

Étude de filières de désodorisation de l'air extrait de porcherie d'engraissement

Nadine GUINGAND (1), R. GRANIER (2)

Institut Technique du Porc

(1) Pôle Techniques d'Élevages - BP 3, 35650 Le Rheu

(2) Station expérimentale - les Cabrières, 12200 Villefranche de Rouergue

Étude de filières de désodorisation de l'air extrait de porcherie d'engraissement

Des analyses chimiques et olfactométriques ont été réalisées sur des prélèvements d'air extrait de salles d'engraissement. Les principales familles chimiques présentes sont des composés azotés et particulièrement l'ammoniac, des aldéhydes et des cétones. Le niveau de concentration de ces composés est très bas voire inférieur au seuil de détection des appareils d'analyses utilisés pourtant parmi les plus performants. Deux facteurs de variation de la composition chimique et olfactométrique de l'air ont été étudiés : présence ou absence de lisier sous les animaux et le débit de ventilation (1500 ou 750 m³/h). En absence de lisier sous les animaux, le niveau de concentration des composants chimiques est plus faible ainsi que le débit d'odeur. L'influence du niveau de ventilation est moins nette. Bien qu'on observe une réduction de la concentration en composants chimique et du niveau d'odeur avec un débit élevé, cette réduction n'est cependant pas proportionnelle à l'augmentation du débit de ventilation. Dans la deuxième partie de l'étude, quatre filières de désodorisation ont été testées : laveur d'air par voie humide, brumisateuse, filtre biologique et charbon actif. Le taux d'abattement olfactif le plus élevé a été obtenu avec le filtre biologique. Cependant, il est difficile de préconiser pour l'instant ce système comme unité de désodorisation auprès des éleveurs intéressés du fait de la difficulté qui existe à gérer certains paramètres du système dont en particulier l'humidité du substrat.

A study of some systems to reduce the odour level of air extracted from a piggery

Chemical and olfactometric analyses were performed on air extracted from different rooms in a fattening house. The principal groups of compounds identified were nitrogen compounds namely ammonia, aldehydes and ketones. The concentrations of these components were relatively low and sometimes lower than the sensitivity level of the measurement systems used, although the systems are amongst the most sensitive available. Two variation factors were studied : presence or absence of slurry and air flow rate (1500 or 750 m³/h). When there was no slurry stored under the animals, the level of chemical compounds was lower as well as the rate of odour emission compared with the presence of slurry. Even though a reduction in the level of chemical compounds and odour emission was observed, this reduction was not proportional to the rate of ventilation. In the second part of this study, four systems (scrubber, biofilter, atomiser and activated charcoal) were tested for their ability to reduce the odour level of air extracted from a piggery. The best reduction was found with the biofilter, but it is not possible to recommend the system because certain parameters are difficult to control such as the humidity of the substrate.

INTRODUCTION

Les élevages de porcs sont depuis quelques années de plus en plus souvent confrontés à des problèmes d'environnement. La gêne liée à l'odeur émise par un bâtiment d'élevage est à la base d'un nombre croissant de contentieux entre l'éleveur de porcs et son proche voisinage. Pour pouvoir apporter une ou des solutions aux éleveurs confrontés à ce type de problème, il est indispensable de connaître la composition chimique et olfactométrique de l'air extrait du bâtiment pour ensuite pouvoir le traiter. Alors que l'industrie a été confrontée aux problèmes de nuisances olfactives depuis de nombreuses années, la production agricole et plus particulièrement l'élevage tous espèces confondues, reste novice en la matière. C'est pourquoi les filières de traitement étudiées dans cet article ont été empruntées à l'industrie et adaptées aux volumes d'air à traiter en élevage porcin.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cette étude comporte deux phases : dans un premier temps, il s'est agit de caractériser chimiquement et olfactométriquement l'air extrait d'une porcherie d'engraissement pour ensuite, dans une deuxième phase, étudier différentes filières de désodorisation de l'air vicié.

L'expérimentation s'est déroulée à la station expérimentale ITP de Villefranche de Rouergue sur le bâtiment EOLE (Études Odeurs Lisier Environnement) qui abrite un total de 160 porcs charcutiers repartis en quatre salles de 40 animaux chacune. Dans ce bâtiment, l'entrée d'air est assurée par un plafond diffuseur (type ventisol). Après avoir traversé le caillebotis, l'air est évacué par une gaine centrale située sous le couloir d'alimentation pour être ensuite extrait vers l'extérieur par un ventilateur. Sur chacune des extractions d'air, un caisson en bois a été installé en vue de faciliter la prise d'échantillons d'air à étudier.

1.1. Caractérisation de l'air extrait

Pour la première partie de l'étude, les prélèvements ont été réalisés en prenant en considération différents facteurs de variation comme le débit de ventilation dans la salle et la présence de lisier dans la préfosse. Les prélèvements ont été effectués durant la même période selon le protocole suivant :

- Série 1 : salle de 40 porcs en fin d'engraissement - présence de lisier de 85 jours - débit de ventilation de 1500 m³/h
- Série 2 : salle de 40 porcs en fin d'engraissement - pas de lisier - débit de ventilation de 1500 m³/h
- Série 3 : salle de 40 porcs en fin d'engraissement - présence de lisier de 85 jours - débit de ventilation de 750 m³/h

Les analyses chimiques ont été réalisées par l'Institut National de l'Environnement industriel et des Risques (INERIS) et les analyses olfactométriques par le Commissariat à l'Énergie Atomique (C.E.A.).

1.1.1. Analyses physico-chimiques

Des prélèvements d'air ont été effectués à l'aide d'une sonde introduite au niveau des rejets des ventilateurs de chaque module considéré. Pour chaque essai, des analyses physico-chimiques, les plus exhaustives possible, ont été réalisées comprenant la recherche et le dosage des composés de chaque grande famille chimique susceptible d'être présente :

- composés soufrés réduits : hydrogène sulfuré (H₂S), méthylmercaptan (CH₃SH), éthylmercaptan (C₂H₅SH), diméthylsulfure (DMS), diméthyldisulfure (DMDS)...
- composés azotés : ammoniac, amines aliphatiques, indol, scatol;
- acides gras volatils,
- aldéhydes et cétones,
- phénol et crésols,
- alcools

1.1.2. Analyses olfactométriques

Les prélèvements d'air ont été effectués dans les conduits de rejet et l'effluent gazeux a été directement introduit dans des sacs en "tedlar" non réactifs vis-à-vis du type d'effluent considéré. Il s'est agit de déterminer le facteur de dilution au seuil de perception pour chacun des essais réalisés. Les échantillons gazeux ont été présentés à un jury d'experts qui devaient indiquer, par un choix forcé, dans lesquels des trois canaux d'un olfactomètre, ils percevaient l'odeur pour des dilutions variées présentées dans un ordre aléatoire. Les réponses des experts ont fait l'objet d'un traitement statistique, conformément à la norme AFNOR NF X 43-101 permettant de déterminer la valeur du facteur de dilution au seuil de perception notée K50.

1.2. Filières de désodorisation de l'air extrait des bâtiments

Quatre filières de traitement de l'odeur ont été installées à la sortie des salles d'engraissement du bâtiment EOLE : un laveur d'air par voie humide, un brumisateuse, un filtre biologique et une cartouche de charbon actif.

- *Le laveur d'air par voie humide* fonctionne selon le principe suivant : l'appareil aspire l'air pollué et le cyclone avec l'eau stockée dans une cuve. Les poussières présentes dans l'air y sont retenues et transformées en boue qui repose ensuite au fond de la cuve. Les mesures ont été réalisées soit avec une eau propre dans la cuve soit avec une eau sale.
- *Le brumisateuse* : l'air pollué traverse un rideau d'eau mélangée à un produit à base de C11 généré par une rampe de brumisateurs. Une pompe doseuse réglable déverse dans le fond de cuve une quantité donnée du produit qui se mélange à l'eau présente ; c'est ce mélange qui est repris et brumisé sur l'air à traiter. Durant la deuxième campagne, différents niveaux de concentration du produit couplés à deux niveaux de ventilation ont été pratiqués en vue de tester l'efficacité du produit.

- *Le filtre biologique* est composé d'une première couche d'écorces de pin puis de couches de tourbe blonde alternées avec des couches de brande. Le volume total du substrat est d'environ 4 m³. L'air est propulsé par un ventilateur dans le biofiltre par sa partie basse et ressort par sa partie haute après avoir traversé la totalité du substrat sur la hauteur du biofiltre.
- *Le charbon actif* est réputé pour sa capacité d'absorption de nombreuses molécules odorantes et en particulier l'ammoniac. Ce système a été placé en aval du laveur d'air par voie humide car il n'était pas concevable de le placer en direct sur l'extraction d'air du fait de la teneur élevée en poussières de l'air extrait. En effet, ces poussières auraient colmatées prématurément les granulés de charbon et ainsi réduit considérablement la durée d'exploitation de l'unité de traitement.

Les prélèvements ont été réalisés en amont et en aval de chacun des systèmes de traitement selon le même protocole que celui décrit pour la première partie de l'étude. Le prélèvement en amont est toujours considéré comme le témoin pour la détermination du taux d'abattement de la filière étudiée. Deux campagnes de mesures ont été réalisées en été et décembre 1994 sur deux bandes de 160 porcs à l'engraissement.

Les prélèvements et les analyses chimiques et olfactométriques ont été réalisés par l'Institut Technique des Gaz et de l'Air (I.T.G.A.).

La mesure de la concentration massique en poussières a été réalisée en amont et en aval du laveur d'air par voie humide et du brumisateuse. Après avoir été mis à l'étuve pendant 24 heures et pesé, un filtre en fibres de verre de porosité 0.7 µm est inséré dans un porte-filtre relié à une pompe à vide à débit constant et à un compteur volumétrique. Le volume d'air prélevé est au minimum de 2 m³. Le filtre est ensuite remis à l'étuve et pesé. La différence de masse ramenée au volume d'air prélevé nous permet d'obtenir la concentration massique totale en poussières exprimée en mg/m³.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Caractérisation de l'air extrait des porcheries

L'air vicié au rejet des salles d'engraissement étudiées lors de cette campagne d'analyse s'est avéré très peu chargé en polluants quelles que soient les conditions d'exploitations (tableau 1). Ainsi, pour la majorité des composés malodorants recherchés, les valeurs sont inférieures aux seuils de détection des méthodes d'analyses mises en oeuvre bien que ces dernières soient parmi les plus sensibles. Parmi les composants malodorants analysés, on a essentiellement mis en évidence des aldéhydes et des composés azotés, en particulier de l'ammoniac puis en moindre proportion des acides

Tableau 1 - Analyses chimiques réalisées sur les trois séries de prélèvements d'air à la sortie des extracteurs

	Série 1 1500 m ³ /h - lisier stocké	Série 2 1500 m ³ /h - lisier non stocké	Série 3 Série 3750 m ³ /h - lisier stocké
Date et heures d'analyses	26/2 -9h/12h	26/2 - 12h/18h	27/2 - 9h/12h
CO ₂ (%)	0,24	0,20	0,36
CH ₄ (ppm)	20	16	38
Composés soufrés réduits			
H ₂ SC			
H ₃ SH	non détectés	non détectés	non détectés
Autres			
Composés azotés (µg/m³)			
NH ₃	13200	10200	15200
Scatol	<35	<35	<35
Indol	<35	<35	<35
Aldéhydes et cétones (µg/m³)			
Acétaldéhyde	36	44	78
Propionaldéhyde	<2	<2	7
Butyraldéhyde	<3	<3	<3
Valéraldéhyde	22	<4	<4
Hexanal	14	11	22
Heptanal	41	11	<4
Acétone	11	8	10
Acides gras volatils (µg/m³)	<15	<15	<15
Phénols et crésols (µg/m³)	<1,3	<1,3	<1,3

gras volatils, phénol et des crésols (tableau 1). Ces résultats confirment ceux obtenus précédemment par de nombreux auteurs (MINER ET HAZEN, 1969 - SPOELSTRA, 1980 - KLARENBECK et al., 1982).

En ce qui concerne les conditions d'exploitations, l'influence de la présence de lisier est très nette sur la composition chimique de l'air extrait. En effet, on observe une réduction notable de la concentration en composés azotés et en aldéhydes lorsqu'il n'y a pas de lisier dans la préfosse (tableau 1 série 1 et série 2). De même, les analyses olfactométriques nous donnent un débit d'odeur inférieur en l'absence de lisier (tableau 2), la réduction étant d'environ 55 % par rapport à la présence de lisier. Le lisier présent sous les animaux est un substrat qui subit au cours de son stockage différentes modifications liées à l'installation de fermentations microbiennes. Ces processus provoquent des émissions

gazeuses, entre autre de l'ammoniac, qui viennent se rajouter à celles dégagées par les animaux présents dans le bâtiment. Pour Christianson et al. (1993), 50 à 75 % de l'ammoniac émis par une porcherie provient du lisier stocké. La réduction des composés azotés et en particulier de l'ammoniac, observée dans cette étude, confirme donc ce résultat. De même, la réduction de l'ordre de 55 % du débit d'odeur observé en absence de lisier s'explique de la même manière ; l'odeur émise par les porcheries étant constituée d'une part de l'odeur liée aux animaux dite odeur corporelle mais aussi de l'odeur émise par les déjections stockées sous les porcs.

La comparaison des séries 1 et 3 nous montre l'influence d'une variation de débit sur le niveau de concentrations des composants malodorants identifiés. Avec un débit faible, on observe une augmentation de la concentration en composés

Tableau 2 - Valeurs des dilutions au seuil de perception de l'odeur et des débits d'odeur

Source d'odeur	Dilution au seuil R_s	Débit d'odeur m^3/s à 20°C
Essai 1 (1500 m ³ /h lisier de 85 jours)	3,10 10 ³	1,29 10 ³
Essai 2 (1500 m ³ /h sans lisier)	1,69 10 ³	7,04 10 ²
Essai 3 (750 m ³ /h lisier de 85 jours)	4,40 10 ³	9,16 10 ²

azotés mais aussi des aldéhydes et cétones. Si on considère que la production d'odeur à l'intérieur d'un bâtiment est constante, l'augmentation de la fraction d'air propre apporté dans la salle dilue dans une proportion croissante l'odeur présente. Il est cependant intéressant de noter que ceci n'est pas proportionnel au débit de ventilation. En effet, alors que le débit était réduit de 50 %, le niveau d'odeur n'est réduit que de 29 %.

2.2. Étude des filières de désodorisation de l'air extrait des porcheries

- *Laveur d'air par voie humide* (tableau 3) : l'efficacité moyenne observée avec cette unité en eau sale est faible vis-à-vis de l'ammoniac ($1 < K < 1.2$). mais légèrement meilleure quand l'eau est propre ($K=1.8$). Vis-à-vis des produits soufrés, les résultats sont très variables mais en eau propre, aucune efficacité n'est observée. En eau sale, des abattements sont irrégulièrement observés. L'eau sale a un pH d'environ 8.5 qui est plutôt favorable à l'absorption des sulfures, ce qui expliquerait ces variations : phase d'absorption alternant avec phase de relargage de l'odeur. Le niveau d'odeur est cependant plus faible

quand le laveur d'air fonctionne avec de l'eau propre par rapport à un fonctionnement en eau sale. L'accumulation de boues dans la cuve peut être à la base d'un relargage d'odeur expliquant le meilleur abattement observé avec de l'eau propre.

- *Brumisateur* (tableau 4) : jusqu'à 0.47 litre par jour, on observe une augmentation de la valeur du taux d'abattement de l'odeur avec la concentration en produit. L'efficacité du système pour l'ammoniac reste assez faible, les taux d'abattement enregistrés varient entre 0.80 et 1.19. Quelque soit la concentration étudiée, le taux d'abattement de l'odeur est supérieur à 100 % de ventilation plutôt qu'à 45 %. Ceci peut s'expliquer par un meilleur échange gaz-liquide, dû à des turbulences plus importantes. Les résultats des analyses olfactométriques ont donnés des résultats très variables. Il semblerait que les membres du jury n'aient pu facilement faire la distinction entre l'odeur du lisier et l'odeur du produit. Leurs réponses reflèteraient la présence d'une odeur et non spécifiquement celle du lisier.
- *charbon actif* (tableau 5): on observe une réduction

Tableau 3 - Concentrations (en mg/m³) et taux d'abattement observés en amont et en aval du laveur d'air par voie humide

	08/12 - Eau propre - Q = 450 m ³ /h			02/12 - Eau sale - Q = 460 m ³ /h		
	Amont	Aval	K	Amont	Aval	K
NH₃	14,5	8	1,8	14,5	14	1,04
Soufrés totaux	0,25	0,25	1	3,5	0,8	4,4
MeOH	-	-	-	0,2	0,1	-
Acétone	0,09	0,11	1	8.10 ⁻²	8.10 ⁻²	1
Formaldéhyde	-	-	-	1,4.10 ⁻²	2.10 ⁻³	-
TMA	-	-	-	0,08	0,04	-
MEK	2.10 ⁻²	2.10 ⁻²	1	2,5.10 ⁻²	<8.10 ⁻³	-
Acétaldéhyde	-	-	-	0,1	7.10 ⁻³	0,9
COV totaux	-	-	-	65	70	-
Odeur	-	-	1,75	-	-	1,02

Tableau 4 - Taux d'abattement pour le brumisateuseur en fonction des concentrations étudiées

	Taux de ventilation	K Molfactométrie	K COV	K NH ₃	K Stot
0,13 litre/ jour eau sale	45%	0,35	0,84	1,14	0,54
	100 %	0,46	1,01	0,99	1,02
0,13 litre/jour eau propre	100 %	0,93	1,27	0,92	0,50
0,26 litre/jour eau sale	45 %	0,63	0,88	1,1	1,50
	100 %	1,02	0,96	0,97	1,3
0,47 litre/jour eau sale	45 %	1,32	1,05	1,12	1,10
	100 %	1,55	0,90	1,10	1,00
0,47 litre/jour eau propre	100 %	0,94	-	1,17	0,80
0,66 litre/jour eau sale	45 %	0,65	1,13	1,07	3,30
	100 %	1,4	0,89	0,79	1,3

importante de la concentration en ammoniac en aval de cette unité de traitement. La concentration en ammoniac passe de 18.4 à moins d'un milligramme par mètre cube d'air analysé. Les autres composants sont peu altérés par le traitement. Le niveau d'abattement moyen de l'odeur est de 1.80. On a donc un abattement d'odeur correct sans pour autant avoir une réduction notable des différents composants dans l'air en aval en dehors de l'ammoniac.

- *filtre biologique* (tableau 6): les analyses chimiques réalisées mettent en évidence une réduction importante de la concentration en ammoniac et de façon un peu moins nette des produits soufrés. En deuxième campagne, le taux d'abattement de l'odeur est supérieur à 10 ce qui est très bon. Les taux d'abattement enregistrés en première campagne étaient compris entre 1.2 et 2.2. Cette différen-

ce de résultats entre les deux campagnes s'explique de par une maîtrise du paramètre humidité du substrat au cours de la deuxième campagne de mesures. En effet, le maintien d'une certaine humidité du substrat est nécessaire à la mise en place de réactions bactériennes indispensables à la fonction épuratrice du biofiltre.

Le tableau 7 donne les concentrations moyennes en poussières obtenues en amont et en aval du laveur d'air et du brumisateuseur. Le taux d'abattement observé avec le laveur d'air est excellent alors que celui obtenu avec le brumisateuseur est nettement moins bon. Il est difficile d'expliquer cette différence d'efficacité entre les deux systèmes. Cependant, on peut supposer que l'abattement d'odeur observée avec le laveur et le brumisateuseur peut être du en partie grâce à la réduction de la concentration en poussières. En effet, pour

Tableau 5 - Concentrations (en mg/m³) et taux d'abattement pour le charbon actif

	18/05 - Q = 80m ³ /h			29/06 - Q = 80m ³ /h		
	Amont	Aval	K	Amont	Aval	K
NH ₃	13	0,1	130	18	0,3	60
Soufrés totaux	3	0,1	10	0,2	0,3	0,67
Me OH	0,08	<0,03	-	0,08	0,2	-
Acétone	0,2	<0,02	-	0,8	0,6	-
MEK	-	-	-	0,8	0,1	-
Formaldéhyde	-	-	-	10 ⁻²	4.10 ⁻³	-
Acétaldéhyde	0,2	0,14	-	-	-	-
Odeur	-	-	1,75	-	-	1,9

Tableau 6 - Concentrations (en mg/m³) et taux d'abattement pour le filtre biologique

	06/12 - Q = 370 m ³ /h		
	Amont	Aval	K
NH ₃	15	4	3,75
Soufrés totaux	0,09	0,04	2,25
Acétone	0,1	0,07	-
Acétaldéhyde	4.10 ⁻²	9.10 ⁻³	-
TMA	3.10 ⁻²	8.10 ⁻³	-
COV totaux	445	335	1,3
Odeur	-	-	12,8

Tableau 7 - Concentrations moyennes en poussières (en mg/m³) en amont et en aval des systèmes et taux d'abattement (en %)

Filières	Concentration moyenne en amont	Concentration moyenne en aval	Taux d'abattement moyen
Laveur d'air	1,60	0,08	95,6 %
Brumisateur	0,88	0,60	31,2 %

DAY et al. (1965) comme pour HAMMOND et al. (1979), les poussières ont la capacité d'absorber les odeurs et donc de les véhiculer. En 1989, SCHOELTENS et KLARENBECK montrent que la filtration de l'air à la sortie d'un bâtiment de volailles de chair permettait une réduction de l'ordre de 60 % du niveau d'odeur émise.

Les variations observées dans la composition chimique selon les traitements et en fonction des conditions d'exploitations n'évoluent pas toujours strictement dans le même sens que celles constatées pour l'analyse olfactométrique. Il y a donc, dans nos conditions expérimentales, indépendance entre ces deux paramètres ce qui ne permet pas d'utiliser la composition chimique de l'air comme indicateur du niveau d'odeur. A priori, seule la concentration en ammoniac évolue de

façon similaire au niveau d'odeur enregistré.

3. CONCLUSION

L'air extrait d'une porcherie d'engraissement est relativement peu chargé en composants malodorants ; les principales familles chimiques étant les composés azotés, les aldéhydes et les cétones. Le niveau d'odeur est particulièrement influencé par le stockage de lisier sous les animaux et par le débit de ventilation appliqué à la salle.

L'absence de corrélation entre la composition chimique et le niveau d'odeur observée dans notre étude montre que seule l'analyse olfactométrique permet la détermination du niveau

odorant de l'air étudié et ainsi l'estimation du niveau d'efficacité de filières de désodorisation.

Les taux d'abattement observés dans cette étude sont très variables en fonction des filières étudiées. Bien que certains systèmes présentent des taux d'abattement d'odeurs intéressants, il n'est pas possible de les préconiser directement du fait de certaines difficultés techniques rencontrées lors de leurs utilisations. Il sera donc nécessaire dans une phase future de prendre en considération d'une part, l'adéquation

technique de ces systèmes aux conditions très particulières de l'élevage porcin et d'autre part, de réaliser une approche économique de l'utilisation de ces filières.

REMERCIEMENTS

Ces travaux ont été conduits avec le soutien financier de l'enveloppe Recherche ACTA/MAPA/MESR dans le cadre d'un projet inter-instituts.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CHRISTIANSON L.L., ZHANG R.H., DAY D.L., RISKOWSKI G.L., 1993. Nitrogen flow in pig production and environmental consequences, 271-279
- DAY D.L., HANSEN E.L., ANDERSON S., 1965. Trans. ASAE, 118-121
- HAMMOND E.G., FEDLER C., JUNK G., 1979. Trans. ASAE, 1186-1192
- KLARENBEK J.V., JONGEBREUR A.A., BEUMER S.C.C., 1982. IMAG report 48, Wageningen.
- MINER J.R. and HAZEN T.E, 1969. Trans. Am. Soc. Agric. Engrs. 12, 772-774.
- SCHOELTENS R., KLARENBEK J.V., 1989. Rapport EUR 11877, 102-108
- SPOELSTRA S.F., 1980. Agriculture and Environment 5, 241-260.