



Effet du mode d'élevage des canards sur les émissions d'ammoniac et d'odeurs et sur l'effluent : comparaison des systèmes caillebotis et litière

Paul ROBIN⁽¹⁾, Pierre PERRIN⁽¹⁾, Gérard AMAND⁽²⁾,
Claude AUBERT⁽²⁾, Yves FRANCK⁽³⁾,
Sophie LUBAC⁽³⁾, Jean-Claude FERREN⁽¹⁾

(1) INRA – USARQ – 65, rue de Saint-Brieuc – 35042 RENNES CEDEX

(2) ITAVI – Zoopôle Beaucemaine – BP 37 – 22440 PLOUFRAGAN

(3) ITAVI – Actipôle Agriculture – 5, rue Hermann Frenkel – 69364 LYON-CEDEX 07

RESUME

La conduite des déjections durant l'élevage influence les émissions d'odeurs et d'ammoniac et la composition de l'effluent. L'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet d'une conduite sur litière par rapport à la conduite sur caillebotis. Nous avons comparé ces deux modes dans les mêmes conditions de climat, bâtiment, animaux, aliment et abreuvement. Les émissions d'odeurs ont été observées en début, milieu et fin de bande, les émissions d'ammoniac ont été observées en continu et les effluents ont été caractérisés en fin de bande. Les résultats montrent une réduction d'émission d'odeurs dans le cas de l'élevage sur litière. L'émission d'ammoniac observée est nettement inférieure à la référence CORPEN pour les deux modes d'élevage (respectivement 34 et 29 g N/animal pour le caillebotis et la litière contre 106 g N/animal pour le CORPEN). Elle dépend fortement de la conduite de la litière et peut être supérieure ou inférieure à celle de l'élevage sur caillebotis. La masse d'eau à épandre est diminuée dans le cas de l'élevage sur litière au profit d'une augmentation de la quantité de carbone à épandre. Nous en déduisons le besoin de vérifier sur le terrain les émissions d'ammoniac durant l'élevage et l'éventuel abattement d'azote au stockage. Nous concluons sur l'intérêt de l'élevage sur litière lorsque la conduite de litière permet de maîtriser les émissions azotées.

SUMMARY

Influence of duck breeding system on ammonia and odour emissions and on manure composition : comparison of slatted floor and litter system

The manure management influences the ammonia and odour emissions and the manure composition when animals are bred in livestock buildings. Our objective was to compare a litter management to the usual slatted floor management. We compared both breeding systems in the same conditions of climate, building, animals, food and drinking system. Odour emissions were observed three times. Ammonia and nitrous oxide emissions were recorded continuously. Litter and slurry were weighted, sampled and analysed at the end of the lot. The results show the odour reduction in the litter system. The ammonia emission is less than the CORPEN reference for both breeding systems (34 and 29 g N/duck for slatted floor and litter respectively, while the CORPEN reference indicates 106 g N/duck). It highly depends on the litter management, and can be higher or lower than that of the slatted floor system. The water contained in the manure is reduced in the case of litter, while the carbon content is increased. We conclude that it is necessary to check the ammonia emission in the building and the nitrogen loss during storage in commercial conditions. In litter systems, the litter management can be used to control the nitrogenous emissions.

Introduction

Un mode d'élevage est caractérisé par la conduite des animaux, la conduite des déjections, leur impact sur l'environnement et leur perception sociale. En élevage de porcs la baisse de densité animale et la réduction de l'émission d'odeurs (Healy, 1996) améliorent la perception sociale de l'élevage sur litière par rapport à l'élevage sur caillebotis. L'élevage de canards sur litière existe mais reste minoritaire en France. La conduite de la litière permet néanmoins la transformation précoce des déjections (Robin et al, 1999). Elle peut présenter un intérêt dans le cas des élevages de canards du fait des émissions d'odeurs et d'ammoniac (60 % de l'azote excrété, CORPEN, 1996). Plus généralement, la conduite sur litière permet d'augmenter l'apport de carbone au sol, ce qui peut jouer un rôle dans le cadre de la réduction des émissions nettes de gaz à effet de serre. C'est pourquoi l'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet du mode d'élevage sur les émissions d'ammoniac et d'odeurs et sur l'effluent dans les mêmes conditions de climat, bâtiment, animaux, aliment et abreuvement.

1. Matériel et méthode

L'expérimentation a été réalisée dans deux enceintes identiques de 14,5 m², l'une comportant une surface de caillebotis de 7,8 m², l'autre une surface de litière de 14,5 m². Elles ont été conduites durant douze semaines dans un local climatisé à une température correspondant à des conditions climatiques moyennes pour le territoire français. Les enceintes étaient ventilées naturellement, équipées d'un chauffage radiant de 2 kW. Nous avons diminué la température d'ambiance par paliers, en fonction des recommandations d'élevage (guide Grimaud). La durée d'éclairage a été réduite progressivement de 24 h à 14 h, l'éclairage continu étant évité conformément aux souhaits relatifs à l'amélioration du bien être animal. Les canards étaient de souche « ST4 réduit », issus de l'élevage de repro-

duction de France-canards (53). Le ratio mâles/femelles a été de 65 % / 35 %. La densité animale pour le système caillebotis a été de 13 animaux.m⁻² en moyenne et 11 animaux.m⁻² pour le système litière. Les mâles et les femelles étaient séparés par une grille. Un échantillon d'animaux a été pesé le 26^e jour d'élevage puis la totalité des animaux a été pesée aux 55^e, 75^e et 82^e jours d'élevage.

L'aliment a été fabriqué essentiellement à base de végétaux (Grousset, 44). Trois types ont été utilisés (démarrage, croissance, finition). Il était pesé à chaque apport, les mangeoires étant remises à niveau constant (alimentation ad libitum). L'eau venait du réseau d'eau potable. Elle était apportée et pesée journalièrement sans traitement ultérieur. L'abreuvement était réalisé par des pipettes sans récupérateur d'eau (même matériel et densité que l'élevage de G. Martin-Peulet) pour le système caillebotis et avec récupérateur d'eau pour le système litière.

Les caillebotis étaient en inox et identiques à ceux utilisés en élevage commercial.

La litière (fournie par M. Guilherm, 29) était constituée de paille broyée et agglomérée en granulés qui se désagrégeaient et gonflaient avec l'humectation et le piétinement des animaux.

Les pesées d'eau ont été effectuées sur une bascule (Metler). Les pesées d'aliment et animaux ont été effectuées sur une balance commerciale (Métro). Les mesures de température et d'hygrométrie ont été effectuées en continu par des psychromètres équipés de thermocouples de type K (ThermoElectric, Paris), contrôlés par un thermo-hygromètre manuel (Testo-term, Shiltigheim). La température de litière n'a pas été suivie régulièrement du fait de sa forte hétérogénéité spatiale (zones couchage et abreuvoirs) et de la difficulté d'interpréter cette mesure en l'absence de mesures locales de production de chaleur et de conductivité thermique. Les débits d'air ont été mesurés en continu par des anémomètres fil chaud (TSI, 8450) et contrôlés manuellement par un anémomètre à hélice (Airflow, LCA 6000). Les débits, température et hygrométrie ont été

contrôlés numériquement par la vérification des lois de ventilation par effets de densité (débit en fonction de la géométrie d'ouvrants et de l'écart de température virtuelle ; Souloumiac et Itier, 1989). Les mesures en continu ont été réalisées toutes les minutes, moyennées et mémorisées toutes les 30 minutes sur une centrale d'acquisition (AOIP, SA70, SA120).

Les mesures de gaz (NH₃ et N₂O) ont été réalisées sur l'air des cellules et l'air extérieur toutes les deux minutes environ durant une demi-heure. L'air est prélevé automatiquement puis soufflé vers un analyseur de gaz photoacoustique de détection par infra-rouge (Brüel & Kjaer) dans des tuyaux polyamide réchauffés par un circuit d'eau chaude (environ 40°C). Les concentrations en ammoniac et oxyde nitreux (NO_x) ont été contrôlées par des tubes colorimétriques (Dräger). La moyenne a été calculée sur une période de quelques minutes où la concentration était stabilisée.

La précision de l'échantillonnage du lisier et de la litière a été contrôlée par la conservation des éléments non-volatils (analyses de P, K, Cu, Zn, Mg, Ca, réalisées dans un laboratoire agréé, le Laboratoire Départemental d'Analyses Agricoles de Combourg). Les animaux n'ont pas été analysés. Nous avons utilisé les références suivantes : pour l'azote et le phosphore, les teneurs observées sur des canards en conditions commerciales par Rouffineau et al (1999) ; pour le cuivre et le zinc, les teneurs observées sur des poulets par Chadi et Nys (1997). Pour l'eau, la variabilité de teneur en eau des animaux est indiquée par Baeza (1995) pour les filets (74 à 78 %). Nous avons utilisé une teneur en eau de 80 % des animaux, la sensibilité du bilan d'eau étant de 1,7 % de l'entrée (boisson+aliment) lorsque cette teneur varie de 70 à 85 %. La précision des mesures de flux de gaz azotés est contrôlée par le défaut de bilan de l'azote (hypothèse d'émission d'azote moléculaire positive ou nulle). La précision des mesures de flux de vapeur d'eau est contrôlée par l'excès de bilan d'eau (hypothèse de production d'eau métabolique positive ou nulle).

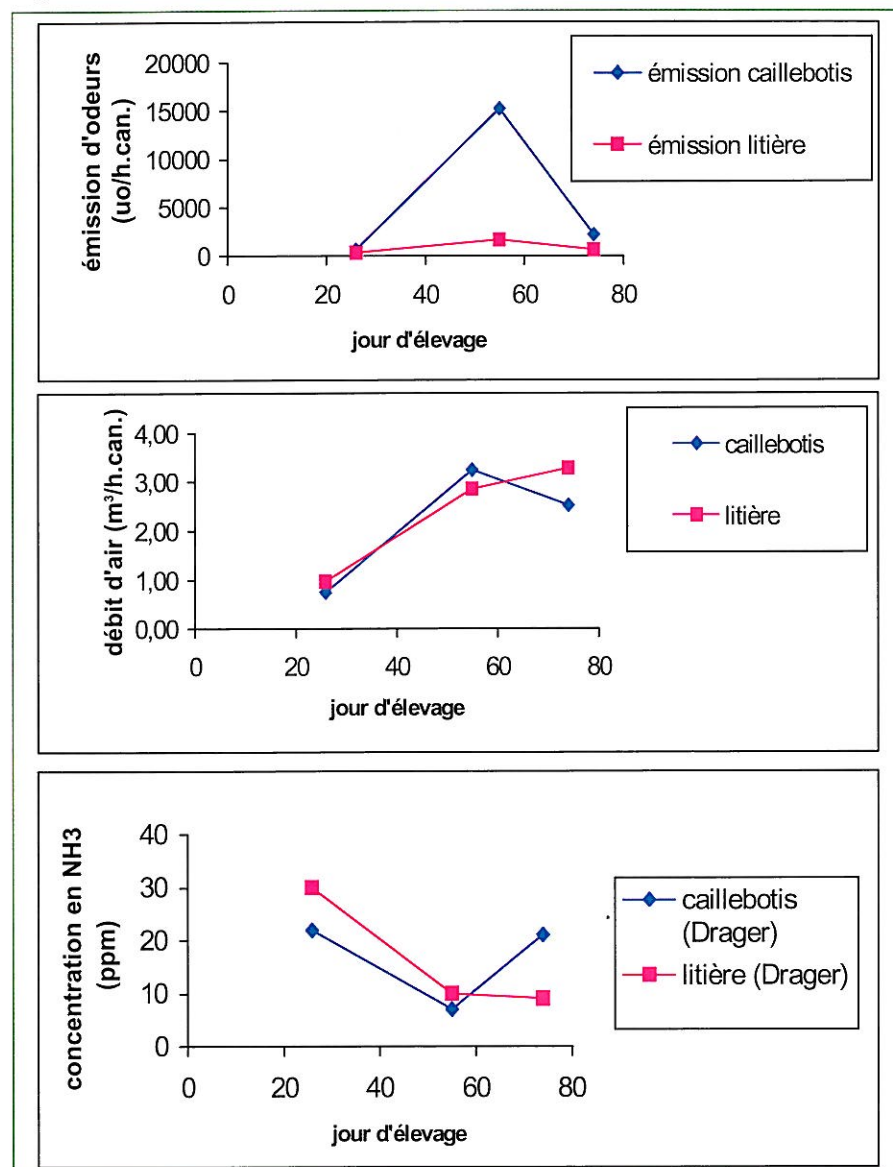
2. Résultats et discussion

L'évolution des températures, la croissance des canards, leurs consommations d'aliment et d'eau ont évolué normalement (Robin et al, 2002). Le taux de mortalité a été inférieur à 3 % dans l'enceinte caillebotis et inférieur à 10 % dans l'enceinte litière. La mortalité accrue en litière vient probablement de plusieurs facteurs défavorables durant les premières semaines de l'élevage : éclairage trop intense (piquage des animaux accru) ; entretien de la litière inadapté ; densité animale un peu trop forte pour ce mode d'élevage. La densité animale a été globalement de 11 canards par mètre carré dans l'élevage sur litière avec des variations entre mâles et femelles au cours de l'élevage (13 canards.m⁻² au début à 12 canards.m⁻² le 48^e jour d'élevage chez les mâles, 10 canards.m⁻² pour les femelles ; 11 canards.m⁻² à partir du 56^e jour). Les différences de mortalité (13 % de mortalité côté mâles contre 2 % côté femelles) et d'évolution de la litière nous conduisent à penser qu'il est préférable de limiter la densité des canards à 10 canards.m⁻² dans le cas d'un élevage sur litière.

La consommation de litière a atteint 8 kg.canard⁻¹. L'apport initial a été trop élevé, les apports suivants ont été trop faibles et trop espacés. Un mélange correct des déjections et de la litière, sans émission forte d'ammoniac et laissant des animaux propres, a été obtenu en fin de bande avec deux apports quotidiens d'environ 100 g.canard⁻¹. Ce besoin aurait été plus faible avec une densité animale moindre et une conduite de litière adaptée dès le début de l'élevage.

L'émission d'odeurs du système litière a été inférieure à celle du système caillebotis (figure 1). La forte émission d'odeurs observée dans l'élevage sur caillebotis est liée à une concentration en odeurs relativement forte mais non à un débit d'air plus fort ou à une concentration en ammoniac plus forte. La forte émission à cette date ne peut donc s'expliquer que par l'émission de composés plus fortement odorants que l'ammoniac. La diminution de l'émission d'odeurs en fin

Figure 1 : émission d'odeurs des deux cellules d'élevage.



d'élevage peut être liée au fait que les animaux couvraient plus complètement la surface de caillebotis, limitant ainsi les échanges entre l'air sortant du bâtiment et l'air circulant à la surface du lisier.

L'émission d'ammoniac du système litière a été globalement inférieure à celle du système caillebotis (28,5 et 34,1 g d'azote.canard⁻¹ respectivement ; soit 16,4 et 19,8 mg NH₃-N.h⁻¹.canard⁻¹ en flux moyen). Ces deux valeurs sont nettement inférieures à la perte déduite de la référence CORPEN (CORPEN, 1996 ; Rouffineau *et al*, 1999) où l'on considère une perte gazeuse voisine de 60 % de l'azote excrété (soit environ 110 g azote.canard⁻¹). Le flux que nous avons observé correspond à environ 20 % de l'azote excrété.

Ce flux représente une fraction similaire à celle observée en élevage de porcs sur caillebotis. Pour observer

l'émission indiquée par le CORPEN avec un débit d'air analogue, la concentration intérieure aurait dû être comprise entre 60 et 100 ppm ce qui dépasse largement les limites autorisées par la réglementation sur les lieux de travail (INRS, 1986) et n'est pas constaté en élevage (Renault & Aubert, 1997 ; Lubac & Aubert, 2001). Pour observer des concentrations dans les limites autorisées, le débit d'air devrait être triplé, ce qui empêcherait le respect des températures d'élevage recommandées. La référence CORPEN n'est donc pas représentative de la seule phase d'élevage. Elle peut résulter d'une perte élevée dans des conditions de stockage favorisant l'émission gazeuse.

L'émission observée augmente progressivement durant les six premières semaines pour atteindre un palier d'environ 30 mg NH₃ N/h.canard

(figure 2). Durant les six semaines suivantes, l'émission est relativement stable, elle augmente lors des périodes chaudes. L'émission d'ammoniac des élevages sur litière et sur caillebotis est contrastée à deux titres. D'une part l'émission de l'élevage sur caillebotis est moins variable à l'échelle d'une demi-journée (écarts-types plus faibles). D'autre part l'émission d'ammoniac de l'élevage sur litière est fortement dépendant de l'entretien de la surface de la litière. Ainsi, entre la quatrième et la huitième semaine d'élevage, les différents essais de conduite de litière (de un apport de litière neuve par semaine à un apport par jour avec des quantités de litière croissante) n'ont pas permis une maîtrise de l'émission avec des valeurs régulièrement supérieures à celles de l'élevage sur caillebotis. En revanche à partir de la neuvième semaine, l'émission a été nettement inférieure à celle de l'élevage sur caillebotis, en relation avec un apport de litière neuve très fractionné (un apport faible, matin et soir). Une telle conduite existe dans certains élevages de canards (Pierre, 2001).

L'émission de protoxyde d'azote accompagne l'émission d'ammoniac. Elle est due à des processus de nitrification et dénitrification dans les effluents. On constate que l'émission d'azote sous cette forme

est du même ordre de grandeur pour les deux élevages et dix fois moindre que sous forme d'ammoniac. L'émission de l'élevage sur litière est nettement supérieure à celle de l'élevage sur caillebotis, ce qui correspond à une activité microbienne plus intense dans la litière par rapport au lisier. En moyenne sur l'ensemble des 81 jours d'élevage, l'émission de l'élevage sur caillebotis a été de $1,11 \text{ mg N}_2\text{O-N.h}^{-1}.\text{canard}^{-1}$ (soit $2,0 \text{ g d'azote.canard}^{-1}$), celle de l'élevage sur litière a été de $1,64 \text{ mg N}_2\text{O-N.h}^{-1}.\text{canard}^{-1}$ (soit $2,8 \text{ g d'azote.canard}^{-1}$). L'émission semble avoir été peu affectée par les différentes conduites de litière que nous avons testées. L'émission de protoxyde d'azote a montré de nettes variations diurnes pour les deux types d'élevage (environ $0,5 \text{ mg N}_2\text{O-N.h}^{-1}.\text{canard}^{-1}$). L'émission était nettement plus forte le jour. Ces variations peuvent être attribuées à un flux de déjections plus élevé le jour (plus forte nitrification de l'azote dans les déjections à la sortie des animaux) et une diminution de la surface couverte par les animaux couchés.

Les bilans de masse d'eau, de carbone et d'azote ont montré dans le cas de l'élevage de canards, la capacité de la litière à évaporer l'eau des déjections, à stocker du carbone, à

réduire les quantités d'azote ammoniacal et d'azote total à épandre (tableau 1). La masse d'effluent a été voisine pour les modes d'élevage caillebotis et litière ($14,0$ et $14,5 \text{ kg.canard}^{-1}$ respectivement). La perte de poids du système litière a probablement été limitée par la faiblesse de la diffusion gazeuse au sein de la litière. Les écarts de bilan sur les éléments non volatils font ressortir le besoin d'améliorer les méthodologies d'échantillonnage et d'analyse si l'on souhaite réduire ces rejets vers l'environnement. Au delà de ces incertitudes, on constate que les apports via la litière contribuent aux rejets de P, K, Ca, Mg, Cu, Zn pour une part importante soit en raison de leur concentration naturelle dans la paille, soit en raison des additifs apportés en sus (notamment P, K, Ca, Cu, Zn).

Conclusion

L'émission d'ammoniac observée pour les deux modes d'élevage est faible en regard de la référence CORPEN de pertes gazeuses d'azote avant épandage pour les canards. Cela nous conduit à recommander de distinguer l'émission au bâtiment de celle au stockage si l'on souhaite préconiser des pratiques destinées

Figure 2 : émission d'ammoniac des deux cellules d'élevage

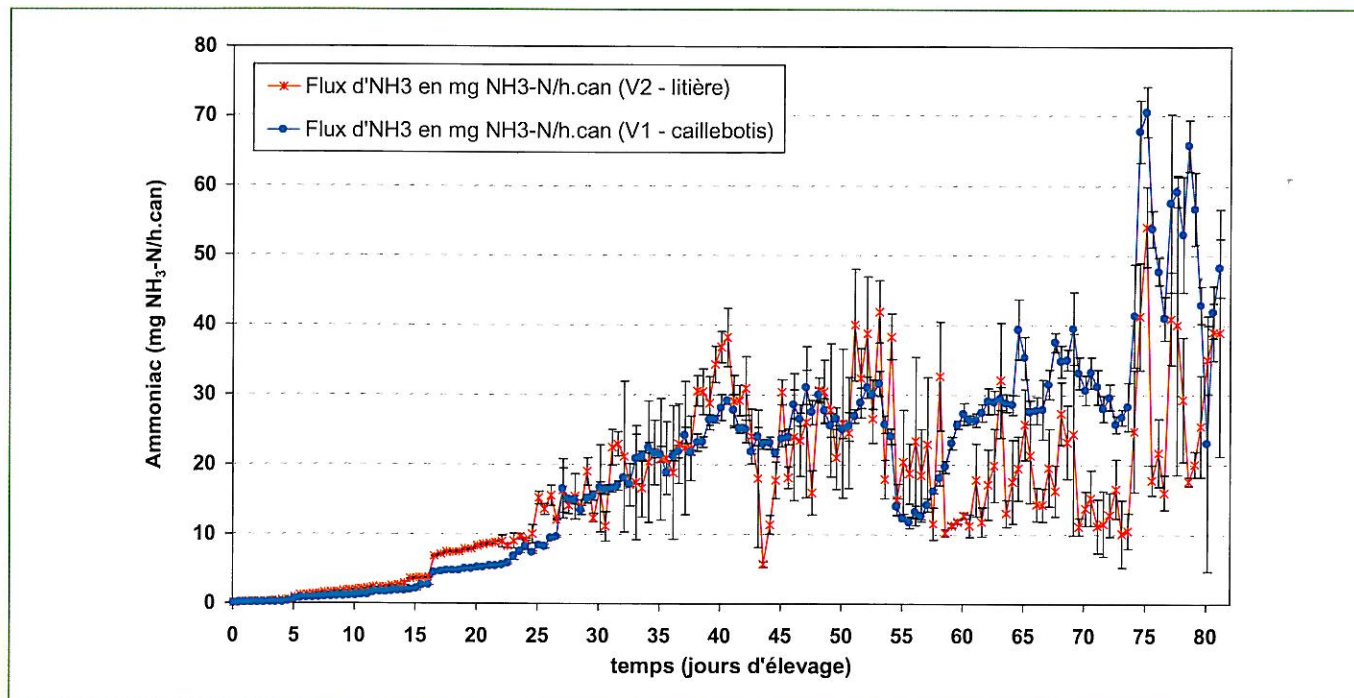


Tableau 1 : bilan de masse observés pour différents éléments pour les élevages sur caillebotis et sur litière

Elément	Teneur		Poids moyen des animaux (g P.V.)	densité (animaux/m²)	I.C. (g P.B. aliment / g P.V. animal)	Aliment ingéré (g P.B. aliment / animal)	masse d'élément				Perte gazeuse		masse d'élément à épandre			
	Des carcasses (% du P.V.)	De l'aliment (% du P.B.)					Ingéré (g élément / animal)	fixé (g élément / animal)	excrété (g élément / animal)	Apport litière (g élément / animal)	(% élément excrété)	(g élément / animal)	excrété+ apporté volatilisé (g élément / animal)	observé (g élément / animal)	écart observé-calculé (%)	(g élément / m² bâtiment)
azote (CORPEN, 1996)	19,00 prot	17,86 prot	3525	13	2,81	9905	283	107	176	0	60 %	106	70	~	~	914
azote ^b	19,21 prot	17,86 prot	3755	13	2,88	10814	309	115	194	0	60 %	116	77	~	~	1007
azote observé cailleb.	19,21 prot ^a	17,87 prot	3579	13	2,92	10451	299	110	189	0	19 %	36	153	197 ^a	22 %	2561
azote observé litière	19,21 prot ^a	17,86 prot	3587	11	3,00	10746	307	110	197	36	16 %	31	202	173 ^c	-17 %	1904
phosphore std ^a	0,62 %	0,60 %	3525	13	2,81	9905	59,4	21,9	37,6	0	~	~	38	~	~	488
phosphore -0,1% ^a	0,62 %	0,50 %	3525	13	2,81	9905	49,5	21,9	27,7	0	~	~	28	~	~	360
phosphore ^b	0,53 %	0,70 %	3755	13	2,88	10814	76,2	20	56	0	~	~	56	~	~	732
phosphore observé cailleb.	0,53 % ^b	0,55 %	3579	13	2,92	10451	58	19	39	0	~	~	39	38	-2 %	492
phosphore observé litière	0,53 % ^b	0,55 %	3587	11	3,00	10746	59	19	40	32	~	~	72	89	19 %	978
eau observée cailleb.	80 %	~	3579	13	2,92	10451	30784	2863	27921	0	59 %	16534	11387	11777	3 %	153099
eau observée litière	80 %	~	3587	11	3,00	10746	31449	2870	28579	638	81 %	23248	5969	6835	13 %	75190
carbone observé cailleb.	~	45,62 %	3579	13	2,92	10451	4768	~	~	0	~	2040	~	531	~	6901
carbone observé litière	~	45,63 %	3587	11	3,00	10746	4904	~	~	2673	~	2668	~	2836	~	31196
cuivre observé cailleb.	0,00013 % ^c	0,0031 %	3579	13	2,92	10451	0,327	0,0046	0,323	0,000	~	~	0,323	0,433	25 %	5,6
cuivre observé litière	0,00013 % ^c	0,0031 %	3587	11	3,00	10746	0,336	0,0046	0,331	0,327	~	~	0,658	0,698	6 %	7,7
zinc observé cailleb.	0,00150 % ^c	0,0112 %	3579	13	2,92	10451	1,175	0,0537	1,122	0,000	~	~	1,122	2,836	60 %	36,9
zinc observé litière	0,00150 % ^c	0,0112 %	3587	11	3,00	10746	1,208	0,0538	1,154	0,570	~	~	1,723	1,614	-7 %	17,8
Potassium observé cailleb.	~	0,97 %	3579	13	2,92	10451	102	~	~	0	~	~	~	73	~	950
Potassium observé litière	~	0,97 %	3587	11	3,00	10746	104	~	~	93	~	~	~	173	~	1899
Magnésium obs. cailleb.	~	0,14 %	3579	13	2,92	10451	15	~	~	0	~	~	~	14	~	186
Magnésium observé litière	~	0,14 %	3587	11	3,00	10746	16	~	~	5	~	~	~	17	~	183
Calcium observé cailleb.	~	0,87 %	3579	13	2,92	10451	91	~	~	0	~	~	~	70	~	909
Calcium observé litière	~	0,87 %	3587	11	3,00	10746	93	~	~	52	~	~	~	146	~	1601

a d'après Aubert et al, 1997.

b d'après Rouffineau et al, 1999.

c d'après Chadi et Nys, 19997

d dont environ la moitié sous forme ammoniacale

e dont environ le quart sous forme ammoniacal

à réduire ce terme du bilan. Par ailleurs il serait souhaitable d'évaluer la représentativité de notre observation par des mesures d'émission en élevage, confrontées à une caractérisation du lisier produit.

L'intérêt de la conduite des animaux sur litière vis à vis des émissions d'odeurs a été confirmé. Pour être intéressante cette technique doit permettre des émissions azotées potentiellement polluantes inférieures à celles des élevages sur caillebotis. Nous avons constaté que ce n'est pas le cas systématique-

ment mais qu'une conduite adaptée de la litière le permet, notamment à travers des ajouts fréquents de litière. Les conduites de litière doivent également prendre en compte le contexte économique et réglementaire. Celui-ci peut évoluer dans les prochaines années si l'apport accru de carbone aux sols est pris en compte dans le cadre de mesures incitatives à la réduction des émissions nettes de gaz à effet de serre. Lorsqu'un approvisionnement local en paille, sciure, végétaux ou ligneux broyés est difficile, il convient d'utiliser les moyens de

transport les plus économiques disponibles. Le prix de la litière ne devrait pas dépasser celui de l'aliment, compte tenu des quantités nécessaires en association éventuelle avec le transport de l'aliment, même si l'apport accru de carbone aux sols est pris en compte dans le cadre de mesures incitatives à la réduction des émissions nettes de gaz à effet de serre. L'adjonction éventuelle d'additifs devrait également recevoir une attention particulière et être adaptée au besoin agronomique.

Références bibliographiques

Baeza E., 1995. La viande de canard : production et principales caractéristiques. INRA Productions Animales, 8, (2), 117-125.
Chadi M., Nys Y., 1997. Variation de la composition des carcasses de poulets de chair en oligo-éléments (zinc, cuivre, fer et manganèse) en fonction de l'âge, du sexe et de la lignée. Deuxièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 8-10 avril 1997, 181-184.
Healy, A., 1996. Contribution à l'étude comparative des nuisances olfactives émanant des élevages de porcs sur lisier ou sur litière biomérisée. Thèse de la Faculté de Médecine de Créteil, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, 95p.
INRS, 1986. Valeurs limites pour les concentrations des substances dangereuses dans l'air des lieux de travail. Cahiers de notes documentaires n°125, 549-585.

Lubac S., Aubert C., 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. Sc. & Techn. Avicoles, 37, 5-9.
Pierre A.M., 2001. Un éleveur de l'Ain met au point un épandeur de sciure. Réussir Aviculture, n°71, 16.
Renault P., Aubert C., 1997. Etude de la qualité de l'air en élevages avicoles par l'analyse de trois paramètres (poussière, flore totale aérobie, ammoniac). Sc. & Techn. Avicoles, 18, 2-10.
Robin P., Amand G., Perrin P., Aubert C., Franck Y., Lubac S., Ferren J.C., 2002. Productions de chaleur et calcul du débit d'air d'un élevage intensif de canards sur caillebotis ou sur litière. Sc. & Techn. Avicoles, 38, 19-30.

Robin P., Souloumiac D., Oliveira P.A.V., Kermarrec C., 1999. Maîtrise des émissions gazeuses et de l'état final des litières en élevage de porcs intensif. Rapport final contrat B.E.P. n°95/12-014, 66p.
Rouffineau F., Guivarc'h F., Nys Y., 1999. Actualisation de la composition corporelle en azote et phosphore des principales volailles de chair françaises. Conséquences sur les rejets des élevages. Sciences et Techniques Avicoles, n°27, 35-40.
Souloumiac D., Itier B., 1989. Prise en compte des phénomènes de chaleur latente dans la ventilation C.R.Acad. Sci., série 11, Tome 308 n°3, 269-274.