

# Enquête sur 31 laveurs d'air de porcherie en Bretagne, clés d'amélioration de l'efficacité sur l'abattement de l'ammoniac

Solène LAGADEC (1), Fabien BELLEC (2), Ludovic MASSON (2), Céline DAPPELO (2), Paul LANDRAIN (1), Nadine GUINGAND (3)

(1) Chambre régionale d'agriculture de Bretagne, CS74223, 35042 Rennes Cedex, France

(2) Aveltis, ZA du Vern, 29400 Landivisiau, France

(3) IFIP-Institut du porc, 35651 Le Rheu, France

*Solene.lagadec@bretagne.chambagri.fr*

## Enquête sur 31 laveurs d'air de porcherie en Bretagne – clés d'amélioration de l'efficacité sur le piégeage de l'ammoniac

L'étude s'est déroulée en trois phases : (1) état des lieux des équipements, (2) quantification des facteurs influençant l'efficacité du lavage d'air sur l'abattement de l'ammoniac et (3) proposition de modes d'utilisation du lavage d'air permettant d'obtenir des résultats optimum sur l'abattement d'ammoniac. L'état des lieux, réalisé sur 31 laveurs d'air mis en route entre 2003 et 2010, a permis de disposer d'un descriptif exhaustif et précis du type de matériel existant et de leur gestion. L'analyse en régression multiple a fait ressortir quatre principaux facteurs agissant sur l'efficacité de l'abattement de l'ammoniac : (1) la température de l'air extrait, (2) la concentration en ammoniac de l'air en amont du laveur, (3) la vitesse de l'air qui traverse le maillage et (4) les caractéristiques de l'eau de lavage (concentration en azote, température et pH). Pour quantifier ces facteurs, des mesures approfondies ont été réalisées dans 3 laveurs d'air se différenciant par le type de matériel mis en place (buses et blocs de maillage). Les résultats de cette étude ont permis d'identifier des paramètres de gestion du lavage d'air pour les élevages équipés, mais également de proposer des évolutions de conception des laveurs d'air en vue d'optimiser leurs efficacités sur l'abattement de l'ammoniac et ainsi contribuer à réduire l'impact des porcheries sur l'environnement.

## Survey on 31 piggery bioscrubbers in Brittany – keys to improving the efficiency in reducing ammonia

The study was divided into three tasks: (1) inventory of available equipment, (2) quantification of factors influencing the efficiency of the bioscrubber and (3) proposal of management of the bioscrubber to obtain optimal results on reduction of ammonia emission. The first task was conducted on 31 bioscrubbers in operation between 2003 and 2010 and produced an exhaustive and precise description of the type of material and their management. The multiple regression analysis highlighted four main factors affecting the efficiency of bioscrubbers on ammonia: (1) the temperature of extracted air, (2) the concentration of ammonia in the air before bioscrubbing, (3) the air speed inside the bioscrubber and (4) the characteristics of the wash water (concentration in nitrogen, temperature and pH). To quantify these factors, thorough measures were carried out in 3 bioscrubbers differing by the type of material set up (sprinklers and blocks of bedding). The results of this study made it possible to identify parameters of management of the bioscrubber, to propose evolutions in the design of the bioscrubbers to optimize their efficiency on ammonia, and finally to contribute to reducing the environmental impact of piggeries.

## INTRODUCTION

Le lavage d'air permet de réduire les émissions d'ammoniac, d'odeurs et de particules des élevages de porcs. Son principe est basé d'une part sur l'action de l'eau solubilisant les composés gazeux solubles et sédimentant les particules, et d'autre part, sur l'action de la flore microbienne présente au sein du maillage dégradant l'ammoniac et les composés odorants. Les taux d'abattement des laveurs sur l'ammoniac et sur les odeurs peuvent être assez variables (Guinand, 2008). Ils diffèrent notamment en fonction du dimensionnement, du type de maillage et du système d'arrosage. L'objectif de cette étude est d'acquérir des données complémentaires sur l'optimisation du lavage d'air en élevages porcins. Cette étude s'est déroulée en trois phases : (1) un état des lieux des équipements utilisés, (2) une quantification des facteurs influençant l'efficacité du lavage d'air sur l'abattement d'ammoniac et (3) la proposition d'utilisation du lavage d'air permettant d'obtenir des résultats optimum sur l'abattement d'ammoniac.

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. Etat des lieux sur le lavage d'air

Une enquête a été réalisée sur 31 laveurs d'air en fonctionnement chez 15 éleveurs adhérents de la coopérative AVELTIS. Cet état des lieux concerne les aspects de conception, de fonctionnement et d'efficacité sur l'abattement de l'ammoniac.

#### 1.1.1. Conception et fonctionnement des laveurs

Les données relatives à la conception et au fonctionnement du ou des laveurs mis en place dans l'élevage sont acquises au cours d'un entretien réalisé avec l'éleveur. Pour chaque laveur, l'année de construction, les dimensions, le type (vertical ou horizontal), les références du matériel (maillage, buse, pompe, dévéculeur ou pare-gouttelettes), l'origine de l'air lavé (engraissement, post-sevrage, maternité, gestation), le nombre de places concernées, le fonctionnement de la ventilation, la gestion de l'eau, ainsi que le nettoyage ont été relevés. Les difficultés rencontrées lors et depuis la mise en route ainsi que les pistes d'amélioration ont également été enregistrées.

#### 1.1.2. Abattement de l'ammoniac

L'abattement de l'ammoniac a été déterminé à partir des mesures de concentrations dans l'air en amont et en aval des unités de lavage. Les concentrations en ammoniac ont été mesurées à l'aide de tubes diffuseurs (type Dräger).

Différents paramètres ont également été enregistrés : la température et l'hygrométrie de l'air en amont et en aval du laveur, la vitesse d'air à travers le maillage, la durée de traversée de l'air dans le maillage (dépendant de l'épaisseur de maillage), le débit d'arrosage, la consommation et la composition physico-chimique des eaux de lavage.

La température et l'hygrométrie de l'air ont été enregistrées à l'aide d'un thermo-hygromètre.

La vitesse d'air à travers le maillage est calculée à partir de celle mesurée dans la gaine de ventilation (à l'aide d'un anémomètre à hélice), selon l'équation suivante :

$$V_l = (v_g \times l_g \times h_g) / (l_l \times L_l)$$

avec  $V_l$  : vitesse d'air dans le laveur d'air,  $v_g$  : vitesse d'air dans la gaine de ventilation,  $l_g$  : largeur de la gaine de ventilation,  $h_g$  : hauteur de la gaine de ventilation,  $l_l$  : largeur du laveur d'air,  $L_l$  : longueur de laveur d'air.

Le débit d'arrosage est obtenu par la mesure du temps de remplissage d'un seau de 15 L. Pour un même laveur, la mesure est répétée à minima sur trois buses (selon le nombre total de buses). Les mesures sont réalisées après un contrôle visuel du bon fonctionnement de ces buses, permettant de valider l'homogénéité d'arrosage du maillage.

Les mesures des paramètres physico-chimiques des eaux de lavage sont effectuées en deux temps : sur place pour la température de l'eau de lavage, le pH et la conductivité ; en laboratoire pour l'azote organique, l'azote ammoniacal, les nitrites et les nitrates (le prélèvement est réalisé en sortie de buse dans des flacons de 2 L). La consommation d'eau est enregistrée uniquement pour les laveurs équipés d'un compteur d'eau.

#### 1.1.3. Analyse des résultats

Une analyse descriptive du matériel installé sur les laveurs d'air est réalisée. Les résultats des mesures d'abattement de l'ammoniac ont fait l'objet d'une analyse multifactorielle, réalisée avec le logiciel R (version 3.1.1, 2014). Les paramètres utilisés pour la régression multiple sont : le débit d'arrosage ( $m^3/m^2$  de maillage/h), la vitesse d'air dans le maillage (m/s), la durée de traversée du maillage par l'air (s), le pH et la température de l'eau de lavage ( $^{\circ}C$ ), la température ( $^{\circ}C$ ), l'hygrométrie (%) et la concentration en ammoniac (ppm) de l'air en amont et en aval du laveur, la concentration de l'eau en azote ammoniacal (mg/L), nitrites et nitrates (g/L).

## 1.2. Quantification des facteurs influençant l'efficacité du lavage d'air

Suite aux résultats de la première phase de l'étude, qui a permis d'identifier les paramètres influençant l'efficacité du lavage d'air, une évaluation a été réalisée dans trois laveurs, choisis en fonction de leur accessibilité et de l'éventail de tests pouvant être mis en œuvre.

### 1.2.1. Description des laveurs d'air testés et des paramètres analysés

Les caractéristiques techniques des trois laveurs d'air testés sont présentées dans le tableau 2. Ils traitent chacun l'air provenant d'un bâtiment d'engraissement d'environ 1400 places en ventilation centralisée et diffèrent principalement par le type de buse et le maillage.

Les paramètres testés ont été :

- Pour le laveur d'air 1 : la vitesse d'air, la durée de traversée (épaisseur de maillage) et le débit d'arrosage
- Pour le laveur d'air 2 : la vitesse d'air et la concentration de l'eau de lavage
- Pour le laveur d'air 3 : la vitesse d'air, la durée de traversée (épaisseur de maillage), le débit d'arrosage et la surface de contact liée au type de maillage

Pour atteindre des vitesses plus élevées que celle pour laquelle les laveurs sont dimensionnés, la surface du maillage des laveurs a été réduite. La durée de traversée a été testée en doublant l'épaisseur de maillage pour les laveurs d'air 1 et 3. Une adaptation de la rampe d'arrosage a été réalisée, afin que la hauteur entre la buse et le maillage reste la même quelle que soit l'épaisseur de maillage.

Pour caler les débits d'arrosage, une réserve de 60 L est positionnée sous la buse et le temps de remplissage est chronométré. La modification du débit se fait grâce à une vanne mise en place sur le tuyau de refoulement.

Enfin, le test de l'effet de la concentration de l'eau de lavage se fait par dilution de l'eau initiale avec de l'eau propre.

Quatre séries de mesures sont effectuées à des concentrations différentes obtenues par dilution de l'eau initiale (tableau 1).

**Tableau 1** – Test de la concentration de l'eau de lavage

	Pourcentage de renouvellement	Rajout d'eau propre
Concentration initiale	0%	0
1 <sup>ère</sup> dilution	25%	25% du volume initial
2 <sup>ème</sup> dilution	50%	25% du volume initial
3 <sup>ème</sup> dilution	75%	25% du volume initial

**Tableau 2** – Caractéristiques techniques des laveurs d'air testés et paramètres testés

Paramètres testés	Caractéristiques des paramètres testés	Laveur d'air 1		Laveur d'air 2		Laveur d'air 3	
		initial	Tests réalisés	initial	Tests réalisés	initial	Tests réalisés
Type de maillage	Surface de contact (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	125	125	125	125	130	130
Durée de traversée	Epaisseur de maillage (cm)	30 cm	30 cm / 60 cm	90 cm	90 cm	45 cm	45 cm / 90 cm
Type de buse	Cône d'aspersion des buses	Plein <sub>a</sub> <sup>(2)</sup>	Plein <sub>a</sub> <sup>(2)</sup>	Plein <sub>b</sub> <sup>(2)</sup>	Plein <sub>b</sub> <sup>(2)</sup>	Creux <sup>(2)</sup>	Creux <sup>(2)</sup> / plein <sub>a</sub> <sup>(2)</sup>
Débit d'arrosage	Débit d'arrosage (m <sup>3</sup> /h/buse)	3,76	4,1 / 5,8 / 7,7 / 10,3	0,49		0,48	0,75 / 1 (cône creux) 4,5 / 6 (cône plein <sub>a</sub> )
Vitesse d'air	Vitesse d'air (m/s)	0,99 (maxi)	0,3 / 0,6 / 1 / 1,2 / 1,5	1 (maxi)	0,2 / 0,4 / 0,7 / 1,1 / 1,3 / 1,5	1,12 (maxi)	0,3 / 0,5 / 0,7 / 1 / 1,3
Concentration en NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> de l'eau de lavage	Renouvellement de l'eau de lavage (%)			0	0 / 25 / 50 / 75		

<sup>(1)</sup> La surface de contact désigne la superficie réelle de la surface d'un objet par opposition à sa surface apparente. Elle est exprimée en m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

<sup>(2)</sup> les caractéristiques des buses testées sont présentées dans le tableau 4

### 1.2.2. Analyse des résultats

Une analyse multifactorielle des résultats est réalisée avec le logiciel R (version 3.1.1, 2014) en fonction des paramètres testés pour chaque laveur d'air.

### 1.3. Proposition d'utilisation du lavage d'air

L'ensemble des résultats des deux premières phases de l'étude a permis d'établir des préconisations de dimensionnement et de gestion des laveurs.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Etat des lieux sur le lavage d'air

#### 2.1.1. Description générale

L'enquête est réalisée sur 31 laveurs d'air installés dans 15 élevages et mis en route entre 2003 et 2010. Les laveurs d'air sont tous installés dans des bâtiments neufs équipés d'une ventilation centralisée. Quatre laveurs d'air récupèrent l'air d'un ancien bâtiment grâce à une gaine communicante avec un nouveau bâtiment. Deux dispositions du laveur par rapport au bâtiment sont rencontrées : 74% d'entre eux sont intégrés dans le bâtiment (23 laveurs) et 26% sont disposés sur le côté du bâtiment (8 laveurs). Les 31 laveurs sont de type vertical : l'air vicié traverse le maillage de bas en haut à contre-courant de l'arrosage. 93% des laveurs (29 installations) sont positionnés dans un bâtiment contenant un seul type d'animaux : le plus souvent des porcs à l'engrais (25 laveurs),

plus rarement des porcelets en post-sevrage (3 laveurs) ou des truies en gestation (1 laveur). Les deux derniers laveurs étudiés concernent des bâtiments rassemblant, pour l'un, le post-sevrage et l'engraissement, pour l'autre, la maternité, les truies gestantes et le post-sevrage.

#### 2.1.2. Equipement des laveurs

Un laveur est constitué d'un maillage, d'une rampe d'arrosage, d'une pompe, d'un liquide en recirculation et d'un dévésiculeur. Plusieurs types de matériels sont installés en élevage.

Le maillage est constitué d'un matériau inerte, plastique et structuré. Trois modèles de maillages équipent les 31 laveurs étudiés, différant par la surface de contact et l'épaisseur (tableau 3).

**Tableau 3** – Répartition des laveurs selon l'épaisseur de maillage et le type de maillage

Surface de contact <sup>(1)</sup>	Epaisseur de maillage / nombre de couches de mailles	Nombre de laveurs
130 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	45 cm / 1	5
	90 cm / 2	1
	135 cm / 3	3
125 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	30 cm / 1	9
	60 cm / 2	3
	90 cm / 3	9
100 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	15 cm / 1	1

<sup>(1)</sup> les surfaces de contact sont issues des données des constructeurs

Le rôle du maillage est d'augmenter la surface de contact entre les phases gazeuse (air) et liquide (eau) tout en limitant les pertes de charge. Il est aussi un support pour le développement du biofilm.

Le but recherché par l'arrosage est d'humidifier l'intégralité de la surface de maillage. Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour y parvenir : le type de buse, le débit d'arrosage et le positionnement des buses. Trois types de buses sont rencontrés et décrits dans le tableau 4.

**Tableau 4** – Description des types de buses observés sur les laveurs d'air enquêtés

Angle de pulvérisation (°)	Type de cône	Gamme de débit d'arrosage (m <sup>3</sup> /h/buse)
120	plein <sub>a</sub>	4 – 10
120	plein <sub>b</sub>	0,34 – 2,15
90	creux	0,75 – 3,35

Le débit d'arrosage a été mesuré sur seulement 30 laveurs. Une forte hétérogénéité du débit d'arrosage a été identifiée selon le type de buse utilisé (de 0,32 à 2,76 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> de maillage) et même, selon le modèle de buse (tableau 5). Le débit d'arrosage moyen est de 1,39 ± 0,76 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> de maillage. Il est plus élevé que celui préconisé par Guingand (2010), à savoir 0,72 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> de maillage, ce qui laisse présager un risque de surconsommation d'eau par certains laveurs.

**Tableau 5** – Débit d'arrosage en fonction du modèle de buse (en m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> de maillage)

Type de cône	plein <sub>a</sub>	plein <sub>b</sub>	creux
Min	1,03	0,32	0,55
Moyenne	1,92	0,72	1,49
Max	2,76	1,50	2,54
Ecart-type	0,61	0,32	0,75
Nombre de laveurs	11	10	9

Deux catégories de pompes sont utilisées pour l'arrosage : pompe de surface et pompe immergée. Les pompes immergées se situent dans la réserve d'eau du laveur. Les pompes de surface diffèrent par le type de filtre installé sur la pompe : filtre intégré avec lavage manuel, filtre en amont avec lavage automatique, absence de filtre. Un même modèle de pompe est installé sur des laveurs pouvant différer par la hauteur d'aspiration, la hauteur de refoulement ou le nombre de buses sur le circuit d'arrosage ; ceci explique la différence de débit d'arrosage présentée précédemment. Le recouvrement des zones d'arrosage est également très hétérogène entre les laveurs, aucun lien n'étant observé entre la hauteur de la rampe d'arrosage et le nombre de buses par m<sup>2</sup> de maillage. Enfin, 61% des laveurs sont équipés d'un dévésiculateur dont le rôle est de casser les gouttelettes pour limiter la perte en eau et la dispersion de gouttelettes éventuellement porteuses de légionnelles à l'extérieur du bâtiment.

### 2.1.3. Dimensionnement du laveur d'air

La surface de maillage est comprise entre 0,64 et 2,11 m<sup>2</sup> pour 100 places d'engraissement avec une moyenne de 1,37 ± 0,47 m<sup>2</sup>. Cette surface permet de déterminer la vitesse d'air maximale à travers le maillage. Elle varie de 0,92 à 3,03 m/s, avec une moyenne de 1,59 ± 0,62 m/s. Aucun lien n'est identifié entre cette vitesse d'air maximale et l'épaisseur du

maillage. Les vitesses maximales préconisées sont de 0,7 à 2 m/s selon Roustan (2004). Guingand (2008) préconise une vitesse maximale de 1 m/s avec une durée de traversée de 1 seconde ce qui correspond à une surface de 1,94 m<sup>2</sup> pour 100 places d'engraissement, un peu plus élevé que la moyenne de notre étude.

Le volume de maillage est compris entre 0,34 et 1,84 m<sup>3</sup> pour 100 places d'engraissement avec une moyenne de 0,83 ± 0,45 m<sup>3</sup>. La durée de traversée de l'air dans le laveur est très hétérogène, sous l'effet combiné de la variabilité des vitesses et l'épaisseur de maillage, et se situe entre 0,18 et 0,94 secondes, avec une moyenne de 0,44 ± 0,24 secondes. Cette valeur est inférieure aux préconisations de 1 seconde (Guingand, 2008) du fait de vitesses d'air élevées à travers le maillage.

### 2.1.4. La réserve d'eau et la gestion de l'eau de lavage

Le volume d'eau de la réserve d'eau est compris entre 0,34 et 1,84 m<sup>3</sup> pour 100 places d'engraissement. Pour 27 laveurs, la gestion du niveau de l'eau se fait grâce à un robinet flotteur établissant un niveau constant dans la réserve. Pour les 4 autres laveurs, la gestion du niveau de l'eau est automatisée et le remplissage se fait suivant un marnage, défini par des poires de niveaux qui agissent sur l'ouverture et la fermeture d'une électrovanne ou sur la mise en route d'une pompe pour le transfert de l'eau. La majorité des laveurs est équipée d'un système pour la déconcentration de l'eau de lavage. Ce renouvellement peut être géré manuellement (18 laveurs) ou automatiquement (13 laveurs).

La consommation d'eau a été calculée pour 8 laveurs. Pour les laveurs installés dans des bâtiments d'engraissement, elle varie de 60 à 80 L/100 places/jour avec dévésiculateur et de 152 à 180 L/100 places/jour sans dévésiculateur. Ce résultat montre l'importance de la mise en place d'un pare-gouttelettes sur la consommation d'eau.

### 2.1.5. Entretien des laveurs

Sur les 31 laveurs, 14 (dans 6 élevages) ont été nettoyés : 5 laveurs tous les trois mois, 3 laveurs deux fois par an, 3 laveurs une fois par an et 3 laveurs une fois par an avec retrait et lavage du maillage. Concernant les autres laveurs, la majorité des éleveurs surveillent l'encrassement et n'effectuent un nettoyage que si cela est nécessaire. Il est à noter que le nettoyage du maillage limite l'action biologique du lavage d'air. Or, celle-ci a une place importante dans la réduction des émissions d'ammoniac par ce procédé (Guingand, 2014). Cette opération n'est donc pas conseillée pour assurer une réduction optimale des émissions d'ammoniac.

## 2.2. Analyse des mesures d'abattement d'ammoniac réalisées sur les 31 laveurs d'air

Les mesures de teneurs en ammoniac et de caractéristiques de l'air et de l'eau ont été réalisées entre octobre 2010 et avril 2012, sur 31 laveurs dans 15 élevages. Quatre d'entre eux ont fait l'objet de plusieurs séries de mesure. Les mesures réalisées se sont avérées exploitables seulement pour 26 d'entre eux, en raison du dysfonctionnement de l'arrosage (3 laveurs) ou du fait de salles en cours de nettoyage ou vides (2 laveurs).

### 2.2.1. Caractéristiques de l'air

La température de l'air en amont du laveur est en moyenne de 22,9 ± 1,7 °C. La variabilité est assez importante (de 19,8 à 26,1 °C) car les mesures ont été réalisées à diverses périodes de l'année et les températures extérieures ont varié entre 3 et 25°C.

La diminution de la température engendrée par le lavage d'air varie de 1,2 à 4,7°C avec une moyenne de  $2,3 \pm 0,8$  °C.

La vitesse moyenne de l'air (au moment de la mesure) est de  $0,80 \pm 0,39$  m/s, avec des valeurs comprises entre 0,16 et 1,45 m/s. Cette moyenne se rapproche donc de la vitesse d'air maximale préconisée de 1 m/s. La durée moyenne de traversée de l'air dans le maillage est de  $1,30 \pm 0,93$  secondes avec des valeurs comprises entre 0,27 et 3,83 secondes. Elle est donc supérieure à la durée de traversée recommandée de 1 seconde. L'amplitude des variations est plus marquée pour la durée de traversée que pour la vitesse d'air du fait des différentes épaisseurs de maillages rencontrées.

### 2.2.2. Caractéristiques de l'eau de lavage

La concentration moyenne des eaux de lavage en azote ammoniacal est de  $4702 \pm 2914$  mg/L avec des valeurs comprises entre 500 et 11 020 mg/L. La mesure de conductivité s'étant avérée un bon indicateur de la concentration en azote ammoniacal (figure 1), une sonde de conductivité pourrait être utilisée pour gérer le renouvellement du liquide de lavage.

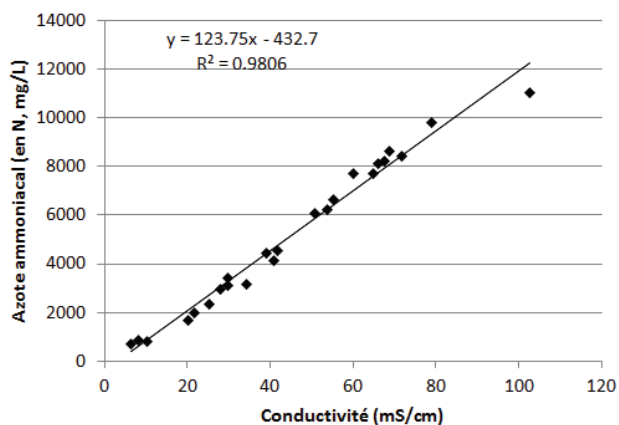


Figure 1 – Conductivité de l'eau de lavage en fonction de sa concentration en azote ammoniacal

La concentration moyenne en nitrites + nitrates est de  $4202 \pm 2567$  mg/L et varie de 70 à 9360 mg/L. Le pH moyen de l'eau de lavage est  $7,39 \pm 0,30$  avec des valeurs comprises entre 6,95 et 8,15. Enfin, la température de l'eau de lavage est en moyenne de  $18,9 \pm 1,3$  °C et varie de 16,9 à 22,2 °C.

### 2.2.3. Efficacité d'abattement de l'ammoniac

En amont du laveur, la concentration de l'air en ammoniac est en moyenne de  $19 \pm 5$  ppm avec des valeurs comprises entre 7 et 29 ppm. En aval du laveur, elle est de  $12 \pm 5$  ppm avec des valeurs comprises entre 5 et 23 ppm. La moyenne globale du taux d'abattement est de  $46,7 \pm 14,9$  %. Cette valeur est toutefois très variable puisqu'elle varie entre 17 et 70%.

### 2.2.4. Identification des facteurs agissant sur l'efficacité d'abattement de l'ammoniac

Les paramètres identifiés par régression multiple sont la vitesse de l'air à travers le maillage ( $P < 0,0001$ ), la concentration en azote ammoniacal de l'eau de lavage ( $P < 0,0001$ ), la température de l'air en amont du laveur ( $P < 0,0001$ ), la température du liquide de lavage ( $P < 0,0001$ ), la concentration en ammoniac de l'air en amont du laveur ( $P < 0,10$ ) et le pH de l'eau de lavage ( $P < 0,01$ ). L'efficacité du lavage d'air augmente lorsque la vitesse d'air, la concentration en azote ammoniacal, le pH et la température de l'eau de lavage diminuent et lorsque la température de l'air et la concentration en ammoniac en amont du laveur augmentent.

L'équation de prédiction obtenue permet d'expliquer 68% de la variabilité du taux d'abattement :

$$\text{Taux d'abattement (\%)} = 304,37 - 32,20 \times \text{vitesse d'air à travers le maillage (m/s)} - 30,95 \times \text{pH} - 0,005 \times \text{concentration N ammoniacal (mg/L)} + 7,41 \times \text{T}^\circ\text{C air (}^\circ\text{C)} - 8,87 \times \text{T}^\circ\text{C eau lavage (}^\circ\text{C)} + 0,89 \times \text{concentration ammoniac en amont (ppm)}$$

### 2.3. Quantification des facteurs influençant l'efficacité d'abattement de l'ammoniac

Au total 136 mesures ont été réalisées dans les trois laveurs d'air utilisés (38 mesures sur le laveur 1, 30 mesures sur le laveur 2 et 68 mesures sur le laveur 3) afin de déterminer l'effet de la vitesse d'air, du débit d'arrosage, de la surface de maillage, de la durée de traversée et de la concentration en azote ammoniacal dans les eaux de lavage.

#### 2.3.1. Effet de la vitesse d'air

La vitesse d'air à travers le maillage est le paramètre le plus impactant sur le taux d'abattement ( $P < 0,001$ ). L'augmentation de la vitesse d'air entraîne une diminution de l'efficacité d'abattement de l'ammoniac quelle que soit la valeur de concentration de l'eau de lavage en azote ammoniacal (figure 2). On remarque que le taux d'abattement chute rapidement de 57 à 40% lorsque la vitesse d'air passe de 0,4 à 0,6 m/s puis seulement de 40 à 20% lorsque la vitesse passe de 0,6 à 1,4 m/s. L'équation ajustée à partir de ces données pour prédire le taux d'abattement d'ammoniac à partir de la vitesse d'air à travers le maillage est la suivante :

$$\text{Taux d'abattement (\%)} = 25,094 \times \text{vitesse d'air à travers le maillage (m/s)}^{-0,739} \text{ (Figure 2)}$$

Avec la vitesse maximale préconisée, de 1 m/s, le modèle ci-dessus détermine un taux d'abattement d'ammoniac de 27%.

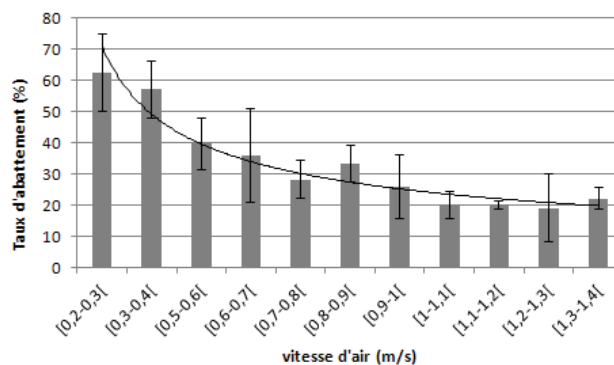
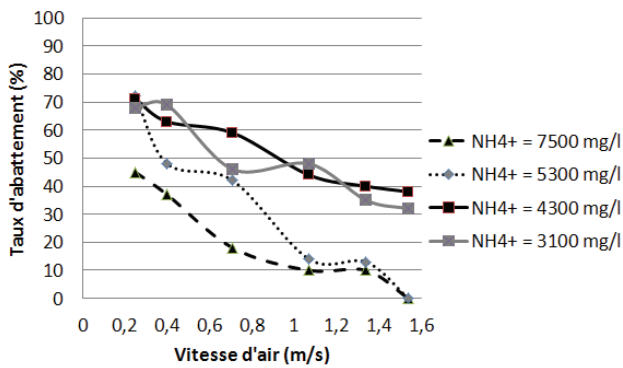


Figure 2 – Taux d'abattement en fonction de la vitesse d'air, mesures et équation de prédiction

#### 2.3.2. Effet de la concentration en azote ammoniacal de l'eau de lavage

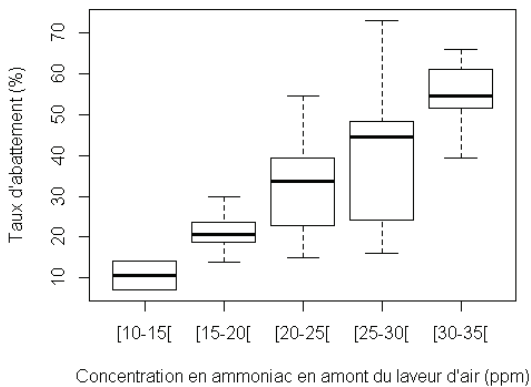
Le test a été réalisé sur le laveur 2 avec une concentration initiale en azote ammoniacal de l'eau de lavage de 7500 mg/L. Celle-ci a été diluée avec de l'eau propre jusqu'à obtenir une concentration de 3100 mg/L. La diminution de la concentration en azote ammoniacal de l'eau de lavage permet d'améliorer l'efficacité d'abattement de l'ammoniac (Figure 3). A faible vitesse de l'air (0,4 m/s), l'efficacité augmente ainsi de 30% lorsque la concentration est inférieure ou égale à 4300 mg/L. La dilution de l'eau de lavage permet également de limiter la chute du taux d'abattement lorsque les vitesses d'air sont élevées : si la vitesse d'air est de 1 m/s, le taux d'abattement d'ammoniac est de 10% avec une forte concentration en azote ammoniacale des eaux de lavage (7500 mg/l) alors qu'il est proche de 50% avec une concentration de 3100 mg  $\text{NH}_4^+$ /l.



**Figure 3** – Taux d'abattement en fonction de la vitesse d'air et de la concentration en N ammoniacal de l'eau de lavage

### 2.3.3. Effet de la concentration de l'air en ammoniac en amont du laveur

La figure 4 montre l'effet de la concentration en ammoniac en amont du laveur sur le taux d'abattement (laveur 3).



**Figure 4** – Taux d'abattement en fonction de la concentration en ammoniac en amont du laveur

Il apparaît clairement que ce paramètre influence de manière très significative le taux d'abattement de l'ammoniac, avec un taux d'abattement qui double entre 20 et 30 ppm.

Dans la mesure où, en pratique, les concentrations en ammoniac sont plus élevées en engraissement qu'en post-sevrage ou en maternité-gestation, l'efficacité du lavage d'air sera plus élevée en engraissement que pour les autres stades.

## 2.4. Préconisations techniques pour un fonctionnement optimal du lavage d'air

La vitesse de 1 m/s utilisée aujourd'hui pour dimensionner les laveurs d'air semble être une bonne valeur limite haute, quelle que soit l'épaisseur de maillage. En effet, l'analyse de l'influence de la vitesse d'air sur l'efficacité du laveur d'air pour l'ammoniac montre qu'au-delà de 1 m/s le taux d'abattement de l'ammoniac tend vers 20%. Une épaisseur de maillage de 30 cm pourrait être suffisante pour un abattement satisfaisant de l'ammoniac avec une surface de contact de 125 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Le débit d'arrosage n'ayant pas d'influence sur l'abattement de l'ammoniac (résultat démontré lors des phases 1 et 2), le débit minimal préconisé par le fabricant en fonction du type de buse est adéquat (voir tableau 4). La concentration en éléments azotés de l'eau ayant un impact sur l'efficacité du lavage d'air, un renouvellement de l'eau est nécessaire. La concentration maximale souhaitable en azote ammoniacal se situe autour de 4300 mg/L de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; au-delà, une forte réduction de l'efficacité a été observée. La gestion de ce renouvellement de liquide pourrait être assurée par une sonde de conductivité, ce paramètre étant un bon indicateur de la concentration en azote ammoniacal. Toutefois, d'après Guingand (2014), il est nécessaire de maintenir la flore microbienne installée dans le maillage car elle permet la réduction de l'ammoniac par une action biologique et est également impliquée dans la réduction des odeurs. Pour cela, le maintien des eaux de lavage pendant au moins 3 mois est préconisé et un remplacement partiel semble préférable. Enfin, il est important de vérifier le bon fonctionnement de l'arrosage de façon à laver en permanence le maillage.

## CONCLUSION

Cette étude sur le lavage d'air en porcherie a permis d'aborder différents aspects relatifs à l'équipement des laveurs, à leur gestion par les éleveurs, à leurs performances d'abattement et à l'optimisation de leur fonctionnement. Sur les 31 laveurs enquêtés, le taux d'abattement moyen est de 46,7%. Il varie entre 17 et 70% en fonction de deux principaux leviers d'action que sont la vitesse d'air qui traverse le maillage et la concentration en azote ammoniacal des eaux de lavage. Une vitesse d'air inférieure à 1 m/s est préconisée pour obtenir des taux d'abattement supérieurs à 20%. La concentration en azote ammoniacal doit se situer au maximum entre 2500 et 4500 mg/l afin de maintenir à la fois l'action biologique et l'action chimique du laveur d'air.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Guingand N., 2014. Influence de la fréquence de vidange des eaux de lavage sur l'efficacité d'unités de lavage d'air sur les émissions d'ammoniac, d'odeurs et de poussières dans le cas de porcheries d'engraissement, Journées Recherche Porcine, 46, 193-198.
- Guingand N., 2010. Etude de l'efficacité du lavage en porcheries. Etude interne- Coopérative LT (éleveurs de porcs du Léon et du Tréguier) / IFIP Institut du porc.
- Guingand N., 2008. Le lavage d'air en bâtiment porcin. Techniporc, 31(1), 23-27.
- Roustan M., 2004. Absorption en traitement de l'air. Technique de l'ingénieur. Environnement, G 1 (G 1750), 35.