

# Facteurs d'Emission de particules en poulet de chair

Nicolas Génot (1), Vincent Blazy (2), Pascal Galliot (2), Julie Deruwez (3), Emma Desdouet (3), Melynda Hassouna (4)

- (1) Chambre Régionale d'agriculture de Bretagne
- (2) ITAVI
- (3) Chambre Régionale d'agriculture des Pays de la Loire
- (4) INRAE UMR SAS

Les élevages de poulets de chair émettent des particules qui peuvent avoir un impact sur la santé des travailleurs des animaux et aussi sur l'environnement. Un suivi d'une trentaine d'élevage a permis de proposer des facteurs d'émissions en poulets de chair. Cette synthèse présente les résultats de cette étude.

## Les différents types de particules

Le terme particule de matière (PM) est utilisé pour qualifier la poussière fine en suspension dans l'air. Il s'agit d'un mélange de différents types de particules qui diffèrent par leurs tailles, formes, composition chimique et densité (Pedersen et *al.*, 2000). Les particules sont catégorisées par leur diamètre bien qu'elles ne soient pas forcément totalement sphériques.

- Les particules totales (TSP) correspondent à l'ensemble des particules en suspension dans l'air
- Les particules PM10 sont des particules fines dont le diamètre est inférieur à 10 µm
- Les particules PM2.5 ont un diamètre inférieur à 2,5 µm Etant les plus fines elles sont plus pénétrantes et donc plus nocives que les plus grossières.

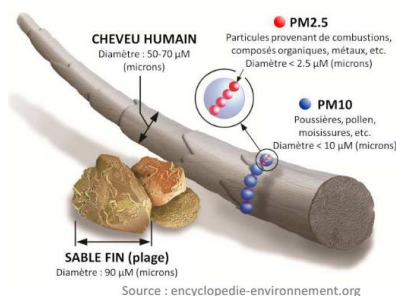


Figure 1 : Repère de taille des particules PM10 et PM2.5

Plus les particules sont fines plus elles sont susceptibles de pénétrer profondément dans l'appareil respiratoire des animaux et des hommes qui les respirent.

### → Origine des particules en élevage

Les sources des particules en suspension dans l'air des bâtiments avicoles sont très variés : plumes, cellules cutanées, fragments d'aliments, litière, fragments de béton mais également bactéries, levures, endotoxines ou champignons.

## Contexte

Pour les ateliers soumis à la réglementation IED (disposant de plus de 40 000 emplacements de volailles), l'outil GEREP (outil de registre et déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets d'élevage avicole, selon l'annexe 1 de l'arrêté du 31 janvier 2008) décline pour la comptabilisation des émissions de particules la méthodologie du guide technique de l'agence européenne de l'environnement pour la réalisation des inventaires d'émission nationaux (l'EMEP/EEAn2019). Ce guide définit les grands principes et les paramètres de calcul par défaut (approche tiers 1, attribuant un facteur d'émission (FE) à un nombre d'emplacements d'animaux) au cas où le pays ne disposerait pas d'informations plus précises et pertinentes (approches tiers 2 et 3). Il est précisé dans le guide que des données supplémentaires d'émissions de particules sont nécessaires pour mieux apprécier des taux moyens et leur variabilité.

À ce jour, la France ne dispose pas de telles informations et se voit contrainte d'appliquer les FE proposés par l'EMEP. La représentativité de ces niveaux d'émissions des élevages nationaux reste donc à démontrer. En production de poulet de chair, le nombre de facteurs d'émissions publiés reste limité (entre un et neuf), et cela pour chacune des fractions considérées (Tableau 1- d'après EMEP, 2019). Cette étude a donc pour objectif de répondre à cette problématique en étudiant les émissions de particules issues d'élevages de poulets de chair. Elle s'inscrit dans le projet PAPOVIT (Particules en élevages de porcs et de volailles et Itinéraires Techniques), et ambitionne l'acquisition de FE en fonction des principaux itinéraires techniques nationaux.

Fraction	Facteurs d'émissions (kg.emplacement <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup> )	Sources
PM2.5	0.002	Roumeliotis and Van Heyst 2007 ; Demmers et al. 2010 ; Modini et al. 2010 ; Roumeliotis et al. 2010 ; Lin et al. 2012 cités dans Winkel et al. 2014
PM10	0.02	Redwine et al. 2002 ; Lacey et al. 2003 ; Roumeliotis and Van Heyst 2007 ; Calvet et al. 2009 ; Demmers et al. 2010 ; Modini et al. 2010 ; Roumeliotis et al. 2010 ; Lin et al. 2012 cités dans Winkel et al. 2015 ; Winkel et al. 2014
TSP	0.04	Winkel et al., 2014

**Tableau 1** : Facteurs d'émissions de l'EMEP 2019 et ses sources

## Matériel et Méthode

### • Description des élevages participants à l'étude

Trente et un bâtiments d'élevage de poulets de chair en claustration du Grand Ouest ont été impliqués dans l'étude. Trois productions principales ont été ciblées dans l'étude : le poulet lourd (22 élevages), le poulet standard (7 élevages) et le poulet export (2 élevages). La surface des ateliers était comprise entre 965 et 2400m<sup>2</sup> avec une moyenne de 1 330 m<sup>2</sup> (+/-317m<sup>2</sup>). Le choix des élevages a été réalisé selon plusieurs modalités techniques susceptibles d'influencer les émissions de particules dont le type de sol, avec 12 élevages sur terre battue et 19 sur béton. En complément, la modalité d'extraction de l'air a aussi été retenue avec 15 bâtiments en extraction haute et 16 en extraction latérale.

### • Protocole de suivi des émissions de particules

Une rapide présentation du protocole de mesure est proposée dans cette partie. Pour plus de détails, il faut se référer à l'article de Lagadec et al. (2020).

Pour chaque élevage, le suivi d'un cycle de production comprenait trois campagnes de mesure d'une durée de 24h comprises entre 4-10j, 14-30j et 25-45j après le démarrage du lot. Le suivi a été réalisé en période chaude (entre mai et septembre) et en période froide (entre décembre et mars).

Les mesures de concentrations en masse et en nombre des TSP, PM10 et PM2.5 sont réalisées au moyen d'un compteur de particules optique (GRIMM 1.109, Grimm Aerosol Technik GmbH&Co. KG, Ainring, Allemagne) équipé d'une sonde radiale isocinétique. En parallèle, une mesure de référence (NF EN 12341) par gravimétrie était réalisée pour mesurer les concentrations moyennes en masse des PM10.

Concernant la mesure du débit de ventilation, la méthode indirecte par bilan CO<sub>2</sub> a été privilégiée (Jacobson et al., 2002). Les concentrations de CO<sub>2</sub> (ambiante et extérieure), la température et l'humidité ambiantes ont été respectivement mesurées à l'aide d'une sonde Vaisala (enregistreur MI70 et sonde GMP 252, Vantaa, Finlande), d'une sonde Kimo (enregistreur KTH 350 et sonde KTHP 150B, Sauermann group, Rennes, France) à l'intérieur de l'élevage et d'un thermo hygromètre à l'extérieur (SL54TH, Signatrol, Tewkesbury, Angleterre). Les données zootechniques ont été collectées à partir de relevés des systèmes de pesée automatiques.



**Figure 2** : Dispositif expérimental de mesure des particules dans le bâtiment

Le dispositif expérimental a été positionné sur une table à une hauteur d'environ 1.10 m (figure 2). Dans le cas des bâtiments en extraction latérale, la table était placée à proximité d'un des ventilateurs d'extraction alors que pour les bâtiments en extraction haute, la table était placée au milieu du bâtiment.

### • Calcul des facteurs d'émissions

Les FE (en  $\text{kg} \cdot \text{emplacement}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ ) calculés dans cette étude ont été obtenus par le produit des concentrations moyennes quotidiennes en particules ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ), des débits moyens quotidiens ( $\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$ ) et le temps de présence moyen des animaux ( $\text{j} \cdot \text{an}^{-1}$ ) tenant compte des durées de vides sanitaires (d'après ITAVI 2020). Finalement, les émissions annuelles selon le temps de présence des animaux sont divisées par le nombre d'animaux présent lors de la mesure.

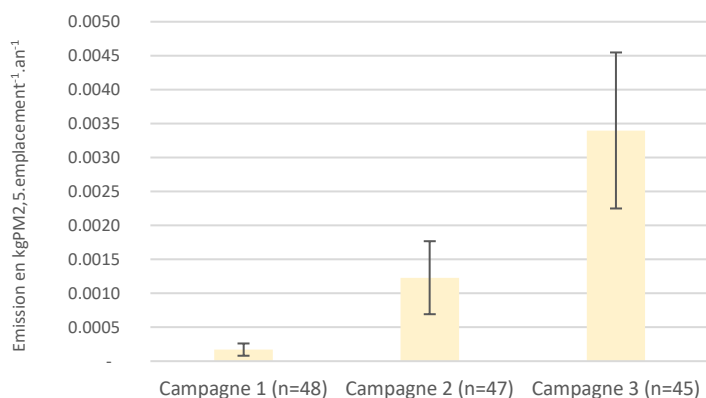
Les FE finaux, présentés dans les résultats, ont été obtenus en réalisant la moyenne arithmétique des FE issus des différentes campagnes de mesures (soit 140 suivis de 24h sur la totalité des élevages).

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

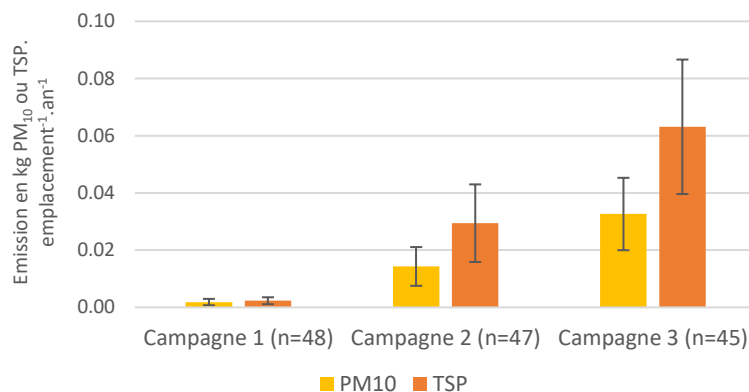
### • Facteur d'émission, incidence de l'avancement du cycle de production

L'incidence de l'avancement du cycle de production sur les FE est notable. Les figures 3.A et 3.B présentent les émissions en PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> et TSP lors des différentes campagnes. Il apparaît que ces dernières croissent avec l'âge des animaux et cela pour les trois fractions. À noter que l'augmentation entre les campagnes 2 et 3 doit être plus importante mais la pratique de détassage (retrait d'un tiers à la moitié des animaux sur le dernier tiers de la durée d'élevage), a concerné près de la moitié des bâtiments suivis (Figure 3). Ce résultat est conforté par de nombreux auteurs qui ont souligné une contribution aux émissions en masses de variables explicatives reliées au temps de présence des animaux dans le bâtiment (âge, poids, quantités de déjection produites et leur état de décomposition...) (Redwine et al., 2002 ; Lacey et al., 2003 ; Winkel et al., 2015).

### 3.A



### 3.B



**Figure 3 :** Émissions de PM<sub>2.5</sub> (A) et de PM<sub>10</sub> et TSP (B) (en  $\text{kg} \cdot \text{place}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ ) selon la période de suivi après le démarrage du lot (campagnes 1, 2 et 3 respectivement comprises entre 4-10j, 14-30j et 25-45j)

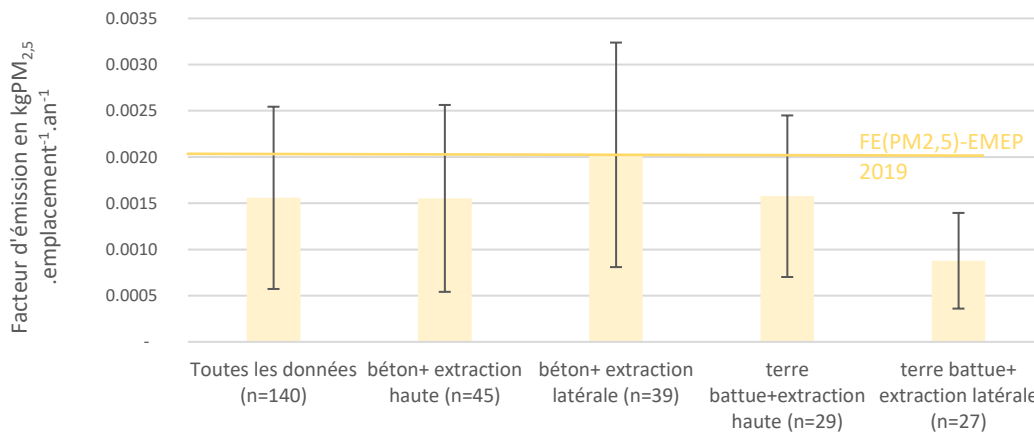
### • Comparaison des facteurs d'émissions aux références européennes

Les moyennes des FE de l'ensemble des suivis réalisés dans le cadre de PAPOVIT (n=140) présentent des valeurs légèrement inférieures à celles de l'EMEP 2019. Cette différence peut s'expliquer par la prise en compte de certains itinéraires techniques (couplant type de sol et point d'extraction) présents uniquement dans cette étude et propres à la filière française. (Figure 4).

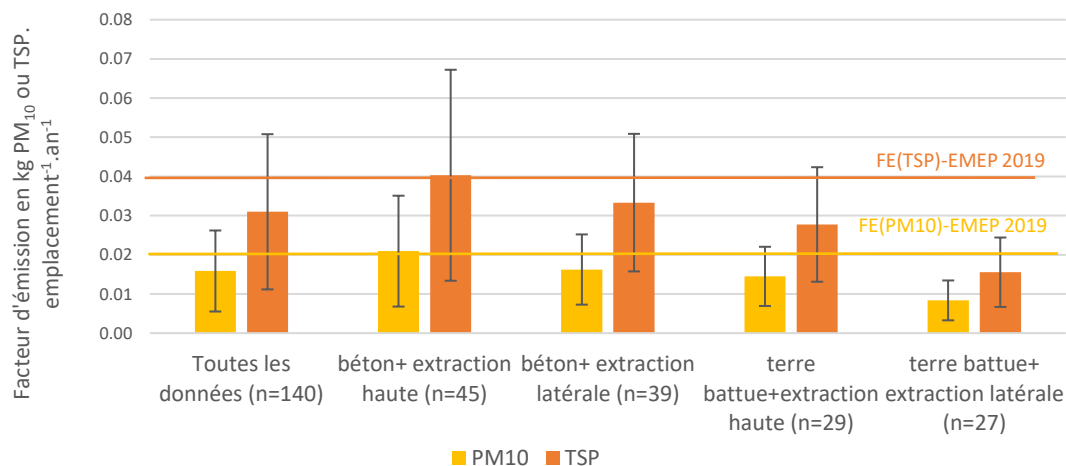
Les bâtiments disposant d'un sol béton présentent des FE très proches (entre +0 et +18% selon la fraction particulaire considérée) de ceux de l'EMEP 2019. À l'inverse, les bâtiments avec un sol en terre battue (spécificité française) disposent de FE inférieurs à ceux de l'EMEP (entre -26 et -38% selon la fraction considérée). L'incidence des types de sols sur les émissions de particules n'avait jamais été étudiée auparavant. Pourtant cette modalité a une incidence sur l'état de la litière (en termes d'humidité et de granulométrie). L'étude plus précise et quantitative de la litière (prélèvements et analyses physico-chimiques) serait judicieuse pour mieux comprendre son rôle sur l'émission de particules.

Concernant le point d'extraction, les bâtiments avec des systèmes latéraux ont tendance à moins émettre. Une diminution entre 0 et 21% est observable sur sol béton et entre 38 et 44% pour les sols en terre battue pour les différentes fractions particulaires (PM<sub>2.5</sub> ; PM<sub>10</sub> et TSP). Kic (2016) précise que le lien entre ventilation et émissions de particules s'est plus souvent concentré sur les débits appliqués que la localisation des points d'extraction. Ainsi, l'effet du taux de ventilation et son incidence sur la dilution des concentrations et l'augmentation des émissions ont été également mis en avant dans plusieurs études (Hinze and Linke, 1998; Redwine et al., 2002 ; Calvet et al., 2010).

## 4.A



## 4.B



**Figure 4 :** Facteurs d'émissions de PM<sub>2.5</sub> (A) et de PM<sub>10</sub> et TSP (B) (en kg.place<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>) selon les combinaisons d'itinéraires techniques de type de sol (béton/ terre battue) et d'extraction (haute/ latérale)

Van Harn et al., (2010) ont étudié l'incidence du matériau de litière (copeaux de bois, ensilage de maïs, paille de blé et paille de colza) sur les émissions de particules sans distinguer d'écarts notables. Dans notre étude, la répartition déséquilibrée de l'échantillon (surreprésentation de l'effectif de paille broyée) ne permet pas d'arriver à de telles conclusions. Toutefois, peu d'écarts d'émissions de particules ont été observés entre la paille broyée, les cosses de sarrasin et un mélange de granulés et copeaux.

Enfin, l'activité animale est un déterminant qui n'a pas été intégré à cette étude. Pourtant en faisant d'abord le lien avec l'incidence du programme lumineux (Calvet et al., 2009), il semblerait que ce paramètre joue un rôle prépondérant dans les émissions de particules. Fernandez et al. (2019) ont construit un modèle expliquant 51% de la variation quotidienne de la concentration en particules par l'activité animale et le taux de ventilation. Cette piste doit être davantage investiguée afin d'expliquer la variabilité intra-élevage observée dans nos travaux et la bibliographie.

## CONCLUSION

Cette étude a permis de réaliser 140 campagnes de mesures de particules sur 24h lors de périodes climatiques et de cycles de production contrastés dans 31 bâtiments de poulets de chair entre 2018-2020.

Parmi les modalités étudiées la combinaison couplant extraction latérale et sol terre battue présente des FE inférieur de -44 à -56% (selon la fraction considérée) à ceux de l'EMEP 2019, (respectivement 0.001 ; 0.0085 et 0.016 kg. place<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> pour les PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> et TSP). Pour les autres modalités, les FE de l'EMEP sont représentatifs des conditions d'élevages françaises.

Pour les déterminants des FE de particules, l'âge des animaux fait partis des facteurs expliquant l'augmentation de ces dernières au cours du lot. D'autres éléments explicatifs comme l'activité animale, l'état des litières et le taux de ventilation gagneraient à être inclus dans les suivis d'émissions de particules pour mieux expliquer leur variabilité.



### Remerciements

Ces suivis ont été réalisés dans le cadre du projet CASDAR PAPOVIT piloté par l'IFIP. Les auteurs remercient l'ensemble des éleveurs ayant participé.

## Références bibliographiques

- Calvet, S., Van den Weghe, H., Kosch, R., & Estelles, F. (2009). The influence of the lighting program on broiler activity and dust production. *Poultry Science*, 88(12), 2504-2511.
- Calvet, S., Cambra-Lopez, M., Blanes-Vidal, V., Estelles, F., & Torres, A. G., 2010. Ventilation rates in mechanically ventilated commercial poultry buildings in Southern Europe: Measurement system development and uncertainty analysis. *Biosystems Engineering*, 106(4), 423-432.
- Citepa, juillet 2021. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France – Format Secten, pp496.
- Demmers, T. G. M., Saponja, A., Thomas, R., Phillips, G. J., McDonald, A. G., Stagg, S., Bowry, A. and Nemitz, E., 2010, Dust and ammonia emissions from UK poultry houses, in: XVII-th World Congress of the International Commission of Agricultural and Bio systems Engineering (CIGR), Québec City, Canada.
- EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Technical guidance to prepare national emission inventories, pp32.
- Fernández A., Demmers, T., Tong, Q., Youssef A., Norton T., Vranken E., Berckmans D., 2019. Real-time modelling of indoor particulate matter concentration in poultry houses using broiler activity and ventilation rate. *Biosystems Engineering*, 187, 214-225.
- Hinz, T., and S. Linke. 1998. A comprehensive experimental study of aerial pollutants in and emissions from livestock buildings. Part 2. Results. *J. Agric. Eng. Res.* 70:111–118.
- Jacobson, L. 2002. Development of methods to measure dust (PM10) and ammonia emissions from Minnesota pig facilities. Report. ITAVI, 2020
- Kic, P., 2016. Dust pollution in buildings for chicken fattening. 6th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 7 - 9 September 2016, Prague, Czech Republic.
- Lacey, R., Redwine, J., & Parnell, C., 2003. Particulate matter and ammonia emission factors for tunnel-ventilated broiler production houses in the Southern US. *Transactions of the ASAE*, 46(4), 1203.
- Lagadec, S., Gunigand, N., Joubert, A., Le coq, L., Hassouna, M., 2020. Mise au point d'une méthode de mesure des particules adaptée aux élevages de porcs. *Journées Recherche Porcine*, 52, 343-344
- Lin, X., Cortus, E., Zhang, R., Jiang, S., Heber, A., 2012. Air emissions from broiler houses in California. *Transactions of the ASABE*, 55(5), 1895–1908.
- Modini, R.L., Agranovski, V., Meyer, N., Gallagher, E., Dunlop, M. and Ristovski, Z.D., 2010. Dust emissions from a tunnel-ventilated broiler poultry shed with fresh and partially reused litter, *Animal Production Science*, 50, 552–556.
- NF EN 13284-1, 2017 : Émissions de sources fixes - Détermination de faibles concentrations en masse de poussières - Partie 1 : méthode gravimétrique manuelle.
- Pedersen, S., Nonnenmann, M., Rautiainen, R., Demmers, T.G., Banhazi, T., Lyngbye, M., 2000. Dust in pig building. *J Agric Saf Health*. 2000 Nov;6(4):261-74
- Redwine, J. S., Lacey, R., Mukhtar, S., and Carey, J.. 2002. Concentration and emissions of ammonia and particulate matter in tunnel-ventilated broiler houses under summer conditions in Texas. *Trans. ASAE* 45:1101–1109.
- Roumeliotis, T. S. and Van Heyst, B.J., 2007, Size fractionated particulate matter emissions from a broiler house in Southern Ontario, Canada, *Science of the Total Environment*, (383) 174–182.
- Roumeliotis, T. S., Dixon, B. J., & Van Heyst, B. J., 2010. Characterization of gaseous pollutant and particulate matter emission rates from a commercial broiler operation part II: Correlated emission rates. *Atmospheric Environment*, 44(31), 3778–3786.
- van Harn, J., Aarnink, A., Mosquera, J., and Ogink, N. 2010. Effect of bedding material on dust and ammonia emission from broiler houses. *International Symposium on Air Quality and Manure Management for Agriculture*, Proceedings of the 13-16 September 2010, Dallas, Texas, United-States.
- Winkel, A., Cambra-López, M., Groot Koerkamp, P., Ogink, N., Aarnink, A. 2014. Abatement of particulate matter emission from experimental broiler housings using an optimized oil spraying method. *Transactions of the ASABE*, Vol. 57(6): 1853-186

### CONTACTS

**Pôle Avicole des Chambres d'agriculture de Bretagne**

Nicolas GENOT, tel : 02 96 79 21 71

e-mail : nicolas.genot@bretagne.chambagri.fr

### PARTENAIRES TECHNIQUES



### PARTENAIRES FINANCIERS

