

CONCENTRATION EN POUSSIÈRES ALVÉOLAIRES DANS L'AIR AMBIANT ET EXPOSITION DES TRAVAILLEURS EN BATIMENTS D'ELEVAGE DE POULET DE CHAIR LORS DE TÂCHES SPECIFIQUES

Nathalie Rousset¹, Coline Brame², Pascal Galliot¹, Anne-Catherine Cleuziou¹, Guillaume Goizin², Mélynda Hassouna³, et Adeline Huneau-Salaün⁴

¹ ITAVI Antenne Ouest – 41 rue de Beaucemaine – 22440 PLOUFRAGAN

² CRAB – 4 avenue du Chalutier Sans Pitié BP 10540 – 22195 PLERIN CEDEX

³ UMR INRA/Agrocampus 1069 SAS – 65 rue de St-Brieuc CS 84215 – 35042 RENNES CEDEX

⁴ ANSES Laboratoire de Ploufragan-Plouzané – BP 53 – 22440 PLOUFRAGAN

rousset@itavi.asso.fr

RÉSUMÉ

L'exposition des travailleurs avicoles aux poussières et aux gaz est un élément important à considérer au regard de la protection de leur santé. Une étude a été conduite afin de caractériser la qualité de l'air ambiant et l'exposition des éleveurs de poulets de chair aux poussières alvéolaires (diamètre < 5µm), à l'ammoniac et au dioxyde de carbone, durant des tâches spécifiques de leur activité : la surveillance en fin de bande (FDB), le ramassage (RAM), le curage du fumier (CUR), et le paillage du bâtiment (PAIL). Vingt-et-un éleveurs de poulets de chair standard ont été recrutés. Entre mai 2015 et juin 2016, 123 campagnes de mesures ont été réalisées, permettant le suivi de 31 FDB, 34 RAM, 27 CUR et 31 PAIL. Le niveau d'exposition aux poussières alvéolaires (PEXPO) a été mesuré à l'aide d'un capteur CIP10 (TECORA®) porté par l'éleveur au niveau des voies respiratoires. Le taux de poussières alvéolaires dans l'ambiance du bâtiment (PAMB) a été mesuré via un second capteur placé en un point fixe du bâtiment (1,7 à 2 m de hauteur environ). Les PAMB et les PEXPO sont significativement différents dans les quatre types de tâches ($p < 0,05$), et sont corrélés entre eux. Pour les tâches FDB, PAIL, RAM et CUR, les PAMB moyens s'élèvent respectivement à 1,6 mg/m³, 1,4 mg/m³, 0,3 mg/m³ et 0,3 mg/m³. Les PEXPO moyens s'élèvent respectivement à 1,1 mg/m³, 3,1 mg/m³, 0,6 mg/m³ et 0,3 mg/m³. Bien que les PAMB et PEXPO dépassent rarement la valeur limite d'exposition professionnelle sur 8 heures (5 mg/m³) établie pour les poussières dites « réputées sans effet spécifique », il semble important de recommander le port d'un masque respiratoire adapté (de type FFP2) durant les PAIL, et FDB, ainsi que durant les RAM, tâches particulièrement exposantes.

ABSTRACT

Dust concentrations, and dust exposure of workers in the air of poultry houses during specific “working task”.

Dust and ammonia exposure of poultry workers is an important consideration in relation to the protection of their health. A study was conducted to characterize the quality of ambient air and respirable dust, ammonia and carbon dioxide exposure of poultry workers, during specific tasks: inspection of animals (FDB), catching birds (RAM), the manure disposal (CUR), and litter distribution in the building (PAIL). Twenty-one farmers rearing standard broiler were recruited. 123 measurement campaigns were conducted (between May 2015 and June 2016), enabling the monitoring of 31 FDB, 34 RAM, 27 and 31 CUR PAIL. The exposure to respirable dust (PEXPO) was measured using a captor CIP10 (TECORA®) carried by the worker at level of the respiratory tract. The ambient respirable dust concentration (PAMB) was measured at a fixed point of the building (1.7 m in height approximately). The PAMB and PEXPO are significantly different in the four types of tasks ($p < 0.05$), and are correlated. During FDB, PAIL, RAM and CUR, the means PAMB were respectively 1.6 mg / m³, 1.4 mg / m³, 0.3 mg / m³ and 0.3 mg / m³. Means PEXPO were respectively 1.1 mg / m³, 3.1 mg / m³, 0.6 mg / m³ and 0.3 mg / m³. Although the PAMB and PEXPO rarely exceeded the limit threshold for occupational exposure over 8 hours (5 mg / m³) established for dust so-called "deemed no specific effect", it seems important to recommend the wearing of appropriate respiratory mask (FFP2 type) during PAIL, and FDB and in the RAM.

INTRODUCTION

L'air des bâtiments avicoles respiré par les travailleurs, est constitué d'un mélange complexe de particules organiques et inorganiques (résidus de litière, d'aliments, de plumes, de fientes) vectrices de biocontaminants (virus, bactéries, endotoxines), et de gaz (ammoniac, dioxyde de carbone, monoxyde de carbone) (Cambra-Lopez *et al.*, 2010 ; Radon *et al.*, 2002).

L'exposition des travailleurs avicoles aux polluants aériens est un élément important à considérer au regard de la protection de leur santé. Les liens entre ces expositions et la prévalence accrue des symptômes respiratoires, ainsi qu'une évolution défavorable de la fonction pulmonaire ont été largement étudiés chez les ouvriers agricoles, notamment en aviculture (Donham *et al.*, 2002 ; Gérault *et al.*, 2003 ; Guillam *et al.*, 2013).

Les troubles respiratoires peuvent devenir une source de gêne importante dans le travail quotidien, obligeant les personnes affectées à éviter certaines tâches à risque, voir à changer d'activité professionnelle. Des masques de protection individuels existent mais leur inconfort induit une faible utilisation en élevage (Gérault *et al.*, 2003). Afin de préserver l'attractivité du métier d'aviculteur, et pérenniser les filières avicoles, il semble donc important de renforcer la prévention des risques professionnels liés aux expositions aériennes.

Dans ce contexte, une étude a été conduite afin de caractériser la qualité de l'air ambiant et l'exposition des éleveurs de poulets de chair, aux poussières alvéolaires, à l'ammoniac et au dioxyde de carbone, durant des tâches spécifiques de leur activité a priori très exposantes : la surveillance en fin de bande (FDB), le ramassage (RAM), le curage du fumier (CUR), et le primo-paillage du bâtiment (PAIL).

1 MATERIEL ET METHODE

1.1 Echantillon d'élevages suivis

L'étude a été conduite dans vingt-et-un élevages de poulets de chair standard. Ces élevages ont été construits entre 1962 pour les plus anciens et 2012 pour les plus récents. Ils sont constitués de 1 à 4 sites, comprenant 2 bâtiments en moyenne par site (de 1 à 4 bâtiments par site). La surface totale moyenne des bâtiments est de 3 400 m².

Les campagnes de mesures ont été réalisées au final sur 28 sites d'élevages différents et 49 bâtiments datant de 25 ans en moyenne (2 à 41 ans), et d'une surface de 1200 m² en moyenne (980 à 1800 m²).

Quarante-huit bâtiments sont équipés d'une ventilation dynamique, un bâtiment est équipé d'une ventilation statique avec possibilité d'extraction dynamique de l'air en pignon. Deux bâtiments disposent d'un éclairage par lumière naturelle, les autres sont des bâtiments obscurs avec

éclairage artificiel. Quatre bâtiments sont équipés d'un sol bétonné, les autres ont un sol en terre battue.

Seuls 20 bâtiments sont dépoussiérés systématiquement lors des opérations de nettoyage et désinfection après la sortie des animaux. Néanmoins le petit matériel (trémie d'alimentation, assiettes...) est lavé pour la plupart des bâtiments (47/49).

123 campagnes de mesures ont été réalisées dans ces élevages (entre mai 2015 et juin 2016), permettant le suivi de 31 tâches FDB, 34 tâches RAM, 27 tâches CUR, et 31 tâches PAIL.

1.2 Concentrations en poussières alvéolaires

Les concentrations moyennes en poussières alvéolaires (< 5 µm) sont calculées en mg/m³, selon une méthode de détermination gravimétrique (INRS MetroPol, 2009). Des capteurs CIP10 ((TECORA®) ont été utilisés pour mesurer le niveau d'exposition aux poussières alvéolaires des travailleurs (PEXPO) ainsi que le taux de poussières alvéolaires dans l'ambiance du bâtiment (PAMB). Le CIP10 est constitué d'une pompe aspirant l'air au niveau d'un sélecteur de poussières, avec un débit moyen de 10 l/min, durant toute la durée de la tâche.

PAMB a été mesurée à l'aide d'un capteur suspendu en un point fixe à l'intérieur du bâtiment (environ 1,7 à 2 m de hauteur de façon à ne pas gêner la circulation des véhicules), sur le côté, au milieu de la longueur (en évitant la proximité d'une entrée ou sortie d'air).

PEXPO a été mesurée à l'aide d'un capteur CIP10 (TECORA®) porté par l'éleveur au moyen d'un baudrier permettant de maintenir le capteur au niveau des voies respiratoires.

1.3 Température et hygrométrie durant chaque tâche

La température et l'hygrométrie à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment durant chaque tâche suivie, ont été mesurées à l'aide de deux capteurs KIMO® (boîtier enregistreur KTH 350 équipé d'une sonde KTHP-150B). Le capteur intérieur est placé au même endroit que le CIP10 permettant de mesurer le PAMB. Le capteur extérieur est placé à environ 1,5 m de hauteur au niveau du portail d'entrée du bâtiment.

1.4 Concentrations en ammoniac et dioxyde de carbone

Pendant la tâche, quatre mesures de la concentration d'ammoniac (NH₃), et deux mesures de la concentration en dioxyde de carbone (CO₂) dans le bâtiment sont réalisées à hauteur d'homme (environ 1,5 m), à l'aide de tubes réactifs Dräger (tubes NH₃ 5/a : 5-600 ppm et NH₃ 2/a : 2-30 ppm pour les mesures de concentration en ammoniac, et

tubes CO₂ 0,1%/a : 0,1-6 %, pour les mesures de concentration dioxyde de carbone).

1.5 Analyses statistiques

L'association entre les concentrations moyennes en poussières alvéolaires : PAMB et PEXPO, et les paramètres d'élevage durant les tâches, est étudiée au moyen du coefficient de corrélation de Spearman pour les données quantitatives, et d'un test de Student (variables à 2 modalités) ou de Kruskal-Wallis (variables > 2 modalités) pour les variables qualitatives.

2 RESULTATS

2.1 Durée des tâches

Les FDB sont les tâches les plus courtes, avec une durée moyenne de 34 min (de 8 à 66 min). Les RAM sont relativement longues, avec une durée moyenne de 3h 16 min (2h à 5h12 min). Les CUR sont moins longs, avec une durée moyenne de 2h 32 min (40 min à 4h57 min), de même que les PAIL avec une durée moyenne de 1h 48 min (43 min à 3h37 min).

2.2 Activités des éleveurs durant les tâches

Durant les FDB, l'éleveur est présent pratiquement tout le temps dans le bâtiment fermé, en présence des animaux (entre 85 et 100 % du temps). Durant les autres tâches, l'éleveur ne passe pas tout son temps dans le bâtiment. Il passe ainsi en moyenne 37 % de la durée de la tâche à l'extérieur du bâtiment durant les RAM (de 0 à 100 %), 26 % de la durée de la tâche à l'extérieur durant les CUR (de 0 à 64 %), et 20 % de la durée de la tâche à l'extérieur durant les PAIL (0 à 90 %). Cette durée varie en fonction de l'organisation du chantier et des activités réalisées par l'éleveur.

Durant les FDB, son activité principale consiste au ramassage des morts et/ou à la surveillance du comportement des animaux. Quelques activités supplémentaires telles que réparation ou réglage de matériel, la pesée d'animaux, le rajout ponctuel de litière ont par ailleurs été observées.

Durant les autres tâches, l'activité de l'éleveur est plus diversifiée. Lors des RAM, l'éleveur peut participer au ramassage des animaux et/ou au remplissage des caisses, et/ou conduire le véhicule permettant de transférer les caisses du camion au bâtiment. L'éleveur peut également avoir un rôle de coordination des équipes et veiller au bon déroulement du chantier sur tout ou partie de la durée de la tâche. Lors des CUR les activités possibles sont : conduite du véhicule permettant de ramasser le fumier, balayage du bâtiment (manuellement avec une souffleuse, ou mécaniquement avec un engin motorisé muni d'un bras télescopique), dégagement du fumier près des parois du bâtiment à la fourche. Lors des PAIL, il peut occuper différents postes de travail, et

principalement la conduite du tracteur ou pailleuse dans le bâtiment. Il peut également participer à l'étalement de la litière sur tout ou partie du bâtiment (à la main ou mécaniquement avec une faneuse par exemple).

Un enlèvement mécanique a été réalisé pour 7 RAM. Lors des RAM, des éleveurs ont parfois parqué les animaux pour limiter leur agitation, et lorsque le bâtiment en est équipé, un dispositif de lumière bleue a parfois été utilisé dans le même objectif.

2.3 Configuration des bâtiments durant les tâches

Durant les tâches pour lesquels les animaux ne sont plus présents dans le bâtiment, le système de ventilation n'est pas systématiquement en fonctionnement : 41% des CUR et 61 % des PAIL ont été suivis avec la ventilation en fonctionnement. La litière utilisée pour les animaux est essentiellement de la paille broyée. Néanmoins, des cosses de sarrasin (parfois en mélange avec des bouchons de paille), des copeaux de bois, de la paille entière, un mélange de paille broyée et de sciure, ainsi que du miscanthus ont également été utilisés.

Les quantités de litière varient en fonction du type de sol : 0,9 kg/m² en moyenne pour les bâtiments équipés d'un sol bétonné, contre 4,2 kg/m² en moyenne pour les bâtiments équipés de sol en terre battue. Les éleveurs lavent souvent leur bâtiment juste avant le curage, ce qui rend la litière humide durant les CUR.

2.4 Concentrations ambiantes en poussières alvéolaires et expositions des éleveurs

Les PAMB moyens et les PEXPO moyens les plus élevés sont observés pour les tâches FDB et PAIL. Les PEXPO moyens sont par ailleurs plus élevés que les PAMB durant les tâches PAIL et RAM (tableau 1). Des différences significatives entre les quatre types de tâches sont observées pour les PAMB ($p < 0,01$), ainsi que pour les PEXPO ($p < 0,01$).

Une corrélation positive est en outre observée entre les mesures des PAMB et celle des PEXPO ($\rho = 0,68$; $p < 0,01$, test du coefficient de corrélation de Spearman). Cette corrélation significative est également vérifiée durant les FDB ($\rho = 0,79$; $p < 0,01$), CUR ($\rho = 0,63$; $p < 0,01$), et dans une moindre mesure durant RAM ($\rho = 0,35$; $p < 0,01$).

Tableau 1. Concentrations en poussières alvéolaires dans l'ambiance (PAMB) et dans l'air respiré par l'éleveur (PEXPO)

Type de tâche	PAMB* : moyenne (min; max), n= nombre de mesures > LD**	PEXPO* : moyenne (min; max), n= nombre de mesures > LD**
FDB	1,7 (0,0 ; 14,7), 1,1	(0,0 ; 3,0),

	n=26	n=23
RAM	0,3 (0,1 ; 1,2), n=29	0,6 (0,0 ; 2,6), n=30
CUR	0,3 (0,0 ; 1,9), n=21	0,3 (0,0 ; 1,6), n=22
PAIL	1,4 (0,2 ; 5,0), n=30	3,1 (0,0 ; 61,6), n=30

*En mg/m³, ** LD : limite de détection

Les mesures de PAMB sont inversement corrélées aux concentrations moyennes en NH₃ durant la tâche (rho=-0,45 ; p<0,01). L'analyse détaillée par types de tâche confirme cette corrélation uniquement pour les RAM (rho=-0,48 ; p<0,01). De même, en considérant l'ensemble des tâches, une corrélation négative mais modérée est observée entre les mesures de PEXPO et les concentrations moyennes en NH₃ durant la tâche (rho =-0,26 ; p<0,01).

En considérant l'ensemble des tâches, les PAMB moyens sont inversement corrélés à la durée de la tâche (rho=-0,39 ; p<0,01). Il en va de même pour les PEXPO (rho=-0,35 ; p<0,01)

Durant les CUR, la ventilation en fonctionnement, semble permettre une réduction de l'exposition des éleveurs : 0,2 mg/m³ (n=9), vs 0,6 mg/m³ (n=13) (p=0,09), mais aucun effet significatif n'est observé sur les PAMB. A l'inverse, la ventilation en fonctionnement durant les PAIL engendre un PAMB moyen plus élevé : 1,8 mg/m³ (n=17) vs 0,9 mg/m³ (n=12) (p=0,04), cependant aucun effet significatif n'est observé sur les PEXPO.

2.5 Concentration en NH₃ et CO₂

Les concentrations en NH₃ moyennes les plus élevées sont observées pour les FDB (10 ppm), les RAM (9 ppm) et les CUR (8 ppm). La concentration moyenne en NH₃ lors des PAIL est quant à elle beaucoup plus faible (1 ppm) (*tableau 2*).

Les concentrations en CO₂ moyennes les plus élevées sont observées pour les FDB (2100 ppm), puis les RAM (1400 ppm) et dans une moindre mesure les CUR (900 ppm) et les PAIL (700 ppm).

Tableau 2. Concentrations en ammoniac et en dioxyde de carbone

Type de tâche	Concentration en NH ₃ * moyenne (min; max), n= nombre de mesures	Concentration en CO ₂ * moyenne (min; max), n= nombre de mesures
FDB	10 (0 ; 40), n=31	2100 (500 ; 5000), n=31
RAM	9 (1 ; 26), n=34	1400 (500 ; 5000), n=34
CUR	8 (1 ; 20), n=27	900 (0 ; 5000), n=26
PAIL	1 (0 ; 6), n=31	700 (500 ; 5000), n=31

*En ppm, ** LD : limite de détection

DISCUSSION

Le ramassage des poulets constitue une tâche particulièrement exposante vis-à-vis des poussières inhalables (<100 µm) selon Oppliger et al. (2008). Cette observation semble être confirmée ici pour l'exposition aux poussières alvéolaires. Le paillage du bâtiment semble en outre constituer une tâche encore plus exposante vis-à-vis de ces poussières.

Par ailleurs, d'après la revue de Cambra-Lopez et al (2010), les taux de poussières alvéolaires mesurés dans l'ambiance de bâtiment de poulets de chair peuvent varier de 0,10 à 9,71 mg/m³, ce qui semble cohérent avec les mesures réalisées en FDB dans cette étude. On peut noter cependant, que le PAMB moyen durant les FDB est plus de trois fois supérieur à ce qui avait été obtenu par Huneau et al. (2013) en systèmes d'élevage de poules pondeuses alternatifs (au sol ou en volière) (1,7 mg/m³ vs 0,5 ± 0,4 mg/m³). Plusieurs auteurs 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). On peut supposer qu'il en va de même pour les poussières alvéolaires plus fines.

Concernant les paramètres associés aux variations des taux de poussières alvéolaires, plusieurs études ont démontré que la concentration en poussières dans l'air ambiant des poulaillers diminue lorsque l'humidité augmente (Banhazi et al., 2009). Ceci serait lié à une sédimentation plus rapide des poussières qui se chargent en humidité. Or, l'humidité dans les litières est un facteur favorable aux fermentations responsables de la production d'ammoniac dans l'air ambiant (ITAVI, 2001). Dans cette étude, la relation entre le taux d'humidité ambiant et les taux de poussières, n'a pas été démontrée directement. Cependant les corrélations inverses entre les taux d'ammoniac et les taux de poussières pourraient peut-être s'expliquer par un taux d'humidité de la litière plus ou moins important en lien avec le taux d'humidité ambiant du bâtiment.

Par ailleurs, Banhazi et al (2009) soulignent que les effets de la ventilation sur les particules sont relativement complexes. Ainsi, des taux de ventilation élevés peuvent engendrer des turbulences et des vitesses d'air élevées, qui favorisent une mise en suspension des particules fines et ralentissent la sédimentation. Durant les tâches CUR et PAIL, les portails situés en pignon des poulaillers sont généralement ouverts largement, ce qui rend encore plus complexe l'étude des circuits d'air et leurs effets sur les particules.

En outre, l'exposition des éleveurs au NH₃ peut varier de façon importante (Radon et al., 2002) : de moins de 5 ppm jusqu'à 40 ppm. En moyenne, les concentrations d'ammoniac dans l'air ambiant sont

généralement de l'ordre de 15-20 ppm (Wathes *et al.*, 1998). Radon *et al.* (2002) estiment par ailleurs que l'exposition des éleveurs aux CO₂ varie entre 600 et 3 000 ppm (2 100 ppm en moyenne), ce qui paraît cohérent avec les mesures réalisées dans cette étude.

En France, les concentrations en poussières alvéolaires, de l'atmosphère respirée par une personne ne doivent pas dépasser, sur une période de 8 heures, la valeur limite de moyenne d'exposition (VME) de 5 mg/m³ (ces valeurs concernent les poussières dites « réputées sans effet spécifique ») (INRS, 2012). A titre indicatif, on observe 3 mesures de PAMB supérieures ou égales à la VME de 5 mg/m³ (2 mesures durant des FDB, 1 mesure durant un PAIL), ainsi que 1 mesure de PEXPO durant une FDB supérieure ou égale à 5 mg/m³. Néanmoins, l'étude dose-réponse en élevage avicole de Donham *et al.* (2000), montre un déclin de la fonction pulmonaire associé à un niveau d'exposition aux poussières alvéolaires plus faible : 1,6 mg/m³. On observe alors 20 mesures de PAMB supérieures ou égales à ce seuil (9 mesures durant des FDB, 1 mesure durant un CUR et 10 mesures durant des PAIL), ainsi que 21 mesures de PEXPO supérieures ou égales à ce seuil (9 mesures durant des FDB, 2 mesures durant les RAM et 3 mesures durant les CUR, 7 mesures durant des PAIL).

De même que pour les poussières, il existe des VME pour le NH₃ et le CO₂, qui sont respectivement de 10 ppm et 5000 ppm (INRS, 2012). On observe à titre indicatif, 35 tâches durant lesquelles la concentration moyenne en NH₃ est supérieure ou égale à 10 ppm (11 FDB, 14 RAM, 10 CUR), ainsi que 5 tâches (1 FDB, 1 RAM, 1 CUR, 2 PAIL) durant lesquelles la concentration moyenne en CO₂ est supérieure ou égale à 5000 ppm. Par ailleurs, la valeur limite court terme (VLCT) est destinée à protéger des pics d'exposition et est rapportée à une durée de 15 min. Pour les concentrations moyennes de NH₃ mesurées, la VLCT de 20 ppm est dépassée pour 9 tâches suivies (6 FDB, 1 CUR et 2 RAM).

La comparaison des mesures de poussières et de gaz réalisées dans cette étude avec des valeurs seuil réglementaire ou des valeurs de référence établies par des études sur la santé des travailleurs, suggèrent que les expositions des éleveurs durant

les tâches étudiées ici peuvent être élevées même si elles sont de courte durée.

CONCLUSION

La définition d'une tâche de travail n'est pas chose aisée, et varie de façon importante d'un éleveur à l'autre, étant donné que chacun adopte des stratégies d'organisation du travail qui lui sont propres. Ces stratégies d'organisation dépendent des activités à mener à bien sur l'exploitation en globalité. Les tâches suivies dans cette étude excluent donc parfois une partie des activités réelles de l'éleveur lorsque celles-ci ont lieu par exemple la veille. La comparaison des mesures d'empoussièrement et de concentrations en NH₃ et CO₂ réalisées pour un même type de tâche n'est donc pas évidente.

Bien que les niveaux d'empoussièrement ambiant et d'exposition des éleveurs aux poussières alvéolaires, dépassent rarement la VME sur 8 heures, il est utile de rappeler que ce seuil concerne les poussières « inertes » dites « réputées sans effet spécifique ». Or, les poussières issues d'élevages avicoles peuvent contenir des agents actifs biologiquement (bactéries, endotoxines...). Il nous semble donc important de recommander le port d'un masque respiratoire adapté (de type FFP2) particulièrement durant les tâches de paillage et les visites de surveillance de fin de bande, ainsi que durant les ramassages, d'autant plus que les mesures réalisées sous-estiment sans doute dans certains cas la réalité de l'exposition de l'éleveur durant la tâche.

REMERCIEMENTS

Cette étude pilotée par la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne a été réalisée en association avec l'UMT SANIVOL. Les travaux ont été réalisés grâce à un soutien financier du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt via la contribution du compte d'affectation spécial « développement agricole et rural », et du Comité Interprofessionnel du Poulet de chair. Les auteurs remercient l'ensemble des éleveurs ayant participé.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Cambrá-Lopez M., Aarnink A.J.A., Zhao Y., Calvet S., Torres A.G., 2010. *Environmental Pollution*, 158: 1-17.
- Banhazi T.M., Currie E., Quartarano M. et Aarnink A.J.A., 2009. In *Sustainable Animal Production* (A. Aland and F. Madec Edit.), pp 496.
- Donham KJ, Cumro D, Reynolds S., 2002. *J Agromedicine*, 8 (2) :57-76.
- Gérault P., Dewitte J-D., Jourden L., 2003. Cinquièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, mars 2013.
- Guillam MT, Pédrone G, Le Bouquin S, Huneau A, Gaudon J, Leborgne R, Dewitte JD, Ségala C., 2013. *Ann Agric Environ Med.*, 20(2): 307-11.
- Radon K., Danuser B., Iversen M., Monso E., Weber C., Hartung J., Donham K J., Palmgren U., Nowak D., 2002. *Ann Agric Environ Med*, 9, 41-48.

INRS, 2012. Brochure (INRS édit.) pp 23.

INRS MétroPol, 2009. Fiche 085/V01 (INRS édit) pp10

ITAVI, 2001. Sciences et techniques Avicoles Hors-Série 2001, 20-24.

Huneau-Salaün A., Rousset N., Homo N., Balaine L., Aubert C., Le Bouquin S. Dixièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, La Rochelle, mars 2013.

Ellen H.H., Bottcher R.W., von Wachenfelt E., Takai H., 2000. Journal of Agricultural Safety and Health 6 (4), 275-282.

Seedorf, J., Hartung J., Schröder M., Linkert K.H., Phillips V.R., Holden M.R., Sneath R.W., Short J.L., White R.P., Pedersen L.J., Takai H., Johnsen J.O., Metz J.H.M., Groot Koerkamp P.W.G., Uenk G.H., Wathes C.M., 1998. Journal of Agricultural Engineering Research 70, 97-109.