

Mesure des concentrations massiques en poussières en porcherie d'engraissement : comparaison de deux approches

Solène LAGADEC (1), Paul LANDRAIN (1), Laurence LE COQ (2), Yves ANDRES (2)

(1) Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne, rue Maurice Le Lannou CS 74223, 35042 Rennes Cedex, France

(2) Ecole des Mines de Nantes, 4 Rue Alfred Kastler, 44300 Nantes, France

Solene.lagadec@bretagne.chambagri.fr

Measure of dust particle concentration in pig fattening units : comparison of two methods

Several methods are available to measure the mass concentration of particle matter in pig buildings. The filtration (on glass fiber filter) is used to realize a sampling of the mass of total suspended particulates. The objective of the study is to compare two methods of measurement of the concentrations and the emissions of dusts in pig houses: the filtration, assessing total suspended particulates, and the nephelometry with cyclones, assessing total suspended particles, and also PM10 and PM2.5. The measurements were realized in a fattening room with pigs receiving liquid feeding during the whole fattening period. The mass concentrations of total suspended particles measured with both methods differed, with 1464 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ on average for filtration technique and only 1076 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for the nephelometry. These results suggest that nephelometry is not adapted to measure total suspended particles. This could be related to its poor reliability regarding the assessment of large particles (ie more than 20 μm) as a result of a possible sedimentation of these particles and to the reduction of the sensibility of the device. However, the nephelometry method seems to be a reliable technique to measure PM10 and PM2,5. Additional measures realized with a cascade impactor allowing to evaluate every size fraction would allow to verify these hypotheses.

INTRODUCTION

En France, le tiers des émissions de particules serait imputable à l'agriculture et cette proportion tendrait à augmenter du fait des efforts de réduction réalisés au cours des dernières décennies dans les autres secteurs tels que l'industrie, le résidentiel et l'énergie (CITEPA, 2010). Face à cet enjeu, il est nécessaire d'améliorer les connaissances sur la quantification des poussières en élevage. L'objectif de cette étude est de tester deux méthodes de mesure : la collecte sur filtre et la néphélométrie. L'une mesure la concentration massique des poussières totales en suspension dans l'air par gravimétrie, l'autre est une mesure optique des particules qui permet d'obtenir les concentrations massiques des particules en temps réel et selon leur taille.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Méthodes de mesure testées

1.1.1. Mesure des poussières totales : collecte sur filtre

La technique la plus utilisée pour mesurer les particules totales est la collecte sur filtre (gravimétrie). Son principe est de recueillir sur un média filtrant un échantillon représentatif des particules en suspension. L'échantillonneur est constitué d'un porte-filtre renfermant le filtre en fibre de verre, d'une pompe et d'un système permettant de mesurer le volume d'air pompé. Le filtre est pesé avant et après la mesure suite à un passage de 24h à l'étuve à 32°C. La différence de poids est divisée par le volume d'air passant à travers le filtre pour

obtenir la concentration en poussières totales, exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'air.

1.1.2. Séparation des particules selon leur taille : néphélométrie

La néphélométrie est une technique qui, par utilisation de la diffusion de la lumière, permet d'évaluer la concentration de substances en suspension dans l'air. Un échantillon d'air est aspiré et passe dans une chambre illuminée par une lumière infra-rouge. La diffusion de la lumière par les particules présentes dans la chambre de mesure est ensuite rapportée à une masse. L'incertitude de la mesure est estimée à 20%. L'adjonction d'un cyclone permet de séparer les particules selon leur taille. Ainsi, cet appareil peut réaliser une mesure en temps réel de la concentration massique des poussières totales, des particules d'un diamètre inférieur à 10 μm (PM10) ou de celles d'un diamètre inférieur à 2,5 μm (PM2,5).

La concentration des particules (poussières totales, PM10 et PM2,5) est exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'air.

1.2. Plan expérimental

L'expérimentation a été menée dans une salle d'engraissement à la station expérimentale de Guernevez (29). La salle contient 88 porcs alimentés en soupe. La ventilation est dynamique en surpression avec une entrée d'air par plafond diffuseur. Les mesures ont été réalisées pendant la période d'engraissement d'une bande de porcs (de avril à juillet 2013).

La méthode de collecte sur filtre a été utilisée sur 12 périodes de mesure d'une durée d'une semaine. La prise de masse

étant particulièrement faible ($17,5 \pm 3,4$ mg sur 7 jours), il est nécessaire de réaliser un prélèvement sur une durée minimale d'une semaine afin de limiter les incertitudes liées à la pesée. Le débit d'air moyen est de $12,2 \pm 1,7$ l/min.

Le néphélomètre (Personnal DataRam pDR-1500) a été mis en œuvre sur 4 périodes d'une semaine de mesure. Chaque semaine, le cyclone de l'appareil est modifié pour permettre de mesurer les PM_{2,5}, les PM₁₀ et les poussières totales au cours de l'engraissement des porcs. On note qu'un temps maximum de 4 jours de mesure est à préconiser pour la mesure des PM_{2,5} afin d'éviter une saturation de l'appareil. Un débit d'air est associé à l'utilisation de chaque cyclone. Pour la mesure des poussières totales, des PM₁₀ et PM_{2,5}, les débits sont respectivement de 1l/min, 1,2 l/min et 1,5 l/min. Les appareils de mesure sont positionnés au milieu de la salle. Le prélèvement de l'air se réalise à une hauteur de 1,50 mètre au-dessus du sol de la salle. Avec la collecte sur filtre, l'air pénètre dans le porte-filtre par le haut alors qu'il pénètre horizontalement dans le néphélomètre.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Concentrations massiques moyennes

D'après la méthode de collecte sur filtre, utilisée comme référence, la concentration moyenne des poussières totales en suspension dans l'air est de 1464 ± 195 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tableau 1). Elle est plus élevée que celle mesurée par le néphélomètre (1076 ± 262 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Cet appareil ne permet donc pas de mesurer la totalité des poussières en suspension dans l'air. Deux phénomènes peuvent en être la cause : la sédimentation des particules à l'entrée du préleveur et la sensibilité de l'appareil. En effet, si les particules sont de taille importante, leur vitesse de sédimentation peut être supérieure à la vitesse d'entrée de l'air dans le préleveur. Celui-ci n'aspire alors pas suffisamment pour faire pénétrer l'ensemble des particules dans la chambre de mesure. De plus, le trajet horizontal de l'air a pu accélérer cette sédimentation particulière. Il en ressort une sous-estimation de la concentration massique des poussières totales avec l'utilisation du néphélomètre. Par ailleurs, plus la taille des particules est importante, moins la lumière sera diffusée par les particules. La sensibilité de l'appareil est alors moindre avec des poussières d'un diamètre supérieur à 20 μm .

Tableau 1 – Concentration massique des particules

Caractéristique des particules	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
totales (collecte sur filtre)	1464 ± 195
totales (néphélomètre)	1076 ± 262
PM ₁₀ (néphélomètre)	1029 ± 367
PM _{2,5} (néphélomètre)	899 ± 272

Par contre, le néphélomètre assure une mesure fiable des PM_{2,5} et PM₁₀. En effet, ces particules circulent bien dans l'appareil, restent longtemps en suspension dans l'air et génèrent plus de lumière que les particules d'un diamètre supérieur à 20 μm .

Les concentrations moyennes en PM₁₀ et PM_{2,5} mesurées par le néphélomètre sont respectivement de 1029 et 899 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ce qui correspond respectivement à 70 % et 61 % de la masse des particules totales (mesurées par la technique de collecte sur filtre). Ce résultat est plus élevé que celui issu de l'étude de Nilsson en 1982 qui montre que les particules comprises entre 0,5 et 2,5 μm ne représentent que 10% de la masse totale des poussières.

2.2. Evolution des concentrations durant l'engraissement

Au cours de l'engraissement, la concentration en poussières totales a tendance à diminuer alors que celles en PM₁₀ et PM_{2,5} augmentent de façon linéaire (figure 1).

Le résultat sur les poussières totales s'explique par une corrélation négative entre le débit de ventilation qui augmente au cours de l'engraissement et la concentration en poussières totales (Guingand, 1994). Aussi, il peut s'agir d'une réduction de la production de poussières par le porc lui-même durant son engraissement liée à une diminution de son activité. Par ailleurs, l'augmentation des PM₁₀ et PM_{2,5} au cours de l'engraissement est principalement liée à l'augmentation du poids des animaux (Michiels, 2013).

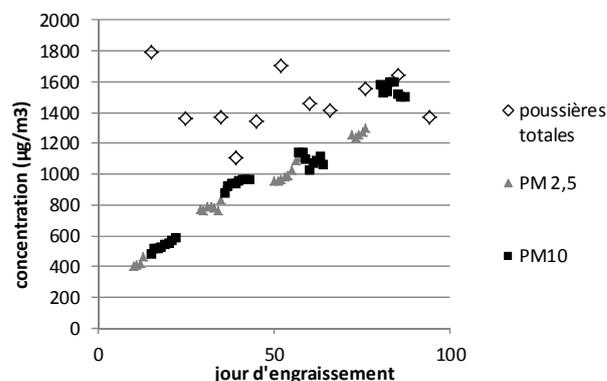


Figure 1 – Concentration massique des poussières totales, PM₁₀ et PM_{2,5} au cours de l'engraissement

CONCLUSION

Les concentrations massiques des poussières totales mesurées par les deux méthodes diffèrent. Elles sont en moyenne de 1464 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ avec la collecte sur filtre et de 1076 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ avec la néphélométrie. Cette seconde technique ne paraît donc pas adaptée à la mesure des poussières totales, vraisemblablement en raison d'une sédimentation des particules et d'une réduction de la sensibilité de l'appareil avec des particules de taille supérieure à 20 μm .

La néphélométrie semble cependant intéressante pour la mesure des concentrations en particules fines PM₁₀ et PM_{2,5} avec respectivement 1029 et 899 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Des mesures complémentaires réalisées avec un impacteur en cascade avec pesée de chaque fraction permettraient de conforter ces hypothèses.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Michiels A., 2013. Impact of dust on pig health and production. In the proceedings of the scientific seminar on aerial pollutants in pig houses : measurements, impact and mitigation options, 23 april, 8-13.
- CITEPA. 2010, Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France. Rapport SECTEN, 316 pp.
- Guingand N., 1994, Etude des poussières en suspension dans une salle d'engraissement climatisée. Journées Rech. Porcine, 26, 71-78.
- Nilsson C., 1982, Dust investigations in pig houses. Swedish University of Agricultural Sciences, Report 25, 93p.