

RAPPORT

Novembre 2017

INERIS-DRC-17-163622-10126B

**ETAT DE L'ART RELATIF AUX
MEILLEURES TECHNIQUES
DISPONIBLES DANS LES
ELEVAGES DE PORCS ET DE
VOLAILLES : LES LAVEURS D'AIR
HUMIDES**

INERIS

*maîtriser le risque |
pour un développement durable*

ETAT DE L'ART RELATIF AUX MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES DANS LES ELEVAGES DE PORCS ET DE VOLAILLES : LES LAVEURS D'AIR HUMIDES

Rapport réalisé pour le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

PRÉAMBULE

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

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

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents 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

RESUME	7
1. INTRODUCTION	8
2. ETAT DES LIEUX EN EUROPE ET EN FRANCE	9
3. CARACTERISATION DE L'AMBIANCE AU SEIN DES BATIMENTS ET DE SA GESTION	10
3.1 Caractéristiques de l'air à traiter et ambiance dans les bâtiments.....	10
3.2 Ventilation.....	11
3.2.1 Principes généraux	11
3.2.2 Dimensionnement de la ventilation en élevages porcins	12
3.2.3 Dimensionnement de la ventilation en élevages de volailles	13
4. GENERALITES SUR LES LAVEURS D'AIR EN ELEVAGE	13
4.1 Description des MTD	13
4.2 Applicabilité	15
4.3 Bénéfices environnementaux	15
4.4 Données opérationnelles et économiques.....	15
4.4.1 Dimensionnement des laveurs.....	15
4.4.2 Les paramètres d'influence sur la qualité du traitement.....	16
4.5 Effets croisés	19
4.6 Coûts	19
5. BIOLAVEUR	20
5.1 Description	20
5.2 Applicabilité	22
5.3 Bénéfices environnementaux	22
5.4 Données opérationnelles.....	22
5.5 Effets croisés	24
5.6 Coûts	24
6. LAVEUR A L'ACIDE	26
6.1 Description	26
6.2 Applicabilité	27
6.3 Bénéfices environnementaux	27
6.4 Données opérationnelles.....	27

6.5 Effets croisés	28
6.6 Coûts	29
7. SYSTEMES COMBINES A DEUX OU TROIS ETAGES	29
7.1 Description	29
7.2 Applicabilité	31
7.3 Bénéfices environnementaux	31
7.4 Données opérationnelles.....	32
7.5 Effets croisés	32
7.6 Coûts	32
8. SUIVI DES PARAMETRES DE FONCTIONNEMENT DES LAVEURS D'AIR	33
8.1 MTD surveillance des systèmes d'épuration d'air.....	33
8.2 MTD A : vérification des performance du système d'épuration d'air.....	34
8.3 MTD B : Contrôle du bon fonctionnement du système d'épuration d'air.....	34
9. CONCLUSION	36
10. BIBLIOGRAPHIE.....	39
11. LISTE DES ANNEXES	41

RESUME

Les bâtiments d'élevage sont à l'origine de 25 à 50% des émissions atmosphériques d'ammoniac générées sur l'ensemble du processus d'élevage (élevage-stockage-épandage). Les installations soumises aux conclusions sur les meilleures techniques disponibles relatives aux « élevages intensifs de porcs et de volailles »¹ ont l'obligation de respecter les niveaux d'émissions associés aux meilleures techniques disponibles (NEA-MTD)² associés aux logements (kg de NH₃/emplacement/an).

Les émissions d'ammoniac issues des bâtiments d'élevage de porcs et de volailles peuvent être réduites par différentes mesures en amont en optimisant l'alimentation des animaux ou en utilisant des modes de logement peu émissifs. Il est également possible de traiter l'air issu des bâtiments grâce à des laveurs humides qui sont reconnus comme MTD assurant un abattement des différents polluants (ammoniac, poussières et odeurs).

Ce rapport apporte un éclairage sur les principaux types de laveurs afin de faciliter leur mise en œuvre sur le terrain.

Il existe trois grandes catégories de laveurs humides : les biolaveurs, les laveurs à l'acide (couramment acide sulfurique) et les systèmes combinés à deux ou trois étages. Ces techniques se distinguent par leur principe d'épuration et leurs performances vis-à-vis des différents polluants. Ces dernières sont en général comprises entre 70% et plus de 95% de réduction des émissions d'ammoniac si les laveurs sont correctement exploités et s'ils font l'objet d'une surveillance quotidienne.

Ces laveurs sont particulièrement indiqués pour des exploitations où il est nécessaire d'avoir un abattement simultané des émissions de NH₃, d'odeurs et de poussières grâce à une combinaison des traitements physico-chimique et biologique.

En France, contrairement à certains Etats du nord de l'Europe, ces techniques sont encore relativement peu répandues sur le terrain et ne concernent, actuellement, que l'élevage porcin.

¹ Ces installations disposent de plus de 40 000 emplacements de volailles, ou de plus 750 emplacements de truies ou de 2 000 emplacements de porcs charcutiers.

² En volailles, seuls les logements de poules pondeuses et de poulets de chair ont un NEA.

1. INTRODUCTION

L'élevage est une source d'ammoniac, de gaz à effet de serre (GES), de particules et d'odeurs ; son intensification est directement impliquée dans la dégradation de la qualité de l'air. Les émissions d'ammoniac proviennent essentiellement des bâtiments d'élevage (Beusen, Bouwman, Heuberger, Van Drecht, & Van Der Hoek, 2008). En France, cela représente de 25 à 50% des émissions sur l'ensemble du cycle d'élevage selon les productions (Eglin & Mousset, 2012). Les nuisances liées aux odeurs sont problématiques dans les zones où doivent cohabiter population et élevage et les mesures de lutte sont définies à un échelon local ou national (Melse, Ogink, & Rulkens, 2009). Les particules sont classées selon leur taille et deux catégories sont particulièrement surveillées : les diamètres 2,5 et les 10 micromètres que l'on nomme PM_{2,5} et PM₁₀ respectivement. Les enjeux dans la lutte contre les particules sont importants à cause de leurs impacts sanitaire et environnemental. En effet, elles peuvent pénétrer dans les voies respiratoires mais elles peuvent également être les vecteurs de divers polluants ou microorganismes qui peuvent s'adsorber dessus ; elles sont alors qualifiées de bioaérosol. (Wathes et al, 1998 ; Cambra-Lopez, Aarnink, Zhao, Calvet, & Torres, 2010 ; Seedorf et al., 1998).

L'établissement de normes de qualité de l'air plus strictes et d'une législation de plus en plus contraignante a contribué à l'essor, ces dernières décennies, de techniques de traitement de l'air vicié issu des bâtiments d'élevage, dont les laveurs humides. Ils sont utilisés pour la réduction de l'ammoniac, des odeurs et des poussières. Les laveurs humides fonctionnent selon des principes épuratoires différents : physiques, chimiques, biologiques ou combinés et leurs niveaux de performances ne sont pas équivalents.

L'utilisation de laveurs est requise dans certains états membres pour être conformes aux niveaux d'émissions autorisés d'ammoniac, de PM₁₀ et d'odeurs.

Ce rapport décrit les différents types de laveurs d'air qualifiés de meilleures techniques disponibles (MTD) et présente leur pertinence au regard des bénéfices environnementaux et les limites à leur utilisation.

La rédaction de ce rapport revêt un double objectif :

- il recense et détaille les MTD³ (Commission Européenne, 2017) relatives au traitement de l'air en élevages intensifs de volailles et de porcs afin d'en faciliter la compréhension ;
- il vise à capitaliser des informations complémentaires qui pourront faciliter l'appropriation des MTD par les éleveurs et leur mise en œuvre sur le terrain.

Dans une première partie, un état des lieux de la réglementation en vigueur sur les émissions d'ammoniac issues des bâtiments d'élevages dans quelques états européens est dressé. Les parties suivantes présentent les différentes catégories de laveurs d'air reconnues comme MTD dans la réduction des émissions ammoniacales, leurs performances, leurs possibles effets croisés et des données opérationnelles.

³ DÉCISION D'EXÉCUTION (UE) 2017/302 DE LA COMMISSION du 15 février 2017 établissant les conclusions sur les meilleures techniques disponibles (MTD), au titre de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil, pour l'élevage intensif de volailles ou de porcs

Méthodologie

Ce rapport s'appuie principalement sur les informations issues du BREF Elevages intensifs de porcs et de volailles⁴ et de données techniques issues de publications scientifiques et de rapports notamment le rapport de DLG⁵ publié en 2014 sur le fonctionnement des laveurs et la synthèse sur l'état de l'art relatif aux systèmes d'épuration de l'air de Van der Heyden et al, parue en 2015.

Afin de compléter et d'étayer les informations acquises grâce à ces recherches bibliographiques, des entretiens auprès d'éleveurs et de constructeurs et/ou fournisseurs de laveurs ont été réalisés et sont rapportés dans les paragraphes « En pratique ».

2. ETAT DES LIEUX EN EUROPE ET EN FRANCE

Les systèmes de traitement de l'air sont communément utilisés au Danemark, aux Pays-Bas et en Allemagne depuis de nombreuses années. Aux Pays-Bas, l'utilisation de laveurs d'air en sortie de porcherie a été favorisée par le durcissement de la réglementation sur les émissions de NH₃ (Guingand, 2008), voire quasi obligatoire pour respecter les valeurs limites d'émission (JRC Science for policy report, 2017). En effet, le lavage d'air vicié par des laveurs chimiques et des biolaveurs a démontré son efficacité à l'échelle d'exploitations, et ce dans plusieurs pays. C'est pourquoi il est considéré comme une des techniques les plus efficaces dans la réduction des émissions de NH₃ au bâtiment (Bittman, 2014).

Les premières installations remontent à plus de 30 ans mais depuis les années 2000, le marché connaît un véritable essor parallèlement à l'agrandissement de la taille des exploitations, permettant ainsi de réduire les coûts. Les laveurs d'air se retrouvent principalement dans les exploitations porcines (Melse, Ogink, & Rulkens, 2009).

Dans ces pays, les laveurs d'air font l'objet de tests officiels avant d'être mis sur le marché afin d'évaluer leurs performances sur l'ammoniac notamment. Les tests doivent être menés selon des protocoles précis et les rapports descriptifs de ces essais sont ensuite examinés afin de s'assurer de la rigueur et de l'exploitabilité des résultats. Afin d'harmoniser les procédures de tests et de faciliter l'acceptation des résultats, une initiative commune de ces trois pays a permis le développement d'un protocole standardisé de tests et de vérification des différents systèmes de traitement développé par l'organisme VERA. Il vise à harmoniser les résultats et à définir le système le plus adapté à la situation de l'élevage en fonction des performances recherchées et des coûts. (JRC Science for policy report, 2017).

En Allemagne, la réglementation varie selon les régions mais dans la plupart, il semble qu'un certificat « DLG » doit être délivré pour les laveurs. En Allemagne, la Rhénanie-du-nord-Westphalie et la Basse-Saxe imposent depuis 2013, la présence de système de filtration de l'air vicié pour les bâtiments d'élevage de porcs en ventilation forcée (DLG-committee for pig production, 2014).

⁴ Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs- (JRC Science for policy report, 2017)

⁵ Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft - Société Allemande d'Agriculture. Organisation technique et professionnelle réalisant des tests d'efficacité de matériel agricole.

En 2017, aux Pays-Bas, environ 5 000 laveurs seraient implantés dans les exploitations dont environ 60% seraient des laveurs à l'acide et 40% des biolaveurs (De Wries & Melse, 2017). Lorsque le système d'hébergement ne permet pas le respect des valeurs limites d'émissions définies dans la réglementation néerlandaise, les exploitants optent pour l'installation d'un laveur.

Plusieurs approches existent aux Pays-Bas afin de vérifier l'opérationnalité des laveurs. Ce peut être réalisé par les services d'inspection sur site, tous les 1 ou 2 ans, par une analyse du liquide des eaux de lavage ou un contrôle des enregistrements du fonctionnement des systèmes ou des relevés papiers (Ogink N. , 2012).

En France, le lavage d'air est une technologie relativement peu utilisée dans les élevages de porcs et de volailles. D'après l'enquête bâtiments porcins de 2008, environ 3 % des bâtiments possédaient une installation de lavage d'air en sortie de bâtiment avec extraction centralisée et environ 2 % étaient équipés d'un lavage d'air individuel en sortie de chaque salle. Aucun laveur à l'acide n'avait été recensé en France et un seul laveur combiné à trois étages était implanté (Martin E., 2013). Les données ci-avant concernent uniquement les élevages porcins, aucune statistique sur les élevages de volailles n'a été trouvée.

Contrairement aux procédures appliquées dans les états membres évoqués précédemment, il n'existe pas actuellement de procédure réglementaire exigeant en France, la vérification ou la validation des performances des laveurs d'air. Cependant, des systèmes vendus sur le territoire par des fournisseurs néerlandais, par exemple, ont été testés et peuvent attester d'un certain niveau d'abattement. En France, la mise en place des laveurs d'air semble principalement motivée par la lutte contre les odeurs plutôt que par l'abattement des émissions ammoniacales.

3. CARACTERISATION DE L'AMBIANCE AU SEIN DES BATIMENTS ET DE SA GESTION

3.1 CARACTERISTIQUES DE L'AIR A TRAITER ET AMBIANCE DANS LES BATIMENTS

Les caractéristiques de l'air à traiter (composition, taux d'humidité, température...) et la gestion de l'ambiance au sein des bâtiments, influent sur le choix de la technique à appliquer et doivent être prises en considération. L'air à épurer issu des élevages de porcs et de volailles contient divers polluants dont les concentrations sont dépendantes du mode de logement, du type de sol, des modalités de collecte, stockage et évacuation des effluents, des animaux, de l'alimentation et de la ventilation (Hamon L., 2012).

La présence d'ammoniac dans les bâtiments d'élevage de porcs est la conséquence de la dégradation de l'urée contenu dans l'urine par l'uréase qui est une enzyme retrouvée dans les fèces entraînant la formation d'ammonium à l'origine des émissions d'ammoniac. Dans les bâtiments de volailles, les émissions de NH_3 résultent de la dégradation des protéines non digérées et de l'acide urique qui sont les deux principaux composés azotés contenus dans les fèces. L'acide urique est transformé en urée par action enzymatique avant d'être soumis à l'action de l'uréase et de produire de l'ammoniac (Groot Koerkamp, 1994). Les particules de poussières retrouvées dans les bâtiments sont d'origine biologique et proviennent de la

nourriture, des phanères⁶, de la litière et des fientes séchées. Leurs concentrations sont plus importantes dans les élevages avicoles et plus précisément dans ceux de poulets de chair du fait de la présence de litière. L'humidité relative dans les bâtiments porcins est comprise entre 54 et 99 % et celles des bâtiments avicoles entre 60 et 80%. Elle dépend des températures à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment, des animaux, et des déjections (Van der Heyden C, 2015).

Par ailleurs, l'ammoniac fait l'objet de valeurs limites d'exposition contraignantes au titre de la réglementation du travail qui sont rappelées ci-dessous et qui justifient la ventilation maîtrisée de l'air ambiant :

- Valeur moyenne d'exposition (8 h) : 10 ppm (soit 7 mg/m³) ;
- Valeur limite d'exposition court terme : 20 ppm (soit 14 mg/m³).

3.2 VENTILATION

3.2.1 PRINCIPES GENERAUX

La régulation adéquate de la ventilation permet de conserver une température constante, à l'intérieur des bâtiments, indépendamment des températures externes. En hiver, le débit de ventilation est plus faible car il n'est pas nécessaire d'abaisser la température au sein du bâtiment, la charge en poussière est ainsi plus grande qu'en période estivale (Hamon L., 2012).

Le débit de ventilation est un des paramètres clés dans le dimensionnement du système d'épuration. La capacité maximale des ventilateurs est déterminante dans le coût du système de traitement de l'air. Les laveurs augmentent significativement la résistance au flux des installations de ventilation et dans les bâtiments existants, les ventilateurs n'ont pas forcément la puissance nécessaire pour la dépasser. Afin de garantir l'adéquation entre le laveur et les caractéristiques de l'installation d'élevage, aux Pays-Bas, les fournisseurs de laveurs supervisent l'ensemble des étapes d'installation : de la définition du projet jusqu'à la mise en route. Ils peuvent également assurer le suivi des équipements par contractualisation des opérations de maintenance.

L'installation d'un laveur implique que le bâtiment d'élevage soit en ventilation dynamique centralisée. Lorsque cette configuration n'est pas prévue dès le départ, il est nécessaire de réaliser des travaux d'adaptation afin de n'avoir qu'un unique point de sortie de l'air vicié vers le laveur. Cette modification est réalisable sur des installations existantes mais elle demeure coûteuse (JRC Science for policy report, 2017). L'aide d'un professionnel pour restructurer le système de ventilation est vivement recommandée (Bartolomeu & Massabie, 2006).

En ventilation centralisée, la gaine unique est percée de trappes qui se régulent salle par salle dans le but de toujours avoir une dépression constante dans la gaine (JRC Science for policy report, 2017). Il existe trois types de systèmes : avec des gaines hautes, des gaines basses et des gaines latérales :

- les gaines basses peuvent être mises en place uniquement dans les nouveaux bâtiments,

⁶ Production tégumentaire kératinisée comme les poils, les plumes, les griffes...

- les gaines hautes peuvent s'installer dans certaines configurations de bâtiments existants et présentent un coût plus attractif,
- les gaines latérales peuvent être envisagées pour des structures existantes bâtiments existants si les combles sont inexploitable (Martin E., 2013).

Lorsque la ventilation n'est pas centralisée, une des solutions rencontrées chez certains éleveurs français est l'implantation de laveurs individuels au niveau de l'extraction de la ventilation de chaque salle de manière à ne pas reconstruire l'ensemble.



Figure 1 : Exemple de laveur individuel installé dans une installation de porcs à l'engrais en France (à l'arrêt) (Source : INERIS, 2016)

3.2.2 DIMENSIONNEMENT DE LA VENTILATION EN ELEVAGES PORCINS

Le débit est en général compris entre 10 et 100 m³/h/porc à l'engrais mais peut être modulé selon la configuration des bâtiments et des paramètres climatiques (Hamon L., 2012). En Flandres et aux Pays-Bas, il varie de 2 à 80 m³/h/porc et de 5,4 à 72 m³/h/volaille (selon l'espèce et le poids des animaux, cf tableaux 2 et 3) (Van der Heyden C, 2015). Les débits de ventilation recommandés aux Pays-Bas en élevages porcins et avicole sont synthétisés dans les tableaux ci-contre.

Tableau 1 : Consignes de renouvellement d'air et de températures recommandées en production porcine (Source : (Animal Sciences Group-Wageningen University, 2010))

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

Tableau 2 : Consignes de renouvellement de l'air et températures dans les bâtiments porcins en France (Source : (JRC Science for policy report, 2017))

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

En France, la ventilation est à plus de 90% de type dynamique dans les élevages de porcs. De plus en plus d'éleveurs optent pour la centralisation de la ventilation lors de la construction des bâtiments.

3.2.3 DIMENSIONNEMENT DE LA VENTILATION EN ELEVAGES DE VOLAILLES

La situation est plus contrastée en aviculture car selon le type de production et le mode d'élevage, la ventilation dynamique peut être ou non majoritaire. En ventilation statique, il n'est pas possible d'installer un système de traitement de l'air.

Les débits de ventilation pour les volailles sont déterminés en fonction des poids finaux des volailles.

Tableau 3 : Consignes de renouvellement d'air et de températures recommandées aux Pays-Bas en production avicole (Source : (Animal Sciences Group - Wageningen University, 2010))

Catégorie animale	Débit (m ³ /h)	Poids (kg)
Poulets de chair	7,9	2,2
Reproducteurs	7,9 10,8	Femelle : 2,2 Mâle : 3
Reproducteurs	13,7 15	Femelle : 3,8 Mâle : 5
Poules pondeuses	5,4	1,5
Poules pondeuses	7,8	1,9
Dindes	36	Femelle : 10
Dindons	72	Mâle : 20
Canards	15,5	3,1

4. GENERALITES SUR LES LAVEURS D'AIR EN ELEVAGE

4.1 DESCRIPTION DES MTD

Les laveurs d'air sont considérés comme l'une des techniques disponibles pour réduire les émissions d'ammoniac définie dans les conclusions sur les MTD relatives aux élevages intensifs publiées en février 2017. Ils sont cités dans les MTD 30 (porcs) et 31 à 34 (volailles). Ils sont également cités comme l'une des MTD pour la réduction des poussières dans la MTD 11 (porcs et volailles) et la réduction des odeurs dans la MTD 12 (porcs et volailles). Pour l'ammoniac, la technique est écrite de la manière suivante :

Tableau 4 : MTD « système d'épuration d'air » (Source : (JRC Science for policy report, 2017))

Techniques	Applicabilité
Utiliser un système d'épuration d'air tel que : 1. laveur d'air à l'acide ; 2. système d'épuration d'air à deux ou trois étages ; 3. biolaveur.	N'est pas nécessairement applicable d'une manière générale en raison des coûts élevés de mise en œuvre. Applicable aux unités existantes uniquement en cas d'utilisation d'un système de ventilation centralisé.

Pour rappel, les niveaux d'émissions associés aux MTD (NEA-MTD) relatifs à l'ammoniac des bâtiments d'élevages de porcs et de volailles à respecter fixées par les conclusions sur les MTD sont récapitulées dans le tableau ci-dessous.

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

Catégories animales	Valeurs (kg NH ₃ /place/an)
Truies gestantes/attente reproduction	0,2-2,7 (5,2) ⁷
Truies allaitantes	0,4-5,6 (7,5)
Porcs à l'engrais	0,1-2,6 (5,65)
Post-sevrage	0,03-0,53 (0,7)
Poules en cage	0,02-0,08
Poules hors cage	0,02-0,13 (0,25) ⁸
Poulets	0,01-0,08

La fonction d'un laveur humide est le retrait des principaux polluants contenus dans l'air issu des bâtiments d'élevage qui passe au travers d'un maillage inerte, généralement en plastique et maintenu humide. Le traitement s'opère selon différents principes d'épuration basés sur des propriétés physiques, biologiques et/ou chimiques et leurs performances sur les polluants ne sont pas équivalentes. Pour les composés hydrosolubles comme l'ammoniac, la solubilisation est améliorée par l'accroissement de la surface d'échange et une différence de concentration en gaz la plus importante possible entre la phase liquide et l'air à traiter. Il est donc important de maintenir une concentration en ammoniac dans la phase liquide la plus basse possible pour favoriser le transfert de la phase gazeuse vers celle-ci. Or lorsque le liquide de lavage est uniquement de l'eau, la saturation en NH₃ est atteinte rapidement et le gradient de solubilisation n'est pas favorable au passage de l'ammoniac de la phase gazeuse à la phase aqueuse. Pour maintenir une différence de concentration élevée, le NH₃ doit être lié chimiquement ou converti

⁷ Les valeurs entre parenthèses correspondent aux NEA-MTD applicables aux bâtiments existants.

⁸ BAT-AEL pour un système d'élevage en fosse profonde associé à une mesure permettant d'atteindre un taux en MS d'au moins 50-60%.

biologiquement par des microorganismes (DLG-committee for pig production, 2014), (Manuzon Z. e., 2011) (JRC Science for policy report, 2017).

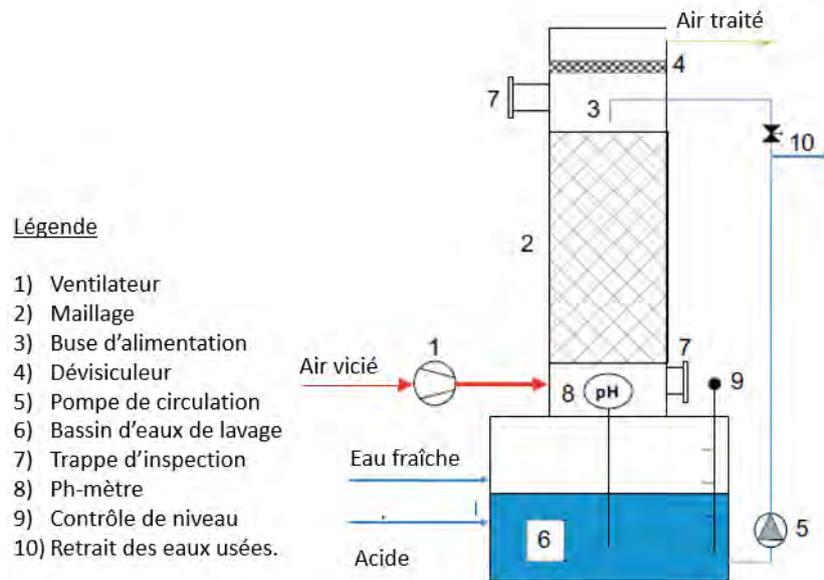


Figure 2 : Représentation schématique d'un laveur humide (source : (DLG-committee for pig production, 2014))

4.2 APPLICABILITE

Les investissements et les coûts opérationnels (eau et énergie), généralement élevés, limitent le développement de ces technologies dans les élevages européens. Ces techniques ne sont applicables que dans des bâtiments en ventilation dynamique et centralisée. Leur installation peut s'avérer coûteuse et complexe dans des structures existantes mais elle est bien plus simple à réaliser dans de nouvelles exploitations. En effet, si le projet inclut dès le départ une gaine unique de ventilation ainsi que des ventilateurs d'une puissance suffisante, il n'y a pas de difficulté technique particulière à surmonter et les coûts sont réduits (JRC Science for policy report, 2017).

4.3 BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

L'abattement moyen d'ammoniac qui peut être atteint avec les différents systèmes varie de 70 à 95 % (JRC Science for policy report, 2017).

4.4 DONNEES OPERATIONNELLES ET ECONOMIQUES

4.4.1 DIMENSIONNEMENT DES LAVEURS

En général et notamment aux Pays-Bas, le dimensionnement du laveur est déterminé à partir du débit de ventilation estival maximal.

Par exemple, pour un élevage de 2 000 porcs charcutiers dont les besoins en ventilation sont au maximum de 80 m³/heure/animal, la capacité maximale du système de ventilation est égale à :

$$\text{Débit de ventilation max} = 2000 \times 80 = 160\,000 \text{ m}^3/\text{heure}$$

Aux Pays-Bas, chaque laveur référencé dans la « RAV-list⁹ » a une valeur de surface de maillage définie. Ici, par exemple, si la surface du maillage est de 5 100 m³/heure/m² alors :

$$\text{Dimension du laveur} = \frac{160000}{5100} = 31,4 \text{ m}^2$$

La surface de filtration du laveur est ainsi égale à 31,4 m² pour un élevage de 2 000 porcs.

Cependant, le débit d'air varie de manière importante au cours de l'année et dépend principalement des températures externes. Le débit maximal n'est donc appliqué qu'à des périodes limitées. Une des conséquences est le surdimensionnement des laveurs. Par exemple, en Allemagne, le débit d'air moyen annuel est égal à environ 50% du débit max. En climat littoral nord-européen, cette moyenne est abaissée à 25% du débit max (JRC Science for policy report, 2017). De même dans le cas d'un élevage, où plusieurs stades physiologiques sont présents dans un même bâtiment en ventilation centralisée et dont les besoins en ventilation diffèrent, il pourrait être envisagé de moyenniser les débits de ventilation maximums estivaux appliqués dans chaque salle et de se baser sur cette valeur pour dimensionner le laveur plutôt qu'à partir de la valeur majorante.

Le surdimensionnement aurait principalement une répercussion économique en accroissant les coûts d'investissements et les coûts opérationnels.

4.4.2 LES PARAMETRES D'INFLUENCE SUR LA QUALITE DU TRAITEMENT

Plusieurs éléments peuvent influencer le process et la qualité du traitement de l'air.

- Sens de circulation de l'air et du liquide de lavage

Un flux d'air transversal ou à contre-courant offre de meilleurs rendements épuratoires que lorsque le flux est concourant. Le passage à contre-courant maximise l'absorption, propriété particulièrement intéressante pour des composés faiblement hydrosolubles et améliore ainsi la réduction des émissions (Van der Heyden C, 2015).

⁹ Regeling ammoniak en veehouderij: réglementation néerlandaise relative à l'ammoniac appliquée aux élevages dont l'objectif est la réduction des émissions d'ammoniac (VROM, 2006. Regeling ammoniak en veehouderij. Staatscourant 207)

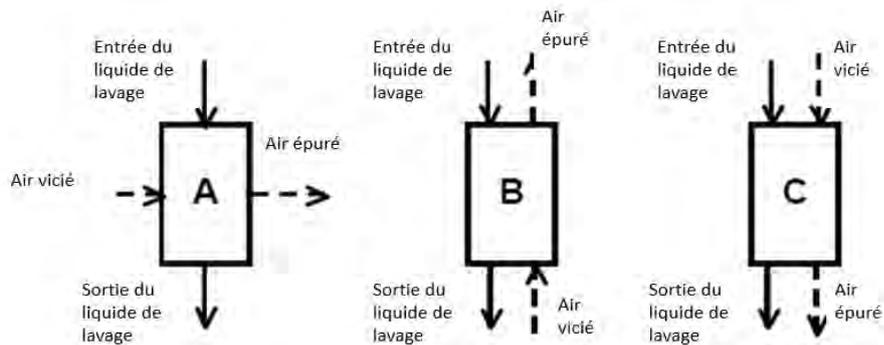


Figure 3 : Illustration des différents flux de circulation de l'air et du liquide de lavage dans les laveurs : A) circulation transversale, B) circulation à contre-courant, C) circulation concourante (Source : Manuzon, Zhao, & Jonjak, 2011)

- Vitesse d'air et temps de passage

Le temps de résidence ou de passage correspond à la durée pendant laquelle l'air à traiter est en contact avec le liquide de lavage. Il est fonction de la taille du laveur, de la vitesse de l'air et du liquide ainsi que de leur sens de circulation. Il est défini à partir de la formule ci-contre :

$$\frac{\text{Volume du laveur (en m}^3\text{)}}{\text{Débit de ventilation max}(\frac{\text{m}^3}{\text{s}})}$$

Les facteurs affectant cette variable incluent les vitesses et les sens de circulation du liquide de lavage et de l'air et le dimensionnement du laveur. Le temps de résidence minimal varie selon les polluants et les types de laveurs comme l'indique la synthèse des données effectuées dans la publication de Van der Heyden avec une fourchette de valeurs comprise entre 0,4 et 8 secondes mais la majorité des valeurs sont comprises entre 0,4 et 4 secondes. Il est, par exemple plus faible pour l'ammoniac que pour les odeurs et dans un laveur acide plutôt que dans un biolaveur. La vitesse de l'air au travers d'un laveur humide ne devrait pas être supérieure à 4,3 m/s (Manuzon, Zhao, & Jonjak, 2011).

La vitesse de l'air vicié au sein du laveur d'air est déterminée à partir du débit de gaz et de la section transversale. Les vitesses de passage recommandées en Allemagne, sont comprises entre 0,3 et 2,5 m/s (Van der Heyden C, 2015).

- Humidification du maillage et débit de liquide de lavage

L'intégralité du maillage doit être humidifié pour empêcher la création de chemins préférentiels au travers desquels l'air ne serait pas épuré.

L'efficacité d'un laveur humide dépend en partie du ratio entre le débit de liquide de lavage sur le débit d'air à traiter qui circule au sein du laveur (ratio L/G). Cette variable est fonction de la solubilité des polluants à abattre, de la charge polluante de l'air à épurer et des caractéristiques du transfert de masse du laveur. Il est essentiel d'atteindre un équilibre entre efficacité du système et coûts opérationnels (induits par les quantités nécessaires en liquide de lavage) (Manuzon, Zhao, & Jonjak, 2011). Moins les composés gazeux sont solubles, plus le ratio L/G est élevé. Afin d'obtenir un ratio optimal, la densité de buses et le débit de liquide par surface spécifique de maillage doivent être correctement étudiés. En outre, la taille des gouttelettes de

liquide influence les capacités épuratoires. Plus elles sont petites, plus leur surface spécifique est grande et meilleurs sont les abattements.

Dans des conditions normales d'exploitation, le débit de liquide de lavage est constant malgré les variations de débits d'air et de charge polluante alors qu'un ajustement du débit d'eau à la charge polluante améliorerait l'efficacité (Van der Heyden C, 2015).

L'air à traiter peut être soumis à une pré-humidification par un passage dans un rideau d'eau, par exemple pour abattre une partie des poussières (JRC Science for policy report, 2017).

- Pertes de pression et dimensionnement du maillage

Une surface spécifique typiquement comprise entre 100 et 500 m²/m³ de maillage propre et sec serait requise pour obtenir une efficacité optimale d'épuration. Cependant, une augmentation de la surface est typiquement accompagnée par une diminution de la taille des pores engendrant une perte de pression supérieure. Une fois en fonctionnement, la perte de pression au sein du laveur peut être liée à l'accumulation de poussière, aux dépôts de sel ou encore à un biofilm trop épais engendrant une augmentation de la consommation énergétique et une diminution de la surface spécifique. En pratique, une légère augmentation de pertes de pression est déjà une indication de la survenue de problèmes opérationnels. Les dimensions du laveur influencent aussi les pertes de pression ; proportionnelles à la hauteur du maillage et au carré de la vitesse de l'air. Par augmentation de la section transversale d'un laveur d'air pour un même volume, la vitesse de l'air est diminuée, réduisant la distance de passage au travers du maillage pour le même temps de contact et diminuant la perte de pression (Van der Heyden C, 2015). Une augmentation de la pression différentielle dans les laveurs est généralement un signe de colmatage soit du dépoussiéreur (lorsqu'il est présent) soit du maillage du laveur. Ce paramètre signale la nécessité de procéder au nettoyage des systèmes. Cette opération requiert la mise hors service du laveur pour procéder aux opérations de maintenance conformément aux recommandations des fournisseurs.

Le maillage devrait être composé d'au moins 95% de vide pour éviter les phénomènes de colmatage (DLG-committee for pig production, 2014).

- Répartition d'air

La répartition d'air vicié doit être uniforme sur le maillage. Il ne doit pas y avoir de diversions inutiles dans le cheminement de l'air jusqu'au laveur, la distance entre la sortie des ventilateurs et l'entrée du laveur doit être adaptée et la taille des chambres de pression doit être correctement dimensionnée (DLG-committee for pig production, 2014).

- pH

Une élévation du pH engendrée par une évacuation insuffisante des eaux dans un biolaveur, à une acidification inadaptée dans un laveur à l'acide ou à un manque d'humidification amènent à une diminution des performances des laveurs. Il est donc essentiel de vérifier ce paramètre et le bon fonctionnement des pH-mètres tout comme les systèmes de dosage d'acide. La calibration du système de dosage est préférentiellement réalisée par un professionnel (DLG-committee for pig production, 2014).

4.5 EFFETS CROISES

L'abattement d'odeurs est d'environ 30% par un laveur acide et de 45% par un biolaveur bien que des écarts importants soient reportés lors de mesures individuelles. Ces résultats sont influencés par la concentration en composés odorants du gaz à traiter. Une capacité d'abattement de 80 % à plus de 95 % des poussières est considérée comme atteignable (JRC Science for policy report, 2017).

La génération d'aérosols à partir de ces systèmes pose la question de la présence de légionnelles. Il faudrait nettoyer au moins annuellement le laveur d'air (JRC Science for policy report, 2017). La présence de dévisculeurs permet de limiter ce risque.

Ces systèmes ont des effets croisés communs : ils engendrent une augmentation des dépenses en énergie, notamment liées au fonctionnement des pompes d'alimentation en eau et au fonctionnement des ventilateurs. Ces derniers requièrent plus d'énergie pour dépasser la résistance induite par la mise en place des systèmes de traitement (JRC Science for policy report, 2017). Les laveurs génèrent des eaux usées dont la gestion doit être prise en compte (capacité de stockage, mesures particulières, caractéristiques/composition). Ils peuvent engendrer des phénomènes de corrosion et d'usure précoce des ventilateurs (Lagadec, Bellec, Dappelo, & Masson, 2015).

4.6 COUTS

Les coûts opérationnels et d'investissement des laveurs sont généralement considérés comme élevés. Les principaux éléments qui déterminent les coûts annuels sont les coûts fixes (dépréciation, intérêts et maintenance) et les dépenses en énergie. Ces dépenses sont corrélées à la taille des laveurs et les charges liées à l'énergie sont générées par l'augmentation de la consommation électrique de la ventilation mécanique et du fonctionnement des pompes d'humidification. A ces charges, s'ajoute l'achat de consommables tel que l'acide pour certains laveurs ou l'évacuation des eaux usées (Melse, Ogink, & Rulkens, 2009).

5. BIOLAVEUR

5.1 DESCRIPTION

Un biolaveur est composé d'un maillage inerte maintenu humide au travers duquel passe l'air à purifier. Il existe deux types de laveurs : horizontal où l'air vicié passe à co-courant et vertical où le passage se fait à contre-courant. Grâce à un contact intensif entre l'air et l'eau, les poussières, le NH_3 et les odeurs sont absorbés dans la phase liquide et dégradés par les microorganismes présents sous forme de biofilm qui se développe sur le maillage et dans le liquide de lavage dans le filtre. L'effluent est collecté dans le réservoir de stockage avant d'être recyclé et réintroduit par le haut de la structure (JRC Science for policy report, 2017).

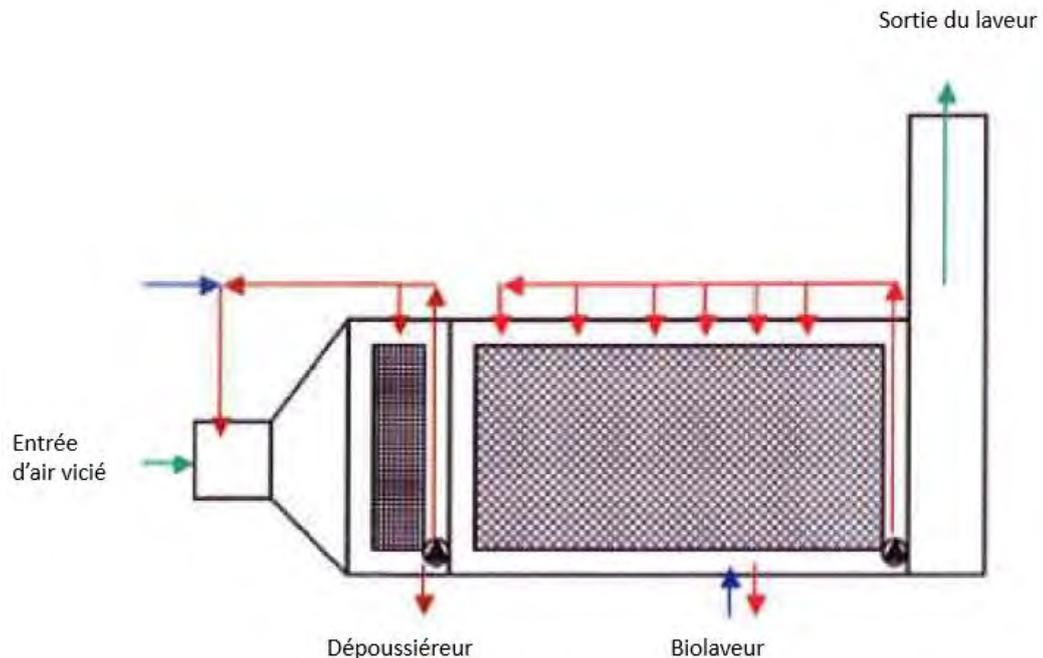


Figure 4 : Schéma d'un biolaveur avec un dépoussiéreur intégré. Les flèches rouges indiquent la recirculation des eaux de lavage, les bleues matérialisent l'alimentation en eau fraîche et les vertes l'entrée de l'air vicié et la sortie de l'air épuré. (Source : KWB Air Systems BV®)



Figure 5 : Vue externe d'un biolaveur dans une exploitation porcine néerlandaise (Source : INERIS, 2017)

L'ammoniac est dégradé par conversion bactérienne lors d'une réaction de nitrification. Ces réactions sont assurées par deux types de bactéries. La conversion de l'ammonium en nitrite est effectuée par des bactéries comme *Nitrosomonas* sp et la réaction de nitratisation est réalisée par des bactéries comme *Nitrobacter* sp. (Melse & Ogink, 2005). Les nitrites et les nitrates accumulés sont évacués avec les eaux de lavage (Melse, Ogink, & Rulkens, 2009).

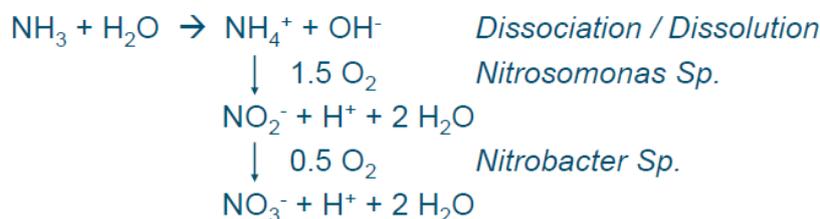


Figure 6 : Réactions de conversion bactérienne de l'ammoniac (Source : Ogink, 2010)

Les substances odorantes sont oxydées en CO₂, H₂O et co-produits de dégradation. L'eau en recirculation permet de maintenir le film biologique humide et fournit les nutriments nécessaires aux microorganismes.

Les définitions de biolaveur et de laveur à eau données dans le BREF élevages intensifs de porcs et de volailles introduisent une certaine confusion entre ces deux techniques. Elles diffèrent de celles usuellement employées dans l'industrie où un biolaveur est une tour comprenant un média de filtration, aspergé d'eau en continu, sur lequel s'établit un biofilm impliqué dans la réduction des émissions gazeuses. Dans le cas d'un laveur à eau, ce média est absent. Il est utilisé dans un objectif d'abattement des poussières qui vont sédimenter sous l'action de flux continu de liquide pulvérisé. En effet, dans les conclusions MTD applicables aux élevages, le laveur à eau n'est pas considéré comme une technique de réduction des émissions de NH₃ mais seulement comme une technique de réduction des émissions de poussières. Outre cette distinction structurelle, ces deux techniques se différencient par leur gestion et leur exploitation. Un biolaveur fait l'objet d'un suivi de ses

performances et des caractéristiques de ses eaux de lavages au travers d'un contrôle du pH et de la conductivité électrique notamment afin de s'assurer du maintien de conditions optimales aux microorganismes impliqués dans l'abattement d'ammoniac.

5.2 APPLICABILITE

Les biolaveurs seraient plus adaptés au traitement de l'air issu des élevages sur lisier plutôt que sur litière en raison de la forte concentration en particules et les risques de colmatage (JRC Science for policy report, 2017). Cependant, la mise en place d'un système de dépoussiérage juste en amont du laveur permet de prévenir ce problème.

5.3 BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

La réduction des émissions d'ammoniac varie de 70 à 90%. Aux Pays-bas, les biolaveurs qui ont fait l'objet d'une reconnaissance réglementaire sont capables d'abattre 70% des émissions d'ammoniac. Les spécifications (surface de filtration, ventilation, humidification...) de chaque système permettant l'atteinte de cette performance sont définies par chaque fournisseur et sont données dans la RAV-list.

5.4 DONNEES OPERATIONNELLES

L'exploitation au quotidien des biolaveurs peut être une source de difficultés qui peuvent impacter les rendements épuratoires sur le long terme.

- Biomasse

La biomasse du laveur est alimentée en continu grâce à l'ammoniac contenu dans l'air à traiter, favorisant ainsi le développement et la croissance des microorganismes capables de le dégrader, ils deviennent ainsi majoritaires. De par sa nature biologique, l'atteinte d'un fonctionnement normal peut prendre plusieurs jours ou semaines avant que le développement des microorganismes soit optimal (Ottosen, 2011). Toutefois, afin de réduire la durée de la phase de démarrage du biolaveur et favoriser le développement de bactéries nitrifiantes, il est possible d'inoculer le laveur grâce à des boues activées (Xue, 2010). Du lait ou des boues d'autres biolaveurs sont également utilisés. Durant les périodes de vide sanitaire, les eaux de lavage doivent circuler régulièrement afin que la biomasse présente à l'intérieur du biolaveur continue d'être alimentée (JRC Science for policy report, 2017). La reprise d'un fonctionnement normal suite à l'arrêt total du système implique, le plus souvent, une phase de latence, avant que le biofilm soit de nouveau opérationnel et que les performances de réduction des émissions soient optimales.

Dans un biolaveur, si la couche de liquide à la surface du biofilm devient trop épaisse, la résistance au transfert de masse augmente et réduit l'élimination des composés les moins hydrophiles.

- Suivi des biolaveurs

Le suivi des performances et du procédé est la garantie d'un maintien des niveaux d'abattement et de la stabilité opérationnelle du laveur (Melse & Ogink, 2005). Tout comme aux Pays-Bas, en Flandres, le pH et la conductivité électrique font l'objet d'un

suivi continu (Melse, Ogink, & Rulkens, 2009). Le suivi de la conductivité électrique permet également de définir le moment adéquat pour changer partiellement ou complètement le liquide de lavage. Un contrôle insuffisant de l'environnement des microorganismes peut aboutir à leur inhibition. En effet, celle-ci peut être induite par une accumulation de nitrates et de nitrites qui peut être toxique pour la biomasse et augmenter le pH. Ce paramètre est déterminé par deux processus antagonistes : l'oxydation de l'ammoniac diminue la valeur du pH alors que la dissolution de NH_3 dans les eaux de lavage l'augmente.

Les valeurs de pH et d'Ec optimales sont variables selon les différentes sources consultées ou interrogées et il convient dans tous les cas de se référer aux données communiquées par le fournisseur. Il ressort globalement que :

- le pH est généralement compris entre 6 et 8 avec un optimum compris entre 6,5 et 7,5,
- la conductivité électrique doit être inférieure à 20 mS/cm. Au-delà, il convient de changer partiellement ou complètement les eaux de lavage.
- la température de l'air à épurer devrait être maintenue au-dessus de 12 °C
- la concentration en composés azotés est de l'ordre de 4 g N/l

En l'absence de suivi, la concentration en sels azotés, la conductivité électrique et le pH peuvent être relativement élevés ($\text{EC} > 100$ mS/cm, contenu en azote > 15 g N/l, $\text{pH} > 9$). Ces conditions ne permettraient pas le développement et le fonctionnement à la biomasse impliquée dans la conversion biologique de l'ammoniac et donc les niveaux de performance avancés (JRC Science for policy report, 2017).

- Débit d'eau de lavage

Le débit d'eau par unité de surface du maillage des biolaveurs devrait être inférieur à $5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ pour éviter que le biofilm ne soit retiré, la plupart étant conçu pour recevoir un débit de liquide par unité de surface de $0,8 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$.

Un débit d'eau trop faible engendre une accumulation de composés inhibiteurs dans le maillage. C'est pourquoi il est utile de suivre l'accumulation de sels (une concentration de 7 millimoles d'azote total correspondrait à une conductivité de 1 mS/cm (Ottosen, 2011)) et ajuster le débit d'eau grâce à une sonde conductimétrique (Melse, Ogink, & Rulkens, 2009).

Une étude française a été réalisée sur 31 laveurs implantés dans des exploitations porcines bretonnes afin d'identifier des voies d'amélioration de leur efficacité dans la réduction des émissions de NH_3 . Une hétérogénéité des abattements a été observée avec une plage de valeurs allant de 17 à 70% et une valeur moyenne de 47%. De ce constat ressortent plusieurs éléments d'explication à cette variabilité. Les facteurs qui ont été identifiés sont : la température de l'air à épurer et sa concentration en NH_3 , la vitesse de passage dans le laveur, les caractéristiques du liquide de lavage et une humidification non uniforme du maillage. Les voies d'optimisation retenues sont :

- un renouvellement partiel du liquide de lavage pour ne pas annihiler l'activité biologique,
- un débit des buses réglé sur le débit minimal défini par le fabricant,
- une vitesse d'air n'excédant pas 1 m/s,
- une surveillance de l'encrassement du maillage et de la conductivité pour définir le moment opportun pour renouveler le liquide de lavage (Bellec, 2015).

5.5 EFFETS CROISES

L'abattement des odeurs est corrélé à la concentration de gaz et varie entre 28 et 75%. La réduction de 70% des poussières est généralement atteignable, elle peut même atteindre les 95% si une étape de dépoussiérage est effectuée en amont du passage dans le biolaveur. La réduction des odeurs dépend fortement de la concentration en amont du biolaveur et varie entre 28 et 75% (JRC Science for policy report, 2017).

L'utilisation d'un tel système engendre une augmentation des consommations en eau et en énergie. Les eaux usées sont généralement stockées en mélange avec le lisier et épandues. Le surplus d'azote doit être pris en compte dans le calcul des apports fertilisants. Elles peuvent aussi être traitées au sein d'un réacteur où elles sont dénitrifiées, générant ainsi la formation de N₂. La réutilisation de ces eaux épurées au sein du biolaveur permet de réaliser des économies d'eau. Si les conditions dans le maillage ne sont pas correctement maîtrisées, du N₂O peut se former (JRC Science for policy report, 2017).

Les surconsommations en énergie et en eau sont dépendantes des systèmes utilisés. Des exemples issus du BREF sont rapportés en annexe 1.

La consommation totale d'eau intègre la quantité d'eau évaporée et l'eau de lavage retirée du système régulièrement. Les pertes par évaporation sont de l'ordre de 5 à 7 litres pour 1 000m³ d'air traité. Différents exemples de consommation d'eau sont reportés dans le BREF montrant la diversité des niveaux de performances, notamment : entre 1,6 et 2,4 m³/an/emplacement pour des systèmes avec un pH-mètre (Allemagne, 2010) ; entre 0,3 et 0,4 m³ d'eaux usées par emplacement de porc charcutier par an (Allemagne, 2011) ; 0,25 m³/porc produit (Danemark, 2010) (JRC Science for policy report, 2017).

5.6 COUTS

Le coût dépend fortement du nombre de place du bâtiment et du débit maximal de ventilation, la taille du laveur étant proportionnelle à ce dernier (JRC Science for policy report, 2017). Pour une durée de vie estimée à une dizaine d'années, les coûts opérationnels sont compris entre 7,5 et 9,5 €/emplacement/an. L'investissement pour l'installation d'un biolaveur est compris entre 39 et 70 euros/place selon des données allemandes et danoises de 2010. Elles sont détaillées en annexe 1.

En pratique

Lors de visites d'élevages réalisées par l'INERIS entre 2015 et 2016, deux élevages de porcs disposaient d'un système de traitement de l'air qui peuvent être qualifiés de biolaveur.

La première exploitation était soumise à enregistrement au titre des ICPE¹⁰ pour un élevage de 360 truies. L'éleveur rencontré avait fait le choix de l'autoconstruction pour son laveur. Son implantation a fait suite à la rénovation complète d'un bâtiment après un incendie et dont la ventilation a été centralisée. La construction du laveur a principalement été motivée par une volonté de réduction des émissions d'odeurs.

¹⁰ Installations classées pour la protection de l'environnement

L'éleveur n'avait pas mis en place de systèmes de contrôle du laveur et n'assurait aucun contrôle des performances. Le fonctionnement du laveur a été perfectionné sur la base d'observations (ex : densité des buses de lavage, fréquence de nettoyage du maillage...). La densité de buses choisie était d'une buse par m². La consommation d'eau est évaluée à 200 litres d'eau par truies produites (incluant les pertes par évaporation) et la consommation électrique à environ 6 000 euros par an. Pour réduire les frais de chauffage, le laveur est couplé à une pompe à chaleur.

Les montants fournis par une coopérative française sont plus faibles. Le coût d'investissement estimatif d'un laveur équivalent à 1 200 places d'engraissement est de 30 000€ HT soit un prix moyen de 25 euros par place et un coût de fonctionnement (électricité +entretien) évalué à 1 000€ HT/an. Le montant de l'investissement par place apparaît plus faible comparativement à ceux communiqués dans le BREF.

Le second cas est celui d'un élevage de porcs charcutiers dont les caractéristiques fournies dans le dossier de demande d'autorisation sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : Descriptif de l'élevage et des données techniques (Source : INERIS)

Type d'élevage	Engraisseur
Nombre de places	2 910 places
Nombre d'animaux	3 900 animaux au maximum
Nombre de bâtiment	1
Nombre de salles	11 salles dont 2 salles de 495 places de porcelets, 3 salles de 490 places de porcs en pré-engraissement et 6 salles de 240 places de porcs à l'engrais.
Nombre de ventilateur et débit de ventilation	2 ventilateurs d'un débit maximal de 15 000 m ³ /h.
Type de laveur	Biolaveur individuel par salle avec maillage en polypropylène
Consommation d'eau	30 L/porc/an
Temps de passage	< 1 m/s
Surface d'échange	5 m ²
Abattement d'ammoniac	20 à 30 % ⁽¹⁾

(1) Selon estimation fournie dans le dossier de demande d'autorisation

Le système est conçu de la manière suivante : la ventilation est de type dynamique, l'entrée d'air se fait sous les toitures sur les pignons du bâtiment et est conduit dans les salles d'élevage via des « plafonds diffuseurs ». L'air vicié est évacué par extraction sur les côtés du bâtiment à l'aide de ventilateurs muraux inclus dans les blocs « lavage d'air » (1 bloc lavage par salle). Le lavage se fait à contre-courant, c'est-à-dire que l'arrivée d'air se fait par le bas du laveur et l'arrivée d'eau par le haut du bloc à l'aide de 6 buses. Chaque laveur est alimenté en continu par une pompe de 7 m³/h. Une des difficultés rencontrées par l'éleveur provient de l'alimentation en eau. En effet, les pompes installées ne permettent pas une humidification homogène du maillage car leur puissance est trop faible ce qui crée des chemins préférentiels et des phénomènes de colmatage.

L'efficacité des différents laveurs est semble-t-il inférieure à celle d'un laveur unique mais une augmentation de la surface du maillage pourrait améliorer l'efficacité du système. Les coûts d'investissement pour ce type de laveur sont identiques à ceux

recueillis pour les laveurs classiques (Martin E., 2013). Une mauvaise répartition de l'air sur le maillage ou un dimensionnement inadapté pourrait expliquer des performances moindres. Un des avantages mis en avant concernant l'entretien et le fonctionnement des blocs de lavage est la possibilité de les arrêter en fin de bande. Or, un arrêt de biolaveur, selon sa durée, impacte les microorganismes impliqués dans la réduction des émissions de NH₃ ce qui sous-entend une phase de latence avant que le système fonctionne de nouveau de façon optimale.

Des échanges sur le terrain, il apparaît que les laveurs utilisés en France ne font pas l'objet, pour la plupart, d'un suivi électronique ou d'un relevé manuscrit régulier des paramètres de fonctionnement nécessaires au suivi de leurs performances.

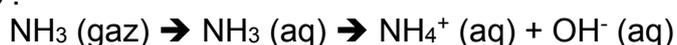
6. LAVEUR A L'ACIDE

6.1 DESCRIPTION

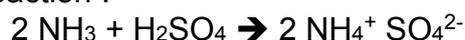
L'air vicié passe au travers d'un maillage, constitué de lamelles de plastique ou de fibres de polymère synthétiques sur lequel le liquide de lavage acidifié est pulvérisé (JRC Science for policy report, 2017). L'abaissement du pH augmente la capacité d'absorption du liquide de lavage et favorise la solubilisation du NH₃ dans la phase liquide. L'acide est ajouté automatiquement au liquide de lavage afin de le maintenir dans un intervalle compris entre 1,5 et 5 le plus souvent. L'acide le plus utilisé est l'acide sulfurique. L'équilibre tend vers la forme NH₄⁺ (Van der Heyden C, 2015). Des sels d'ammonium peuvent se former lorsque la solution de lavage n'est plus assez acide. Il est alors nécessaire de réajuster le pH en augmentant la concentration en acide. Aux Pays-Bas ; la réglementation limite à 5 réacidifications successives l'eau de lavage. Au-delà, il faut changer l'intégralité du liquide de lavage.

Les réactions successives sont :

Dissolution de l'ammoniac :



L'équation globale de la réaction :



Pour que le lavage soit efficace, il faut que le pH de la solution soit inférieur à 5. C'est un paramètre variable dont la fourchette de valeurs est comprise entre 0,5 et 4,5. Aux Pays-Bas, où ce système est couramment employé, la valeur de référence est définie pour chaque système, par les fournisseurs. La présence d'un dévisiculeur est obligatoire dans les exploitations néerlandaises afin d'éviter le rejet de gouttelettes d'acide dans l'environnement (Van der Heyden C, 2015).

Il est également possible d'utiliser de l'acide chlorhydrique.



Figure 7 : Chambre de pression en amont d'un laveur acide dans une exploitation avicole aux Pays-Bas (Source : INERIS, 2017)

La « chambre de pression » permet une répartition uniforme de l'air sur l'ensemble du maillage et améliore ainsi la qualité de l'épuration.

6.2 APPLICABILITE

Un laveur à l'acide peut aisément être mis hors service durant les périodes de vide sanitaire. Dans les bâtiments de poulets, les émissions de NH_3 sont considérées comme significatives seulement à partir du 15^{ème}-20^{ème} jour d'élevage et justifient seulement à partir de ce moment-là, la mise en route d'un laveur acide (JRC Science for policy report, 2017).

6.3 BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

Les laveurs à l'acide sont efficaces sur la réduction des émissions ammoniacales (entre 70 et 99%) (JRC Science for policy report, 2017).

6.4 DONNEES OPERATIONNELLES

Les laveurs chimiques sont exploités à un débit de liquide plus grand, autour de $10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ (Van der Heyden C, 2015).

La concentration en sulfate d'ammonium généré par le piégeage de l'ammoniac ne devrait pas dépasser $2,1 \text{ mol/l}$ afin de prévenir les risques de cristallisation. En moyenne, 90 litres d'eau et 3 litres à 96% d' H_2SO_4 sont nécessaires au retrait d'1 kg de NH_3 soit une concentration de $0,3 \text{ mol/l}$. Le remplacement du liquide de lavage est automatique et peut être réalisé jusqu'à ce que le pH optimal soit atteint. L'automatisation du système permet le contrôle des différents paramètres, notamment du pH et l'ajustement des quantités d'acide délivré.

En conditions optimales d'exploitation, approximativement 40 litres d'eau de lavage/emplacement/an sont nécessaires dans le cas d'un système sur lisier. Pour compenser les pertes liées à l'évaporation, il faut ajouter 5 à 7 litres d'eau pour 1000 m^3 d'air à traiter (JRC Science for policy report, 2017). Pour un abattement de 95% d'ammoniac, la production d'eaux usées associée est de $0,2 \text{ m}^3/\text{kg}$ de NH_3 retirés par an ce qui correspond à environ 70 litres par place de porc charcutier ou 2 litres par poulet de chair (JRC Science for policy report, 2017).

Afin de rester sous le maximum de solubilité du sulfate d'ammonium, la conductivité électrique d'un laveur chimique est maintenue le plus souvent au-dessous de 180 mS/cm (JRC Science for policy report, 2017).



Figure 8 : Réservoir de stockage des eaux usées acidifiées – Elevage de volailles reproductrices aux Pays-Bas (Source : INERIS ; 2017)

Dans un laveur chimique, l'acide sulfurique est souvent utilisé car il est peu onéreux.

6.5 EFFETS CROISES

Les laveurs à l'acide sont aussi efficaces sur les poussières (60%) mais le sont peu sur les odeurs (30-40%). En effet, le faible pH du liquide de lavage est préjudiciable au développement des microorganismes impliqués dans la dégradation des composés odorants (JRC Science for policy report, 2017).

Le sulfate d'ammonium formé au sein du laveur a des propriétés fertilisantes et peut être utilisé comme fertilisant dans certains pays (ex : Pays-Bas). Néanmoins, l'application sur des sols naturellement riches en sulfates peut être problématique. Selon le pH, un possible réajustement, par chaulage par exemple, peut être à envisager (JRC Science for policy report, 2017). L'usage de ces eaux acidifiées doit se faire selon la réglementation en vigueur.

Des mesures spécifiques sont indispensables au stockage et à la manipulation des acides et substances chimiques en accord avec la réglementation en vigueur (accès restreint, rétention, formation des exploitants à la manipulation des acides...). Néanmoins, aux Pays-Bas, les exploitants n'ont pas l'obligation de suivre de formation particulière pour utiliser de laveurs à l'acide.

6.6 COÛTS

Les coûts moyens ont été calculés aux Pays-Bas (2010) selon le type d'animaux et les objectifs d'abattement du niveau d'ammoniac. Ils illustrent une importante variabilité. L'investissement varie de 10 à 120 euros/emplacement en élevage porcin et de 3 à 9 euros/emplacement en élevage avicole. Les coûts opérationnels sont compris entre 2 et 30 euros/emplacement/an en élevages de porcs et de 0,6 à 2,4 euros/emplacement/an en élevage de volailles. Ces exemples sont détaillés en annexe 2 (JRC Science for policy report, 2017).

En pratique :

Aux Pays-Bas, la fréquence des vérifications et des opérations de maintenance obligatoires est définie par le fournisseur et est également indiquée dans la RAV-list. En fonctionnement normal du laveur, il n'y a pas d'opération particulière à effectuer. Un laveur à l'acide exige un suivi permanent du pH car c'est de ce paramètre en particulier que dépendent ces performances d'abattement d'ammoniac. Certains fournisseurs proposent des boîtiers connectés qui leur permettent d'avoir en temps réel les données de fonctionnement des équipements mais également d'être informés en cas de dysfonctionnements.



Time	Temp	pH	Flow	Pressure	Flow	Flow	Flow	Flow	Flow
12/06/17 09:11:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:12:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:12:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:12:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:12:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:13:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:13:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:13:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:13:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:14:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:14:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:14:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:14:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:15:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:15:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:15:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:15:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:16:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:16:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:16:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:16:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:17:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:17:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:17:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:17:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:18:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:18:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:18:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:18:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:19:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:19:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:19:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:19:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:20:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:20:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:20:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:20:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:21:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:21:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:21:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:21:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:22:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:22:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:22:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:22:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:23:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:23:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:23:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:23:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:24:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:24:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:24:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:24:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:25:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:25:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:25:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:25:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:26:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:26:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:26:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:26:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:27:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:27:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:27:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:27:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:28:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:28:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:28:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:28:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:29:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:29:15	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:29:30	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:29:45	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000
12/06/17 09:30:00	17.0	10.0	0.0	100	10	1	1000	10	1000

Figure 9 : Exemple d'enregistrement électronique des données d'un laveur (Source : INERIS)

7. SYSTEMES COMBINES A DEUX OU TROIS ETAGES

7.1 DESCRIPTION

Les laveurs combinés peuvent associer deux ou trois unités et il existe différentes combinaisons possibles. Un système peut comprendre les unités suivantes.

- un laveur à l'acide assurant la séparation de l'ammoniac et des poussières comme cela est décrit ci-dessus (JRC Science for policy report, 2017).
- un biolaveur complètement dissocié du laveur à l'acide. Le passage de l'air au travers de cet étage vise à abattre prioritairement les odeurs et les poussières (DLG-committee for pig production, 2014).

- un biofiltre composé de racines de bois grossières maintenu humide en permanence. La fréquence d'aspersion est fonction des conditions climatiques. Ce filtre a une épaisseur plus grande en comparaison de celles des deux étages précédents de lavage. Dans cette dernière étape, les bactéries présentes dans le bois retirent les composés odorants et une partie de l'ammoniac non abattu aux étapes précédente (JRC Science for policy report, 2017).

Les liquides de lavage des différentes unités des systèmes combinés ne se mélangent pas.

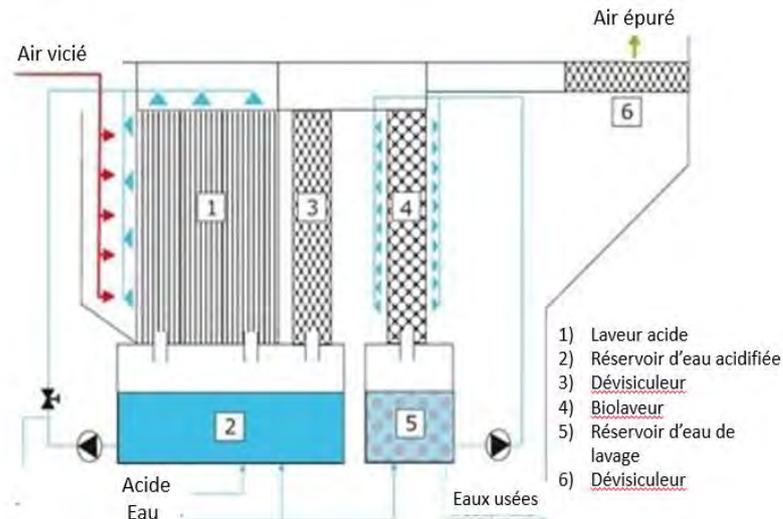


Figure 10 : Schéma d'un système de traitement combiné à deux étages (Source : (JRC Science for policy report, 2017))

Les matériaux et les configurations du maillage peuvent différer.

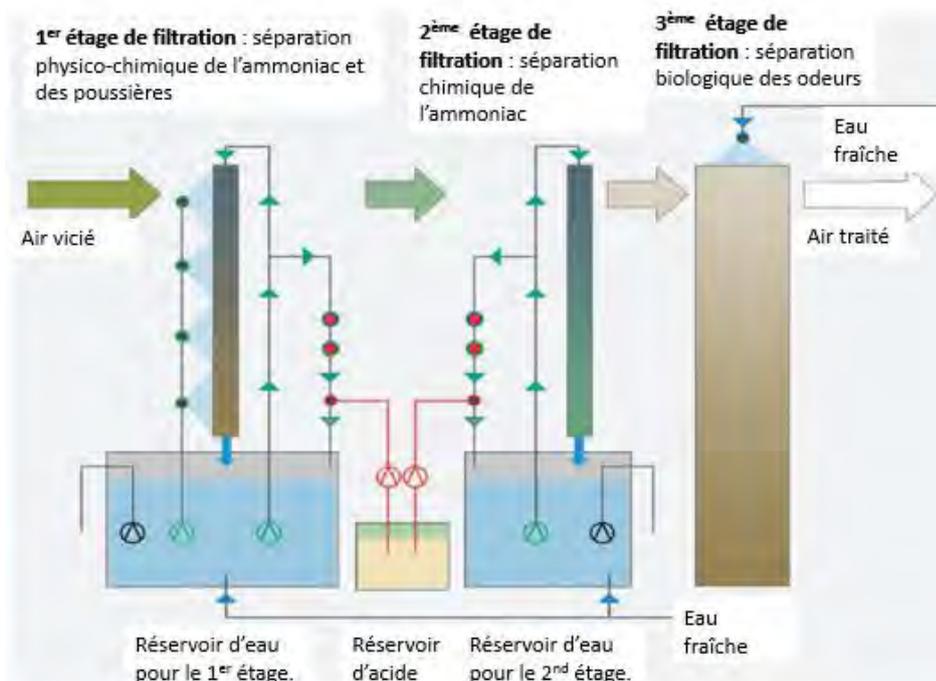


Figure 11 : Schéma d'un système combiné à trois étages (Source : DLG)



*Figure 12 : Vues interne et externe d'un système combiné à trois étages
(Source : DLG)*

L'avantage de ces laveurs combinés est leur capacité à optimiser la séparation individuelle des différents composés et leur traitement spécifique tout en assurant une grande fiabilité opérationnelle. Ces systèmes sont particulièrement intéressants pour des exploitations à la recherche d'un abattement simultané des émissions d'ammoniac, de poussières et d'odeurs. Le choix de la combinaison la plus opportune proposée par les fournisseurs s'opère ainsi en fonction des objectifs de réduction et des enjeux de l'exploitation.

7.2 APPLICABILITE

Le système de traitement à deux étages est applicable à des élevages sur litière car le biolaveur est précédé par un laveur humide qui abat une partie des poussières et des plumes. L'installation d'élevage doit également disposer d'un espace suffisant pour installer les différentes entités constitutives du système combiné. Un système de traitement à trois étages peut comme le système précédent être mis en place dans des élevages sur litière car l'étape de biofiltration est précédée de laveurs humides (JRC Science for policy report, 2017).

7.3 BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX

Les réductions des émissions d'ammoniac sont comprises entre 70 et 96 % pour des systèmes combinés à deux étages d'après des données allemandes et néerlandaises. L'abattement moyen est d'environ 80%. Les réductions possibles pour des systèmes à trois étages sont comprises entre 70 et 85% pour des systèmes combinés à trois étages. Ces valeurs sont celles des facteurs d'abattement retenus aux Pays-Bas pour les laveurs combinés ayant fait l'objet d'une reconnaissance officielle. Les données allemandes sur les abattements d'ammoniac s'échelonnent de 70 à 95% (JRC Science for policy report, 2017).

7.4 DONNEES OPERATIONNELLES

Les pertes d'eau inhérentes au fonctionnement du système (exemple : évaporation) doivent être compensées par ajout d'eau fraîche qui doit être contrôlée et réalisée séparément pour les deux étages correspondant aux laveurs humides. D'après les données fournies dans le BREF, les systèmes triple génèreraient moins d'eaux usées et seraient moins énergivores que les systèmes doubles. Les quantités d'eaux usées générées par un système combiné sont 2 à 3 fois plus faibles que celles d'un biolaveur (JRC Science for policy report, 2017).

Tableau 7 : Exemple comparatif de la production d'eaux usées pour des laveurs combinés à deux ou trois étages (Source : (JRC Science for policy report, 2017)

	Combiné à 2 étages	Combiné à 3 étages
Quantité d'eau rejetée étape chimique	0,05 m ³ /kg de NH ₃ entrant (soit 0,14 m ³ /emplacement/an)	0,06 m ³ /emplacement/an
Quantité d'eau rejetée étape biologique	0,04 m ³ /kg de NH ₃ entrant (soit 0,11 m ³ /emplacement/an)	0,15 m ³ /emplacement/an

7.5 EFFETS CROISES

Ces systèmes engendrent une augmentation des consommations énergétiques afin que les ventilateurs dépassent la perte maximale de pression de 150-200 Pa (total pour le système de ventilation dans le bâtiment et le système de traitement).

Les eaux de lavage issues du lavage chimique contenant le sulfate d'ammonium doivent être stockées dans un ouvrage de stockage dédié alors que les eaux de lavage issues de l'étape de séparation peuvent être entreposées dans un ouvrage de stockage externe en mélange avec le lisier. L'azote contenu dans ces eaux doit être pris en compte dans le plan d'épandage.

Ces systèmes réduisent aussi les émissions d'odeurs et de poussières. L'abattement des poussières est compris entre 85 et 98% et celui des odeurs atteint 70%. Pour un laveur à trois étages, la fourchette d'abattelements retenu aux Pays-Bas est comprise entre 64 et 84% pour les odeurs (JRC Science for policy report, 2017)

7.6 COUTS

A l'instar des laveurs décrits ci-avant, les données économiques sont hétérogènes. A titre d'exemple, pour un système à trois étages utilisé aux Pays-Bas en porcherie d'engraissement dans un nouveau bâtiment et une ventilation d'une capacité de 60 m³/place/an, l'investissement est de 50 €/place et les coûts opérationnels de 9,2 €/place/an. Ces données sont de 2010. Des données complémentaires sont fournies en annexes (JRC Science for policy report, 2017)

En pratique :

Les laveurs combinés seraient peu répandus en France. Un laveur combiné à trois étages implanté en sortie d'un bâtiment d'enrichissement (1 900 porcs) a fait l'objet d'une étude confirmant l'efficacité de ce type de traitement sur les émissions polluantes. Toutefois, des questions quant à leur exploitation sur le long terme ont été soulevées en raison des différentes dégradations survenues lors de la période de mesures.

8. SUIVI DES PARAMETRES DE FONCTIONNEMENT DES LAVEURS D'AIR

Les conclusions sur les MTD imposent la surveillance des laveurs avec d'une part la vérification des performances du système et d'autre part le contrôle du bon fonctionnement du laveur.

8.1 MTD SURVEILLANCE DES SYSTEMES D'EPURATION D'AIR

Les conclusions MTD imposent la surveillance des laveurs d'air. Les techniques sont rappelées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8 : Techniques de surveillance des systèmes d'épuration d'air (MTD 28)
(Source : (JRC Science for policy report, 2017))

	Technique	Description	Fréquence	Applicabilité
A	Vérification des performances du système d'épuration d'air par la mesure de l'ammoniac, des odeurs et/ou des poussières dans les conditions d'exploitation normales conformément à un protocole de mesures prescrit par les normes EN ou selon d'autres méthodes (ISO, normes internationales ou nationales) garantissant des données d'une qualité scientifique équivalente.	La vérification s'effectue par la mesure de l'ammoniac, des odeurs et/ou des poussières dans l'air entrant et sortant, ainsi que de l'ensemble des autres paramètres d'exploitation pertinents (par exemple, débit d'air, chute de pression, température, pH, conductivité). Les mesures sont réalisées en conditions climatiques estivales (une période d'au moins huit semaines durant laquelle le taux de ventilation est > 80 % du taux de ventilation maximal) et en conditions climatiques hivernales (une période d'au moins huit semaines durant laquelle le taux de ventilation est < 30 % du taux de ventilation maximal), avec une gestion représentative du bâtiment d'hébergement occupé à 100 % et uniquement si une période suffisante (quatre semaines, par exemple) s'est écoulée après le dernier renouvellement de l'eau de lavage. Différentes stratégies d'échantillonnage peuvent être appliquées.	Une fois	Non applicable si le système d'épuration d'air a été vérifié dans un système d'hébergement similaire et dans des conditions d'exploitation semblables
B	Contrôle du bon fonctionnement du système d'épuration d'air (par exemple par un relevé en continu des paramètres d'exploitation, ou au moyen de systèmes d'alarme)	Mise en œuvre d'un journal de bord électronique permettant d'enregistrer toutes les valeurs des relevés et toutes les données opérationnelles sur une période de 1 à 5 ans. Les paramètres enregistrés sont fonction du type de système de purification de l'air et peuvent comprendre : 1. le pH et la conductivité du liquide de lavage ; 2. le débit d'air et la diminution de pression du système de réduction des émissions ; 3. la durée de fonctionnement de la pompe ; 4. la consommation d'eau et d'acide. D'autres paramètres peuvent être enregistrés manuellement.	Quotidien nement	Applicable de manière générale

8.2 MTD A : VERIFICATION DES PERFORMANCE DU SYSTEME D'EPURATION D'AIR

La MTD A) consiste à vérifier les performances du laveur utilisé par l'exploitant. Cet examen n'est à réaliser qu'une seule fois. Des protocoles ont été développés par certains états membres comme les Pays-Bas ou en Allemagne par exemple, afin de préciser la procédure à suivre et définir les exigences et les conditions nécessaires à la réalisation des tests, les méthodes d'échantillonnage et l'interprétation des résultats. Celui établi par VERA¹¹ est cité en exemple dans le BREF. Aux Pays-Bas et au Danemark, les performances des systèmes d'épuration doivent avoir été démontrées pour être officiellement reconnus en tant que techniques de réduction des émissions. Au Danemark, dans le cas où suffisamment de données scientifiques ont été collectées, alors des essais supplémentaires ne sont pas exigés. Seul un rapport de synthèse des données existantes fiables peut suffire à valider la technique et sa performance (Ministry of Environment and food of Denmark-Environmental protection Agency, 2017). Aux Pays-Bas, cette vérification est facultative lorsque la configuration du laveur est similaire à un système existant et que l'allégation de performances n'excède pas 70% de réduction des émissions d'ammoniac. Cette démarche d'évaluation est réalisée dans un objectif de reconnaissance réglementaire et d'intégration à la RAV-list. Une fois que l'équipement est validé au niveau national, un facteur d'émission est associé. Un éleveur qui met en place cette technique n'a pas besoin de refaire cette vérification une fois le système installé dans son exploitation dès lors qu'il applique les spécifications détaillées dans la Rav-list.

La validation des laveurs d'air et leur reconnaissance officielle est d'ordre volontaire ou obligatoire selon les pays.

Afin d'assurer une exploitation adaptée des laveurs, des contrôles de maintenance périodique, annuellement par exemple, doivent être assurés par le fournisseur ou le revendeur. Les protocoles peuvent être fournis par l'autorité compétente (JRC Science for policy report, 2017).

8.3 MTD B : CONTROLE DU BON FONCTIONNEMENT DU SYSTEME D'EPURATION D'AIR

Les enjeux d'un enregistrement et d'un suivi régulier des performances sont d'assurer une stabilité opérationnelle des laveurs et de diminuer le rapport coût/efficacité pour les acteurs impliqués (fournisseur, exploitant et inspecteur) (Ogink N. , 2012)

La MTD B exige la surveillance des systèmes d'épuration de l'air en place dans les élevages. La technique implique le contrôle et l'enregistrement électronique des paramètres les plus pertinents selon les systèmes. Cette surveillance peut se faire par l'enregistrement des paramètres opérationnels qui dépendent du type de laveur installé et des obligations inscrites dans le permis selon les pays. La surveillance continue des variations de pression et la présence d'une alarme indiquant une perte de pression peuvent alerter l'éleveur sur la nécessité de nettoyer le maillage de filtration (JRC Science for policy report, 2017). Ce suivi est d'ores et déjà imposé aux Pays-Bas depuis 2013 mais les éleveurs avaient la possibilité de faire un suivi « papier » jusqu'en janvier 2016, date butoir pour se mettre en conformité vis-à-vis de l'obligation de l'enregistrement électronique des données. En effet, les élevages

¹¹ http://www.vera-verification.eu/fileadmin/download/Test_programs/Aircleaning_v2.pdf

disposant de laveurs d'air ont l'obligation d'être équipés d'un boîtier d'enregistrement électronique dont les données peuvent être consultables à distance par les autorités locales. Auparavant, l'enregistrement ou le report sur papier des performances et des temps de fonctionnement des laveurs étaient déjà obligatoires. Ce suivi imposé permet de s'assurer du fonctionnement effectif du laveur grâce à l'enregistrement des temps de fonctionnement de la pompe d'alimentation en eau et d'évacuation des eaux usées.

9. CONCLUSION

Le tableau de synthèse ci-dessous rassemble les principales données d'applicabilité, avantages, inconvénients des différents types de laveurs humides traités dans ce rapport.

Types de laveurs	Applicabilité		Avantages	Abattement d'ammoniac potentiel	Inconvénients
	Type d'élevage	Installations existantes ⁽¹⁾			
Biolaveur	Avicole et porcin	Oui	Efficace sur la réduction des émissions d'ammoniac et d'odeurs	70% à 90%	Surconsommation d'eau et d'électricité Surveillance permanente pour s'assurer du maintien de conditions favorables aux microorganismes impliqués dans la conversion de l'ammoniac Fonctionnement continu pour alimenter et maintenir la biomasse implantée dans le laveur
Laveur à l'acide	Avicole et porcin	Oui	Efficace sur la réduction d'ammoniac et de poussières Propriétés fertilisantes supplémentaires des eaux usées.	70% à 99%	Surconsommation d'eau et d'électricité Gestion et manipulation d'acide
Laveurs combinés	Avicole et porcin	Oui	Efficace sur la réduction des émissions d'ammoniac, de poussières et d'odeurs	70% à 85%	Surconsommation d'eau et d'électricité Besoin de place important pour implanter un système de traitement combiné

(1) La mise en place d'un laveur est uniquement possible dans des installations équipées d'une ventilation dynamique centralisée.

Les émissions d'ammoniac issues des bâtiments d'élevage de porcs et de volailles peuvent être réduites par différentes mesures en amont en optimisant l'alimentation des animaux et en utilisant des modes de logement peu émissifs. Ces mesures peuvent être complétées par des traitements de l'air issu des bâtiments grâce à des laveurs humides qui sont reconnus comme meilleures techniques disponibles assurant un abattement des différents polluants (ammoniac, poussières et odeurs) qu'il contient.

Il existe trois grandes catégories de laveurs : les biolaveurs, les laveurs à l'acide et les systèmes combinés à deux ou trois étages. Ces techniques se distinguent par leur principe d'épuration et leurs performances vis-à-vis des différents polluants. L'abattement potentiel des émissions de NH_3 , s'ils sont correctement exploités, est généralement compris entre 70 et plus de 95% sur la base des données du BREF.

Selon les enjeux et les objectifs poursuivis, chaque exploitant peut sélectionner le système d'épuration le plus adapté à sa situation.

Le traitement de l'air vicié par un biolaveur repose sur un processus biologique de conversion bactérienne de l'ammoniac en nitrates.

Le laveur acide est la technique de prédilection pour abattre les émissions d'ammoniac dont l'absorption dans la phase liquide est favorisée grâce au faible pH de la solution de lavage par adjonction d'acide sulfurique. Sa capacité à réduire les émissions d'odeurs est limitée.

Les systèmes combinés sont constitués de deux ou trois unités dont l'association est variable selon les modèles. Ils peuvent comprendre un biolaveur, un laveur à l'acide et/ou un biofiltre. Ces laveurs sont particulièrement indiqués pour des exploitations où il est nécessaire d'avoir un abattement simultané des émissions de NH_3 , d'odeurs et de poussières grâce à une combinaison d'un traitement physico-chimique et biologique.

Les laveurs sont plus facilement adaptables à de nouvelles installations qu'à des installations existantes et ce, d'autant plus, si le bâtiment n'est pas en ventilation centralisée. Ils nécessitent obligatoirement une ventilation dynamique. Toutefois, certains éleveurs optent pour des laveurs individuels dont l'implantation se fait au niveau de chaque extraction d'air.

Quelle que soit la nature du laveur, leur installation conduit à une augmentation des dépenses d'eau et d'énergie, notamment liée au fonctionnement des pompes d'alimentation et à la ventilation (notamment pour compenser les pertes de pression).

Les conclusions sur les MTD imposent le suivi quotidien des principaux paramètres de fonctionnement des laveurs, qui peut se faire au travers d'un enregistrement manuel ou électronique. La surveillance permet d'assurer la stabilité des capacités d'épuration mais aussi d'identifier rapidement les potentiels dysfonctionnements qui, sur le long terme, peuvent impacter négativement les performances des laveurs. L'intérêt du suivi des laveurs est aussi de maîtriser les dépenses de fonctionnement.

La réduction des émissions en amont est à privilégier et les eaux de lavage doivent faire l'objet d'une gestion adaptée pour un bénéfice environnemental global.

10. BIBLIOGRAPHIE

- Animal Sciences Group-Wageningen University. (2010). Maximale ventilatie in pluimveestallen. Wageningen, Pays-Bas.
- Bartolomeu, D., & Massabie, P. (2006). Système centralisé d'extraction d'air: bilan technique. *Techni Porc*, 1(29), pp. 13-15.
- Bellec, F. (2015, Février 27). Les clés d'un lavage d'air efficace. *Aveltis Hebdo*, pp. 2-3.
- Bittman, D. H. (2014). *Options for ammonia mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen*. Edimbourg: Center for Ecology and Hydrology.
- Commission Européenne. (2017). DÉCISION D'EXÉCUTION (UE) 2017/302 DE LA COMMISSION du 15 février 2017 établissant les conclusions sur les MTD, au titre de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil, pour l'élevage intensif de volaill. *Journal officiel de l'Union européenne*, 231-279.
- De Wries, J., & Melse, R. (2017). Comparing environmental impact of air scrubbers for ammonia abatement at pig houses: A life cycle assessment. *Biosystems engineering*, 53-61.
- DLG-committee for pig production. (2014). *DLG Expert Knowledge Series 403-Notes on operating waste air cleaning facilities for pig farming*. Frankfurt: DLG e.V.
- Eglin, T., & Mousset, J. (2012). *Les émissions agricoles de particules dans l'air. Etat des lieux et leviers d'action*. Angers: ADEME.
- Groot Koerkamp, P. (1994). *Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling*. Wageningen.
- Guingand, N. (2008). Le lavage d'air en élevage porcin. *TechniPorc*, 31(1), pp. 23-28.
- Hamon L., A. Y. (2012). Aerial pollutants in swine buildings: a review of their characterization and methods to reduce them. *Environmental Science and Technology*, 12287-12301.
- JRC Science for policy report. (2017). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs*. Séville: Publications office of the european union.
- Lagadec, S., Bellec, F., Dappelo, C., & Masson, L. (2015, novembre-Décembre). Choisir un laveur d'air bien conçu. *Tech Porc*(26).
- Manuzon, R., Zhao, L., & Jonjak, A. (2011). Wet scrubbers for mechanically ventilated animal facilities. *Animal agriculture*.
- Manuzon, Z. e. (2011). Wet scrubbers for mechanically ventilated animal facilities. *Extension air quality in Animal agriculture*, 1-7.
- Martin E., M. E. (2013). *Analyse du potentiel de 10 actions de réduction des émissions d'ammoniac des élevages français aux horizons 2020 et 2030*. Angers: ADEME.

- Melse, R., & Ogink, N. (2005). Air scrubbing techniques for ammonia and odor reduction at livestock operations: review of on farm research in the Netherlands. *American society of agricultural engineers*, 48(6), 2301-2014.
- Melse, R., Ogink, N., & Rulkens, W. (2009). Air treatment techniques for abatement of emissions from intensive livestock production. *The Open Agriculture Journal*, 3.
- Ministry of Environment and food of Denmark-Environmental protection Agency. (2017, 07 27). *Environmental technologies for livestock holdings*. Récupéré sur <http://eng.mst.dk/topics/agriculture/environmental-technologies-for-livestock-holdings/admission-options/>
- Ogink, N. (2012). NH₃ and dust emissions from broiler houses. Uppsala.
- Ottosen, L. (2011). Regulation of ammonia oxidation in biotrickling airfilters with high ammonium load. *Chemical engineering journal*, 198-205.
- Van der Heyden C, D. P. (2015). Mitigating emissions from pig and poultry housing facilities through air scrubbers and biofilters: state of the art and perspectives. *Biosystems engineering*, 74-93.
- Xue, N. e. (2010). Enhanced removal of NH₃ during composting by a biotrickling filter inoculated with nitrifying bacteria. *Biochemical engineering journal*, 51(1-2), 86-93.

11. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nb/Format pages
1	Données technico-économiques issues du BREF 2017 relatives aux différents types de laveurs	5 A4

ANNEXE

Données technico-économiques issues du BREF 2017 relatives aux différents types de laveurs

- **Données technico-économiques relatives aux biolaveurs**

Tableau 9 : Exemples de surconsommation en énergie liée aux laveurs en Allemagne et en France (Source : (JRC Science for policy report, 2017))

Pays	Exploitation	Débit (m³/h)	Consommation	Consommation additionnelle	Remarques
Allemagne	3 000 porcs charcutiers	255 000	12,7 et 15,3 kWh/place	11 et 20 kWh/place	La consommation additionnelle correspond à l'énergie dépensée pour compenser les baisses de pression engendrées par le système de traitement et requises pour le fonctionnement du biolaveur (jusqu'à 150 Pa).
France	2 100 places de porcs charcutiers	150 000	Consommation électrique annuelle de 12,5 kWh par emplacement de porcs charcutiers.		Consommation électrique annuelle nécessaire au fonctionnement du biolaveur (pompes, système de contrôle...). Pour ce débit de ventilation, il est nécessaire d'installer une pompe de 3 kW

Tableau 10 : Exemples de données de consommation d'eau et de volumes d'eaux usées générées en élevage porcin (Source : (JRC Science for policy report, 2017))

Pays	Consommation totale d'eau (m³/place/an)	Quantité d'eaux usées évacuées du laveur (m³/place/an)	Remarques
Danemark	1	0,43	Les valeurs sont calculées sur la base de 4 porcs produits par an par place (0,108m ³ /porc produit)
Allemagne	1,6-2,4	0,3-0,4	La fourchette de valeurs calculées varie de 4 800 à 7 200 m ³ /an pour des besoins en eau fraîche pour une capacité de 255 000m ³ /h et un débit de ventilation de 85 m ³ /porc/an.
Pays-Bas	0,9-3,1	1-4	Les valeurs sont calculées à partir de valeurs reportées : 1,9 m ³ /jour en hiver et 6,5 m ³ /jour en été, pour une exploitation de 520 porcs à l'engrais et 240 porcelets en post sevrage.
Pays-Bas	0,8-18	0,17-0,68	2,27 m ³ /jour en hiver et 5,25 m ³ /jour en été pour une exploitation de 1080 porcs à l'engrais. Cette exploitation a une gestion optimisée des eaux de lavage.

Tableau 11 : Exemples de coûts liés à l'implantation de biolaveurs en Allemagne et au Danemark (Source : (JRC Science for policy report, 2017)).

Nombre de places et débit de ventilation	Investissements		Coûts opérationnels	Total
	€/1000m ³ /h	€/place/an	€/place/an	€/place/an
460–700 places (39 000–60 000 m ³ /h) (²)	728–820	62–70	10.0–11.1	17.1–19.3
1 060–1 180 places (90 000 – 100 000 m ³ /h) (²)	552–638	47–54	8.1–9.1	13.3–15.1
1 700–1 850 places (150 000 – 157 000 m ³ /h) (²)	463–542	39–46	7.7–8.6	12.1–13.5
3 000 places (255 000 m ³ /h) (³)	600(470 –720)	40–61	7.5–9.5	12–16
400 places (40 000 m ³ /h)	678	Pas d'information	Pas d'information	12
Les coûts sont valables pour de nouvelles installations et sont hors TVA.				

Tableau 12 : Exemples de données économiques néerlandaises de 2011 pour la mise en place de biolaveurs en installations de volailles (JRC Science for policy report, 2017)

Type d'animaux	Nombre de places	Investissements supplémentaires en €/place	Coûts annualisés €/place	Coûts opérationnels €/place	Coût total annuel en €/place
Poulettes	50 000	2,93	0,41	0,59	1
Poules pondeuses en volière	40 000	3,41	0,5	0,63	1,13
Poulets de chair	90 000	3,71	0,55	0,64	1,19
Reproducteurs	19 000	8,26	1,15	1,76	2,9
Dindes	20 000	25,83	3,57	4,71	8,28
Canards	40 000	5,75	0,78	1,15	1,93

- **Données technico-économiques relatives aux laveurs à l'acide**

Tableau 13 : Exemples de surcoûts associés à trois modèles de laveurs acides selon les performances et les catégories animales aux Pays-Bas (Source : (JRC Science for policy report, 2017) 2017)

Catégorie animale	Nombre de places dans le bâtiment	Investissements (€/place)		Surcoûts annuels totaux ¹² (€/place/an)	
		70% de réduction des émissions de NH ₃	90% de réduction des émissions de NH ₃	70% de réduction des émissions de NH ₃	90% de réduction des émissions de NH ₃
Porcelets post-sevrage	2016	10	12	2	3.5
Truies allaitantes	130	105	120	20	30
Truies gestantes et en attente saillie	477	60	70	15	20
Porcs à l'engrais	4 200	30	35	8	11
Poulets de chair	90 000	Pas d'information	2,7	Pas d'information	0,63
Reproducteurs	25 000	Pas d'information	8,55	Pas d'information	2,37
Poules pondeuses (volière)	30 000	Pas d'information	3,10	Pas d'information	0,96
Poules pondeuses (litière accumulée)	30 000	Pas d'information	3,95	Pas d'information	1,09

¹² Les surcoûts annuels incluent la dépréciation, les intérêts, la maintenance et les autres coûts opérationnels.

- **Données technico-économiques relatives aux laveurs combinés**

Tableau 14 : Coûts de référence pour des systèmes combinés à deux et trois étages implantés en porcherie d'engraissement (Source (JRC Science for policy report, 2017))

Les données économiques ci-après sont des données allemandes qui ont été modélisées pour des modules d'une capacité de 1 000 m³/h soit un équivalent de 11,8 emplacements à un débit de ventilation standard de 85 m³/h/place. Ces coûts datent de 2008 et 2010.

Nombre de places	Système combiné à 3 étages		Système combiné à 2 étages	
	Investissements (€/place)	Coûts de fonctionnement (€/place/an)	Investissements (€/place)	Coûts de fonctionnement (€/place/an)
460-700	60-94	11-14	70-75	9,9-10,8
1060-1180	45-57	8,8-10,4	68-72	9,1-10
1700-1850	40-50	8,6-9,5	63-68	8,7-9,6
3000	43-52	6,8-8,5	61-65	10-12

Tableau 15 : Consommation d'énergie pour le fonctionnement de systèmes combinés selon des données allemandes de 2010. (Source : (JRC Science for policy report, 2017))

	Système combiné à trois étages (consommation d'énergie pour une capacité de 1000m ³ /h)	Système combiné à deux étages (consommation d'énergie pour une capacité de 1000m ³ /h)
Consommation d'énergie pour le laveur d'air	100-150 kWh/an	190 kWh/an
Consommation d'énergie liée à la ventilation	180-250 kWh/an	220-280 kWh/an



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>