

EXPOSITIONS DES SALARIES DE COUVOIRS DE PALMIPÈDES AUX POUSSIÈRES AÉRIENNES

**Adeline Huneau-Salaün¹, Julie Puterflam², Eric Jouy¹, Laëtitia Le Devendec¹,
Isabelle Kempf¹, Nathalie Rousset², Sophie Le Bouquin¹**

¹ANSES – UMT Sanivol - Laboratoire de Ploufragan-Plouzané - BP 53,
22440 Ploufragan, France

²ITAVI – UMT Sanivol- Zoopôle Beaucemaine - 41 rue de Beaucemaine,
22440 Ploufragan, France

adeline.huneau@anses.fr

RÉSUMÉ

Les travailleurs agricoles sont exposés à des bioaérosols qui peuvent avoir un impact sur leur santé respiratoire. Dans les couvoirs de palmipèdes, les employés triant et sexant les canetons sont aussi exposés à ces poussières mais leur incidence sur la santé respiratoire est mal connue. Une étude épidémiologique a été réalisée en 2013 dans 14 couvoirs de canards situés dans l'Ouest de la France afin de caractériser l'exposition des travailleurs aux poussières et son éventuel impact sur leur santé. L'exposition aux poussières inhalables (diamètre inférieur à 100 µm) et aux poussières alvéolaires (inférieures à 5 µm) de 57 employés travaillant au poste de tri des canetons a été mesurée avec des capteurs portatifs (CIP 10, TECORA, France). L'exposition aux poussières de 35 salariés travaillant exclusivement en zone d'incubation, et donc non exposés au duvet, a été mesurée pour la comparer à celle des travailleurs en zone d'éclosion. L'exposition des personnes en salle de tri était significativement supérieure à celle des travailleurs en zone d'incubation pour les poussières inhalables ($14,58 \pm 9,96 \text{ mg/m}^3$ vs. $0,45 \pm 0,98 \text{ mg/m}^3$, $P < 0,001$) et alvéolaires ($0,47 \pm 0,28 \text{ mg/m}^3$ vs. $0,12 \pm 0,12 \text{ mg/m}^3$, $P < 0,01$). Environ deux tiers des salariés travaillant en salle d'éclosion étaient exposés à un taux de poussières inhalables supérieur à la valeur réglementaire maximale (10 mg/m^3), ce qui montre la nécessité de porter un masque respiratoire adapté lors de la manipulation des canetons. L'amélioration de la ventilation dans les salles de tri ou la mise en place de dispositifs spécifiques pour la récupération du duvet permettraient de limiter l'exposition des travailleurs aux poussières.

ABSTRACT

Exposure of workers in duck hatcheries to aerial dust

Workers in animal buildings are exposed to aerial dust that impair their respiratory health. In duck hatcheries, persons sorting ducklings are exposed to these aerosols but little is known about the impact of this exposure on their respiratory health. An epidemiological study was carried out in 14 French duck hatcheries in order to assess workers' exposure to dust. This paper deals with the results on human exposure to dust, since the results on respiratory health are pending. The personal exposure to inhalable (diameter $< 100 \text{ µm}$) and respiratory ($< 5 \text{ µm}$) dusts of 57 workers during sorting of ducklings was measured using personal air samplers (CIP 10, ARELCO, France). For comparison, the exposure of 35 persons working in egg incubation rooms was also measured. The exposure of workers was significantly higher in the sorting rooms than in incubation rooms, for inhalable dust (14.58 mg/m^3 vs. $0.45 \pm 0.98 \text{ mg/m}^3$, $P < 0.001$) and for respiratory dust ($0.47 \pm 0.28 \text{ mg/m}^3$ vs. $0.12 \pm 0.12 \text{ mg/m}^3$, $P < 0.01$). Two-third of the workers sorting ducklings experienced an exposure to inhalable dust higher than the Occupational Exposure Limit (10 mg/m^3 over a 8-hour period), demonstrating the need of wearing respiratory mask for the most exposing tasks to dust.

INTRODUCTION

En France, 14 000 éleveurs et 42 000 salariés travaillent en aviculture, en contact avec les volailles ou des produits avicoles (MSA, 2007). Parmi eux, environ 6 500 travailleurs opérant dans le secteur de l'accoupage peuvent être exposés aux bioaérosols (duvets) créés par les mouvements des poussins ou leur manipulation favorisant la mise en suspension de particules dans l'air. Ainsi une exposition plus élevée aux poussières a-t-elle déjà été décrite pour les salariés travaillant au tri des animaux en zone d'éclosion des couvoirs de Gallus par rapport à ceux opérant en zone d'incubation (Puterflam et al., 2013). Une situation similaire a été décrite en couvoir de palmipèdes (Martin et al., 2013) : quatre salariées d'un couvoir de canards étaient exposées à une concentration supérieure de bioaérosols les jours où elles travaillaient à l'éclosion plutôt qu'à l'incubation, menant à une altération significative des fonctions pulmonaires. Une étude épidémiologique de plus grande envergure a donc été menée afin de mesurer l'exposition des travailleurs en couvoir de palmipèdes aux poussières aériennes et son impact sanitaire sur les salariés. Outre l'aspect médical, l'impact des aérosols sur la santé des canetons et la qualité microbiologique des poussières collectées ont été étudiés. Cet article présente les résultats sur l'exposition des travailleurs, l'influence des équipements des couvoirs sur cette exposition et la caractérisation microbiologique des poussières. Les résultats sur la santé respiratoire humaine ne sont pas encore disponibles.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Population étudiée

Les mesures d'exposition des salariés aux poussières aériennes ont été réalisées de juin à octobre 2013 dans 14 bâtiments répartis sur 10 sites d'accoupage dans l'Ouest de la France. Ces couvoirs produisent en moyenne 258 000 canetons par semaine (de 54 000 à 1 700 000). Quatre-vingt douze travailleurs ont été suivis : 57 travaillaient au tri, sexage et époinçage des canetons dans la zone d'éclosion et étaient exposés au duvet au cours de leurs interventions. Les 35 salariés travaillant uniquement en zone d'incubation ont été suivis pour constituer le groupe témoin non exposé au duvet.

1.2. Mesures d'exposition aux poussières aériennes

L'exposition individuelle aux poussières aériennes inhalables (diamètre aérodynamique inférieur à 100 µm) et alvéolaires (< 5 µm) a été mesurée au moyen de deux capteurs (CIP 10, TECORA, France) portés au niveau thoracique pendant une période de 3 heures

de travail. Durant ce laps de temps, en moyenne 31 400 canetons (de 12 000 à 55 000) ont été triés par les salariés en zone d'éclosion. Le personnel en zone d'incubation effectuait le mirage des œufs et des opérations de nettoyage et désinfection. Les capteurs étaient équipés de filtre pré-pesés et aspiraient l'air avec un débit moyen de 10 l/min. Parallèlement, la concentration en poussières totales a été mesurée à l'aide d'un capteur stationnaire (CAP 10, TECORA, France) placé en position standard à 1,5 m au-dessus du sol au milieu de chacune des salles d'incubation et d'éclosion durant trois heures. Les filtres à poussières ont ensuite été pesés (AG 104, Mettler Toledo, Viroflay, France) après 12 heures de dessiccation à 37° C. La concentration en poussières aériennes est calculée en rapportant l'écart de masse des filtres au volume d'air filtré et exprimée en mg/m³.

1.3. Analyses microbiologiques et caractérisation de l'antibiorésistance

Des analyses microbiologiques et mycologiques ont été réalisées par Anjou Laboratoire sur 14 échantillons de poussières sédimentées prélevés stérilement dans les salles d'éclosion (volume 150 ml). L'étude s'est focalisée sur des indicateurs d'hygiène fréquemment utilisés : dénombrement de la Flore Aérobie Mésophile (FAM, NF V 08-100), des entérocoques, d'*Escherichia coli* (NF ISO 6649-2), des staphyloques à coagulase positive (ISO 6888-1) et du genre *Aspergillus* avec identification de l'espèce. Les résultats sont exprimés en Unités Formant Colonies (UFC) par gramme puis transformés en log₁₀ UFC/g.

Des mesures de concentrations minimales inhibitrices (CMI) d'antibiotiques en microplaques Sensititre® (Trek-Biocentric, Bandol, France) ont été réalisées sur 69 souches de *E. coli* et 70 souches de staphylocoques issues de 14 prélèvements de poussières sédimentées (cinq souches par prélèvement). La confirmation de l'identification bactérienne a préalablement été réalisée par PCR. Compte-tenu du contexte de l'étude, les antibiotiques étudiés correspondent principalement à des indications thérapeutiques en médecine humaine. Les molécules testées pour *E. coli* étaient les suivantes : ampicilline, céfazoline (céphalosporine de 1^{ère} génération (C1G)), céfuroxime (C2G), cefpodoxime (C3G), ceftriaxone (C3G), ceftazidime (C3G), céfépime (C4G), méropénème, gentamicine (aminoside (A)), amikacine (A), tobramycine (A), ciprofloxacine (fluoroquinolone), triméthoprime-sulfaméthoxazole et tétracycline. Les molécules testées pour les staphylocoques étaient les suivantes : pénicilline G, tétracycline, triméthoprime-sulfaméthoxazole, gentamicine, érythromycine, clindamycine, quinupristine-dalfopristine, vancomycine, daptomycine, rifampicine, nitrofurantoïne, linézolide, ciprofloxacine, lévofloxacine et moxifloxacine. Par ailleurs, une PCR

a été réalisée pour la détection du gène *mecA* responsable de la résistance à la pénicilline (SARM) ainsi qu'à l'ensemble des bêta-lactamines, à l'exception des céphalosporines de 5^{ème} génération.

Les CMI obtenues ont été confrontées à des seuils critiques référencés dans la norme américaine CLSI (M07-A9/M100-S23) et utilisés dans le cadre d'une antibiothérapie humaine.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Poussières totales dans l'air

La concentration en poussières totales dans l'air des salles d'éclosion était significativement supérieure ($7,10 \pm 2,99 \text{ mg/m}^3$, $n=14$) à celle des salles d'incubation ($0,15 \pm 0,16 \text{ mg/m}^3$, $n=13$, $P<0,001$, test non paramétrique de Wilcoxon). Une telle différence de concentration entre les deux zones a déjà été reportée en couvoirs de poulet (Chmielowiec-Korzeniowska et al., 2007 ; Puterflam et al., 2013). Le système de ventilation était très comparable dans les 14 salles d'éclosion : système de ventilation forcée avec des pré-filtres aux entrées d'air dans 3 couvoirs. Une seule salle était équipée d'un système d'aspiration de duvet au-dessus de la table de tri des canetons. Par conséquent, l'impact spécifique de ces équipements (filtres ou aspirateur de duvet), peu présents, n'a pu être étudié. Cependant, la concentration en poussières était plus faible dans les salles d'éclosion placées en surpression par rapport à l'extérieur ($5,05 \pm 0,63 \text{ mg/m}^3$, $n=5$) que dans celles sans surpression ($8,92 \pm 0,22 \text{ mg/m}^3$, $n=9$, $P=0,04$), le gradient de pression créant un flux d'air de la salle d'éclosion vers l'extérieur favorable à l'élimination des poussières aériennes.

2.2. Exposition des salariés aux poussières

Le personnel manipulant les canetons était exposé à des concentrations en poussières inhalables ($14,58 \pm 9,96 \text{ mg/m}^3$ vs. $0,45 \pm 0,98 \text{ mg/m}^3$, $P<0,001$) et alvéolaires ($0,47 \pm 0,28 \text{ mg/m}^3$ vs. $0,12 \pm 0,12 \text{ mg/m}^3$, $P<0,01$) plus élevées que les salariés en salle d'incubation (Figure 1). On remarque ces expositions sont supérieures aux concentrations mesurées dans l'air ambiant : cet écart est fréquemment observé, les travailleurs se trouvant plus proches des sources de poussières que les capteurs ambiants (Michel et al., 2007). Au niveau des poussières inhalables, l'exposition des salariés en éclosion était 30 fois supérieure à celle des personnes témoins mais seulement quatre fois supérieure pour les poussières alvéolaires. En effet, la fraction de poussières alvéolaires représentait en moyenne 45,1% de la fraction inhalable en salle d'incubation alors qu'elle ne comptait que pour 5,1% en moyenne des poussières inhalables en salle d'éclosion. Les

poussières aériennes semblent donc être constituées de particules plus grosses dans les salles d'éclosion que d'incubation.

Les expositions individuelles aux poussières inhalables et alvéolaires étaient fortement corrélées au taux de poussières totales dans l'air ambiant (respectivement en éclosion $\rho\text{-Spearman}=0,87$, $P<0,001$ et en incubation $\rho=0,61$, $P<0,001$). Par conséquent, l'exposition aux poussières inhalables était inférieure dans les salles d'éclosion placées en surpression ($9,70 \pm 4,91 \text{ mg/m}^3$ vs. $17,39 \pm 11,10 \text{ mg/m}^3$, $P<0,01$). Cette exposition tendait aussi à être corrélée au nombre de canetons manipulés pendant la période de mesure ($\rho=0,27$, $P=0,06$), comme cela a été démontré en couvoir de *Gallus* (Puterflam et al., 2013). Au contraire, l'exposition aux poussières alvéolaires n'était influencée ni par le nombre de poussins triés ni par le système de ventilation de la salle d'éclosion, peut-être un lien avec la faible proportion de l'exposition que la fraction alvéolaire représente en éclosion.

Les valeurs maximales d'exposition définies par le code du travail (article R4442-10) sont de 10 mg/m^3 de poussières inhalables et 5 mg/m^3 de poussières alvéolaires dans l'air inspiré sur une période de 8 heures, pour une personne travaillant dans un local à pollution spécifique (locaux agricoles notamment). Le seuil réglementaire pour les poussières inhalables était donc dépassé pour 34 des 57 travailleurs travaillant en éclosion. Bien que les mesures n'aient été réalisées que sur 3 heures, on peut penser que le seuil maximal d'exposition est dépassé si les personnes travaillent 8 heures au tri ou au sexage des canetons, ce qui est possible dans les couvoirs de grande capacité. A l'opposé, la limite réglementaire n'a jamais été dépassée pour les poussières alvéolaires, du fait du faible pourcentage de cette fraction dans les poussières générées à l'éclosion.

2.3. Contamination microbiologique des poussières

La figure 2 présente les dénombrements bactériens obtenus sur les échantillons de poussières sédimentées prélevés en salle d'éclosion. Ces poussières étaient particulièrement concentrées en bactéries, plus qu'en couvoirs de *Gallus* (FAM : 5,2 à 7,5 log UFC/g) (Puterflam et al., 2013). La concentration en staphylocoques et la FAM étaient étroitement corrélées ($\rho=0,91$, $P<0,001$). Ceci confirme les observations de Martin et al. (2013) qui ont montré que ce genre bactérien est prédominant dans le duvet de canard. Cette équipe a par ailleurs démontré une étroite relation entre les profils bactériens issus de duvet et des bioaérosols auxquels sont exposés les travailleurs manipulant les canetons, confirmant ainsi que le duvet est la principale source de bioaérosols en salle d'éclosion. *Aspergillus fumigatus* est la seule espèce du genre *Aspergillus* isolée des prélèvements

de poussières (absence des espèces *A. nidulans*, *A. versicolor*, *A. candidus*, *A. flavus* et *A. glaucus*). *A. fumigatus* était dénombrable dans 13 échantillons et présent mais non dénombrable (< 100 UFC/g) dans un prélèvement. Cette fréquence d'isolement était plus importante qu'en couvoirs de *Gallus* (Puterflam et al., 2013).

Concernant l'antibiorésistance de *E. coli*, 67 % des souches étudiées issues des poussières étaient résistantes (R) à la tétracycline, 46 % à l'ampicilline et 35 % à l'association triméthoprime-sulfaméthoxazole. Dix souches présentaient une résistance simultanée aux trois antibiotiques précédemment cités, dont huit qui provenaient de deux échantillons. Concernant les céphalosporines, seules quatre souches étaient de sensibilité diminuée à la céfazoline et aucune résistance n'a été détectée vis-à-vis des autres molécules de cette famille. L'ensemble des souches était sensible au mérépénème, aux aminosides et à la ciprofloxacine. Contrairement aux *E. coli*, aucun staphylocoque n'a été détecté résistant à la tétracycline et à l'association triméthoprime-sulfaméthoxazole. Avec 80 % de souches résistantes, la pénicilline G était l'antibiotique le plus touché. En revanche, aucune résistance n'a été détectée aux autres antibiotiques, y compris la méticilline. Globalement, à l'exception de dix *E. coli* résistants à trois familles d'antibiotiques couramment utilisés en médecine vétérinaire, les autres *E. coli* ainsi que l'ensemble des staphylocoques isolés dans le cadre de cette étude présentaient peu de

résistances aux antibiotiques ayant une indication en médecine humaine.

CONCLUSION

Les résultats d'exposition aux poussières inhalables montrent la nécessité du port d'un masque de protection FFP2 pour les personnes manipulant les canetons éclos. La caractérisation microbiologique des poussières a montré des concentrations en bactéries et *Aspergillus* élevées mais le niveau d'antibiorésistance des *E. coli* et staphylocoques isolés demeure faible vis-à-vis des antibiotiques ayant une indication en médecine humaine. Les résultats médicaux permettront d'établir si l'exposition aux poussières peut avoir un impact sur la santé respiratoire des salariés. L'amélioration de la ventilation dans les salles de tri des canetons ou la mise en place de dispositifs spécifiques pour la récupération du duvet permettraient de limiter l'exposition des travailleurs aux aérosols.

Cette étude a été réalisée avec le soutien financier du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (CAS DAR AAP n°1222) et du Syndicat National des Accoueurs. Les auteurs remercient Mme Raimbault pour la réalisation technique de l'étude ainsi que les couvoirs et les salariés qui ont accepté de participer à l'enquête. Ces travaux ont été menés dans le cadre de l'Unité Mixte Technologique Sanivol.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Chmielowiec-Korzeniowska A. *et al.*, 2007. Ann Agric Environ Med, 14, 141-150.
2. Martin E. *et al.*, 2013. Environmental Science Processes & Impacts, 15, 478-484.
3. Michel V. *et al.*, 2007. In : Septièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 74-78.
4. MSA, 2007. BIMS N° 76, Août-Septembre 2007.
5. Puterflam J. *et al.*, 2013. In: Dixièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, La Rochelle, 160-164.

Figure 1 : Expositions aux poussières inhalables (a) et alvéolaires (b) du personnel travaillant en zone d'éclosion et en zone d'incubation (n=87 et n=80 mesures)

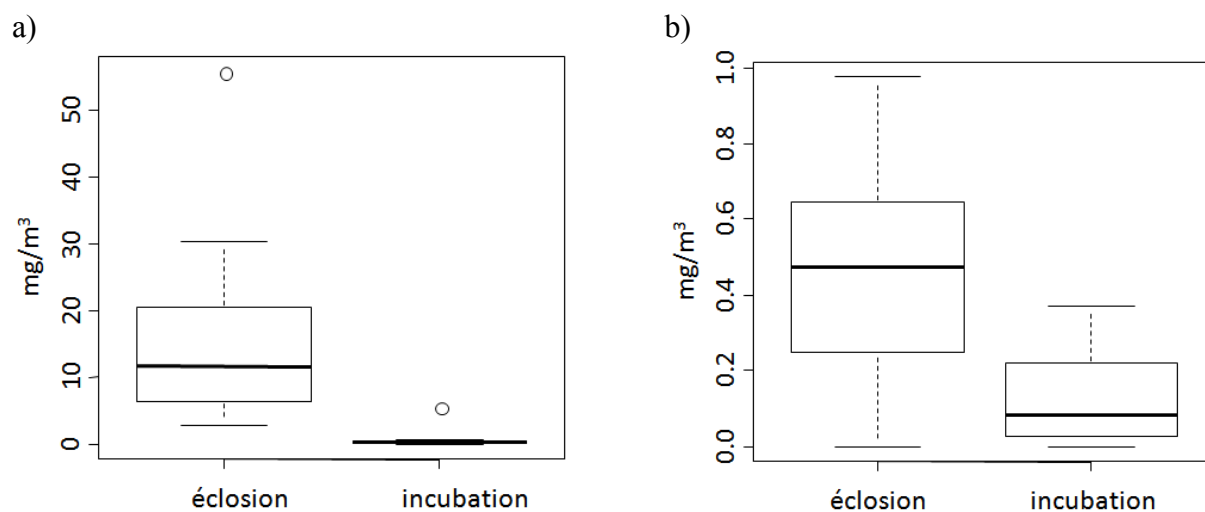


Figure 2 : Distributions des dénombrements de Flore Mésophile Aérobie totale (FAM), de staphylocoques à coagulase positive, d'entérocoques, d'*Escherichia coli* et d'*Aspergillus fumigatus* dans les poussières sédimentées en zone d'éclosion (n=14 couvoirs)

