



AIRPOUL : *Etude de la qualité de l'air en élevages de poules pondeuses et de son impact sur la santé respiratoire des éleveurs*

RÉSUMÉ

Les poussières constituent le principal polluant atmosphérique en élevage intensif de porcs et de volailles. Les éleveurs y sont directement exposés, ce qui peut nuire à leur santé. L'étude épidémiologique AIRPOUL, initiée en 2006, a pour but de caractériser cette exposition aux poussières ainsi que les facteurs d'élevage l'influençant et d'évaluer son impact sur la santé respiratoire des éleveurs de poules pondeuses. A l'issue de deux campagnes de mesures (2006 et 2011), les résultats montrent une dégradation de la qualité de l'air dans les élevages en cages aménagées, au sol et en volières par rapport à ceux en cages conventionnelles aujourd'hui interdites dans l'Union Européenne. Les résultats médicaux montrent que les prévalences de symptômes respiratoires sont plus élevées que celles observées dans la population générale. Ils confirment aussi que plus l'éleveur est exposé aux poussières, plus le risque de présenter des symptômes respiratoires chroniques augmente. Une sensibilisation accrue des éleveurs aux sources potentielles d'exposition et aux moyens de s'en protéger est donc nécessaire. L'étude identifie les activités et lieux particulièrement exposants et donc à risque pour la santé de l'éleveur. L'analyse des pratiques d'élevage permet aussi de dégager des pistes de réflexion pour limiter la concentration en poussières dans les bâtiments et de ce fait l'exposition des éleveurs.

Sophie LE BOUQUIN ¹,
Marie-Thérèse GUILLAM ²,
Adeline HUNEAU-SALAÜN ¹, Sylvie MARTIN ²,
Loïc BALAINÉ ¹, Didier HUONNIC ¹,
Claire SÉGALA ²

¹ UEB-Anses – Laboratoire d'Études et de Recherches Avicoles, Porcines et Piscicoles – Unité d'Epidémiologie et Bien-être en Aviculture et Cuniculture – BP 53 – 22440 PLOUFRAGAN, France

² SEPIA-Santé – 31 rue de Pontivy – 56150 BAUD, France

1. Contexte et objectifs

Les poussières constituent le principal polluant atmosphérique en élevage intensif de porcs et de volailles (Cambra-Lopez et al., 2010). Elles sont constituées d'un mélange de plusieurs types de composants organiques et inorganiques tels que des moisissures, des bactéries ou des virus, des mycotoxines et des endotoxines. Elles véhiculent également des gaz irritants (NH₃) et des produits chimiques tels que des désinfectants, des métaux lourds, des pesticides et des antibiotiques. Les fèces, particulièrement sèches en élevages avicoles, constituent une source importante des poussières générées.

Les particules de poussière présentes dans les bâtiments d'élevage varient en taille et en forme et peuvent être classées selon une méthode de mesure gravimétrique spécialement conçue pour leur détection (Just et al., 2009). La différenciation des fractions de taille des particules est importante dans les études de santé afin de quantifier la pénétration de poussière dans le système respiratoire. Tandis que la totalité des particules peuvent être déposées dans la région du nez et du pharynx, seules celles qui ont un diamètre aérodynamique inférieur à 15 µm peuvent pénétrer dans l'arbre trachéo-bronchique et seules celles qui ont un diamètre aérodynamique inférieur à 7 µm peuvent atteindre les alvéoles (Banhazi et al, 2008). Les particules dont le diamètre se situe autour de 20 µm sont souvent désignées comme les particules « inhalables », tandis que la fraction de poussière contenant des particules d'un diamètre aérodynamique inférieur à 5 µm est appelée la "fraction alvéolaire".

L'exposition chronique à ces polluants peut nuire à la santé humaine, ainsi qu'à la santé, aux performances et au bien-être des animaux. Chez l'homme, l'exposition aux poussières peut provoquer une irritation des yeux et une inflammation de l'épithélium bronchique. Le premier symptôme est la rhinite, suivie par l'installation d'une toux persistante et d'une bronchite chronique. Des cas de pneumonie et d'asthme professionnel sont également observés (Donham et al, 2000; Radon et al, 2001).

De nombreuses études ont démontré les liens entre les concentrations atmosphériques en poussières et la santé humaine dans des industries agricoles

(Donham et al, 2000 ; Radon et al, 2002). Les éleveurs de porcs et de volailles qui travaillent dans une atmosphère confinée, sont exposés à de grandes quantités de poussières, de gaz et d'odeurs générant des effets néfastes sur leur santé. La prévalence des maladies respiratoires est tout particulièrement élevée chez ces éleveurs mais elle est supérieure chez les aviculteurs (Just et al., 2009). Bien que plusieurs pays aient proposé l'introduction de normes, aucune limite d'exposition maximale aux poussières n'a jusqu'ici été fixée dans les bâtiments d'élevage.

En parallèle, l'évolution de la réglementation européenne sur les systèmes de logement des poules pondeuses (directive européenne 1999/74/CE) interdit depuis janvier 2012 l'utilisation des cages conventionnelles et impose le développement de cages aménagées et de systèmes alternatifs dans lesquels les animaux ont plus d'espace et accès à une litière. Ces nouveaux systèmes, en offrant aux oiseaux une plus grande mobilité, sont susceptibles d'augmenter le niveau d'empoussièrement dans l'ambiance des bâtiments. Peu de données de terrain sont disponibles pour comparer la concentration en poussière dans ces nouveaux systèmes d'élevage et la plupart d'entre elles ont été obtenues avant la mise en œuvre de la directive.

Dans cette optique, une étude épidémiologique appelée « projet AIRPOUL » a été mise en place depuis 2006, afin d'évaluer la qualité de l'air ambiant et son impact sur la santé des éleveurs dans les différents systèmes d'élevage de poules pondeuses en France. La concentration en poussières aériennes dans les bâtiments de volailles a été mesurée et les facteurs qui influent sur la charge de poussière ont été identifiés. En parallèle, une cohorte d'éleveurs a été suivie médicalement afin d'évaluer leur exposition et son impact potentiel sur leur santé respiratoire. En 2006 et 2007, un premier volet de l'étude a été mené auprès de 64 éleveurs. En 2011, une nouvelle campagne d'étude a été réalisée afin d'évaluer l'impact de l'évolution des systèmes d'élevage sur l'empoussièrement de l'air et d'étudier les évolutions de l'exposition aux poussières et de la santé respiratoire des éleveurs.

2. Matériel et méthodes

2.1. Population d'étude

Au démarrage de l'étude, l'objectif fixé était de recruter 60 élevages répartis pour moitié entre le système cage (conventionnelle ou aménagée) et les systèmes au sol disposant de litière (sol avec ou sans parcours, volières). Les élevages au sol devaient répondre aux caractéristiques suivantes : absence de volailles de chair, de poulettes et de porcs sur l'exploitation. Les élevages en cages devaient être de préférence spécialisés en ponte. Aucun arrêt d'activité ne devait être envisagé dans les trois ans pour permettre le suivi de l'élevage dans le temps. L'interlocuteur pour les mesures d'exposition aux poussières devait être volontaire. Il pouvait s'agir de l'éleveur lui-même ou de l'un de ses salariés. Une présence d'au minimum 10 heures par semaine dans le bâtiment était exigée. Si l'exploitation comprenait plusieurs bâtiments d'élevage, le bâtiment choisi correspondait à celui dans lequel la

personne suivie passait le plus de temps pendant la période de mesure.

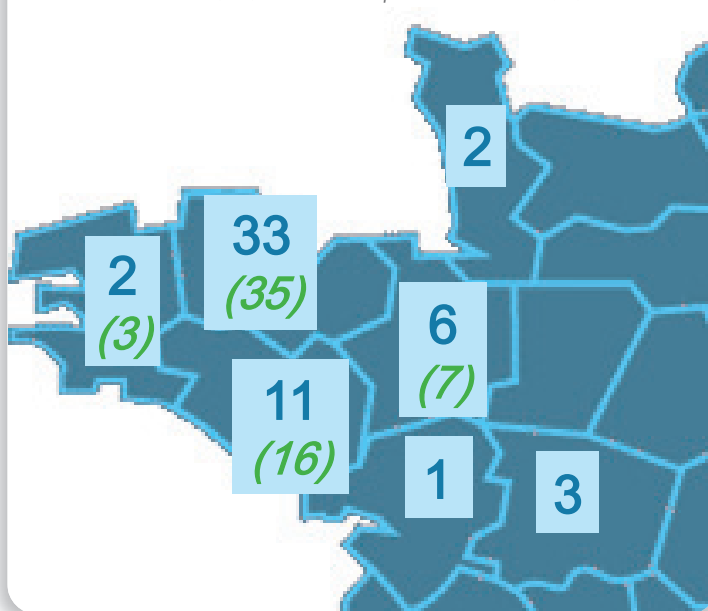
La cohorte d'éleveurs AIRPOUL 2 constituée en 2006 était finalement composée de 64 éleveurs volontaires, dont 30 équipés de poulaillers en cages et 34 de bâtiments au sol. Parmi ceux-ci, 50 éleveurs ont accepté de participer à la nouvelle campagne de mesures en 2011. On dénombre ainsi 14 bâtiments « perdus de vue » (6 en cages et 8 au sol) soit parce que les éleveurs ont cessé leur activité ou qu'ils ont refusé la nouvelle visite. Afin d'améliorer la représentation des nouveaux modes de logement des pondeuses (en cages aménagées ou en volières), la population d'étude a été élargie en 2011. Ainsi, 15 éleveurs de Basse-Normandie, des Pays-de-la-Loire et du Nord ont intégré l'étude en 2011, permettant le recrutement de 4 nouveaux bâtiments en cages aménagées et de 8 volières. De plus, entre 2006 et 2011, 11 éleveurs ont remplacé les cages conventionnelles de leur poulailler par des cages aménagées et un élevage en cages est passé en volière (tableau 1).

Les élevages sont tous situés dans l'Ouest France, principale région de production d'œufs fournissant 47,3 % de la production nationale d'œufs en 2008 (Riffard, 2011) (figure 1). Les élevages enquêtés en 2011 reflètent l'évolution importante qu'a connue le parc de poulaillers de pondeuses français sur la période d'étude avec notamment le développement des cages aménagées et des volières, très peu répandues en France au début de l'étude.

■ Tableau 1 — Répartition des systèmes d'élevage entre les 2 campagnes de mesures.

Nombre d'élevages	2006-2007	2011
Cage : conventionnelle	22	9
aménagée	8	19
Sol	34	26
Volières	0	11
Total	64	65

■ Figure 1 — Répartition géographique des exploitations suivies dans AIRPOUL 2 (vert) et AIRPOUL 3 (bleu). Hors carte : 2 exploitations dans le Nord (59).



2.2. Les données collectées

Chaque élevage a été visité deux fois au cours de la première période, une fois en période dite chaude (de mars à septembre) et une fois en période dite froide (d'octobre à février) par les enquêteurs de l'Anses et des préventeurs des services santé sécurité au travail des MSA de la Région Bretagne. Une seule visite a été réalisée par élevage durant la deuxième campagne de 2011.

Dans chaque poulailler, la concentration aérienne en poussières alvéolaires (diamètre aérodynamique $< 5 \mu\text{m}$) a été mesurée à chaque visite (soit pendant une journée à trois journées de travail). La mesure est effectuée avec un capteur fixe (CAP 10, ARELCO) placé à 1,5 m du sol, dans le couloir central pour les élevages en cages ou en volière et au milieu des caillebotis pour ceux au sol. La concentration en poussières dans l'air est déterminée par la méthode gravimétrique à partir du volume d'air filtré. La température de l'air au niveau du capteur est enregistrée tous les quarts d'heures à l'aide d'une sonde Microlog (CIMA Technologie).

Au cours de la première visite, les caractéristiques des installations ont été relevées à l'aide d'un questionnaire standardisé constitué de 106 questions et décliné en trois versions adaptées aux élevages en cage, au sol et en volière. Outre les informations générales concernant l'exploitation et l'atelier de poudeuses, le questionnaire comportait un descriptif détaillé du bâtiment suivi, de son aménagement intérieur, de la conduite du lot en cours et de l'état de santé des animaux. Les questionnaires ont été remplis à chaque campagne de mesures pour tenir compte des modifications qui se sont produites dans le poulailler entre 2006 et 2011. Les conditions météorologiques locales (précipitations, l'humidité de l'air, de la température minimale, maximale et moyenne) le jour des visites ont été fournies par Météo France.

Parallèlement à la mesure d'ambiance, à chaque visite, une mesure de poussières alvéolaires personnelles a été réalisée à l'aide d'un capteur portatif (CIP10 ARELCO) placé dans la zone de respiration de chaque éleveur. Pendant cette journée de mesure et pendant les 6 journées consécutives, les éleveurs ont renseigné dans un carnet Budget Espace-Temps Activité (BETA), les activités pratiquées, en précisant l'endroit dans le poulailler, sur un pas de temps de 5 minutes. Dans ce carnet, le port du masque a aussi été renseigné sur la journée de travail (tout le temps, occasionnellement, jamais).

Les données sur la santé de l'éleveur ont été recueillies par des médecins de la MSA dans le cadre d'une visite médicale. La visite comprenait le remplissage d'un questionnaire médical standardisé avec une partie sur les caractéristiques générales de l'éleveur et des épreuves fonctionnelles respiratoires. Parmi les 63 éleveurs ayant passé la visite lors de la première campagne, 60 l'ont à nouveau passé lors de la deuxième campagne et 10 nouveaux éleveurs ont été inclus.

2.3 L'analyse statistique

Les données ont été saisies dans une base de données anonyme (Microsoft Access). Les analyses statistiques faisant le lien entre le taux de poussières

et les paramètres d'élevage ont été menées séparément pour les élevages en cage et au sol. Une 1ère sélection de facteurs explicatifs est réalisée au moyen d'un modèle linéaire généralisé (GLM) avec effet répété (1 à 3 mesures par élevage). Préalablement, les données de poussières ont été normalisées (transformation $\sqrt{x}$). Les variables liées significativement au taux de poussières ($P < 0,15$) ont été retenues puis les associations statistiques ont été étudiées 2 à 2 afin de retenir celles qui étaient indépendantes entre elles. Ces variables ont ensuite été intégrées dans un modèle GLM répété multivarié (seuil $P < 0,05$). La durée de fonctionnement du capteur (en heure) a été ajoutée en covariable.

Les données de poussières personnelles, du BETA et de santé ont aussi été saisies dans une base Access. Dans un premier temps des descriptifs ont été réalisés : poussières personnelles par type d'élevage, temps passés dans les différents lieux et activités selon les élevages, caractéristiques des éleveurs, symptômes et maladies respiratoires et allergiques. Une modélisation des facteurs prédictifs des niveaux de poussières individuelles a été réalisée à partir des jours pour lesquels nous disposions à la fois des concentrations de poussières et des temps passés dans les différentes activités. Des modèles statistiques de régression linéaire ont été mis en œuvre avec inclusion d'autres facteurs ayant potentiellement une influence sur les niveaux de poussières, comme les facteurs météorologiques. Les différences importantes entre les types d'élevage ont conduit à la production de modélisation spécifique pour les élevages cage et sol ; la modélisation n'a pu être menée pour les éleveurs en volière car trop peu nombreux dans l'étude. A partir des résultats de la modélisation, une concentration moyenne a été calculée pour chaque éleveur à partir des 7, 14 ou 21 concentrations journalières d'exposition estimées par le modèle pour chacun des jours de remplissage du BETA. Dans l'hypothèse où toutes les différentes tâches de l'éleveur ont été réalisées sur ces journées, cette concentration moyenne est assimilable à une estimation moyenne sur le moyen terme de l'exposition de l'éleveur (Preller et 1996 ; Vogelzang et al 1998). Les liens entre symptômes, pathologies et fonction respiratoire et cette estimation de l'exposition ont été étudiées grâce à des modèles statistiques de régression logistique en tenant compte des facteurs comme l'âge, le sexe, le tabagisme, l'ancienneté professionnelle dans le milieu agricole et les maladies allergiques (connues pour avoir une influence sur la santé respiratoire).

Partie 1 : Qualité de l'air ambiant

1. Résultats

1.1. Caractéristiques des élevages visités

Les bâtiments en cage se caractérisent globalement par une grande taille et un système de ventilation dynamique. Le nombre de poules par cage varie de 5 à 9 poules dans les cages standards et de 20 à 60 poules dans

■ Tableau 2 – Principales caractéristiques des poulaillers suivis et de la conduite d'élevage selon le système d'élevage (campagne 2011).

	Cage (28 poulaillers)	Sol (26 poulaillers)	Volière (11 poulaillers)
Capacité moyenne du poulailler	38 600 poules	6 100 poules	21 000 poules
Age moyen	20 ans	20 ans	11 ans (7 bâtiments neufs et 4 rénovés)
Ventilation	Dynamique : 26 bâtiments Statique : 2 bâtiments	Statique	Dynamique : 7 bâtiments Statique : 4 bâtiments
Description aménagement	Cages aménagées : 19 bâtiments Tapis à fientes : 28 bâtiments		
	Pré-séchage : 15 bâtiments	Parcours : 25 bâtiments 9,6 poules / m ²	Parcours : 4 bâtiments 15,8 poules / m ²
Volume air moyen	0,18 m ³ / poule	0,43 m ³ / poule	0,34 m ³ / poule

les cages aménagées. Dans ces dernières, les poules ont accès à des perchoirs, un nid et une aire de grattage mais ne disposent en général pas de substrat pour le picotage. Les bâtiments au sol sont plus petits que les bâtiments en cage et disposent d'un système de ventilation naturelle. Tous sauf un ont accès à un parcours. Les volières ont une capacité et une densité d'animaux plus importantes que ceux au sol, sont plus récents, et peuvent présenter une ventilation dynamique. Les principales caractéristiques des élevages visités en 2011 sont présentées dans le tableau 2.

1.2. Taux de poussières ambiantes et système de production

192 mesures de poussières ont été obtenues sur les 2 campagnes dont 87 dans des poulaillers en cages, 91 dans les bâtiments au sol et 14 dans des volières. Les taux de poussières observés dans les élevages au sol (0,367 mg/m³ d'air, IC 95 % [0,315-0,420]) sont supérieurs à ceux observés dans les élevages en cages (figure 2) et leur variabilité est plus importante. Le taux de poussière tend à être plus élevé ($P = 0,08$) dans les bâtiments en cages aménagées (0,15 mg / m³, IC 95 % [0,12-0,18]) que dans les bâtiments équipés de cages conventionnelles (0,11 mg / m³, IC 95 % [0,10-0,14]). Le taux de poussières le plus élevé a été observé dans les volières (1,19 mg / m³, IC 95 % [0,80-1,59]).

lutte contre les poux rouges (traitement acaricide et/ou programme lumineux fractionné). Bien que cette variable n'ait pas été conservée dans l'analyse multivariée, le nombre de distributions d'aliment apparaît aussi associé au niveau de poussières ambiantes. Quel que soit le système d'alimentation, un nombre important de distributions serait associée à une diminution du taux de poussières ambiant.

Dans les élevages au sol, l'apport de litière en cours d'élevage accroît le taux de poussières, mais cette pratique demeure rare (12 % des lots suivis). L'augmentation de la température moyenne à l'intérieur du poulailler et de l'âge des poules contribuent à une hausse du taux de poussières.

■ Tableau 3 – Facteurs influençant le taux aérien de poussières alvéolaires dans les élevages en cages.

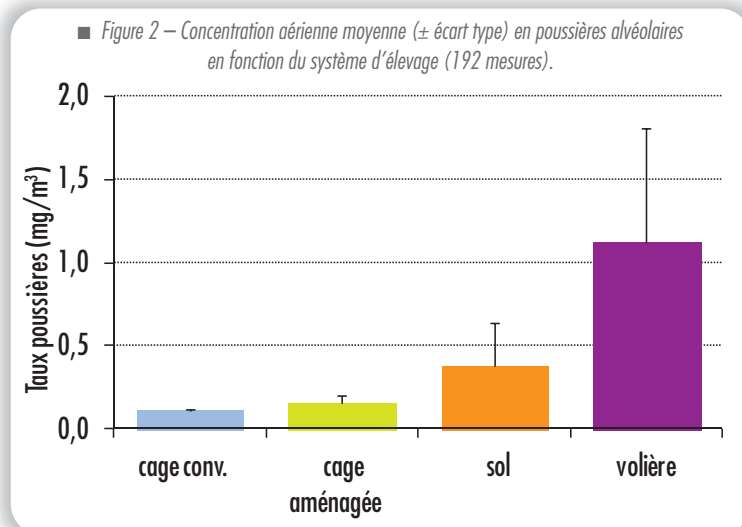
Variables	LMS±ET / Coefficient ± ET	p
Nombre poules / cage [4-10 [[10-60]	0,089±0,0004 0,136±0,0003	0,01
Lutte contre les poux rouges Oui Non	0,133±0,0004 0,091±0,0003	0,02
Durée mesures (1 h)*	-0,0006±0,0001	0,01

LMS: Least Mean Square, ET: Erreur Type

■ Tableau 4 – Facteurs influençant le taux aérien de poussières alvéolaires dans les élevages au sol.

Variables	LMS±ET / Coefficient ± ET	p
Apport de litière en cours de bande Oui Non	0,474±0,003 0,301±0,003	0,03
Température moyenne dans le poulailler (+2°C)	0,0011±0,0002	0,03
Age des poules (+10 semaines)	0,0015±0,0001	0,01
Durée mesures (+1 h)	-0,0002±0,0001	0,01

LMS: Least Mean Square, ET: Erreur Type



1.3. Facteurs influençant le taux de poussières

Les résultats d'empoussièrément de l'air obtenus en 2006-2007 et en 2011 ont été analysés dans chaque type d'élevage afin d'identifier les facteurs associés à une augmentation ou à une diminution du taux de poussières (tableaux 3 et 4).

2. Discussion

Ces résultats mettent en évidence l'influence primordiale du système d'élevage sur la concentration en poussières des bâtiments d'élevage. En effet, les niveaux de poussières ambiantes dans les systèmes au sol sont significativement plus élevés et plus variables que dans les cages. Cette différence est reportée depuis longtemps (Takai et al., 1998) mais les études récentes comme AIRPOUL montrent que la teneur en poussières demeure toujours supérieure dans les élevages au sol, même en comparaison de ceux en cages aménagées. Les volières ont présenté les concentrations les plus élevées en poussières. De nombreuses pratiques d'élevage diffèrent entre tous ces

systèmes, mais la présence de litière est le premier facteur discriminant. Plusieurs études ont montré des concentrations en poussières inhalables significativement plus élevées dans les élevages de poulets de chair que dans ceux de poules pondeuses (Seedorf et al., 1998 ; Ellen et al., 2000). Banhazi et al. (2008) ont démontré que 60% des particules de poussières en suspension sont composées de litière dans les bâtiments avec litière, alors qu'elles sont composées à 80% de particules alimentaires dans les bâtiments en cages.

Dans les élevages en cages, l'aménagement et surtout l'augmentation de la taille de groupe sont associés à une augmentation du niveau de poussière ambiante. Ces deux caractéristiques sont étroitement liées et sont inhérentes au principe de la cage aménagée. L'augmentation de la taille de groupe est favorable à la mobilité des poules et augmenterait ainsi le taux de poussières dans l'air. Il a été aussi démontré qu'augmenter le nombre de poules par cage aménagée, même à densité constante, stimule le perchage (Guinebretière et al., 2011). L'ajout de perchoirs favorise les mouvements comme le battement d'aile et le toilettage des plumes. La réglementation européenne sur les systèmes de logement des poules (directive européenne 1999/74/CE) prévoit par ailleurs que les cages doivent être équipées d'un système de distribution de substrat friable pour leur permettre de picorer et de gratter. Dans les élevages visités, ce système de distribution n'étant pas opérationnel, nous n'avons pu évaluer l'impact de ce dispositif sur le taux de poussières ambiantes mais il est probable qu'il aurait encore entraîné une hausse du taux de poussières.

D'autres pratiques d'élevage influencent également le niveau de poussière, comme en témoigne l'impact de la fréquence de distribution des aliments et de la mise en œuvre d'un plan de lutte contre les poux rouges (*Dermanyssus gallinae*). La présence de poux rouges, à un niveau justifiant une lutte spécifique, provoque certainement une nervosité des animaux impliquant un toilettage accru, favorable à la mise en suspension des poussières (Kilpinen et al., 2005). Une augmentation de la fréquence de distribution des aliments est à contrario associée à une réduction des niveaux de poussière. Si la distribution d'aliment augmente l'activité des animaux et conduit à des pics de poussière (Huneau - Salaün et al, 2012), des distributions plus fréquentes diminueraient la période de jeûne et permettraient de limiter l'excitation des oiseaux au moment de la distribution.

Dans les systèmes au sol, les niveaux de poussière augmentent avec l'âge des animaux. Ceci est vraisemblablement lié à une accumulation de poussières sédimentées au cours du temps, le nettoyage de la salle d'élevage étant plus difficile en présence des poules. Les poussières sédimentées peuvent être remises en suspension par les mouvements d'air des animaux et des interventions de l'éleveur. Ce phénomène est d'autant plus marqué que l'air est sec et chaud (Gustafsson, 2006) ce qui peut expliquer que le taux de poussières augmente avec la température dans ces élevages. L'ajout de litière en cours de bande est

associé à une détérioration de la qualité de l'air : il est probable que la couche de litière soit plus importante dans ces élevages mais cette pratique demeure très rare.

Le faible nombre de volières n'a pas permis de conduire une analyse aussi poussée des facteurs influençant les niveaux de poussières ambiantes. Dans l'étude suédoise de Nimmermark et al. (2009), la concentration en poussières dans l'air des volières était plus de trois fois inférieure à celle observée dans les élevages au sol. Ce résultat tendrait à prouver que la qualité de l'air obtenue dans nos volières peut être améliorée. Ce système étant encore peu développé en France, une marge de progrès est probablement envisageable.

Partie 2 : Exposition individuelle aux poussières et santé des éleveurs

1. Résultats

1.1. Caractéristiques et santé des éleveurs

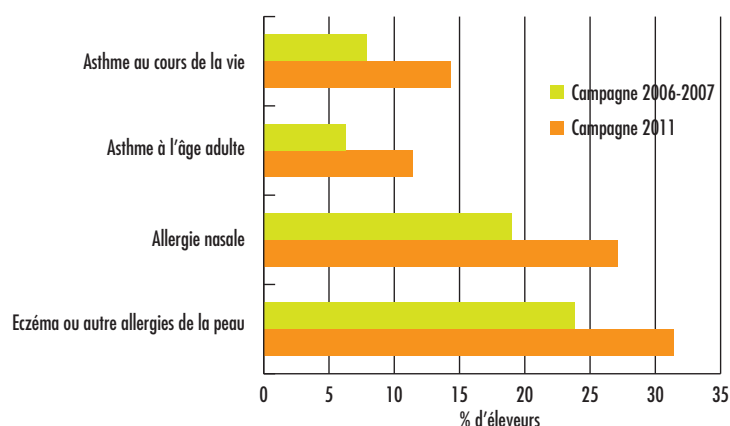
Les caractéristiques générales des éleveurs inclus lors de la campagne 2011 sont présentées dans le tableau 5. La majorité sont des hommes âgés en moyenne de 47 ans, les quelques éleveurs en volière sont en moyenne un peu plus jeunes. Dix-sept pourcent sont fumeurs contre 24 % lors de la campagne 2006-2007. 56 % pratiquent une activité sportive contre 48 % lors de la campagne précédente. Au niveau professionnel, même si des différences sont observées selon le type d'élevage, ce sont surtout des exploitants avec une forte ancienneté professionnelle dans le domaine agricole.

■ Tableau 5 — Caractéristiques des éleveurs (campagne 2011).

	Cage (n=32)	Sol (n=32)	Volière (n=6)	Total (n=70)
Age (moyenne (écart-type))	47,6 (7,5)	47,8 (8,0)	43,5 (10,6)	47,3 (8,0)
Sexe (n (%))				
- hommes	26(81,3)	13(40,6)	3(50,0)	42 (60)
- femmes	6(18,7)	19(59,4)	3(50,0)	28 (40)
Tabagisme (n (%))				
- fumeurs	5(15,6)	6(18,8)	1(16,7)	12 (17,1)
- ex-fumeurs	4(12,5)	7 (21,9)	0(0,0)	11 (15,7)
- non-fumeurs	23(71,9)	19 (59,4)	5(83,3)	47 (67,1)
Loisirs sportifs (n (%))	18 (56,3)	19 (59,4)	2 (33,3)	39 (55,7)
Statut professionnel (n (%))				
- exploitant	23(71,9)	29(90,6)	3(50,0)	55 (78,6)
- salarié	9(28,1)	3(9,4)	3(50,0)	15 (21,4)
Activités uniquement agricoles* (n (%))	10 (31,3)	11 (34,4)	3(50,0)	24 (34,3)
Nombre d'année (moyenne (écart-type))				
- total dans l'agriculture	23,2 (10,4)	22,5 (9,1)	20,5 (12,8)	22,7 (9,9)
- Dans l'élevage actuel	19,7 (10,1)	17,2 (8,3)	13,0 (14,2)	18,0 (9,8)

* au cours de la vie

■ Figure 3 – Prévalences des maladies allergiques au cours des deux campagnes.



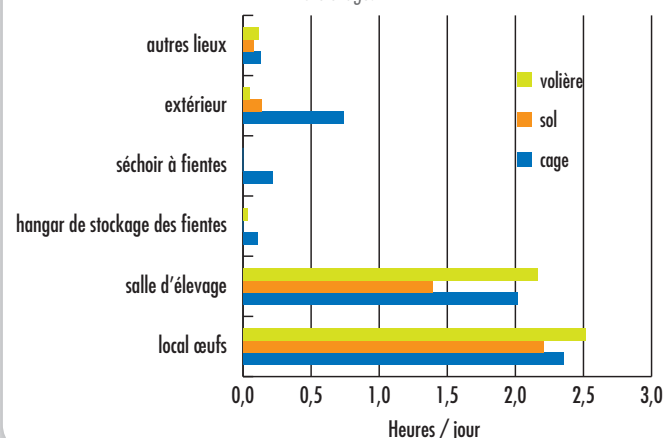
Les examens médicaux de 2006-2007 et de 2011 font clairement apparaître une augmentation de la fréquence des maladies allergiques, notamment de l'asthme, entre les deux périodes (Figure 3). En 2011, 5 nouveaux professionnels se plaignent d'asthme. Par contre, on constate une tendance à la diminution de certains symptômes respiratoires (comme les expectorations) entre les deux phases de l'étude. En 2011, 7,1 % des éleveurs souffrent de toux, 4,3 % d'expectorations, 13 % de sifflements et 14,3 % d'essoufflements lors d'efforts intenses. Ces chiffres en 2006-2007 étaient respectivement de 7,9 %, 9,5 %, 13 % et 22 %. De même, concernant la fonction pulmonaire, une tendance à une légère augmentation des différents indices standardisés sur la taille, l'âge et le sexe est observée entre les deux phases. En revanche, le pourcentage de professionnels ressentant des symptômes lors de manipulations (végétaux, animaux, déjections, produits) lors du travail passe de 60 % à 66 %, les ennuis les plus fréquents étant les éternuements, la toux, suivis des gênes respiratoires et sont davantage observés en cas de présence de maladies allergiques. Les effectifs relativement faibles ne permettent pas de comparer les prévalences de maladies en fonction des systèmes d'élevage. Pour les indices de la fonction pulmonaire, les valeurs ne sont pas différentes selon les systèmes d'élevage.

1.2. Activités et exposition des éleveurs

L'étude des BETA sur les deux campagnes (417 journées de travail), montre que le temps journalier moyen passé dans l'élevage est de 5 heures en cage, 4 heures 50 minutes en volière et 3 heures 50 minutes au sol. Les professionnels travaillent principalement dans le local œufs et la salle d'élevage, les activités étant très diversifiées dans cette dernière, particulièrement au sol (figure 4). La plus pratiquée de ces activités est le ramassage manuel (œufs et/ou poules des mortes) quel que soit le type d'élevage (30 à 70 min en moyenne par jour). Le temps consacré aux contrôles y est également important particulièrement dans les élevages en cage, de même pour le travail sur les fientes dans les élevages en cage et en volière.

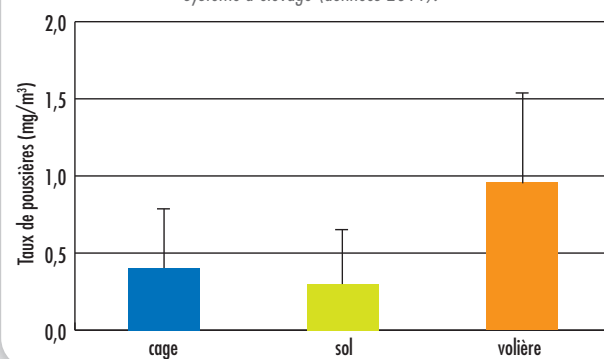
À la fin de chacune de ces journées de travail, les professionnels ont renseigné le port du masque (sans spécification du type) : 2 % déclarent l'avoir porté en permanence durant la journée en 2011 contre 5 % en 2006-2007 ; 35 % déclarent ne jamais l'avoir porté durant la journée contre 24 % en 2006-2007.

■ Figure 4 – Temps moyens passés dans les différents lieux de travail en fonction du système d'élevage.



L'exposition personnelle aux poussières alvéolaires, mesurée en 2011 est présentée dans la figure 5. Cette exposition est nettement plus élevée dans les volières que dans les deux autres types d'élevage (3 fois plus qu'au sol, plus de 2 fois plus qu'en cage). Au sol et en volière, ces concentrations personnelles, ne sont pas en moyenne différentes de celles mesurées dans l'ambiance des bâtiments. Par contre, en cage, les concentrations personnelles sont près de trois fois plus élevées en moyenne que celles dans l'ambiance. Ce constat était déjà observé en 2006-2007. En cage, toujours, les concentrations de poussières sont plus élevées en 2011 qu'en 2006-2007, et particulièrement les concentrations personnelles (0,402 mg/m³ vs 0,234 mg/m³) qui sont désormais plus élevées que celles mesurées dans les élevages au sol (0,297 mg/m³ en 2011 vs 0,299 mg/m³ en 2006-2007). Ce dernier résultat pourrait être lié au développement des cages aménagées entre les deux campagnes.

■ Figure 5 – Concentrations moyennes en poussières alvéolaires personnelles selon le système d'élevage (données 2011).



1.3. Liens entre exposition et santé des éleveurs

Les liens entre santé respiratoire et indicateur d'exposition moyenne personnelle ont été étudiés dans des modèles statistiques mêlant les données sanitaires des deux campagnes (en tenant compte de la corrélation des réponses d'un même professionnel lors des deux campagnes). Dans ce modèle, il a été tenu compte de l'âge, du sexe, du tabagisme, de l'ancienneté professionnelle dans le milieu agricole, des maladies allergiques (variables d'ajustement, connue pour avoir une influence sur la santé respiratoire). Les résultats montrent que les risques de souffrir de toux (le jour ou la nuit, ou de manière chronique), de sifflements, d'essoufflements au repos augmentent de manière significative avec l'exposition aux poussières personnelles (quel que soit le système d'élevage) (tableau 6).

■ Tableau 6 – Augmentation du risque de symptômes pour une augmentation de 0,1 mg/m³ de poussières personnelles.

Symptômes respiratoires	Augmentation du risque
Toux le jour ou la nuit	+ 16 %
Toux chronique	+ 12 %
Sifflements*	+ 54 %
Essoufflements au repos	+ 6 %

*risque chez les éleveurs avec moins de 22 ans d'ancienneté

L'asthme et les allergies nasales ne sont pas significativement liés aux poussières, par contre ils sont associés à un certain nombre de symptômes respiratoires comme la toux, les expectorations, les sifflements, tout comme le tabagisme.

Concernant la fonction respiratoire, un lien significatif entre l'exposition et la capacité vitale forcée est observé en phase 1 uniquement, et chez les femmes on observe une diminution (à la limite de la signification) des débits dans les petites bronches (DEM25, et DEM médian) en relation avec l'exposition. Par contre pour tous les indices, une baisse significative de la fonction respiratoire est observée chez les professionnels souffrant d'allergies. Le tabagisme affecte aussi la fonction à travers certains indices caractérisant le fonctionnement des petites bronches.

2. Discussion

Le projet AIRPOUL a permis d'évaluer en détail l'état de santé d'éleveurs de poules pondeuses, et pour la plupart des éleveurs, deux évaluations à 3 ans d'intervalle ont pu être conduites. Les faibles effectifs rendent difficile les comparaisons de prévalences d'affections respiratoires entre les systèmes d'élevage. Ceci est possible pour les valeurs des indices caractérisant la fonction pulmonaire, mais aucune différence n'est observée. Des études antérieures canadiennes avaient montré une baisse de la fonction respiratoire chez des éleveurs élevant leurs poules en cage (n = 122) en comparaison avec des éleveurs ayant leurs poules au sol (n = 181), baisse significative après ajustement sur l'âge, le sexe, le tabagisme (Kiryck et al., 2003). Par contre, pour les symptômes respiratoires chroniques, les comparaisons avec des données en population générale française montrent lors des deux campagnes que les fréquences de certains symptômes sont plus élevées, chez les éleveurs, confirmant ce qui est déjà bien connu (Kogevinas et al., 1999 ; Omland, 2002 ; Huchon et al., 2002).

Un des objectifs important de cette étude était d'étudier les liens entre santé respiratoire et exposition personnelle aux poussières à moyen terme. Cet objectif a été affecté par des évolutions entre les deux campagnes :

- des évolutions « positives » de certains comportements : baisse du tabagisme et augmentation des pratiques sportives, qui explique sans doute en grande partie les baisses de prévalences de certains symptômes respiratoires. Par ailleurs, il ne peut être écarté le fait que les éleveurs aient été sensibilisés à la problématique santé/poussières et plus généralement santé depuis leur inclusion en 2006 dans cette étude. Cette sensibilisation pouvant se traduire par divers comportements protecteurs (les résultats sur le port du masque durant les journées étudiées ne vont cependant pas dans ce sens).

- des évolutions « négatives » de certains paramètres de santé : augmentation des prévalences de maladies allergiques, maladies dont certains symptômes peuvent recouper ceux d'affections respiratoires non allergiques (par exemple la toux).

Ces évolutions n'ont pas permis d'étudier les relations entre l'exposition aux poussières et les nouveaux événements de santé survenus entre les deux campagnes. En revanche, l'analyse globale des données recueillies permet d'augmenter la puissance statistique de l'étude et ainsi, le risque de certains symptômes apparaît bien augmenté avec les niveaux de poussières personnelles, parmi lesquels la toux chronique. Ce symptôme présente un risque d'évolution vers la bronchite chronique obstructive bien caractérisée chez les professionnels de l'élevage (Omland, 2002 ; Guillaum et 2007). Les résultats sont moins nets pour la détérioration de la fonction respiratoire, pour laquelle d'autres travaux ont mis en évidence une relation dose réponse avec les niveaux de poussières chez les aviculteurs mais aussi les porchers (Donham et 1995 ; Donham et 2000). Le tabagisme est ici associé à des risques plus élevés de symptômes respiratoires et de détérioration de la fonction pulmonaire, ce qui est en cohérence avec ce qui a déjà été amplement montré. De plus, dans cette étude, les risques de symptômes respiratoires et détérioration de la fonction pulmonaire apparaissent bien significativement augmentés en présence de maladies allergiques, asthme et allergie nasale. La problématique des allergies dans le milieu avicole est bien connue et des substances « asthmatogènes » ont été décrites, notamment les acariens de stockage (revue par le HSE en 2002). Il est aussi admis que les poussières dans ces élevages agissent sur la santé par divers mécanismes (allergiques, inflammatoires). Lors de la première campagne, des tests de sensibilisation à des allergènes avaient été effectués (Guillaum et 2013). Vingt-cinq pourcent des professionnels étaient sensibilisés (i.e. atopiques) à au moins un des allergènes testés (acariens des maisons, chat, chien, graminées, *aspergillus*, *alternaria*, *cladosporium*), parmi eux 21 % étaient sensibilisés aux acariens dits de maison, les acariens de stockage n'ayant pas été inclus. L'augmentation des affections allergiques, dont l'asthme mais aussi les allergies nasales, entre les deux phases est conséquente et nécessiterait des approfondissements. En effet, les tests allergiques cutanés n'ont pas été refaits lors de la deuxième campagne, et ainsi les données analysées reposent uniquement sur du déclaratif ce qui constitue une des limites de l'étude. Une autre limite est constituée par les faibles effectifs d'éleveurs, effectifs insuffisants pour des comparaisons entre système d'élevage.

Conclusion

Le système de logement des poules a un fort impact sur la teneur en poussières de l'air, celle-ci étant plus élevée dans les élevages au sol et dans les volières.

Dans les élevages en cages, le passage aux cages aménagées, plus grandes que les cages conventionnelles, favorise la mobilité des poules et donc la

mise en suspension des poussières. Il semble alors important de limiter au maximum les sources de perturbation des oiseaux. Dans les poulaillers au sol, limiter l'apport de substrat et pratiquer un nettoyage adéquat et régulier par aspiration en cours de bande pourraient contribuer à limiter cet empoussièrément.

L'exposition individuelle des éleveurs varie selon le type d'élevage et confirme les effets délétères des poussières d'élevages sur la santé des éleveurs. Les prévalences de symptômes respiratoires sont élevées, par rapport à celles observées dans la population générale. Plus l'exposition aux poussières est élevée, plus les symptômes respiratoires sont présents. Les prévalences d'affections allergiques sont également importantes, et ont augmenté entre les deux phases de l'étude. Sur cette problématique des relations entre affections allergiques et exposition aux poussières d'élevage, de nouvelles explorations seraient souhaitables dans cette population d'éleveurs.

L'évolution actuelle des élevages vers des systèmes où l'empoussièrément de l'air est plus difficile à maîtriser justifie une sensibilisation accrue des éleveurs aux sources potentielles d'exposition élevée et aux moyens de s'en protéger.

Remerciements

Nous remercions tous les éleveurs et organisations de production qui ont collaboré à cette étude. Nous remercions les médecins et personnels des Mutualités sociales agricoles des Portes d'Armorique et des Portes de Bretagne pour la réalisation des visites médicales. Le projet AIRPOUL a bénéficié du soutien financier de la région BRETAGNE dans sa première phase, puis dans la seconde phase menée par l'Unité Mixte Technologique SANIVOL, de celui du Ministère de l'Agriculture (AAP CAS DAR 10/1006).

Références bibliographiques

Banhazi, T. M., J. Seedorf, M. Laffrique, Rutley D. L. Identification of the risk factors for high airborne particle concentrations in broiler buildings using statistical modelling. *Biosystems Engineering* 2008 101:100-110.

Cambra-Lopez, M., A.J.A. Aarnink, Y. Zhao, S. Calvet and A.G. Torres. Airborne particulate matter from livestock production systems: A review of an air pollution problem. *Environ. Poll.* 2010 158:1-17.

Donham KJ, Reynolds SJ, Whitten P, Merchant JA, Burmeister L, Pependorf WJ. Respiratory dysfunction in swine production facility workers: dose-response relationships of environmental exposures and pulmonary function. *Am J Ind Med.* 1995 Mar;27(3):405-18.

Donham KJ, Cumro D, Reynolds SJ, Merchant JA. *J Occup Environ Med.* 2000 Mar;42(3):260-9.

Ellen, H. H., R. W. Bottcher, E. von Wachenfelt, and H. Takai. Dust levels and control methods in poultry houses. *Journal of Agricultural Safety and Health* 2000 6 (4) 275-282.

Guillam MT, Claude C, Dewitte JD, Michel V, Ségala C. Aérocontaminants et morbidité chez les éleveurs de volaille. *Archives des maladies professionnelles et de l'environnement.* 2007, 68 : 161-168.

Guillam MT, Pédrone G, Le Bouquin S, Huneau A, Gaudon J, Leborgne R, Dewitte JD, Ségala C. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 2013, vol 20, n°2, 298-302.

Guinebretière M., Huonnic D., Huneau-Salaün A. & Michel V., 2011 *Neuvièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, France.*

HSE (Health and Safety Executive UK) 2002. Statement of evidence. Respiratory hazards of poultry dust. <http://www.hse.gov.uk/pubns/web40.pdf>

Huchon G, Vergnenegre A, Neukirch F, et al. Chronic bronchitis among French adults: high prevalence and underdiagnosis. *Eur Respir J.* 2002; 20: 806-812.

Huneau-Salaün, A., N. Rousset, L. Balaine, N. Homo, C. Aubert, and S. Le Bouquin.. Daily variations of dust concentration in the air of poultry houses for laying hens. 2012, *Proc. Emission of gas and Dust from Livestock, Saint malo, France.*

Just, N., Duchaine, C., Singh, B. An aerobiological perspective of dust in cage-housed and floor-housed poultry operations. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 2009 4:13.

Kilpinen, O., A. Roepstorff, A. Permin, G. NorgaardNielsen, L. G. Lawson, and H. B. Simonsen. Influence of *Dermanyssus gallinae* and *Ascaridia galli* infections on behaviour and health of laying hens (*Gallus gallus domesticus*) *Br. Poult. Sci.* 2005 46:26-34.

Kirychuk S, Senthiselvan A, et al. Respiratory symptoms and lung function in poultry confinement workers in Western Canada. *Can Respir J* 2003; 10:375-380.

Kogevinas M, Antó JM, Sunyer J, Tobias A, Kromhout H, Burney P. Occupational asthma in Europe and other industrialised areas: a population-based study. European Community Respiratory Health Survey Study Group. *Lancet* 1999; May 22; 353(9166):1750-4.

Nimmermark, S., V. Lund, G. Gustafsson, and W. Eduard. Ammonia, dust and bacteria in welfare-oriented systems for laying hens. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 2009 16:103-113.

Omland Ø.. Exposure and respiratory health in farming in temperate zones-a review of the literature. *Ann Agric Environ Med.* 2002;9(2):119-36.

Preller L, Kromhout H, Heederik D, Tielen M. Modeling long-term average exposure in occupational exposure-response analysis. *Scand J Work Environ Health* 1995; 21:504-512.

Radon, K., Weber, C., Iversen, M., Pedersen, S., Nowak, D., Exposure assessment and lung function in pig and poultry farmers - *Occupational Environmental Medicine* 2001; 58 (405-410).

Radon, K., B. Danuser, M. Iversen, E. Monso, C. Weber, J. Hartung, K. J. Donham, U. Palmgren, Nowak, D. Air contaminants in different European farming environments. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 2002 9:41-48.

Riffard, C. Les élevages de poules pondeuses en France en 2008. Etat des lieux et perspectives d'évolution. 2011. Proc. 9èmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, France

Seedorf, J., J. Hartung, M. Schröder, K. H. Linkert, V. R. Phillips, M. R. Holden, R. W. Sneath, J. L. Short, R. P. White, L. J. Pedersen, H. Takai, J. O. Johnsen, J. H. M. Metz, P. W. G. Groot Koerkamp, G. H. Uenk, and C. M. Wathes, Concentrations and emissions of airborne endotoxins and microorganisms in livestock buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research* 1998 70:97-109.

Takai, H., S. Pedersen, J. O. Johnsen, J. H. M. Metz, P. W. G. Groot Koerkamp, G. H. Uenk, V. R. Phillips, M. R. Holden, R. W. Sneath, J. L. Short, R. P. White, J. Hartung, J. Seedorf, M. Schröder, K. H. Linkert, and C. M. Wathes Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research* 1998 70:59-77.

Vogelzang J, Van der Gulden J, Folgering H, Kolk J, Heederik D, Preller L, Tielen M, Van Schayck C. Endotoxin exposure as a major determinant of lung function decline in pig farmers. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 157:15.

6^{ème} Jeudis de la WPSA

(Epi)génétique, nutrition, environnement : mode d'emploi

27 mars 2013 – Agrocampus Ouest – RENNES

Renseignements et inscriptions :

WPSA France - BP 5 - 37380 Nouzilly, Tél : 02 47 42 79 98 - wpsafrance@tours.inra.fr