d'ammoniac et d'odeurs des porcheries » (Guingand, Salaun, Bouyer, & Poincelet, 2014) (Publication 3),

6.1 COMPOSITION, MODES D'ACTION ET UTILISATION

Les additifs étudiés dans ces publications sont à base de zéolithes. Ce sont des roches silicates qui se caractérisent par leur capacité d'échange cationique (CEC) élevée et leur surface interne importante. Il existe plus de 50 types de zéolite différents, dont la chabasite et la clinoptilolite se distinguant par leur sélectivité pour plusieurs cations.

La clinoptilolite a une affinité spécifique pour les ions NH_4^+ et le NH_3. (Milic, Tofant, Vucemilo, Venglovsky, & Ondrasovicova, 2005). Cette capacité de rétention des zéolithes se traduit par un lisier plus riche en azote ammoniacal et une diminution des émissions de NH_3.

Les additifs sont préalablement inclus dans les formules alimentaires avant d'être distribués aux animaux. Toutefois, les publications ne mentionnent pas si les quantités administrées aux animaux lors de ces essais sont celles qui sont préconisées par les fournisseurs.

La clinoptilolite a fait l'objet de test sur des porcelets en post sevrage (publications n°1et n°2) et la chabasite a été testée sur des porcs charcutiers (publication n°3).

6.2 SYNTHESE DES INFORMATIONS ISSUES DES PUBLICATIONS

Pour évaluer les effets de trois additifs à base de zéolithes, deux tests ont été conduits à la station expérimentale de l'IFIP en Ile-et-Vilaine et un essai dans une ferme expérimentale croate.

Plusieurs éléments des protocoles expérimentaux mis en place dans les différents essais sont communs aux trois publications :

- les études ont été réalisées dans des stations expérimentales et tous les essais incluaient un lot d'animaux témoins et un lot d'animaux traités.

- les caractéristiques physico-chimiques des lisiers ont été analysés (pH, taux de MS, Ntk, NH_4^+-N..),

- les paramètres d'ambiance (vitesse d'air, humidité, température…) ont été enregistrés,

- le nombre d'animaux impliqués et leur répartition dans les enclos sont rapportés dans les publications.

Dans la publication 2, les concentrations en ammoniac ont été mesurées à deux hauteurs : 0,30 et 1 m au-dessus des caillebotis et au milieu des cases. Elles ont été effectuées par barbotage en solution acide. La publication 2 sur les effets de la clinoptilolite fait état d'une réduction moyenne de 17% des émissions d'ammoniac par animal sur la période de post-sevrage. Les abattements sont variables selon les périodes de mesure : les auteurs observent une réduction importante en début de post-sevrage et une absence de réduction en fin de période.

En effet, une diminution de 45% a été mesurée après 11 jours de présence des animaux, elle est de 30% au bout de 19 jours. Les résultats de la dernière campagne de mesures réalisée à 32 jours est à l'inverse de la situation rencontrée en 1ère phase de post-sevrage : il n'y a pas de différence sur les émissions de NH_3 entre la salle témoin et la salle traitée. La conclusion de l'étude reste ouverte et l'hypothèse avancée est qu'un taux d'incorporation supérieur à 2% « permettrait peut-être d'avoir un effet plus conséquent sur l'émission d'ammoniac et d'odeurs ».

Les auteurs ont mesuré une augmentation de 12% d'azote ammoniacal dans le lisier des animaux ayant reçu de la clinoptilolite par rapport à celui de la salle témoin. Ils expliquent ces différentes observations par la capacité de la clinoptilolite à capter les ions NH_4^+ et ainsi à limiter le pool d'ions ammonium susceptibles de se volatiliser.

Dans la publication 3, les émissions journalières d'ammoniac des porcs charcutiers dont l'alimentation contient de la chabasite sont réduites de 18% en moyenne. Cette diminution des émissions de NH_3 s'accentue pendant la phase de croissance (-36%) alors que pendant la phase de finition, la réduction n'est plus que de 9%. D'après les auteurs, les effets de la chabasite sont encore à confirmer.

Selon eux, l'ajout de 3% de cette roche dans l'alimentation semble insuffisant pour maintenir un effet notable sur des porcs de plus de 65 kg : « une augmentation du taux d'incorporation dans l'aliment finition pourrait éventuellement être envisagée avec une réduction du taux d'incorporation dans l'aliment de croissance, afin de ne pas augmenter le coût lié à la supplémentation de l'aliment avec la chabasite, mais cette hypothèse reste à valider ». Les données alimentaires et zootechniques (poids, GMQ, IC) sont détaillées au sein de la publication.

Les conséquences d'une alimentation additionnée de chabasite sur les performances zootechniques et sur la composition du lisier ont été examinées parallèlement à celles sur l'environnement. Les échantillonnages ont été réalisés au changement d'aliment et lors de la vidange des préfosses après le départ des animaux. Les concentrations en ammoniac ont été mesurées dans l'air intérieur, au niveau de la gaine d'extraction, et dans l'air extérieur en semi-continu grâce à l'aide d'un analyseur photoacoustique à IR. Les débits de ventilation ont été déterminés à partir des mesures des vitesses d'air enregistrées en continu, toutes les 15 minutes.

Dans l'étude 1, l'expérience visait à vérifier les effets d'une préparation commerciale composée de zéolithe naturelle contenant 55% de clinoptilolite. Selon les auteurs, le fournisseur avance que cet additif inhibe les émissions d'ammoniac générées par les effluents et améliore ainsi l'ambiance dans le bâtiment et la santé des animaux.

Cette préparation commerciale est mélangée à l'alimentation des porcelets à raison de 2%. Les concentrations en ammoniac ont été mesurés à l'aide de tubes Dräger. La comparaison entre les salles traitées et les témoins montre une diminution moyenne de 33%. Selon eux, cette réduction pourrait être attribuée à l'action de la clinoptilolite.

Les paramètres d'ambiance (vitesse d'air, température et humidité) et les caractéristiques physico-chimiques du lisier ont été étudiés (un prélèvement hebdomadaire). Ils ont été mesurés 7 fois au cours de la période de test soit une bande. Les données d'ambiance sont relativement proches pour la nursery « traitée » et la nursery « témoin ».

Le pH et le taux de MS sont similaires et la concentration en composés azotés dans le lisier des porcelets nourris avec de la clinoptilolite est plus faible. Cette baisse est à mettre en lien avec les effets de la zéolithe. La réduction est de 26% pour les ions ammoniums et nitrates et de 12% pour les ions nitrites. Les auteurs concluent à l'effet positif de l'utilisation de ce produit sur la qualité de l'air en élevage.

Tableau 3 : Récapitulatif des informations relatives au déroulé des essais

Stades physiologiques	Mode d'application de l'additif et dose testée	Conditions de réalisation des essais	Méthodologie de détermination des émissions de NH_3	Résultat
Porcelets en post-sevrage Publication 2	Incorporation dans l'aliment 1er et 2ème âge à raison de 2%. **Dans aliment 1er âge, remplacement de 2% de blé par 2% de clinoptilolite** (sans compensation énergétique). **Dans aliment 2ème âge: -2,5% d'orge et +0,7% de de graisse+ 0,2% de blé et 2% de clinoptilolite.**	L'étude a porté sur deux bandes de 120 porcelets en post sevrage entre mai et juillet 1999. Essai sur une bande[14] pour étude de l'influence de la clinoptilolite sur les performances zootechniques (GMQ et l'IC des porcelets). Essai sur la deuxième bande pour étude des aspects environnementaux, à savoir émission d'odeurs, concentration en ammoniac dans l'ambiance et à l'extraction, incidence sur la composition des lisiers produits.	Mesure de la concentration en NH_3: 2 mesures effectuées par case avec des tubes diffuseurs: 1 1ère à 0,30 m et une 2ème à 1 m au-dessus du caillebotis au milieu de la case. Mesures dans l'air extrait par barbotage en solution acide et analyse en laboratoire de la concentration en NH_4^+. 3 campagnes de mesures pendant la phase de post-sevrage : 11ème jour après entrée en post-sevrage au 19ème et au 32ème jour.	Réduction de 17% en moyenne des émissions de NH_3 issues de la salle traitée. Les résultats sont variables au cours de la bande : de 0 à 11jours : 45% de réduction de 11 à 19 jours : 30% de réduction De 19 à 32 jours : augmentation non explicitée dans la publication

[14] La durée exacte de l'essai n'est pas indiquée. Pour information, la durée de la période de post-sevrage serait comprise entre 6 et 8 semaines.

Porcs à l'engraissement (Publication 3)	Incorporation de 3% de chabasite dans l'alimentation de type biphase des porcs impliqués dans le test. Les deux aliments iso-énergétiques ont des taux protéiques différents : 15,7% pour l'aliment croissance et 15% pour l'aliment finition.	Etude menée sur 144 porcs répartis dans deux salles identiques sur caillebotis intégral avec stockage des effluents sous les animaux, de la station expérimentale de l'IFIP (une salle témoin et une salle traitée).	Mesure des [NH_3] réalisée en semi-continu sur air ambiant et air extérieur à l'aide d'un analyseur photoacoustique à IR. Emissions cumulées par salle calculées à partir des différences de concentrations mesurées dans gaine d'extraction et à l'extérieur et les débits de ventilation par salle. Débit de ventilation calculé à partir des mesures des vitesses d'air au niveau des ventilateurs. Le pas de temps des mesures n'est pas mentionné.	Réduction moyenne des émissions de NH_3 par animaux de **-18%.** (6,18 g/porc/jour vs 7,55 g/porc/jour)
Porcelets (âge et poids des animaux inconnus) Publication 1	Incorporation de 2% de zéolite naturelle (contenant 55% de clinoptilolite) dans l'alimentation des porcelets.	Etude conduite en période hivernale pendant 50 jours dans deux nurseries dont une avec 554 porcelets traités à la clinoptilolite et une autre de 441 porcelets témoins. Répartition dans chacune des nurseries est de 30 animaux par case (caillebotis partiel)	Mesure des concentrations d'ammoniac à l'aide de tubes Dräger-Acuro. Le nombre et endroits des mesures de concentration en ammoniac ne sont pas indiquées dans la publication.	33% de réduction moyenne des concentrations en ammoniac dans l'ambiance (en ppm).

6.3 ANALYSE

Au regard des critères d'analyse, plusieurs aspects ne sont pas ou peu abordés et diverses questions sont soulevées à la lecture des publications.

Pour les trois publications, l'absence d'éléments contextuels soulèvent plusieurs questions sur l'emploi de ces additifs sur le terrain en comparaison de celui pratiqué lors de ces essais. En effet, il n'est pas mentionné si les doses de zéolithes testées dans les trois expériences l'ont été selon les recommandations des fournisseurs et si les doses testées sont celles délivrées/ accessibles aux éleveurs.

De plus, il n'est pas explicité si ces produits doivent être intégrés par les fabricants d'aliments ou s'ils peuvent être ajoutés lors de la distribution de la nourriture sur l'exploitation. Selon les échanges avec l'IFIP lors de la réunion du 24/04/2017, l'ensemble des essais ont été réalisés selon les recommandations des laboratoires impliqués dans l'étude. Lors de cette réunion, l'IFIP a indiqué que la clinoptilolite et la chabasite seraient employés sur le terrain depuis plusieurs années. L'accès à ces produits ne serait pas problématique pour les exploitants.

Dans la publication 1, ni le management nutritionnel (nombre et compositions des aliments) ni les données zootechniques (âge et poids des animaux) ne sont précisés. De même, la méthodologie de mesures des concentrations en NH_3 est abordée très succinctement et ne permet pas de comprendre à partir de quelles données l'abattement a été déterminé. Le nombre, la localisation, et la fréquence de mesures ne sont pas stipulés.

Dans la publication 2, une réduction de 17% des émissions d'ammoniac (en gramme/heure) sur la globalité de la période de post-sevrage est observée. Toutefois, l'analyse des résultats est partielle. En effet, les variations des performances observées au cours de la bande ne sont pas véritablement analysées dans la publication. Ce dernier élément questionne la capacité de la clinoptilolite à assurer une efficacité constante tout au long de la période de post sevrage car il n'y a pas eu de mesures au-delà du 32ème jours de présence. De plus, ces variations interrogent sur la capacité de la clinoptilolite à réduire les émissions de NH_3 pour des durées d'élevage plus longues comme c'est le cas en engraissement. Les auteurs ne donnent pas d'information sur la description des salles et la conduite des animaux impliqués dans les tests (gestion de l'ambiance, durée d'élevage, répartition des animaux dans les salles).

Dans la publication 3, il n'y a pas d'information sur la gestion de l'ambiance des salles et sur le nombre de mesures de concentration en ammoniac ayant permis de déterminer l'abattement. Le mode d'action de la chabasite est évoqué superficiellement sans que les résultats obtenus sur les émissions de NH_3 ne soient mis en perspective.

Les publications 1 et 2 sur les effets de la clinoptilolite mettent toutes deux en évidence une diminution des concentrations en ammoniac dans les salles d'animaux traités mais leurs observations diffèrent quant à la composition des lisiers. Dans l'étude 1, la concentration en composés azotés est plus faible dans les lisiers des animaux traités, contrairement à ce qui est présenté dans l'étude 2. Quelques interrogations semblent subsister sur les effets induits par la clinoptilolite.

Dans les études 2 et 3, les protocoles de prélèvement (nombre et mode d'échantillonnage) des lisiers ne sont pas explicités. Il n'est pas précisé non plus quel était l'état des préfosses à l'entrée des animaux.

Dans les trois publications, les additifs alimentaires testés se distinguent soit par la nature de la zéolite utilisée (chabasite vs clinoptilolite), soit par le pourcentage de zéolite contenu dans l'additif. Dans les publications 2 et 3, il n'est pas précisé si les produits utilisés sont composés à 100% de zéolite. L'absence d'informations sur le régime alimentaire des porcelets de la publication 1 et la différence des modes d'élevage des études 1 et 2 (caillebotis partiel vs caillebotis intégral) qui portent sur la clinoptilolite ne permettent pas de se positionner sur les différents abattements fournis.

Enfin dans les deux publications, les réductions des émissions de NH_3 observées ne permettent pas d'en déduire un facteur d'abattement car dans la publication 1, il est exprimé en termes de concentration et dans la publication en termes d'émissions de la salle. Ces résultats ne sont pas généralisables à d'autres situations.

7. LES ADDITIFS INCORPORES DANS LE LISIER

Les résultats présentés ici sont issus de la publication « Utilisation d'additifs en porcherie-effet sur l'émission d'odeurs et d'ammoniac en engraissement » (Guingand, Boulestreau, Juin, & Maupertuis, 2004).

7.1 COMPOSITION, MODES D'ACTION ET UTILISATION

Cinq additifs commerciaux ont été testés dans le cadre de cette étude dont 4 sont incorporés au lisier et un répandu dans les salles par diffusion sèche dont l'objectif le « traitement des odeurs par neutralité olfactive » et dont les effets sur l'ammoniac ne sont pas analysés. Les résultats en lien avec ce produit ne seront donc pas traités dans ce rapport.

Les compositions des différents additifs sont variées.

Le premier additif (additif 1) contient du lithotamme en association avec de l'ascophyllum et du fucus (végétaux coralliens et algues). Son emploi vise à liquéfier le lisier mais aurait des effets croisés en réduisant aussi les émissions d'odeurs et d'ammoniac.

Le second additif (additif 2), sous forme liquide, est composé « de tensio-actifs non ioniques, d'enzymes, de bactéries et de facteurs de stimulations de l'activité de la microflore du lisier ». Il est destiné à réduire la formation de croûte en surface du lisier. Le fournisseur voulait toutefois évaluer sa capacité à agir sur les émissions d'odeurs et d'ammoniac.

Le troisième additif (additif 3), sous forme de poudre, est à base d'enzymes et de microorganismes lyophilisés. Il stimulerait « les processus fermentaires en favorisant la liquéfaction des lisiers » et réduirait « les nuisances olfactives ».

Le quatrième additif (additif 4) est « un complexe bactérien associant 5 souches de lactobacilles et 4 souches de Bacillus conditionnés sur un support nutritif », sous forme de poudre. Les actions du produit sont multiples en assurant « la liquéfaction, l'homogénéisation et « l'hygyénisation » des lisiers ainsi que la réduction des émanations gazeuses malodorantes et d'ammoniac ».

7.2 SYNTHESE DES INFORMATIONS ISSUES DE LA PUBLICATION

Les tests ont été effectués dans cinq élevages commerciaux différents, situés dans l'ouest de la France. L'objectif des essais était de vérifier les effets de ces produits vis-à-vis de l'ammoniac et de fournir des éléments de réponse aux éleveurs les utilisant.

Les additifs 1, 2 et 3 ont été testés une fois dans deux élevages différents et l'additif 4, une fois. Pour les quatre additifs, les propriétés et la composition des produits telles que présentées par les fournisseurs sont brièvement rappelées dans les publications.

L'ensemble des essais ont été conduits dans des salles de porcs à l'engrais avec à chaque fois une salle « traitée » et une salle « témoin » aux caractéristiques identiques afin de pouvoir comparer les effets des additifs. Dans tous les élevages, les animaux sont élevés sur du caillebotis intégral avec préfosse indépendante. Ils se distinguent par la position des extractions, basse ou haute. Dans le cadre de cette étude, l'ensemble de ces produits ont été appliqués selon les conditions d'utilisation définies par les fournisseurs (doses et fréquences sont données dans le tableau n°3).

Les essais ont porté sur une ou deux bandes selon les produits. Cinq campagnes de mesures d'ammoniac ont été réalisées pour chacune des bandes, excepté pour l'élevage 5 où l'additif 4 a été testé avec 3 campagnes de mesures.

Les paramètres d'ambiance ont été suivis lors des différentes périodes de mesures : avant l'entrée des animaux, la vitesse d'air a été mesurée par classe de pourcentage de ventilation dans les salles témoins et les salles traitées. Le relevé du % de ventilation sur chaque boîtier identifié par salle a permis d'obtenir le débit de ventilation réel de la salle. La concentration d'ammoniac a été mesurée ponctuellement par tubes diffuseurs, au centre du couloir ou à différents endroits répartis de façon homogène dans la salle à 1,50 m.

Les caractéristiques des salles utilisées dans l'étude ont été comparées à des données de références établies par l'IFIP pour s'assurer de leur représentativité en termes de concentration en NH_3 et d'odeurs.

Pour les quatre additifs testés, les résultats sur la concentration en ammoniac sont hétérogènes. D'après les auteurs, l'étude sur l'additif 2 ne met pas en évidence une quelconque efficacité du produit en période estivale et une efficacité « assez faible » de 16% de réduction en période hivernale. Toujours selon les auteurs, ces variations peuvent être partiellement expliquées par l'augmentation des débits de ventilation en période estivale. Pour l'additif 1, la réduction moyenne calculée est de 20% avec une amplitude importante entre l'hiver où elle est de 37% et nulle en période estivale. Pour l'additif 3, l'abattement moyen est de 18%, sans effet saison. Pour l'additif 4, la réduction moyenne est de 34% en période estivale et de 13% en période froide.

Tableau 4 : Récapitulatif des informations relatives au déroulé des essais

Catégorie animale	Mode d'application de l'additif et dose testée	Conditions de réalisation des essais	Méthodologie de détermination des émissions de NH_3	Résultat
Porc à l'engraissement (Additif 1)	Additif composé d'extraits d'algues et de lithotamme. Deux modalités sont possibles à **1 kg de produit par porc en début d'engraissement ou 500g en début d'engraissement suivi de 500g en cours d'engraissement** selon les recommandations du fournisseur. Il n'est pas précisé laquelle des deux modalités a été testée.	Testé dans deux élevages différents aux caractéristiques similaires : caillebotis intégral béton, préfosse indépendante par salle et extraction d'air en position basse avec cheminée. Dans l'élevage n°1 : mesures menées sur deux bandes (été/hiver) Dans l'élevage n°2 : mesures effectuées sur une bande. 5 campagnes de mesures réalisées par bande.	Avant l'entrée des animaux, mesure de vitesse d'air par classe de % de ventilation dans chacune des salles impliquées dans les deux études. Pour chaque classe de pourcentage, une équation a permis d'établir la relation entre % de ventilation et débit réel appliqué. Le relevé du % de ventilation sur chaque boîtier identifié par salle permettait d'obtenir le débit de ventilation réel de la salle, exprimé en mètre cube d'air par heure. [NH_3] ambiance mesurée soit au centre du couloir soit sur différents sites répartis de manière homogène sur la superficie des salles étudiées à environ 1 m 50 de hauteur et à l'aide de tubes diffuseurs (Draeger Industrie sas).	Réduction de la concentration en ammoniac dans l'ambiance de 20% en moyenne. Les résultats détaillés par saison sont : -été : + 10% d'émissions -hiver :- 37%
Porc à l'engraissement (Additif 2)	Additif liquide composé de tensio actifs non ioniques, d'enzymes, de bactéries et de facteurs de stimulation de la microflore du lisier. Quantités testées : **dose initiale d'1 litre de produit/100 porcs dans des préfosses vides et 90ml/semaine/100 porcs en dose d'entretien.** Fréquences et quantités définies par le fournisseur.	Testé dans deux élevages différents aux caractéristiques similaires : caillebotis intégral béton, préfosse indépendante par salle et extraction d'air en position basse avec cheminée. Dans l'élevage n°1 : mesures menées sur deux bandes (été/hiver) Dans l'élevage n°2 : mesures effectuées sur une bande (été) 5 campagnes de mesures réalisées par bande.	Cf ci-dessus.	Réduction de 16,5% en moyenne de la concentration en NH_3. dans l'ambiance Les résultats détaillés par saison sont : -été : -4,5% -hiver : -25%

Porc à l'engraissement (Additif 3)	Additif en poudre à base de microorganismes lyophilisés et d'enzymes. Testé d'après les recommandations du fournisseur avec une **dose initiale de 1 kg de produit pour 10 m^3 de lisier en stock et une application d'1 g par porc tous les 15 jours.**	Testé dans deux élevages différents aux caractéristiques similaires : caillebotis intégral béton, préfosse indépendante par salle et extraction d'air en position basse avec cheminée. Dans l'élevage n°1 : mesures menées sur deux bandes (été/hiver) Dans l'élevage n°2 : mesures effectuées sur une bande. 5 campagnes de mesures réalisées par bande.	Cf ci-dessus	Réduction de 17,2% en moyenne de la concentration en ammoniac dans l'ambiance Les résultats par saison sont : -été : -20% -hiver : -17%
Porc à l'engraissement (Additif 4)	Additif en poudre composé d'un complexe de 5 souches Lactobacilles et de 4 souches de Bacillus conditionné sur un support nutritif. D'après les recommandations du fournisseur, la **dose testée a été de 12,5 g de produit/place de porc**. A renouveler à chaque vidange complète de la préfosse.	Testé dans un élevage avec caillebotis intégral béton, préfosse indépendante par salle et extraction d'air en position haute. Mesures effectuées sur deux bandes (été/hiver). 3 campagnes de mesures réalisées par bande.	Cf ci-dessus	Réduction de 20% en moyenne de la concentration en ammoniac dans l'ambiance. Les résultats détaillés par saison sont : -été : -34% -hiver : -14%

7.3 ANALYSE

D'une part, les résultats issus de cette publication sont inexploitables dans le cadre de l'évaluation des performances des additifs sur les émissions d'ammoniac. En effet, le pourcentage de réduction induit par ces additifs est déterminé à partir de la comparaison des concentrations entre les salles traitées et les salles témoins et non pas à partir des émissions d'ammoniac issues du bâtiment. Il n'est pas possible au vu des données fournies dans la publication d'aboutir à un facteur d'abattement des émissions d'ammoniac applicable dans le cadre du réexamen. La seule publication fournie est issue du magazine « Techniporc » et dont l'exploitation est complexe dans le cadre de cette étude. En effet, seules des données très générales sont rapportées dans l'article et non pas les résultats détaillés.

D'autre part, les produits testés semblent induire une réduction des concentrations en ammoniac mais les résultats sont relativement contrastés. En outre, la lecture de la publication soulève plusieurs interrogations. Les points en question sont :

- la mesure de concentrations en ammoniac à l'aide de tubes diffuseurs est une technique couramment employée. Les mesures ont été effectuées à plusieurs endroits dans les salles (cf tableau 4) mais il n'est pas détaillé à partir de combien de points ont été déterminés les concentrations et où exactement les mesures ont été faîtes si ce n'est « qu'elles ont été réalisées soit au centre du couloir soit sur différents sites répartis de manière homogène sur la superficie des salles étudiées à environ 1 m 50 de hauteur »,
- l'abattement est calculé à partir des concentrations en ammoniac et non pas à partir des émissions d'ammoniac alors que pour les odeurs, autre paramètre suivi dans l'étude, le calcul de réduction est effectué à partir des émissions sans que cela ne soit justifié
- pour chaque bande, le nombre de mesures lors de chacune des 3 à 5 campagnes et les périodes de réalisation de ces campagnes ne sont pas connus.
- les résultats ne pas détaillés pour chacune des exploitations. Il aurait été intéressant de disposer des variations selon les élevages pour apprécier le caractère reproductible des résultats.

Le mode d'action de ces additifs et leur capacité à agir sur la réduction de la concentration en ammoniac ne sont pas explicités dans la publication et/ou ne sont pas connus. En effet, l'ensemble des produits testés sont vendus en tant que liquéfiants de lisier ou comme moyen de lutte dans la formation de croûte. Un seul des 4 fournisseurs met en avant la réduction des émissions de NH_3 sans qu'il n'y ait d'allégations de performances associées. Les trois autres fournisseurs ont soumis leurs produits à ces tests afin d'évaluer s'ils avaient un intérêt dans la diminution des émissions d'ammoniac. Les additifs à base de microorganismes concurrenceraient les populations bactériennes endémiques du lisier. Toutefois, d'après les discussions avec l'IFIP lors de la réunion du 24/04/2017, la connaissance du contenu microbiologique des lisiers de porcs et de la composition exacte de ces produits serait partielle.

Il aurait été intéressant que les lisiers des salles « traitées » et des salles « témoins » soient échantillonnés et analysés notamment pour comparer les contenus azotés et mettre en évidence une influence des additifs sur les effluents et fournir des éléments d'explication à la réduction de la concentration en NH_3 dans l'ambiance des salles. Il n'y a pas non plus d'information sur le contenu des préfosses à l'entrée des animaux.

Les quatre produits ont été testés sur deux bandes. Cette démarche se rapproche du protocole VERA qui recommande des essais sur une année et sur plusieurs bandes avec comme objectif d'améliorer la représentativité des résultats. Les essais ont tous été réalisés selon les recommandations des fournisseurs en termes de dose et de fréquence. Néanmoins, il n'est ni fait mention du mode d'application usité ni si celui-ci avait été défini par le fournisseur (sur le sol, dans la préfosse, avec ou sans mélange…).

Ces informations auraient été utiles afin de s'assurer de l'adéquation entre l'utilisation de ces produits par les exploitants et celle employée dans les essais. Cependant, selon les compléments d'informations apportés par l'IFIP, l'utilisation des produits dans le cadre de ces études a été celle définie par les fournisseurs. Les résultats obtenus ne sont pas tous analysés et commentés par les auteurs. En effet, les variations observées ne sont pas systématiquement bien justifiées.

8. DISCUSSION

8.1 ELEMENTS COMPLEMENTAIRES

Au-delà des publications transmises par l'IFIP, des recherches bibliographiques annexes ont montré que certains additifs étaient reconnus comme une technique de réduction des émissions de NH_3 par l'UNECE Cette reconnaissance concerne les additifs alimentaires et notamment l'acide benzoïque. Son incorporation à 1% dans l'alimentation des porcs réduit de près de 20% des émissions de NH_3. Cette technique est considérée comme une technique de catégorie 1 d'abattement des émissions d'ammoniac pour les porcs à l'engrais et de catégorie 2 pour les autres catégories porcines.

Toujours selon, l'UNECE, d'autres substances réduiraient le pH urinaire et a fortiori les émissions de NH_3. Le remplacement du $CaCO_3$ par du $CaSO_4$, $CaCl_2$ ou du benzoate de calcium abaisseraient le pH d'1,2 point et une réduction des émissions d'ammoniac de 35% aurait été obtenue mais ces techniques appartiennent à la catégorie 2. Les sels de calcium et de magnésium, les composés acides et le super-phosphate ont démontré leur efficacité dans la réduction des émissions de NH_3. Cependant, les quantités nécessaires sont généralement trop importantes pour être mises en pratiques. Les absorbants comme la tourbe et les zéolithes peuvent aussi être utilisés. Il existe tout un ensemble de produits commercialement disponibles mais ils n'ont généralement pas été testés de manière indépendante (Bittman, 2014).

L'acide benzoïque est effectivement reconnu comme une technique de réduction des émissions d'ammoniac dans d'autres états membres. Son incorporation en tant qu'additif alimentaire à hauteur de 0,5 ou 1% dans l'alimentation des animaux est autorisé par le règlement européen n°1831/2003.Au Danemark, ce produit est amplement utilisé en élevage de porcelets en post-sevrage et la réglementation reconnait qu'un ajout de 0,5 % dans l'alimentation des porcelets diminue de 4 à 5% les émissions d'ammoniac. Aux Pays-Bas, une réduction de 11% des émissions d'ammoniac des porcelets en post-sevrage et des truies est attribué à un taux d'incorporation de 0,5% d'acide benzoïque et un facteur d'abattement de 16% a été retenu pour les porcs à l'engraissement élevés sur caillebotis partiel dans le cas où les aliments contiennent 1% d'acide. Aux Pays-Bas, cette technique ne suffit généralement pas à respecter les niveaux d'émissions de NH_3 réglementaires, elle est donc le plus souvent associée à une autre technique de réduction des émissions.

En Belgique et plus particulièrement en Flandres, les mêmes abattements que ceux appliqués aux Pays-Bas sont retenus mais l'usage d'acide benzoïque est restreint aux exploitations qui présentent des enjeux vis-à-vis de l'environnement ou du voisinage.
Aucun des Etats susmentionnés ne reconnait l'utilisation d'additifs mélangés au lisier comme une technique de réduction des émissions d'ammoniac au bâtiment. L'IFIP a recensé en 2000 les additifs « lisier » disponibles sur le marché. Certains aspects mis en lumière dans ce travail sont encore valables aujourd'hui. En effet, les auteurs soulignaient déjà la grande variabilité des formulations et la méconnaissance des compositions détaillées.

Le large panel de produits investigué comprenait 78 références aux objectifs divers mais principalement destinées à lutter contre les odeurs, les deux tiers étaient applicables en bâtiment. Il est également rappelé qu'il peut y avoir une confusion entre réduction des odeurs et réduction d'ammoniac d'où l'intérêt d'une vérification des performances de ces produits (Loiseau & Guingand, 2000).

8.2 EVALUATION DES PERFORMANCES D'APRES LES DONNEES FOURNIES

En premier lieu, il convient de souligner l'hétérogénéité des unités dans lesquelles sont exprimées les résultats et les données qui servent au calcul des abattements. Selon les publications, les réductions d'ammoniac sont déterminées à partir de données de concentrations ou d'émissions d'ammoniac exprimées en : g/h, g/porc, g/porc/jour, ppm et en kgNH_3/place/an. L'évaluation du contenu des publications fournies par l'IFIP amène à considérer différents cas de figures selon les additifs.

D'après l'analyse des données sur les effets de l'acide benzoïque, il ressort que pour un taux d'incorporation de 1% dans l'alimentation des porcs à l'engraissement, les émissions d'ammoniac sont réduites. En outre, le mode d'action de cet additif et notamment sa capacité à acidifier le pH urinaire est bien connue.

Cependant, les trois publications concernent uniquement les porcs à l'engraissement. En l'état, il semble difficile d'extrapoler les résultats obtenus pour cette catégorie aux porcelets en post sevrage et aux truies. Dans la suite de ce document, des valeurs d'abattement pour ces deux dernières catégories, collectées auprès d'interlocuteurs étrangers sont données à titre indicatif.

L'évaluation des performances des zéolites en tant qu'additif alimentaire sur les émissions d'ammoniac est plus contrastée. En effet, dans deux des trois études, l'efficacité de ces roches n'est pas constante dans le temps au vu des variations en cours de bande. De plus, les conclusions des auteurs sur les effets de la chabasite suggèrent qu'un taux de 3% est insuffisant et que des recherches complémentaires seraient à faire.

Enfin, le manque d'informations quant à l'obtention des données ne permettent pas de valider aisément les résultats, notamment dans la perspective de reconnaissance d'une performance minimale en termes d'émission d'ammoniac comme étant l'un des objectifs de l'ajout d'additifs.

La diversité importante des compositions des additifs incorporés au lisier et de leur capacité à réduire les émissions d'ammoniac ne permettent pas de généraliser les résultats obtenus dans l'unique publication communiquée. La compréhension partielle des mécanismes qui sous-tendent les principes d'action des additifs et la connaissance incomplète des facteurs de variabilité qui peuvent affecter leurs effets d'un élevage à un autre ou au sein d'un même élevage ne permettent pas de confirmer une diminution systématique des émissions d'ammoniac.

De plus, les performances des produits ont été établies par rapport à l'ambiance de la salle mais ne permettent pas d'établir quelle serait la capacité de ces additifs à réduire les émissions de NH_3 à l'échelle du bâtiment. Dans le « BREF révisé relatifs aux élevages intensifs de porcs et de volailles », les bénéfices environnementaux engendrés par l'utilisation d'acide benzoïque sont discutés et les différents essais ne mettent pas tous en avant une réduction des émissions de NH_3. Par contre, l'acidification du pH urinaire est mise en évidence dans l'ensemble des études.

9. CONCLUSION

Les effets des additifs incorporés dans l'alimentation des porcs et dans les lisiers stockés en bâtiments sur les émissions de NH_3 ont fait l'objet de plusieurs publications scientifiques qui ont été communiquées par l'IFIP à l'INERIS dans le cadre de cette étude. Les résultats issus de ces publications ont été compilés et analysés en vue de porter un jugement sur la reconnaissance des différents additifs étudiés comme permettant l'obtention de performances équivalentes aux MTD pour réduire les émissions de NH_3. Ils ont été complétés par un échange d'informations avec l'IFIP et une analyse de données européennes complémentaires. Ce travail met en lumière plusieurs éléments :

• En France, il n'existe aucune donnée sur le nombre d'exploitations mettant en œuvre ces techniques. D'après l'IFIP, cette pratique concernerait 50% des élevages, tout additif confondu. L'usage d'additifs incorporés au lisier viserait principalement à fluidifier le lisier et lutter contre la formation de croûte à sa surface. Quant à l'emploi des additifs alimentaires, les motivations sont multiples et la réduction des émissions d'ammoniac est un objectif secondaire

• Au niveau européen, l'INERIS n'a pas connaissance de l'existence d'une reconnaissance nationale d'additifs ajoutés au lisier comme une technique de réduction des émissions de NH_3. Par ailleurs, aucun de ces additifs n'a été officiellement reconnu selon le processus de vérification développé par VERA. Concernant les additifs alimentaires, l'acide benzoïque a fait l'objet de plusieurs études, dont une selon un protocole proche de VERA, et sa capacité à réduire les émissions de NH_3 est admise dans plusieurs états membres.

• Les sept publications étudiées ont permis de catégoriser les différents types d'additifs en trois classes : additifs à capacité d'échange cationique élevée, additifs induisant une réduction du pH urinaire et additifs incorporés au lisier.

Selon les catégories, les informations disponibles sont de qualité variable. En effet, pour les additifs incorporés au lisier, les informations concernant la composition des produits, les modalités d'usage et le principe d'action des produits sont partielles, voire inexistantes. La présentation des résultats telle qu'elle est faite dans la publication, ne permet pas une étude approfondie ni un positionnement quant à l'éventuelle efficacité de ces produits. L'absence de mise en perspective des résultats, de discussion sur les éventuels facteurs (intrinsèques à un élevage) qui pourraient influencer les performances de ces produits ainsi que la diversité des compositions des 4 additifs testés ne permettent pas de statuer sur leur efficacité ni de généraliser les performances avancées. De même, pour les additifs à capacité d'échanges cationique (CEC) élevée (à base de zéolites), le manque d'information (relatives au protocole, à la composition des produits et à l'analyse des résultats) ne permet pas de confirmer ou infirmer les niveaux d'efficacité de ces produits sur les émissions de NH_3.

- Des réductions d'émissions ou de concentrations de NH_3 ont été mis en évidence dans les publications étudiées mais les performances sont hétérogènes selon les additifs et la reproductibilité des résultats obtenus n'est pas confirmée. Les abattements calculés à partir des concentrations et non à partir des émissions ne sont pas exploitables dans le cadre de cette évaluation.

- Selon les publications sur l'acide benzoïque, les essais montrent tous une réduction des émissions d'ammoniac pour les porcs à l'engraissement. Cependant, il est difficile d'évaluer précisément, avec les données disponibles, un abattement minimal. De manière pragmatique, en se basant sur l'ensemble des résultats analysés en France et en Europe, il est proposé de retenir une réduction minimale des émissions d'ammoniac de 16%. Elle est conditionnée par une incorporation d'acide benzoïque à hauteur de 1% dans l'alimentation des porcs à l'engrais élevés sur caillebotis intégral ou partiel avec une évacuation fin de bande. Cette réduction pourrait aller jusqu'à 25% sous réserve de confirmation par des données complémentaires. Par rapport aux critères d'équivalence MTD retenus dans cette étude, l'ajout d'acide benzoïque ne peut être retenu, a priori, comme permettant d'atteindre les mêmes performances que la MTD 30.

- L'absence de données dans les publications transmises pour les porcelets en post-sevrage et les truies ne permettent pas de statuer sur un quelconque niveau de réduction.

En conclusion, au vu des éléments ci-avant, l'INERIS considère que :

- l'acide benzoïque incorporé à hauteur de 1% dans l'alimentation des porcs à l'engrais a démontré une efficacité vis-à-vis des émissions d'ammoniac. Une réduction minimale des émissions d'ammoniac de 16% dans le cas d'un élevage sur caillebotis intégral ou partiel avec une évacuation en fin de bande du lisier.

- les autres additifs et l'acide benzoïque pour les autres stades physiologiques n'ont pas fait la preuve d'une efficacité minimale suffisante et répétée en matière de réduction des émissions d'ammoniac au bâtiment.

- la démonstration de l'atteinte d'une réduction de 20% (voire 25% telle qu'identifiée dans les publications) dans le cas de l'acide benzoïque pour les porcs à l'engrais peut être réalisée au cas par cas via une vérification par l'exploitant associant bilan de masse et analyses.

- l'utilisation de l'acide benzoïque à 1% couplée à une technique reconnue comme MTD, en particulier l'évacuation fréquente des lisiers, est de nature à permettre une réduction minimale de 20% des émissions d'ammoniac pour les porcs à l'engrais.

En complément, les résultats des tests laissent envisager une possible contribution positive de l'utilisation des différents additifs à la réduction des émissions d'ammoniac et n'excluent donc pas une révision possible ultérieurement de cette conclusion générale, sous réserve d'une démonstration étayée de l'efficacité de certains de ces additifs, assortie de conditions d'application précises et pour certaines catégories de bâtiments et/ou d'itinéraires techniques.

En particulier, une justification spécifique à un élevage particulier n'est pas exclue, si l'exploitant peut apporter la preuve de l'efficacité de l'additif qu'il met en œuvre dans sa situation d'exploitation particulière ou bien de la validation de l'efficacité du produit utilisé dans le cadre d'une ETV. Enfin, bien que l'ajout d'additifs n'ait pas à ce jour comme vocation première la réduction des émissions d'ammoniac et qu'en dehors de l'acide benzoïque, aucune performance minimale n'ait été confirmée, cette pratique pourrait être envisagée comme une technique additionnelle aux techniques considérées comme MTD dans les cas où la mise en œuvre des MTD ne permettrait pas à elle seule d'atteindre les niveaux de performances associés.

10. BIBLIOGRAPHIE

Aarnink, A., Hol, A., & Nijeboer, G. (2008). *Ammonia emission factor for using benzoic acid (1% Vevovitall) in the diet of growing-finishing pigs.* Lelystad: Animal sciences group of Wageningen UR.

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

Guingand, N., Boulestreau, A.-L., Juin, S., & Maupertuis, F. (2004). Utilisation d'additifs en porcherie-Effet sur l'emission d'odeurs et d'ammoniac en engraissement. *Techni Porc*, pp. 25-32.

Guingand, N., Broz, J., & Demerson, L. (2005). *Influence of adding 0,5 or 1% of benzoic acid to the feed of growing-finishing pigs on ammonia emission and performance.* Varsovie.

Guingand, N., Chauvel, J., & Theophilou, N. (2000). Clinoptilolite et environnement-résultats d'études en post-sevrage. *TechniPorc, 23*(4).

Guingand, N., Demerson, L., & Broz, J. (2005). *Incidence de l'incorporation d'acide benzoïque dans l'alimentation des porcs charcutiers sur les performances zootechniques et l'émission d'ammoniac.* Paris.

Guingand, N., Salaun, Y., Bouyer, J., & Poincelet, E. (2014). Influence de l'incorporation de 3% de chabasite dans l'alimentation des porcs charcutiers sur l'émission d'ammoniac et d'odeurs des porcheries. *Journées Recherche Porcine*, (pp. 215-216). Paris.

Loiseau, D., & Guingand, N. (2000). Des produits pour réduire les odeurs...Analyse descriptive des produits disponibles sur le marché. *Techni Porc*, pp. 19-22.

Milic, D., Tofant, A., Vucemilo, M., Venglovsky, J., & Ondrasovicova, O. (2005). The performance of natural zeolite as a feed additive in reducing aerial ammonia and slurry ammonium ion concentration in the pig farm nursery. *Folia veterinaria*, 23-25.

11. ANNEXES

Repère	Désignation	Nb/Format pages
1	Check-list du protocole de vérification des techniques de réduction des émissions au bâtiment	2
2	Fiche de présentation des additifs par l'IFIP	5
3	Fiche de présentation des additifs alimentaires par l'IFIP	4
4	Incidence de l'incorporation d'acide benzoïque dans l'alimentation des porcs charcutiers sur les performances zootechniques et l'émission d'ammoniac	6
5	Influence of adding 0,5 or 1% of benzoic acid to the feed of growing-finishing pigs on ammonia emission and performance	4
6	Ammonia emission factor for using benzoic acid (1% VevoVitall®) in the diet of growing finishing pigs	28
7	The performance of natural zeolite as a feed additive in reducing aerial ammonia and slurry ammonium ion concentration in the pig farm nursery.	3
8	Clinoptilolite et environnement-résultats d'études en post-sevrage	4
9	Influence de l'incorporation de 3% de chabasite dans l'alimentation des porcs charcutiers sur l'émission d'ammoniac et d'odeurs des porcheries.	2
10	Utilisation d'additifs en porcherie-Effet sur l'émission d'odeurs et d'ammoniac en engraissement	8

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