

QUALITE DE L'AIR EN ELEVAGE EXPERIMENTAL DE POULES PONDEUSES : CARACTERISATION DES COMPOSANTS AERIENS ET CONSEQUENCES SUR LA SANTE HUMAINE

**Michel Virginie¹, Huonnic Didier¹, Maurice Robert²,
Guillam Marie-Thérèse³, Ségala Claire³**

¹Unité d'Epidémiologie et Bien-Etre en Aviculture et Cuniculture et ²Service d'Expérimentation Avicole et Cunicole, AFSSA Zoopôle Beaucemaine BP53 22440 PLOUFRAGAN France –
³Sépia-Santé, 18bis rue du Calvaire, 56 310 MELRAND France

RÉSUMÉ

L'étude présentée ici compare la qualité de l'air dans un élevage de poules pondeuses en cages conventionnelles et un élevage en volières ainsi que son impact sur la santé humaine. L'expérimentation se déroule dans la station expérimentale de l'AFSSA de Ploufragan sur 11120 poules Isa Brown élevées de 1 jour à 16 semaines et logées en système de ponte de 17 à 70 semaines. La moitié est logée en cages et l'autre en volières. Les concentrations aériennes en poussières alvéolaires (< 4 µm), endotoxines et ammoniac ainsi que l'impact de la qualité de l'air sur la santé humaine ont été évalués dans chaque système. La composition des poussières a été analysée en détail (microbiologie, dosage de mycotoxines, métaux lourds,...).

La microbiologie ne montre pas de différence marquante dans la composition des poussières issues de l'élevage en cages et en volières, excepté une plus grande concentration de moisissures dans les poussières provenant du bâtiment avec cages. Les mycotoxines et les endotoxines sont présentes dans les deux types de poussières, mais les concentrations aériennes en endotoxines sont plus importantes en volières et sont susceptibles de provoquer des effets inflammatoires au niveau des voies respiratoires (681 ±372 EU/m³ d'endotoxines en volières vs 187 ±189 EU/m³ en cages). Les analyses métrologiques ont mis en évidence des niveaux de poussières et d'ammoniac significativement plus élevés dans l'élevage en volières (2.12 ±0.74 mg de poussières/m³) versus l'élevage en cages (0.15 ±0.18 mg de poussières/m³), ce qui est associé à une augmentation de l'hyper réactivité bronchique chez les animaliers travaillant en volières. Cette étude met également en évidence l'intérêt de porter un masque (type FFP1), l'hyper réactivité bronchique étant alors significativement diminuée.

ABSTRACT

The study compares the air quality and its impact on human health, between barn with caged laying hens and with aviaries housed laying hens. The experimentation was undertaken in the AFSSA experimental station, on 11120 Isa Brown hens reared from 1 day to 16 weeks and breed from 17 to 70 weeks old. Half of them were in conventional cages and the other in aviaries. Concentration in dust (< 4 µm), endotoxin, ammonia, as well as the impact of air quality on human health were assessed in each laying system. The composition of dust was studied (microbiology, mycotoxins, heavy metals,...).

Microbiology did not show a real difference between dust from cages and aviaries barns, excepted an higher concentration in fungi in cages house. Mycotoxin and endotoxin were present in both types of dust, but air concentration in endotoxin was higher in aviaries barn and could induce respiratory inflammation (endotoxins : 681 ±372 EU/m³ in aviary vs 187 ±189 EU/m³ in cage). Analysis showed significant higher levels of dust and ammonia in aviaries barn (2.12 ±0.74 mg of dust/m³) versus cages barn (0.15 ±0.18 mg of dust/m³) and this is associated with the increasing of bronchic reactivity for workers in aviaries. This study showed as well the protector effect of wearing a respiratory mask (FFP1).

INTRODUCTION

La Directive 1999/74/CE du 19 juillet 1999 interdit l'usage des cages non aménagées pour loger les poules pondeuses à dater du 1^{er} janvier 2012, date à laquelle ne seront plus autorisés que les systèmes alternatifs et les cages aménagées. Globalement, les expérimentations réalisées à l'AFSSA montre un meilleur état de bien être des poules en volières comparé aux cages conventionnelles avec toutefois une altération de la qualité de l'air en volières (Michel et Huonnic, 2003, Colson et al, 2007).

Dans les élevages avicoles confinés, les professionnels peuvent être exposés à des concentrations élevées de poussières organiques, d'endotoxines et d'ammoniac ce qui soulève des interrogations en matière de santé.

Les effets sanitaires les plus répandus sont les bronchites chroniques, des obstructions des voies respiratoires et des symptômes proches de ceux de l'asthme. Dans la majorité des études épidémiologiques, la prévalence de symptômes respiratoires et la performance de la fonction pulmonaire ont été comparées entre des sujets exposés et non exposés (Gérald et al 2003). Toutes ces études montrent des prévalences de symptômes respiratoires plus élevées ainsi que des altérations de la fonction pulmonaire plus fortes chez les sujets exposés. Aucune étude de cohorte n'a été réalisée en élevage avicole. Une seule l'a été en élevage de porcs qui a permis de mesurer un déclin annuel de la fonction pulmonaire chez les travailleurs et celui-ci a été significativement associé aux endotoxines mesurées dans l'air des élevages (Vogelzang et al 1998). Des études sont clairement nécessaires afin de mieux évaluer les effets sanitaires et quantifier les risques associés aux expositions en élevage avicole. Pour cela, des études permettant d'identifier et de quantifier les agents présents dans les poussières organiques doivent être mises en œuvre.

L'objectif de l'étude présentée ici est donc de comparer la qualité de l'air (taux de poussière, composition microbiologique, physico-chimique, en endotoxines et en mycotoxines) ainsi que son impact sur la santé humaine en élevage en cages et en volière.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Elevage des poules pondeuses

L'expérimentation a porté sur 11 120 poules ISA Isa Brown. Arrivées à 1 jour d'âge, elles ont été transférées du système d'élevage au système de ponte à 17 semaines (S17), et abattues à 70 semaines (S70). Elles ont été réparties en 2 traitements : (1) 5760 poules élevées dans 6 parquets au sol puis transférées dans 4 batteries de 288 cages conventionnelles (Big Dutchman) de 5 poules chacune, (2) 5360 poules élevées dans 6 volières pour poulettes puis transférées dans 2 volières de ponte (Big Dutchman). La moitié

des poules était épointée en cages et en volières et la moitié des animaux de cages recevait un aliment enrichi en cellulose afin d'étudier l'impact de ces 2 facteurs « bec » et « alimentation » sur la santé des animaux et leurs performances (non exposé ici, cf Huonnic et al, 2006). Dans le présent texte, nous nous attacherons uniquement à restituer les résultats concernant la qualité de l'air et ses impacts sur la santé humaine en élevage en cages et en volières.

Durant la période de ponte, les cages et les volières étaient dans deux salles séparées dans lesquelles toutes les conditions (programme lumineux, conditions d'ambiance,...) étaient standardisées et similaires.

1.2. Suivi de la qualité de l'air

Les mesures des taux de poussières alvéolaires (< 4 µm) et d'ammoniac (NH₃, tubes réactifs Dräger) ont été réalisées une semaine sur 2 entre S19 et S69 et chaque semaine de mesure, deux jours ont été choisis : un jour sans travail exposant (Non Exposé : NE) et un jour où un travail exposant (E) était réalisé (nettoyage, changement de filtre à air,...).

Les prélèvements de poussières sont réalisés au moyen de 2 capteurs (ARELCO CIP 10) dans chaque bâtiment :

- un appareil avec filtre à poussières alvéolaires en position fixe (dit par la suite prélèvement d'« ambiance »),
- un appareil avec filtre à poussières alvéolaires porté par un animalier (dit par la suite mesure de l'exposition du « personnel »),

Les appareils sont mis en mode prélèvement pendant une durée de 8 h environ pour les prélèvements d'« ambiance » et 6 h pour les prélèvements « personnel ». Le calcul du taux de poussières (mg/m³) est réalisé à partir de la connaissance du volume filtré et de la masse de poussières récupérées.

1.3. Composition des poussières

Endotoxines bactériennes. La concentration en endotoxines bactériennes de l'air ambiant a été analysée au cours de deux périodes (S 59-60, et S 64-66) par le Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris (norme NF EN 14031). Les résultats sont exprimés en Unité d'Endotoxines (EU) par mètre cube d'air.

Des mesures « d'ambiance » ont été réalisées (3 en 1^{ère} période et 4 en 2^{ème} période), ainsi que des mesures avec du matériel porté par un animalier (2 mesures à chaque période). Les temps de fonctionnement des capteurs sont identiques à ceux utilisés pour les mesures de poussières. Pour les analyses décrites ci-après, ce sont des poussières récoltées après dépôt dans des bacs, qui ont été analysées.

Mycotoxines. Des recherches de mycotoxines (méthode multi-résidus en LC-MS-MS) ont été effectuées sur des prélèvements de poussières réalisés en S 34 (volières) et en S 51 et S 66 (cages et volières) au LDA 22. Les mycotoxines recherchées sont : Trichotécènes Type A, Trichotécènes Type B,

Trichotécènes Type D, Zearalenone et métabolites, Ochratoxine, Citrine, Fumonisines, Aflatoxines. Les résultats sont exprimés en micro grammes par kg de produit brut.

Microbiologie. La contamination microbiologique des poussières a été étudiée en S 34, 51 et 66. Les contaminants suivants ont été recherchés : Flore aérobie mésophile (FAM), Entérobactéries, *Escherichia coli*, *Enterococcus sp*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas sp*, *Clostridium sp*, Anaréobie sulfite réducteurs (ASR). Les résultats sont exprimés en UFC (unité formant colonie) par gramme de poussière.

Mycologie. Le dénombrement et l'identification des champignons et levures contenus dans les poussières a été réalisé en S 34, 51, et 66 au LDA 22. Les identifications concernent : *Aspergillus* (11 espèces), *Penicillium sp*, *Fusarium sp*, *Alternaria sp*, *Cladosporium sp*, *Scopulariopsis brevicaulis*, *Trichoderma sp*, *Monascus purpureus*, *Paecilomyces variotii*, *Byssochlamys nivea*, *Absidia sp*, *Mucor sp*, *Rhizopus sp*, et *Euratum*. Les résultats sont exprimés en nombre de spores ou éléments mycéliens revivifiables par gramme de poussière.

Métaux lourds. La recherche de métaux lourds a été réalisée en S 51 et 66. Les éléments recherchés par le LDA 22 sont : aArsenic (As), cCadmium (Cd), cCuivre (Cu), mMercure (Hg), nNickel (Ni), pPlomb (Pb) et zinc (Zn). Les résultats sont exprimés en mg/kg de matière sèche.

Analyses physico-chimiques. Les analyses réalisées au LDA 22 sur les poussières en S 51 et 66 comprenaient : (1) des analyses physiques (taux de matière sèche, de matière minérale et matière organique), (2) les éléments fertilisants (azote total, nitrates, nitrites, azote global, azote ammoniacal, azote uréique). Les résultats sont exprimés en % sur produit brut.

1.4. Composition des aliments, de la litière et des fèces.

La teneur des aliments, des fèces et de la litière (volières) en mycotoxines, champignons et métaux lourds a été recherchée lorsque cela était possible en S 34, 51 et 66. En effet, les poussières présentes dans les bâtiments d'élevage proviennent essentiellement de l'animal, de l'aliment, des fèces et de la litière (Donham 1986 ; Taylor and Reynolds 2001; Douwes et al. 2003).

1.5. Etude de la santé humaine

Quatre animaliers ont participé à l'étude : deux titulaires affectés à un type d'élevage en particulier et deux suppléants travaillant dans les deux types d'élevages. Chaque animalier s'est soumis à :

(1) un questionnaire initial standardisé qui renseigne sur les données socio-démographiques et anthropométriques, les antécédents médicaux,

(2) des carnets journaliers qui renseignent entre autres sur le local de travail (élevage en volières ou en

cages), la présence de symptômes pendant la journée de travail (fièvre, nez qui coule, ...), la prise d'un traitement antibiotique, le nombre de cigarettes fumées, l'exposition au tabagisme passif et sur le port du masque (FFP1) lors de l'entrée dans le bâtiment de ponte. Les animaliers devaient remplir ce carnet après leur journée de travail les jours de mesures de poussières.

(3) un examen médical réalisé par le médecin du travail comprenant un examen clinique et des épreuves fonctionnelles respiratoires (en début et à la fin de l'étude).

(4) la réalisation de débits expiratoires de pointe (DEP) à l'aide d'un débitmètre de pointe (modèle de Wright), les jours des mesures de poussières. Trois mesures ont été réalisées pour chaque jour (matin, midi et après la journée de travail). A partir des 3 mesures, la variabilité journalière pour chaque individu a été calculée selon la formule suivante :

$$\text{VarDEP} = [\text{DEP maximum} - \text{DEP minimum}] / [\text{moyenne des 3 DEP}]$$

La variabilité journalière du débit de pointe constitue un témoin de l'hyper réactivité bronchique qui est classiquement utilisée dans les études épidémiologiques (Neukirch, 1992).

1.6. Analyses statistiques

Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS. Les relations brutes entre la variabilité journalière du DEP et : (1) le type d'élevage ont été estimées à l'aide d'un T-test ; (2) les mesures d'exposition en élevage (taux de poussières et NH₃) et le port du masque ont été étudiées dans un modèle de régression linéaire multiple, prenant en compte l'auto corrélation des données (réponses sont mesurées chez les mêmes sujets).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Suivi de la teneur en poussières de l'air

Les taux de poussières et de NH₃ sont toujours supérieurs en volières par rapport aux cages (cf tableau 1), même si les taux varient dans le temps en fonction des activités réalisées, de la température et de l'hygrométrie (détails non donnés ici). Globalement, plus l'humidité et la température augmentent et plus les taux de poussières et de NH₃ diminuent, évacués par le déclenchement de la ventilation. Ceci est vrai en cages et en volières pour le NH₃ et en volière seulement pour les taux de poussières.

Après ajustement sur la date de mesure, les taux de poussières mesurés à partir des capteurs fixes ne reflètent pas de différence, en volières comme en cages, entre les jours normaux et particulièrement exposants. En revanche, les dosages montrent qu'en volières l'empoussièrement mesuré par les capteurs portés par le personnel est plus important lors de la réalisation d'activités telles que le nettoyage, le balayage, ou l'évacuation des fientes (jour E) et ce d'autant plus que l'on s'approche de la fin de la

période de ponte. Il s'avère qu'en volières, ces activités se traduisent par une augmentation du taux de poussières dans l'air respiré par le travailleur qui effectue lui-même le travail générateur de poussière, sans augmentation détectable systématique du taux de poussières dans le bâtiment.

En cages, le taux de poussières enregistré par les capteurs portés par le personnel n'est pas significativement différent en fonction de la pratique d'activités exposantes ou non. En revanche, dans ce système, les capteurs portés par le personnel indiquent des taux de poussières plus importants que ceux placés en position fixe ($p < 10^{-3}$). L'animalier, quand il se déplace dans le bâtiment, est exposé aux poussières remises en suspension par les animaux qu'il approche.

Les capteurs placés dans l'ambiance ont l'avantage de permettre d'évaluer le niveau d'empoussièrement global d'un bâtiment et de permettre une comparaison des bâtiments entre eux. Les capteurs placés sur le personnel permettent eux d'apprécier la surproduction de poussières liée à la réalisation de tâches particulièrement exposantes.

2.2. Composition des poussières

Microbiologie. Parmi les bactéries recherchées, nous avons retrouvé dans les poussières, par ordre décroissant : la flore aérobie mésophile ($\approx 10^7$ - 10^9 UFC/g), des entérobactéries ($\approx 10^4$ - 10^5 UFC/g), *Pseudomonas* ($\approx 10^4$ - 10^6 UFC/g), *E.coli* ($\approx 10^3$ - 10^5 UFC/g), *Enterococcus sp* ($\approx 10^4$ - 10^5 UFC/g), *Clostridium* (recherchés en semaine 34 $\approx 10^4$ UFC/g), ASR (recherchés en semaines 51 et 66 $\approx 10^3$ - 10^4 UFC/g). Les prises d'essais n'ont pas permis de mettre en évidence de *Staphylococcus aureus* à un niveau dénombrable ni de détecter de *Salmonella*.

Pour chacune des populations bactériennes dénombrées, les résultats ne permettent pas de différencier la composition microbiologique d'une poussière d'origine cages de celle d'origine volières. Si une différence existe, elle est ténue et nécessiterait un plan d'échantillonnage plus large pour pouvoir être mise en évidence. On doit alors se poser la question de l'opportunité de mettre en œuvre une telle démarche pour décrire une éventuelle différence dont la signification biologique resterait à démontrer.

Mycologie. Aux trois dates de prélèvement, le nombre de levures retrouvées dans la poussière apparaît plus important en volières (entre 1200 et 11000/g de poussières) qu'en cages (<100/g de poussières). La tendance est inverse concernant les moisissures, avec notamment en semaine 51 et 66 plus de moisissures dans les poussières de cages que dans celles de volières ($1.7 \cdot 10^6$ vs $3.8 \cdot 10^4$ /g de poussière et $2.1 \cdot 10^6$ vs $3.3 \cdot 10^4$ /g de poussière en semaine 51 et semaine 66 respectivement). Cette différence s'explique principalement par la présence bien plus importante d'*Aspergillus clavatus* (germe très rare) dans les poussières de cages que de volières (facteur 10^3 d'écart). En semaines 51 et 66 très peu de levures et

champignons ont été dénombrés dans la litière et les aliments. En revanche, l'analyse des fèces montre la présence de 1.10^5 d'*A. clavatus*/g en cage vs 1.10^2 /g en volière. *A. clavatus* semble donc se développer dans les fientes sur les tapis du bâtiment avec cages, peut-être en raison d'une moins bonne ventilation.

Mycotoxines. En semaine 51 et semaine 66, quatre mycotoxines parmi les 26 recherchées dépassent le seuil de détection de 20 µg/kg de poussières en volières et en cages. Les mycotoxines concernées sont : les trichotécènes B dont énévalénol (20-30 µg/kg en volières et 50 µg/kg en cages) et le DON (désoxynivalénol) 20-80 µg/kg en volières et 60-320 µg/kg en cages) et la zéaralénone (45 µg/kg de poussières en volières en semaine 66).

Globalement les quantités de mycotoxines semblent faibles et si on calcule la dose de mycotoxines contenue dans le volume d'air approximativement respiré par un éleveur en une journée de travail, les doses journalières admissibles (pour l'alimentation) ne sont pas dépassées. Toutefois, peu de données étant disponibles sur la toxicité des mycotoxines par voie respiratoire chez l'homme ou l'animal, il est encore difficile de se prononcer sur leur impact éventuel sur la santé.

Ces mêmes mycotoxines sont retrouvées en semaine 66 dans les fèces (40 à 105 µg/kg) et surtout dans les aliments (50 à 470 µg/kg). Il est probable que les mycotoxines soient introduites dans l'élevage via l'aliment et qu'elles se retrouvent en partie dans les fientes. Leur présence dans les poussières serait due à la présence de fientes séchées et d'aliment dans ces dernières.

Endotoxines. Les concentrations en endotoxines dans l'air sont toujours plus élevées en volières qu'en cages. La concentration moyenne est de : (1) 187 ± 189 EU/m³ en cages vs 681 ± 372 EU/m³ en volières dans l'ambiance ; (2) 92 ± 5 EU/m³ en cages vs 433 ± 244 EU/m³ en volières à partir des capteurs portés sur le personnel. Ces concentrations étant exprimées par mètre cube, elles reflètent le danger réel d'exposition. Toutefois, l'air des volières étant beaucoup plus empoussiéré que l'air des cages, il semble peu probable que les poussières de volières soient plus riches en endotoxines que les poussières de cages, (la différence de concentration en endotoxine entre les 2 systèmes étant due à la différence de taux de poussière) contrairement à ce qui a pu être mis en évidence dans d'autres types d'études (Donham et al, 2000).

Il n'existe pas de valeur de référence en hygiène professionnelle en France. Toutefois, dans les volières, le personnel est exposé à une concentration moyenne décrite comme provoquant des effets inflammatoires au niveau des voies respiratoires.

Analyse physico-chimique et métaux lourds. Le taux de matière sèche est plus élevé dans les poussières issues du bâtiment cages ($\approx 91\%$) que volières (\approx

87%). La litière, présente dans la composition des poussières de volières a un taux de matière sèche de 78.5% qui pourrait expliquer le taux de matière sèche plus faible dans les poussières de volières. Il en est de même concernant le taux de matières minérales très proche entre poussières de volières et litières (24 et 23.8% respectivement) et beaucoup plus faible dans les poussières de cages ($\approx 11\%$). Il semble donc que la poussière dans l'air des volières soit constituée en partie non négligeable de litière en suspension.

Nous avons retrouvé beaucoup plus de plomb et zinc dans les poussières de cages que de volières (plomb : 10 vs 0.7 mg/kg de poussières et zinc : 3500-4100 vs 520-590 mg/kg de poussières). Ces deux métaux proviennent très probablement des installations en bâtiment de cages mais les taux restent bien inférieurs aux valeurs d'exposition admises pour 8h d'exposition.

2.3. Santé humaine

La variabilité journalière du DEP est significativement plus importante chez l'animalier (comparaison sur les titulaires -n'allant que dans un seul type de bâtiment) travaillant dans le bâtiment volières (2.35 ± 1.33) que chez celui travaillant en élevage avec des cages (3.61 ± 1.96). Ce résultat pourrait être en faveur d'une augmentation de l'hyper réactivité bronchique chez les professionnels travaillant en volières par rapport à ceux travaillant dans un élevage avec des cages, toutefois, ce résultat basé sur la surveillance de 2 individus, est à prendre comme une indication et demande à être confirmé.

Des analyses multivariées ont été réalisées pour étudier l'effet des expositions sur la variabilité journalière du DEP. Deux modèles ont été réalisés, du fait de la forte corrélation des deux types de mesures

de poussières (« Ambiance » et « Personnel ») : un modèle avec les poussières mesurées en fixe, le NH_3 et le port du masque et un modèle avec les poussières mesurées avec les capteurs personnels, le NH_3 et le port du masque (Tableau 28). Ces analyses multivariées mettent en évidence une augmentation de l'hyper réactivité bronchique avec l'augmentation des concentrations de poussières aériennes. Cette relation est mieux mise en évidence lorsque les concentrations de poussières sont mesurées dans la zone de respiration des professionnels ; l'effet de l'ammoniac est alors quasiment nul. Ces analyses mettent aussi en évidence dans ces conditions d'empoussièrément, l'effet protecteur du port du masque FFP1 vis à vis de la fonction pulmonaire.

CONCLUSION

La dégradation de la qualité de l'air en volière a de nouveau été mise en évidence dans cette expérimentation. Cette dernière apporte des résultats originaux en terme de descriptif des compositions respectives des poussières en cages et en volières jusque là très peu étudiées. Cette première approche de l'étude des relations santé humaine - exposition, a mis en évidence une liaison, qui demande à être confirmée, entre l'hyper réactivité bronchique chez les professionnels et l'exposition aux poussières, plus importante en volières. Cette expérimentation met également en évidence l'intérêt de porter un masque (ici de type FFP1), l'hyper réactivité bronchique étant alors significativement diminuée chez les individus étudiés.

Une enquête épidémiologique est actuellement en cours pour essayer d'évaluer, en élevage, l'impact de la qualité de l'air de systèmes d'élevage de poules avec et sans litière, sur la santé humaine et la qualité des produits.

Tableau 1. Valeurs moyennes obtenues concernant la quantité de poussières (mg/m^3) et la teneur en NH_3 (ppm) en élevage de poules en cages et en volières.

	Jour E		Jour NE		Total Ambiance	Total Personnel	Total NH_3
	Ambiance	Personnel	Ambiance	Personnel			
Cages	0.12 \pm 0.19	0.21 \pm 0.24	0.18 \pm 0.16	0.2 \pm 0.21	0.15 \pm 0.18	0.21 \pm 0.22	4.2 \pm 1.5
Volières	2.08 \pm 0.78	1.32 \pm 0.55	2.17 \pm 0.7 \pm	0.91 \pm 0.35	2.12 \pm 0.74	1.12 \pm 0.5	14.1 \pm 9.2

E : exposant ; NE : non exposant

Remerciements. : au personnel de l'AFSSA (SEAC et UEBEAC – AFSSA Ploufragan), et à l'Office de l'Élevage et à la Région Bretagne pour leur concours financier.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Colson S., Michel V., Arnould C. 2007. Archiv für Geflügelkunde. In press
 Donham KJ., Cumro D., Reynolds SJ., Merchant JA., 2000 JOEM 2000;(42), 260-269.
 Douwes J., Thorne P., Pearce N., Heederick D., 2002. Ann Occup Hyg., (47), 187-200.

Gérault P., Dewitte J., Jourden L., 2003. Sci. Tech. Av., (42).
 Huonnic.D., Maurice.R., Huneau.A., Burel.C., Michel.V., 2006. Sci. Tech. Av., (55).
 Michel.Vet Huonnic.D., 2003. Br. Poul. Sci., (44), 775-776.
 Taylor C., Reynolds S., 2001. Appl. Occup. Environ., (16), 78-83.
 Vogelzang J., Van der Gulden J., Folgering H., Kolk J., Heederik D., Preller L., Tielen M., Van Schayck C. 1998. Am J Respir Crit Care Med., (157), 15-18.