Quantification et étude des paramètres de variations des émissions de gaz et d'odeurs en élevage de canards de Barbarie de type "Louisiane"

Sophie LUBAC [1], Thomas FORICHON [1], Gilles MARTIN PEULET [2], Claude AUBERT [3], Paul ROBIN [4]

ITAVI [1], 5 rue Hermann Frenkel, 69364 Lyon 07

Eleveur [2], Domaine des Pierres, 01540 St Julien sur Veyle

ITAVI [3], Zoopôle Beaucemaine, BP 37, 22440 Ploufragan

INRA USARQ Rennes [4] – Unité Sol et Agronomie, 65 rue de St Brieuc, 35042 Rennes cedex

Avec la participation de l'ACTA et du PEP Rhône Alpes

RÉSUMÉ

Cette étude avait pour objectif de quantifier et d'analyser les teneurs et émissions de gaz tels que l'ammoniac et l'hydrogène sulfuré et les émissions d'odeurs depuis les élevages de canards à rôtir. Ces derniers sont en effet réputés comme les plus odorants de la filière volaille. Les mesures ont été réalisées sur deux bâtiments à ventilation statique de type "Louisiane". Il a pu être distingué 5 scénarios types des conditions d'élevage en fonction de la température extérieure et de l'âge des canards. D'après nos résultats, les émissions d'ammoniac peuvent varier de 15,7 à 41,0 mg d'NH_3/canard.heure, les émissions d'hydrogène sulfuré de 0,25 à 1,41 mg/canard.heure et les débits d'odeurs de 551 à 21 446 u.o./canard.heure.

SUMMARY

This study aimed to quantify and analyze the concentrations and emissions of gas such as ammonia and hydrogen sulphide and the emissions of odors since poultry houses of roasted ducks. Indeed they are the most odorous poultry houses. Measures were realised on two ducks buildings with static ventilation Louisiana type. It could be distinguished 5 situations of conditions of breeding according to the outside temperature and the age of ducks. According to our results, the ammonia emissions have varied from 15,7 to 41,0 mg of NH_3 per duck and hour, the emissions of hydrogen sulphide from 0,25 to 1,41 mg per duck and hour and the flows of odors from 551 to 21446 u.o. per duck and hour.

La problématique liée aux odeurs en élevages avicoles n'est pas récente. Cependant, depuis ces cinq dernières années, le nombre de conflits entre éleveurs et tiers augmente de manière considérable. Ce phénomène est en partie lié à la volonté croissante des populations non agricoles d'échapper aux grandes agglomérations pour venir s'installer dans des zones traditionnellement rurales avec pour activité principale, l'agriculture. L'utilisation des terres s'orientant de plus en plus vers la construction individuelle, la distance séparant les habitations des exploitations agricoles décroît très rapidement. Cette concurrence d'exploitation de la surface est la raison majeure de l'émergence des conflits tiers-éleveurs basée essentiellement sur la problématique odeurs. Si des solutions techniquement envisageables en production avicole peuvent être envisagées au niveau du stockage et de l'épandage des déjections, le problème des émissions d'odeurs lié aux bâtiments reste prédominant.

Il a ainsi été élaboré un programme d'action pluriannuel avec l'aide de l'ACTA et du PEP Rhône Alpes concernant la modélisation de la production d'odeurs en élevages avicoles en partenariat avec l'Institut Technique du Porc (ITP).

Avant d'établir toute stratégie, il était indispensable de connaître les émissions d'odeurs à la sortie des bâtiments. Si des données de concentration de gaz étaient connues, les émissions n'avaient jamais été encore étudiées.

Pour ce faire, dans un premier temps, l'établissement de modèles mathématiques nous a permis d'évaluer de façon robuste les débits d'air en élevages de canards,

et donc par la suite les débits d'odeurs (Robin et al., 2002). Puis, dans un deuxième temps, nous avons acquis des données quant aux concentrations présentes dans l'enceinte du bâtiment l'évaluation des émissions d'odeurs résultantes de ces mesures (Lubac et al., 2001).

C'est à partir de ces deux études que les débits de gaz et d'odeurs ont pu être approchés.

Dans le cadre de cet article nous nous intéresserons donc spécifiquement à la présentation des émissions d'odeurs et de gaz.

1. Matériels et méthode

1.1. Dispositif et mesures

Cette étude a été réalisée sur l'élevage commercial de Gilles Martin-Peulet situé à Saint Julien sur Veyle (Ain) comprenant 2 bâtiments identiques de type "Louisiane" de 530 m². Le sol d'élevage est constitué d'un grillage avec récupération des fientes dans une préfosse de 30 cm de profondeur disposant de racleurs "va et vient". Le matériel comprend 4 lignes d'abreuvement de pipettes sans récupérateur (1 ligne par couloir de raclage) et 2 lignes d'alimentation.

Les mises en place des animaux sont simultanées et chaque sexe est alloté dans le sens de la longueur.

Pour chaque bâtiment, 6 lots (soit un total de 12) ont été suivis de mars 2000 à décembre 2001 au cours desquels, il a été relevé :

- les concentrations gazeuses de l'air ambiant en ammoniac (NH_3) et en hydrogène sulfuré (H_2S) de façon hebdomadaire, à l'aide de tubes colorimétriques Gastec, en matinée en 1 ou 2 points du bâtiment sous le faîtage, au niveau des animaux (à 40 cm du sol) ;
- des analyses olfactométriques (niveau de K_{50}) sur de l'air vicié prélevé au centre des 2 moitiés de chaque bâtiment à 3 âges différents (4, 8 et 12 semaines généralement) (Laboratoire Certech, Belgique) ;
- les données nécessaires à l'évaluation du débit d'air instantané à chaque point de mesure : nombre d'animaux vivants, âge, souche, températures intérieures et extérieures, hygrométries intérieures et extérieures ;
- les données météorologiques (vitesse et direction du vent) de la station Météo France la plus proche.

Etant donné les facteurs étudiés, le dispositif a été suivi à chaque âge et pour chaque saison, sans intervention spécifique dans la gestion de l'élevage, avec répétition sur les 2 bâtiments.

1.2. Analyse des données

L'ensemble des données collectées a permis de constituer 2 bases d'informations :

- une base de 101 campagnes comprenant l'ensemble des campagnes de mesure en NH_3 et H_2S de l'élevage (moyenne des données répétées sur un même bâtiment au cours d'une même journée).
- une base de 26 campagnes comprenant les mesures K_{50} avec les teneurs en NH_3 et H_2S correspondantes (moyenne des données répétées sur un même bâtiment au cours d'une même journée).

Ces bases comprenaient les variables explicatives suivantes :

- âge (en jours) et nombre total de canards,
- poids vif total des canards présents (en kg),
- températures intérieure et extérieure (en °C),
- hygrométries intérieure et extérieures (en %),
- débit d'air sortant (en m^3/h),
- vitesse (en m/s) et direction du vent (en degrés sur 1 rose de 36).

Elles nous ont permis de comprendre les variations des débits sortants d'NH_3 (en mg/h), d'H_2S (en $\mu g/h$) et d'odeur (en u.o./h). Pour rappel ces débits sont issus d'un calcul entre teneurs relevées au centre du bâtiment (teneurs les plus élevées en ce point pour un bâtiment statique) et le débit d'air calculé. Ces débits estimés sont donc maximisés.



Présentation d'un bâtiment de l'étude.

En vue de mettre en évidence l'impact des différents facteurs sur les émissions de gaz et d'ammoniac, il a été tout d'abord réalisé une analyse simple par calcul des corrélations entre variables selon le test non paramétrique rhô de Spearmann et comparaisons selon les tests de Mann Whitney sous le logiciel Statview 5. Il nous a paru intéressant ensuite de compléter l'analyse précédente par une approche factorielle (AFCM) et de classification (CAH) réalisées sous le logiciel Spad.

2. Résultats

L'analyse simple des conditions d'ambiance, des taux d'NH_3, d'H_2S et des niveaux d'odeurs présents en ambiance ont déjà été présentés dans l'article de Lubac et al., 2001 et ne seront pas repris ici. Certains résultats ont d'ailleurs été complétés depuis par l'acquisition de nouvelles références prises en compte dans l'article présent.

2.1. Conditions générales d'ambiance

En premier lieu, le tableau 1 met en évidence les liens connus sur les conditions d'ambiance de l'élevage : la température intérieure est liée fortement à l'âge du canard, ainsi qu'au nombre total d'animaux et au poids vif total présent dans l'élevage (valeur qui augmente jusqu'à 10-11 semaines puis chute de façon non régulière avec l'enlèvement des femelles puis des mâles pour l'abattoir). Un impact est aussi mis en évidence entre température intérieure et température extérieure après arrêt de la période de chauffage.

La régulation de la ventilation automatique s'effectuant essentiellement sur la température intérieure, l'hygrométrie relative intérieure devient liée aux conditions climatiques extérieures (température et hygrométrie), au poids vif total présent (et donc à la quantité d'eau émise par les animaux) et au débit d'air sortant (permettant d'évacuer l'humidité présente dans le bâtiment).

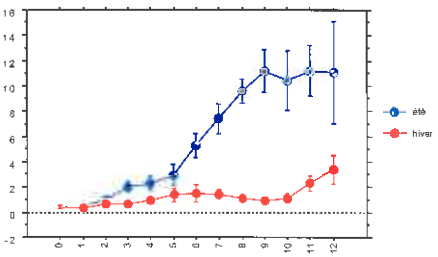
Tableau 1 - Grille de notation des animaux vivants

	NH_3 mg/m³ d'air	QNH3 mg/m³ d'air/h	H_2S µg/m3	QH2S µg/m3/h	Qair m3/h	Jours degrés	VD m/s	VV °C	Tint %	Hrint °C	Text %	Hrext	Nbtot
QNH3	-0.04	1											
H2S	0.47***	-0.03	1										
QH2S	0.03	0.42***	0.73***	1									
Qair	-0.72***	0.69***	-0.33***	0.26*	1								
Jours	0.03	0.43***	0.22**	0.34**	0.32**	1							
VD	-0.11	0.09	0.06	0.12	0.10	0.07	1						
VV	0.12	-0.02	0.22*	0.17	-0.05	0.11	0.10	1					
Tint	-0.05	-0.24*	-0.30**	-0.27**	-0.17	-0.28***	0.03	-0.15	1				
Hrint	0.43***	-0.42***	0.16	-0.23*	-0.63***	-0.30**	-0.10	-0.12	0.17	1			
Text	0.68***	0.28**	0.47***	-0.01	0.66***	-0.10	0.01	-0.07	0.32**	0.38***	1		
Hrext	0.20*	-0.22*	0.20*	-0.04	-0.29**	0.10	-0.30**	-0.16	-0.18	0.58***	-0.39***	1	
Nbtot	-0.10	-0.04	-0.16	-0.10	0.06	0.53***	-0.12	-0.14	0.35***	0.01	0.04	0.00	1
Pds tot	-0.20*	0.60***	0.13	0.38***	0.59***	0.28***	0.17	-0.02	-0.61***	-0.42***	-0.02	0.07	-0.13

Chaque case grisée correspond à une corrélation significative.
(*) p<0.05, (**) p< 0.01, (***) p<0.001

Enfin, le débit d'air sortant étant calculé à l'aide d'une formule mathématique (Robin et al, 2002), il dépend des variables qui interviennent, c'est à dire températures extérieure et intérieure, hygrométries extérieure et intérieure, âge des animaux, poids vif total.

Figure 1 : Débits d'air d'air en m³/heure et par canard vivant sur la période 10 h – 14 h en fonction de l'âge et de la saison (base de 143 données - été : n= 8 lots, hiver : n= 5 lots) (± ES)



Il a ainsi été relevé comme l'indique la figure 1 des débits d'air très variables dans l'élevage suivi avec un effet saison très marqué :

6511 m³/h ± 663 en hiver vs 35125 m³/h ± 3041 en été

soit 1,22m³/h/canard ± 0,14 en hiver vs 6,39 m³/h/canard ± 0,60 en été

soit 0,975 m³/h/kg PV ± 0,13 en hiver vs 2,77 m³/h/kg PV ± 0,60 en été

2.2. Emissions des débits de NH_3

Pour une teneur moyenne en NH_3 (sur 101 campagnes) de 17,3 ± 1,1 mg/m³ d'air (soit 0,004 mg/m³ d'air.canard) relevée au centre du bâtiment, les débits d'ammoniac relevés ont été de l'ordre de 121.103 ± 8.103 mg/h de NH_3, soit 21,5 ± 1,8 mg de NH_3/N.canard (l'équivalent de 37 g d'azote /canard). L'évolution des débits en fonction de l'âge des canards est présenté sur la figure 2. Si le taux de NH_3 n'est pas lié à l'âge des animaux, cette relation existe avec le débit de NH_3 du fait des débits d'air croissants au cours de l'élevage. Comme l'indique le tableau 1, le débit global de NH_3 sortant du bâtiment est lié de façon très marquée au débit d'air, à l'âge et au poids total présent en élevage, au débit d'H_2S mais aussi aux paramètres d'ambiance intérieures et extérieurs à l'élevage. Toutefois aucun effet saison n'a été mis en évidence : les débits de NH_3 globaux sont proches que ce soit en été ou en hiver : en effet si les taux de NH_3 sont faibles en été avec des débits d'air élevés, le phénomène inverse se produit en hiver avec peu de débit d'air mais très chargé en NH_3.

Figure 2 : Débit de NH_3 en mg/canard.h. en fonction des semaines (n=101 - ± ES)

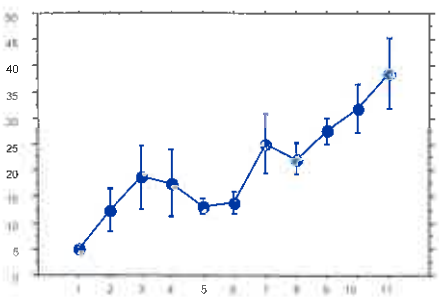
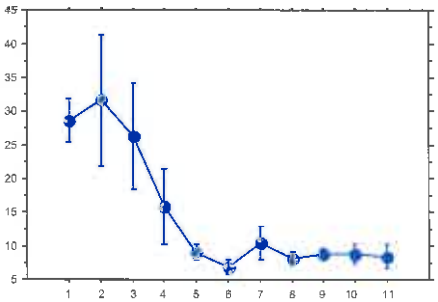


Figure 3 : Débit de NH_3 en mg/kg de poids vif.heure en fonction des semaines (n=101 - ± ES)



2.3 Emissions des débits d'H_2S

Tout facteur confondu, nous observons une teneur moyenne en H_2S (sur 101 campagnes) de 516 ± 638 µg/m³ d'air (soit 128 ± 28 µg/m³.canard), sachant que 50 % des teneurs sont comprises entre 101 et 734 µg/m³.En ce qui concerne le débit de H_2S moyen, il s'élève à 3 583 mg/h. Les liens (tableau 1) soulignés par l'analyse simple des variables sont assez faibles avec toutefois un rôle de l'âge des animaux et du poids total des canards. Le débit d'H_2S s'explique en effet davantage par le taux de H_2S que le débit d'air du bâtiment et les variables influençant le débit du bâtiment. Des écarts significatifs sont délicats à mettre en évidence étant donné les faibles variabilités des mesures réalisées (précision de la mesure moyenne). En terme de débit, comme pour celui de NH_3, nous n'observons pas d'effet saison.

Figure 4 : Débit de H_2S en mg/canard.h en fonction des semaines (n=101 - ± ES)

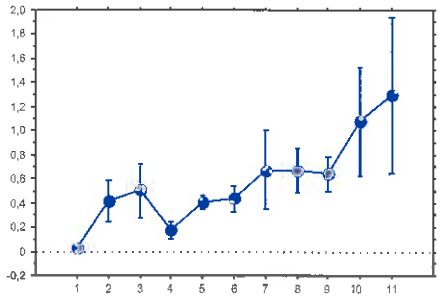
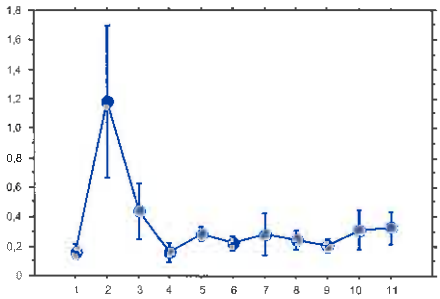


Figure 5 : Débit de H_2S en mg/kg de poids vif.h en fonction des semaines (n=101 - ± ES)



2.4. Emissions des débits d'odeurs

Le niveau moyen d'odeurs relevé (tous âges confondus) est de 4 050 u.o., soit 935 ± 353 u.o./canard ou 279 ± 78 u.o./kg PV. Ces mesures de K50 sont liées de façon significative au poids total de canards présents, et ainsi à l'âge des animaux. Par contre, le débit d'air sortant du bâtiment n'a pas d'impact direct sur le niveau d'odeur de l'air vicié dans le cadre de nos mesures. Nous n'observons également aucun effet saison sur le niveau d'odeurs (Mann Whitney, p=0,7389).

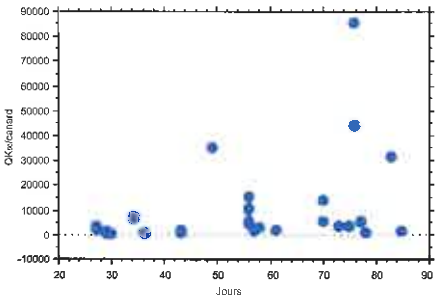
Le débit d'odeur qui en découle est de 59,3.106 ± 15,3.106 u.o./h variant de 1.106 u.o./h à 267.106 u.o./h. Il est, pour sa part, lié de manière très significative au niveau d'odeurs et est également un assez bon reflet du débit d'air. Par ailleurs, il est lié de façon significative au débit d'NH_3 ainsi qu'au débit d'H_2S.

Tableau 2 - Rhô de Spearman pour le niveau d'odeurs (K_{50}) et le débit d'odeurs (QK_{50}) et les facteurs explicatifs (n=26)

	K_{50}	QK_{50}
	Rhô de Spearman	Rhô de Spearman
K_{50}		0.838 (***)
NH_3	0.018	-0.334
QNH_3	0.414 (*)	0.671 (***)
H_2S	0.384	0.045
QH_2S	0.600 (**)	0.668 (***)
Q_{air}	0.246	0.640 (**)
Jours	0.507	(*) 0.372
VD	-0.090	0.213
VV	0.282	0.205
Tint	-0.179	0.083
Hrint	-0.105	-0.302
Text	0.099	0.523 (**)
Hrext	0.088	-0.233
Nbtot	0.022	0.025
Pdstot	0.658 (***)	0.660 (***)

Significativité : (*) p<0.05, (**) p< 0.01, (***) p<0.001

Figure 6 : Débit d'odeurs en u.o. /canard.h en fonction des semaines (n=26)



2.5. Synthèse des résultats

Il a été réalisé afin de synthétiser l'information une analyse factorielle à partir de la base de 101 données et des 10 variables explicatives de la base. Les variables taux et débits d'NH_3, d'H_2S et niveaux et débits d'odeurs que nous cherchons à expliquer ont été utilisées comme variables illustratives.

Ainsi, l'information initiale peut être condensée sous la forme de 2 plans factoriels, regroupant chacun 2 axes :

- l'axe 1 (inertie de 15.5 %) est caractérisé essentiellement par l'âge des animaux et permet de différencier l'ensemble des cas des situations où les animaux ont de 7 à 34 jours, avec des températures intérieures élevées (supérieures à 17,5°C) ainsi que des hygrométries élevées, un poids total minimal et des débits faibles ;
- l'axe 2 (inertie de 12.5 %) est caractérisé fortement par les températures extérieures faibles (inférieures à 10 °C) d'une part et élevées d'autre part ;
- l'axe 3 (inertie de 10 %) est caractérisé par l'âge des animaux et permet de différencier les situations où les animaux sont âgés de 35 à 56 jours et au delà.

L'inertie des axes est faible mais significative.

L'analyse factorielle nous confirme les interrelations entre les variables mises en évidence précédemment.

Le positionnement des variables taux de NH_3 et taux de H_2S d'après ces nouveaux axes indiquent :

- des taux de NH_3 faibles en températures extérieures élevées au delà de 35 jours d'âge des canards,
- des taux de NH_3 et taux de H_2S élevés en températures extérieures froide,
- des taux de H_2S élevés en températures extérieures faibles et au delà de 35 jours d'âge des canards.

Cinq classes distinctes de situation d'élevage ont pu être mises en évidence :

- la classe 1 caractérise un début de bande (jeunes animaux de moins de 34 jours, poids total faible, températures intérieures élevées) en conditions climatiques chaudes (températures extérieures élevées supérieures à 10 °C et hygrométries relatives basses) ;
- la classe 2 caractérise un début de bande (indications semblables à la classe 1) en conditions climatiques plutôt froides (inférieures à 17°C) avec débits d'air très faibles. Par ailleurs, cette classe est caractérisée par de fortes teneurs en NH_3 dans le bâtiment.
- la classe 3 caractérise une situation extrêmement ventilée en condition climatiques chaudes avec un chargement animal élevé et des canards de plus de 34 jours. Cette classe est de plus caractérisée par des taux en NH_3 faibles ;
- la classe 4 caractérise les campagnes de mesures réalisées en fin de bande au delà de 8 semaines l'âge en période froide (inférieures à 12°C). De plus, des teneurs élevées en NH_3 sont caractéristiques de la classe ;
- la classe 5 caractérise les campagnes de mesures réalisées sur des animaux d'âge moyen (entre 35 et 56 jours) en conditions climatiques plutôt froides.

Les débits de gaz et d'odeurs moyens calculés pour chaque classe sont présentés dans le tableau 3 suivant.

Il en ressort que le scénario correspondant aux émissions les plus faibles est celui de la classe 2 (température faible et jeune âge). Par ailleurs, en comparaison

Tableau 3 - Caractérisation des 5 scénarios d'ambiance en fonction de la moyenne des débits de NH_3/canard (en mg de NH_3-N/canard.heure), des débits de H_2S (en mg/canard.heure) (n = 101 données) et des débits d'odeurs/canards (en u.o./ canard.heure – n= 26 données)

	Débit de NH_3/canard	Débit de H_2S/canard	Débit odeurs/canard
Classe 1	20,0 ± 5,0	0,25 ± 0,08	7068 ± 351
Classe 2	7,7 ± 0,8	0,25 ± 0,09	551 ± 239
Classe 3	29,2 ± 3,3	0,98 ± 0,26	21446 ± 8547
Classe 4	41,0 ± 7,4	1,41 ± 0,36	8021 ± 3560
Classe 5	15,7 ± 1,4	0,52 ± 0,05	1013 ± 0

avec le scénario correspondant aux émissions les plus élevées (classe 4), il en ressort que le débit d'NH_3 par canard est multiplié par 5,3, le débit de H_2S par canard par 5,6 et le débit d'odeurs par 38.

2.6. Références complémentaires

Les émissions calculées précédemment sont à rapprochées des valeurs obtenues au cours de l'étude menée par Paul ROBIN (2002). En effet, en complément des travaux de définition des équations de ventilation en canards de Barbarie, il a été effectué dans la cellule expérimentale des mesures d'émission d'odeurs (3 prélèvements), de NH_3, de N_2O, de vapeur d'eau et de CO_2 (mesures en continu par analyseur de gaz photoacoustique de détection par infra rouge Brüel et Kjaer) et nous a permis d'acquérir d'autres références en matière d'émissions d'odeurs.

Ainsi dans ces cellules, les valeurs K_{50} de l'air vicié a varié de 856 –889 u.o. (à 26 et 74 jours) à 4 694 u.o. à 56 jours, soit des émissions variant de 640 u.o./h.canard à 26 jours à un maximum de 15 230 u.o./h.canard à 56 jours.

Les émissions de NH_3 ont été en moyenne sur les 81 jours d'élevage de 19,8 mg NH_3-N/h.canard (soit 34,1 g d'azote/canard). Ces fortes émissions sont dues à la présence de NH_3 dans la phase liquide de l'effluent en contact avec l'air de l'élevage. Elles ont augmentées progressivement durant les 6 premières semaines pour atteindre un palier d'environ 30 mg NH_3-N/h.canard. Durant les 6 semaines suivantes, l'émission est restée relativement stable, diminuant avec la température d'ambiance et augmentant lors des périodes chaudes.

En ce qui concerne les émissions de N_2O (protoxyde d'azote) sur l'ensemble des 81 jours d'élevage, elle se sont élevées à 1,11 mg N_2O-N/.h.canard (soit 2,0 g d'azote/canard).

L'émission de vapeur d'eau a été de 8,94 g H_2O/h.canard (soit 16,23 kg d'eau/canard) et celle de dioxyde de carbone de 1,11 g CO_2-C/h.canard (soit 2,04 kg C/canard).

Conclusion

L'ensemble des résultats acquis constituent une première base de données en matière d'odeurs en élevage de canards. Ces études nécessitent d'être poursuivies au niveau des autres régions de France et auprès des autres espèces volailles.

Ainsi, cette première étape nous permettrait par la suite de se pencher plus précisément sur :

- des tests de solutions de prévention et/ou de traitement de l'air vicié des bâtiments,
- la mise en place de cartographies de répartition des odeurs à la périphérie de l'élevage en fonction de la topographie du voisinage et des conditions climatiques, et ainsi pouvoir anticiper par exemple les émissions d'odeurs avant l'implantation de nouveaux bâtiments d'élevage.

De plus, ces travaux nous ont permis d'acquérir les connaissances afin de modéliser les émissions d'ammoniac, d'hydrogène sulfuré et d'odeurs. En effet, la détermination de l'émission d'odeurs à partir des résultats d'analyses olfactométriques est lourde tant sur le plan technique (respect des normes pour les prélèvements d'air, peu de laboratoires d'analyses, délai prélèvement-analyse court) que sur le plan économique (coût des matériaux de prélèvements et des analyses olfactométriques). Il était donc intéressant d'établir un modèle de prédiction pouvant permettre de réduire le nombre de mesures à réaliser.

La mise au point de ce modèle de prédiction des odeurs émises par un bâtiment doit nous permettre d'une part de prévoir le flux d'odeur émis fonction de paramètres climatiques, propres à l'animal ou au bâtiment, techniques, et d'autre part de permettre aux éleveurs de mettre en ouvre des techniques permettant de limiter les nuisances olfactives. De plus, ce modèle de prédiction devrait permettre aux éleveurs d'orienter leurs choix techniques en matière d'équipement (ventilation...) lors de la création de nouvelles installations ou la rénovation de bâtiments existants .

Références bibliographiques

LUBAC S., 2001. Etude des taux d'ammoniac, d'hydrogène sulfuré et niveaux d'odeurs des bâtiments d'élevage de canards de Barbarie et conséquences du raclage des fientes, Sciences et Techniques Avicoles, octobre 2001, 37 : 5-9.

ROBIN P., AMAND G., PERRIN P., AUBERT C., FRANCK Y., LUBAC S., FERREN J.C., 2002. Productions de chaleur d'un élevage intensif de canards sur caillebotis ou sur litière, application au calcul du débit d'air d'un bâtiment, Sciences et Techniques Avicoles, janvier 2002, 38 : 19-29