

Un tiers des émissions de particules provient de l'agriculture. Si l'élevage participe à seulement 9% des émissions issues de l'agriculture, il est nécessaire de savoir les quantifier pour pouvoir les réduire. En effet, outre l'effet néfaste des particules émises dans l'air, elles peuvent présenter un risque pour la santé des travailleurs. Cette synthèse dresse un état des lieux des particules en élevage porcin.

1. Généralités

1.1. Définition

Le terme particule de matière (PM) est utilisé pour qualifier la poussière fine en suspension dans l'air. Il se réfère à un mélange de polluants solides ou liquides.

On distingue les particules primaires, qui ont été émises directement en tant que telles, et les particules secondaires, qui se sont formées dans l'atmosphère à partir de précurseurs gazeux.

Les particules primaires se différencient en fonction de leur impact sur la santé (schéma 1) :

- Les particules inhalables ou poussières totales
- Les particules thoraciques de diamètre inférieur ou égal à 10 µm appelées PM10
- Les particules respirables de diamètre inférieur ou égal à 2,5 µm appelées PM2,5

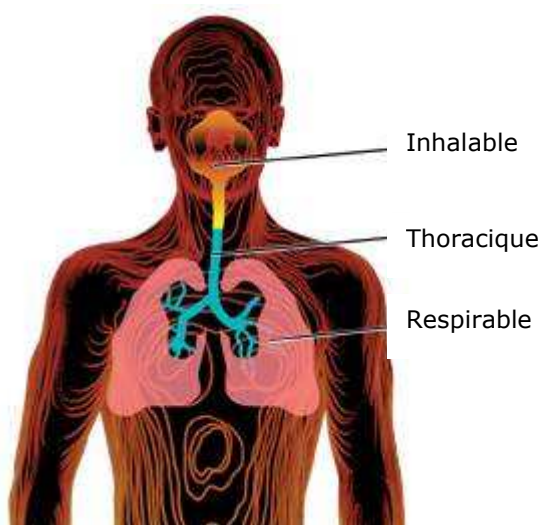


Schéma 1 : caractérisation des particules en fonction de leur impact sur la santé

Les particules inhalables pénètrent dans l'organisme par le nez ou la bouche lors de la respiration et peuvent se déposer dans les voies respiratoires. Les particules thoraciques se

déposent au niveau de la trachée et des bronches. Enfin, les particules respirables peuvent être inhalées profondément dans les poumons où elles peuvent se loger dans les alvéoles.

1.2. Nature des particules

La poussière est un mélange physico-chimique complexe qui est de 70 à 90% de nature organique.

En élevage porcin, la poussière de nature organique est composée de fragments de produits alimentaires (80 à 90%), d'excréments desséchés (2 à 8%) (Guinand et al, 1998), de poils, urine, insectes, parasites, pollen, cellules cutanées, particules de litière, bactéries, levures, endotoxines ou champignons. Notons que les micro-organismes présents dans les poussières sont divers. En effet, Martin et al (1996) ont trouvé 22 micro-organismes différents dans la poussière provenant d'une salle d'engraissement.

La poussière inorganique se compose de fragments de matériaux de construction : béton, isolant minéraux, fibre de verre, particules de terre.

1.3 Taille des particules

En engraissement de porcs, la plupart des particules qui composent les poussières totales ont un diamètre inférieur à 5 µm (tableau 1).

% particules	Diamètre inférieur à	Auteur
80%	0,5 à 2,5 µm	Nilsson et al, 1982
50%	2,6 µm	Heber et al, 1988
66%	4,6 µm	Donham et al, 1986
90%	5 µm	Gustafsson et al, 1989
93%	5 µm	Stroik et Heber, 1986

Tableau 1 : Taille des particules en engraissement

Bien que plus de 50% des particules a un diamètre inférieur à 2,5 µm, la masse de ces particules équivaut à 10% de la masse des particules totales. En effet, plus de 80% de la masse des poussières totales est lié à l'aliment dont le diamètre est supérieur à 5 µm.

En post-sevrage, la fraction de particules ayant un diamètre inférieur à 5 µm varie de 2 à 30% de la poussière totale (Maghirang et al, 1997). Selon Jansen et Feddes (1995), les matières fécales sont probablement la source majeure de ces particules de petit diamètre.

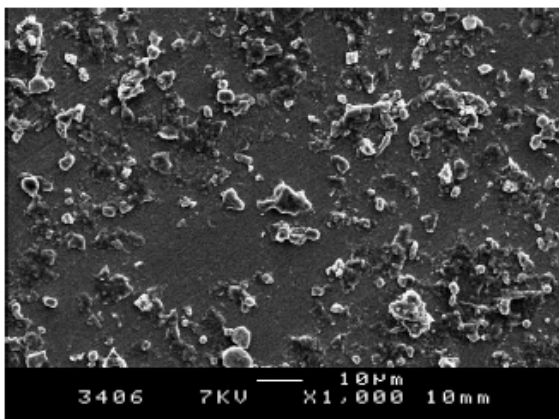


Photo 1 : Echantillon de particules issu d'une porcherie d'élevage observé au microscope électronique à balayage

2. Mesure des particules

2.1. Pourquoi les mesurer ?

Les mesures de poussières permettent d'améliorer les connaissances sur la distribution spatio-temporelle des concentrations en poussières. Elles sont nécessaires pour être capable de :

- Détecter les concentrations élevées en poussières
- Evaluer les techniques de réduction efficaces
- Estimer l'impact sur la santé de l'homme et des animaux

L'objectif de la mesure est d'obtenir des résultats fiables, représentatifs et reproductibles pour différents stades physiologiques et conceptions de bâtiment.

2.2 Quel protocole à suivre ?

Le protocole de mesure définit les éléments suivants : où mesurer ? combien de temps de mesure ? quelle fréquence de mesure ? combien d'animaux ? prise en compte de la saisonnalité ?

L'idéal est de mesurer en continu à différents emplacements dans la salle et à différentes hauteurs : à la hauteur des animaux (0,8 m), des hommes (1,6 m) et dans la gaine d'extraction.

2.3 Comment les mesurer ?

Il existe 4 types de méthode de mesure des particules : les méthodes gravimétriques, optiques, aérodynamiques et électriques.

Certaines mesurent les poussières totales, d'autres mesurent les particules en fonction de leur taille.

2.3.1 Méthodes gravimétriques

Les méthodes gravimétriques consistent à aspirer l'échantillon d'air sur un filtre au travers d'une tête d'échantillonnage. Deux techniques existent : le prélèvement sur filtre et la microbalance oscillante.

Le prélèvement sur filtre est la technique la plus utilisée pour mesurer les particules totales. Son principe est de recueillir sur un média filtrant un échantillon représentatif des particules en suspension dans l'air. L'échantillonneur est constitué d'un porte-filtre renfermant le filtre, d'un dispositif de mesure du débit et d'un système de pompage. Le filtre est pesé avant et après la mesure. La différence de poids est divisée par le volume d'air passant à travers le filtre. La concentration en poussière totale est exprimée en mg/m³ d'air.



Photo 1 : pesée du porte-filtre à la station de Guernevez

Le prélèvement gravimétrique permet de réaliser un prélèvement et la mesure de la masse prélevée simultanément. Pour cela, on utilise une microbalance oscillante (TEOM ou FDMS). Elle est constituée d'un élément conique oscillant à sa fréquence naturelle. La modification de cette fréquence par accumulation de matière sur un filtre posé en haut du cône permet de déterminer la concentration en particules. Ce matériel permet de mesurer les particules (TSP, PM10, PM2,5 et PM1) en temps réel.

2.3.2 Méthodes optiques

Les méthodes optiques sont basées sur les lois de diffusion et d'absorption de la lumière par les particules. En effet, l'intensité de lumière absorbée ou diffusée est proportionnelle à la concentration des particules en suspension.

La néphélogétrie 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'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.



Photo 2 : Mise en place du néphélomètre à la station de Guernevez

Le photomètre permet d'obtenir une grandeur, appelée épaisseur optique (sans unité), qui caractérise la transparence du milieu atmosphérique. Il mesure en instantané et/ou continu la concentration en poussière. Il permet de mesurer les fractions de poussières inhalables, thoraciques, alvéolaires (par l'utilisation de différents cyclones) et possède trois impacteurs intégrés (PM10, PM2,5, PM1).

Le spectromètre a comme principe l'utilisation de faisceaux de lumière diffusée qui comptent les particules de 32 tailles différentes. Il mesure les particules de 0,25 μm à 32 μm dans 31 voies différentes en temps réel. L'appareil mesure une concentration et une masse de particules.

2.3.3 Méthodes aérodynamique

La méthode aérodynamique est basée sur l'inertie des particules et permet de réaliser une classification en dimension des particules.

Le système fonctionne avec des impacteurs à N étages ($N = 8$ ou 12) : chaque étage est représentatif d'une taille de coupure et équipé d'un filtre de piégeage. Ce type de préleveur permet a posteriori de déterminer la composition chimique des aérosols sur chaque étage.

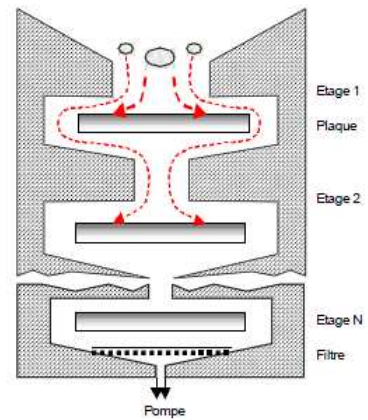


Schéma 1 : principe d'un impacteur en cascade (Renoux et Boulaud, 1998)

2.3.4 Méthodes électriques

Les méthodes électriques sont basées sur les propriétés électrostatiques des particules.

Pour l'instrumentation ELPI (Electrical Low Pressure Impactor), les particules sont chargées électriquement à l'entrée d'un impacteur multi étages. L'enregistrement du signal électrique sur chacun des étages (piégeage entre 15 nm et 10 μm) permet, après inversion, de remonter sous certaines hypothèses à la taille des particules, donc à la granulométrie de l'échantillon.



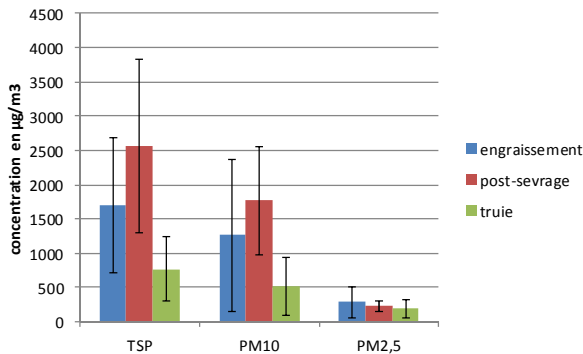
Photo 3 : Utilisation de l'ELPI à la station de Guernevez

3. Concentrations en particules

3.1. Données issues de la bibliographie

D'après la bibliographie, les concentrations moyennes en poussières totales en engraissement, post-sevrage et truie sont respectivement $1703 \pm 989 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $2560 \pm 1269 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $770 \pm 467 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces concentrations sont inférieures à la valeur limite d'exposition en poussière totale de $10\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la qualité de l'air dans les locaux de travail.

On note que les écart-type sont importants pour chaque concentration moyenne. En effet, les données sont issues de la bibliographie internationale et des différences notables ont été mesurées entre les pays. Par exemple, les concentrations mesurées au Danemark sont nettement supérieures à celles mesurées dans les autres pays européens. Cela est lié notamment à la gestion de la ventilation, aux pratiques alimentaires ou encore à la gestion des effluents qui diffèrent entre pays.



Graphique 1 : concentrations en particules totales, PM10 et PM2,5 dans les salles d'élevage, de post-sevrage et de truie

On note que les concentrations en poussière totale et en PM10 sont supérieures en post-sevrage. Aussi, les concentrations en poussière totale, PM10 et PM2,5 sont plus faibles dans les salles de truies maternité et gestante qu'en engraissement ou post-sevrage.

3.2 Données mesurées à la station de Guernevez

A la station expérimentale de Guernevez, les concentrations en particules ont été enregistrées dans quatre porcheries d'engraissement. Deux sont avec un stockage du lisier sous caillebotis (« lisier stocké ») et deux sont équipées d'un système de raclage avec séparation de phase (« raclage en V » et « raclage en W »).

Les concentrations en particules ont été mesurées sur trois bandes consécutives (entre avril 2011 et juillet 2013).

Pour chaque bande, 6 campagnes de mesure ont été réalisées réparties entre le début et la fin de l'engraissement. Chaque campagne de mesure consistait à mesurer la concentration en poussières totales pendant une semaine à l'aide de la méthode gravimétrique par porte-filtre.

Porcherie	Ventilation	Alimentation	Concentration
Lisier stocké	dépression	sec	2280 ± 1590
	surpression	soupe	1970 ± 900
Raclage en W	dépression	soupe	1490 ± 1150
Raclage en V	surpression	soupe	1420 ± 680

Tableau 2 : concentration en particules (µg/m³) en porcherie d'engraissement à Guernevez

Les concentrations en poussières totales varient de 1,4 à 2,3 mg/m³. Elles sont donc du même ordre de grandeur que celles issues de la bibliographie.

On remarque que les concentrations plus faibles sont obtenues avec un système d'évacuation fréquence des déjections et les plus fortes avec un stockage du lisier en préfosse et une alimentation à sec.

Une étude complémentaire a été réalisée dans la porcherie d'engraissement avec lisier stocké, surpression et alimentation soupe. L'objectif de l'étude était de tester une méthode optique de mesure des particules et de mesurer les concentrations en PM10 et PM2,5. Ainsi, le néphélomètre a été utilisé sur toute la période d'engraissement. Les concentrations mesurées en PM10 et en PM2,5 sont respectivement 1029 ± 367 µg/m³ et 899 ± 272 µg/m³. Si les concentrations en PM10 sont du même ordre de grandeur que celles issues de la bibliographie, les concentrations en PM2,5 sont très élevées.

3.3 Facteurs de variabilité

Outre la variabilité liée à la méthode de mesure (emplacement de l'appareil, durée de mesure), de nombreux paramètres jouent sur les concentrations en particules.

Il y a tout d'abord un effet *saison*. En effet, en hiver, le taux de renouvellement est moindre. Les concentrations en particules dans la salle sont donc plus élevées qu'en été.

L'*activité des animaux* est un facteur de variabilité non négligeable. En effet, une activité importante favorise la mise en suspension des particules dans l'air. C'est pourquoi on retrouve des concentrations en particules plus importantes en post-sevrage.



Photo 4 : en post-sevrage, les animaux sont très actifs

La *température de la salle* a également un effet sur la concentration en particules dans la salle. Il a été démontré dans différentes études que plus celle-ci est élevée, plus la concentration en particules sera élevée.

De plus, des *variations temporelles* ont été observées : des concentrations très élevées de PM2,5 ont été mesurées au tout début de la période d'engraissement probablement lié au type d'aliment dans les 10 premiers jours. Les concentrations en poussières augmentent au cours

de l'engraissement avec un pic au 94ème jour puis diminuent progressivement.

Des pics de concentrations en poussières totales ont été mesurés lors des repas. Ces derniers sont d'autant plus importants lorsqu'il s'agit d'aliment sous forme sec.

Le type de sol influe aussi sur les concentrations en poussières. En effet, avec une litière de paille, on retrouvera plus de grosses particules en suspension dans l'air. Des pics de concentration ont lieu au moment de l'ajout de paille dans les salles.



Photo 5 : porcelet sur litière

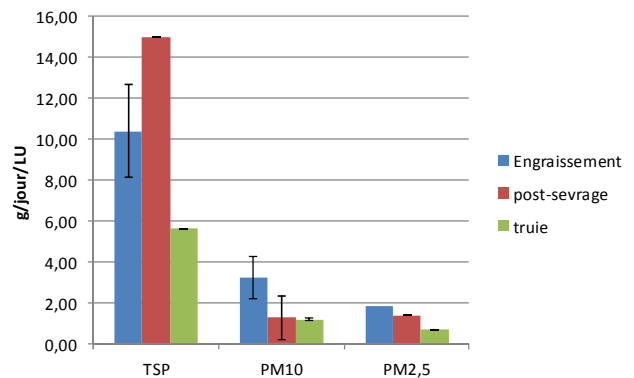
Enfin, le système de ventilation joue sur les particules en suspension dans l'air. En post-sevrage, une réduction significative de la concentration en particule a été mesurée avec une extraction basse comparativement à une extraction haute. Selon Aarnink et Wagemans (1997), un système de ventilation avec extraction basse permet une réduction de la concentration de poussières totales de 78% comparativement à un système de ventilation typique.

4. Emissions de particules

Les émissions de poussières totales des bâtiments vers l'extérieur sont plus élevées en post-sevrage avec 15 g/jour/LU (LU signifie Livestock Unit et correspond à 500 kg de gain de poids), puis en engraissement avec $10,4 \pm 5,9$ g/jour/LU et enfin en truie avec 5,6 g/jour/LU.

Les émissions de PM10 et PM2,5 sont nettement inférieures. Elles varient entre 1,2 et 3,2 g/jour/LU pour les PM10 et entre 0,7 et 1,8 g/jour/LU pour les PM2,5.

Le stade physiologique qui engendre le moins d'émissions particulières est la truie.



Graphique 2 : émissions en particules totales, PM10 et PM2,5 des porcs à l'engrais, des porcelets et des truies

5. Pistes de réduction

Il existe des techniques pour réduire les particules dans la salle d'élevage et d'autres pour réduire les particules émises vers l'extérieur.

→ Réduction des particules dans la salle d'élevage

- Changement de l'alimentation :

Des additifs tels que de l'huile ou du gras peuvent être ajoutés à la ration des animaux pour réduire la concentration de poussières dans le bâtiment. Welford et al. (1992) ont observé qu'une addition de 2% d'huile de colza faite à la ration réduit la concentration massique de poussières inhalables de 31% mais augmente les particules de poussières respirables de 45%. Plus récemment, Takai et al. (1996) ont montré que les concentrations de poussières pouvaient être réduites de 35 à 60% dans les porcheries, et que l'exposition à la poussière pour les humains pouvait être réduite de 50 à 70% par une addition de 4% de gras animal à la ration.

- Pulvérisation d'eau ou d'huile

L'aspersion de petites quantités d'huile de canola sur le caillebotis des bâtiments d'élevage a réduit les poussières respirables et inhalables de 71 et 76%, respectivement (Zhang et al., 1996). Perkins et Feddes (1996) ont appliqué de l'huile minérale dans une salle de maternité pour contrôler la concentration de poussières totales 24 h avant de prendre des mesures qui ont montré une réduction de 73%. Dans une étude complémentaire, Zhang et al. (1997) ont observé une réduction de 81 et 85% des poussières respirables et inhalables avec l'aspersion d'huile de canola brute. En 2007, Takai montre qu'une réduction de 20 à 90% est réalisée avec pulvérisation d'huile. Plus les gouttelettes sont fines, mieux elles seront réparties. Cependant, il ne faut pas qu'elles soient trop fines sinon leur efficacité est moindre (disparition par évaporation avant d'atteindre le sol) et cela peut causer des problèmes respiratoires aux travailleurs. Le diamètre des gouttelettes doit être plus important que 150 µm, correspondant à une vitesse de 0,45 m/s.

- Précipitation électrostatique et ionisation négative :

Les précipitateurs électrostatiques utilisent un champ électrique. Les particules en suspension dans l'air passent entre des électrodes de charge opposée. Elles sont chargées électriquement et ensuite captées pour être séparées de l'air (ASHRAE, 1992).

L'efficacité de collecte est affectée par la distribution spatiale de la poussière, le mouvement de l'air, la dispersion des particules collectées et l'épaisseur de la couche de particules accumulées sur les surfaces.

D'après Tanaka et Zhang (1995) l'ionisation réduit la concentration des poussières jusqu'à 46% avec des taux de ventilation faibles. L'efficacité de réduction de la poussière décroît avec le temps dû à l'accumulation de poussières sur les surfaces.

- Ventilation de purge

Une ventilation de purge (taux de ventilation très élevé sur une courte période de temps) a été utilisée dans des porcheries pour réduire la concentration de poussières (Robertson, 1989). Durant cette expérience, la purge a permis une réduction de 60% de la concentration estimée de poussières totales. Presque la totalité de cette réduction est survenue durant les deux premières minutes de la purge. Les concentrations de poussières augmentaient ensuite rapidement après la purge et la température de l'air était abaissé de manière significative pour une courte période.

→ Réduction des particules émises vers l'extérieur

- Cyclone ou lavage d'air

Carpenter et Fryer (1990) ont conclu que la filtration de l'air qui utilise des filtres secs est une méthode applicable à la réduction de la concentration massique de poussières et du nombre de particules bactériennes. Elle pouvait réduire ces particules de 50 à 60% en post-sevrage. Un système de filtration à trois stades a été évalué par Lau et al. (1996) dans des porcheries. La réduction des poussières inhalables obtenue à l'aide de filtres en tissu variait de 18 à 64%. Le système de filtre en tissu nécessitait beaucoup de main d'œuvre pour le nettoyage entraînant ainsi des coûts d'opération élevés dûs au remplacement fréquent du filtre.

Les laveurs d'air utilisent de l'eau pour capturer les particules. L'abattement est estimé à 70% (Guingand, 2005).

6. Particules et santé humaine

Lorsque l'on respire, l'air est logiquement expiré. Ce n'est pas toujours le cas pour la phase particulaire qui va pénétrer plus ou moins profondément dans l'appareil respiratoire, selon la taille des particules. Lorsque les particules ont un

diamètre aérodynamique compris entre 3 et 10 μm , elles se déposent au niveau de la trachée et des bronches. À moins de 3 μm , elles peuvent atteindre les alvéoles pulmonaires et pour les ultrafines passer dans le sang. Malgré l'existence de systèmes d'épuration des particules, celles-ci s'accumulent dans l'organisme au cours des expositions chroniques. Les particules les plus fines génèrent des affections respiratoires et cardio-vasculaires qui résultent en grande partie d'une inflammation du système respiratoire.

De plus, comme décrit dans la partie 1.2, les particules sont principalement de nature organique. Cela signifie qu'elles sont biologiquement actives et qu'elles déclencheront une réaction de défense au niveau de l'appareil respiratoire. Les particules inorganiques comme les fibres de verre peuvent également avoir des impacts non négligeables sur la santé.

L'article R 232-1-5 du Code du Travail stipule que « dans les locaux à pollution spécifique, les concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires de l'atmosphère inhalées par une personne, évaluées sur une période de huit heures, ne doivent pas dépasser respectivement 10 et 5 mg/m^3 d'air ».

7. Réglementation

→ Protocole de Göteborg

La 1^{ère} ratification a eu lieu en 1999 dans le cadre de la convention de Genève sur la pollution atmosphérique transfrontalière. Il est en cours de révision actuellement. Il vise à réduire les pollutions atmosphériques transfrontalières. Un objectif de réduction de 27% des émissions de $\text{PM}_{2,5}$ entre 2005 et 2020 a été fixé.

→ Directive IED (Industrial émission)

L'objectif est de soumettre à autorisation les activités industrielles et agricoles qui ont un fort potentiel de pollution.

→ Directive 2008/50/CE du 21 mai 2008

L'objectif est de définir et fixer des seuils en termes de qualité de l'air ambiant afin de réduire les effets nocifs pour la santé humaine et pour l'environnement. Cette réglementation européenne relative aux émissions de particules a défini comme objectif pour 2015, des valeurs limites des concentrations en PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$ respectivement de 40 et 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

→ Arrêté du 31/08/2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets

Il impose la déclaration des émissions de polluants lorsqu'ils dépassent certains seuils pour les installations visées par la directive IED.

8. Conclusion

Différentes méthodes existent pour mesurer les particules : des méthodes gravimétriques, optiques, aérodynamiques et électriques. Les

méthodes gravimétriques ont été définies comme les méthodes de référence.

D'après la bibliographie, les concentrations de particules mesurées sont en engraissement, post-sevrage et truie sont respectivement $1703 \pm 989 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $2560 \pm 1269 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $770 \pm 467 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Elles varient en fonction de la saison, de l'activité des animaux, de la température de la salle, de l'âge des animaux, de la distribution et du mode d'alimentation, du type de sol et enfin du système de ventilation.

Les émissions de particules sont les plus élevées en post-sevrage et les moins élevées en truie.

Les différentes pistes de réduction qui existent sont au niveau de la salle d'élevage : le changement d'alimentation, la pulvérisation d'eau ou d'huile, la précipitation et l'ionisation négative ou encore la ventilation de purge. Enfin, pour réduire les émissions de particules vers l'extérieur, l'éleveur peut mettre en place un cyclone ou un laveur d'air.

9. Pour plus d'informations

Contacts : solene.lagadec@bretagne.chambagri.fr

Références bibliographiques

ASHRAE, 1992. Systems and Equipment Handbook. ASHRAE, Atlanta.

Aarnink et Wagemans, 1997. Ammonia volatilization and dust concentration as affected by ventilation systems in houses for fattening pigs. Transactions of the ASAE 40(4): 1161-1170

Carpenter et Fryer, 1990. Air filtration in a piggery : Filter design and dust mass balance. Journal of Agricultural Engineering Research 46(3): 171-186

Donham et al, 1986. Characterization of dust collected from swine confinement buildings. Am Ind Assoc. 47:404-10

Guingand, 1998. La qualité de l'air dans les porcheries. Techniporc. Vol 21. N°3.

Guingand, 2005. Le lavage d'air : influence sur les odeurs et l'ammoniac en engraissement – 1ère Journée Privilège Sodalec – Lohéac, 30 Juin 2005

Gustafsson et al, 1989 Mass balances of dust in houses for pigs. Land and water use, Dodd & Grace (eds), 1989 Balkema, Rotterdam, ISBN 90 6191 980 0: 141465-1470.

Heber et al, 1988. Size distribution and identification of aerial dust particles in swine finishing buildings. Trans. Am. Soc. Agric. Engng, 31, 882-887

Lau et al, 1996. Recirculation of filtered air in pig barns. Canadian Agricultural Engineering 38: 297-304

Maghirang et al, 1997. Dust concentrations and

particle size distribution in an enclosed swine nursery. Transactions of the ASAE 40(3): 749-754

Martin et al, 1996. Bacterial and fungal flora of dust deposits in a pig building. Occupational and Environmental Medicine 53(7):484-487

Nilsson et al, 1982. Dust investigations in Pig Houses. Department of farm buildings, Swedish University of Agriculture Sciences, Lund, Sweden, Report 25, p. 93

Perkins et Feddes, 1996. The effect of timing of floor-application of mineral oil on dust concentrations in a swine farrowing unit. Canadian Agricultural Engineering 38(2): 123-127

Robertson, 1989. Effect of purge ventilation on the concentration of airborne dust in pig buildings. Agricultural engineering. Comptes rendus du 11th International Congress on Agricultural Engineering, 1495-1499. Dogg & Grace, Rotterdam, The Netherlands.

Stroik et Heber, 1986. Characteristics of aerial dust in swine finishing houses – Paper of ASAE 86 4027 : 17 pages

Takai et al, 1996. Reduction of dust concentration and exposure in pig buildings by adding animal fat in feed. Journal of Agricultural Engineering Research 63(2): 113-120

Takai et al, 2007. Factors influencing dust reduction efficiency of spraying of oil-water mixtures in pig buildings. Dust conf.

Tanaka et Zhang, 1995. Efficiency of a negative ionization system on dust settling and the electrostatic effect in a confinement swine building. ASAE Paper No. 954481. St. Joseph, MI :ASAE

Welford et al, 1992. Pig building dustiness as affected by canola oil in the feed. Canadian Agricultural Engineering 34(4): 365-373

Zhang et al, 1996. Effects of frequency and quantity of sprinkling canola oil on dust reductions in swine buildings. Trans. ASAE 39(3): 1077-1081

Zhang et al, 1997. Respiratory responses of human subjects to air quality in a swine building. Dans livestock Environment V, Proceedings of the Fifth International Symposium, 2, 655-663. Bloomington, Minnesota, May 29-31

Comment citer ce document ?

Solène LAGADEC, Avril 2014. Particules en élevage de porcs. Rapport d'étude. Chambres d'agriculture de Bretagne, 7 pages.

Mots-clés :

Porc, poussières, PM_{2,5}, PM₁₀, concentration