

Influence de trois différents systèmes de ventilation sur le climat d'écurie

Sonia Holzer¹, Matteo Keller¹, François-Lionel Humbert², Damian Laube³, Alexander Burren¹ et Conny Herholz¹

¹Haute école spécialisée bernoise BFH, Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL, 3052 Zollikofen, Suisse

²Institut agricole de l'État de Fribourg, 1725 Posieux, Suisse

³B+M Haus- und Agrotech AG, 5026 Densbüren, Suisse

Renseignement: Conny Herholz, e-mail: conny.herholz@bfh.ch

<https://doi.org/10.34776/afs13-225> Date de publication: 20. Dezember 2022



Écurie d'essai avec un ventilateur axial. (Photo: BFH-HAFL)

Résumé

Cette étude visait à comparer la qualité de l'air d'une écurie à boxes intérieurs dans quatre conditions de ventilation différentes: ventilation naturelle (V0), ventilateurs de plafond (V1), ventilateurs axiaux (V2) et ventilation par tube (V3). La température, l'humidité relative, la vitesse de l'air, l'ammoniac (NH₃) et le dioxyde de carbone (CO₂) ont été relevés à l'intérieur de trois boxes. L'activité des chevaux et du personnel a également été enregistrée. Les résultats ont montré que la température et l'humidité relative ont un effet significatif ($p > 0,001$) sur le micro-climat. L'évolution des teneurs en CO₂ a révélé que le cheval est la principale source de ce gaz dans l'écurie et que son activité influence le niveau de ses émissions. Les systèmes V2 et V3 ont permis de réduire significativement le niveau de CO₂ (ppm; valeur

modélisée en tenant compte de l'activité des chevaux) par rapport à V0 (V0=867,7; V2=511,9; V3=595,7). Seul V3 a présenté une différence significative indépendamment de l'activité des chevaux. En revanche, V1 n'a apporté aucune différence significative (V1=755,1 ppm; V0=867,7 ppm). En raison des températures basses durant l'essai (moyenne < 16 °C) et des faibles valeurs de NH₃ mesurées (moyenne=0,2 ppm), aucune différence n'a été constatée entre les 4 systèmes. Les ventilateurs axiaux et la ventilation par tube permettent donc d'améliorer la qualité du climat d'écurie, même quand la ventilation naturelle est déjà bonne.

Key words: natural ventilation, mechanical ventilation, air quality, microclimate, horse.

Introduction

La qualité du climat d'écurie a un impact important sur le bien-être et la santé des animaux détenus en intérieur (Grote *et al.* 2006). Une présence d'aérosols (gaz nocifs, poussières, etc.) trop élevée peut par exemple causer des baisses de performance chez le cheval de sport et être responsable de maladies respiratoires comme l'asthme équin (Ivester *et al.* 2014). La mise en place de systèmes de ventilation mécanique permet d'améliorer sensiblement le climat d'une écurie, en régulant la qualité de l'air (Grote *et al.* 2006). En effet, grâce à un mouvement d'air adéquat, des facteurs climatiques tels que l'hygrométrie et la température peuvent être adaptés aux besoins des animaux. La ventilation améliore également l'évacuation des poussières et gaz nocifs, « sans stagnation ni recirculation, tout en évitant les échanges trop brusques » (Renault 2012). La mesure du dioxyde de carbone (CO_2) et de l'ammoniac (NH_3) de l'air peut servir de méthode d'observation indirecte pour contrôler l'efficacité d'un système de ventilation (CIGR 1994 et Szabo 2008). La concentration maximale de CO_2 recommandée pour les écuries de chevaux est de 1000 ppm (OSAV 2009). Les trois sources de production de ce gaz dans une écurie ou une étable sont la respiration animale, la dégradation rapide de l'urée provenant de l'urine et la dégradation anaérobie de la matière sèche du lisier (CIGR 1994). La respiration animale est la plus importante de ces sources. Dans une écurie, toute agitation des chevaux provoque donc une augmentation des rejets de

CO_2 dans l'air (CIGR 1994, Szabo 2008, Zou *et al.* 2020). Pour maintenir un climat intérieur de bonne qualité et proche du climat extérieur, l'air devrait être totalement renouvelé entre quatre à huit fois par heure (Renault 2012, Webster *et al.* 1987). Différents modèles de ventilateurs existent sur le marché.

La présente étude visait à analyser et comparer la qualité de l'air d'une écurie de chevaux à boxes intérieurs dans quatre conditions de ventilation différentes : la ventilation naturelle (V0) de l'écurie, avec des ventilateurs de plafond (V1), avec des ventilateurs axiaux (V2) et avec une ventilation par tube (V3).

Matériel et méthodes

Écurie et chevaux

L'essai a été réalisé dans une écurie de quatorze boxes intérieurs individuels du Centre équestre national de Berne (CEN, CH). Le bâtiment avait comme seules ouvertures, une porte d'entrée à l'une de ses extrémités et douze velux dans le toit. Durant l'essai, aucun changement n'a été apporté à la routine de l'écurie, qu'il s'agisse des travaux d'écurie ou des activités des chevaux. La litière des boxes se composait uniquement de paille, les chevaux étaient nourris de foin et d'aliment concentré et les boxes étaient nettoyés quotidiennement. Treize boxes étaient occupés pendant l'essai, par des chevaux de race, de sexe et d'âge différents.

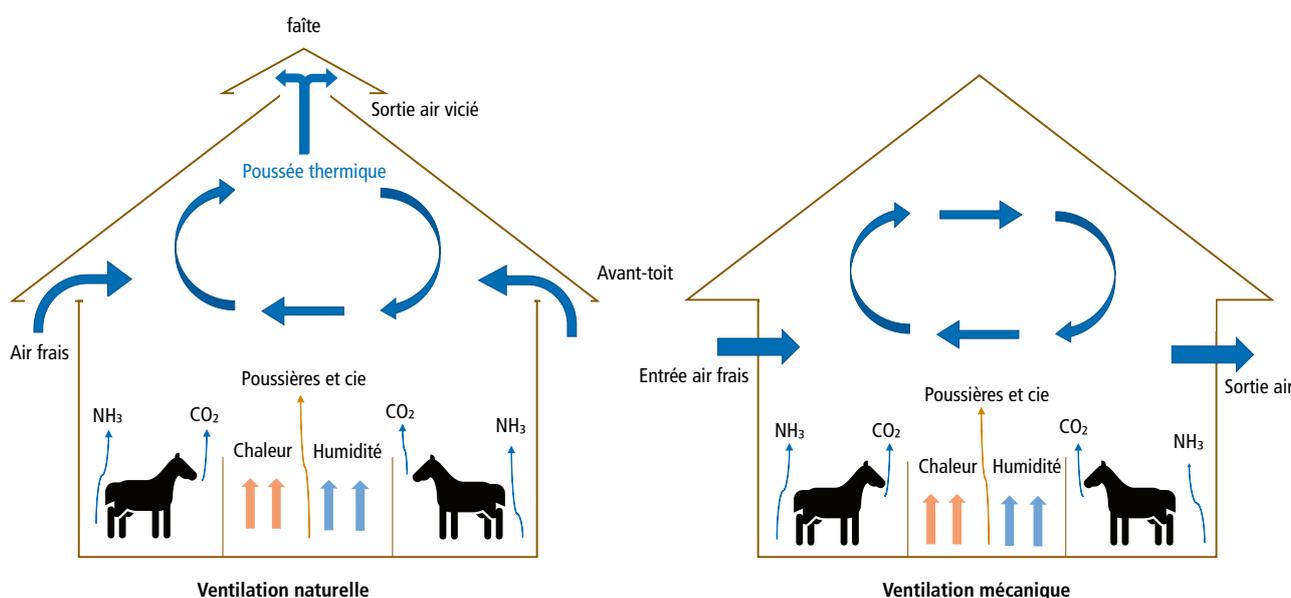


Figure 1 | Circulation de l'air lors de la ventilation naturelle (à gauche) et avec une ventilation mécanique (à droite).

(Source: selon Huffman 2010)

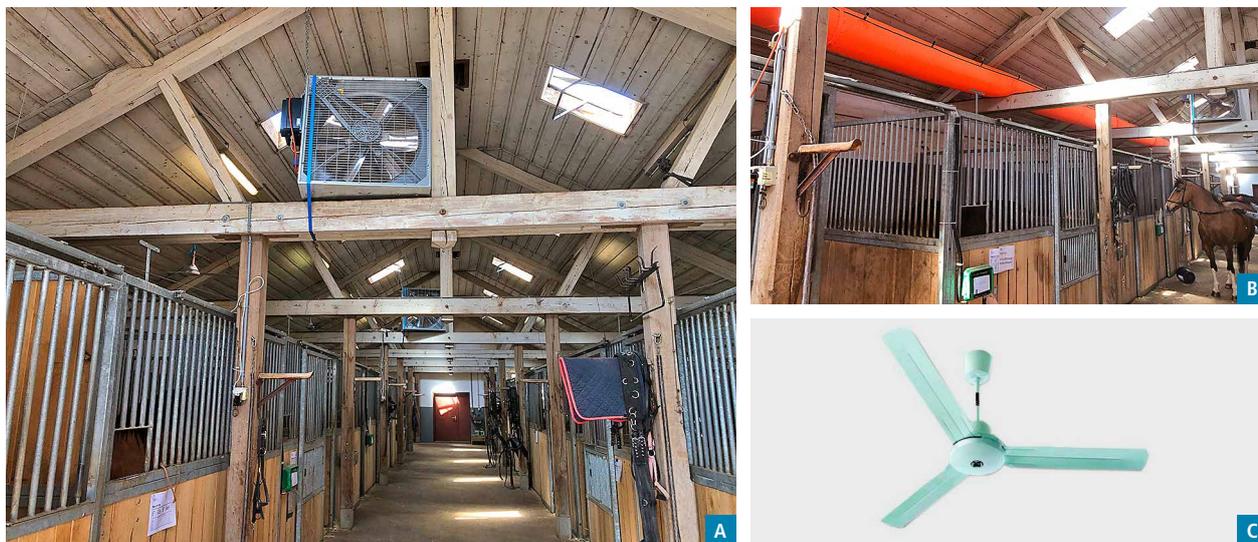


Figure 2 | Ventilateurs utilisés (A=ventilateur axial; B=tube de ventilation; C=ventilateur de plafond).
(Photos A et B: BFH-HAFL; Photo C: B&M ©)

Systèmes de ventilation testés

En plus de la ventilation naturelle de l'écurie, trois systèmes de ventilation mécanique ont été mis à disposition et installés par B + M Haus- und Agrotech AG (fig. 2). Le 1er ventilateur testé était un **ventilateur de plafond** (V1) (R140, ip x4, splash-proof). Trois de ces ventilateurs ont été installés au-dessus des trois boxes contenant les capteurs. Le 2e système testé est un **ventilateur axial** (V2) (Gigola, ES 100 R/R). Deux de ces ventilateurs ont été installés sur les poutres au-dessus du couloir, de façon à créer un mouvement d'air en direction des trois

boxes à capteurs. Ils ont été utilisés à 30 % de leur capacité. Le 3^e moyen testé est un **tube de ventilation** (V3) (Vet.smart, sur mesure: ventilateur à 7 pales, diamètre: 48,66 cm; longueur du tube: 21,60 m). Selon le constructeur, le ventilateur doit fonctionner à 80 % de sa capacité soit 4050 m³/h d'air pour une utilisation idéale. Lors de l'essai, le tube a été placé au-dessus de la rangée de boxes et la partie basse du ventilateur se trouvait à 3,30 m du sol de façon que l'air ait une vitesse de 0,2 m/s lorsqu'il atteignait le dos des chevaux.

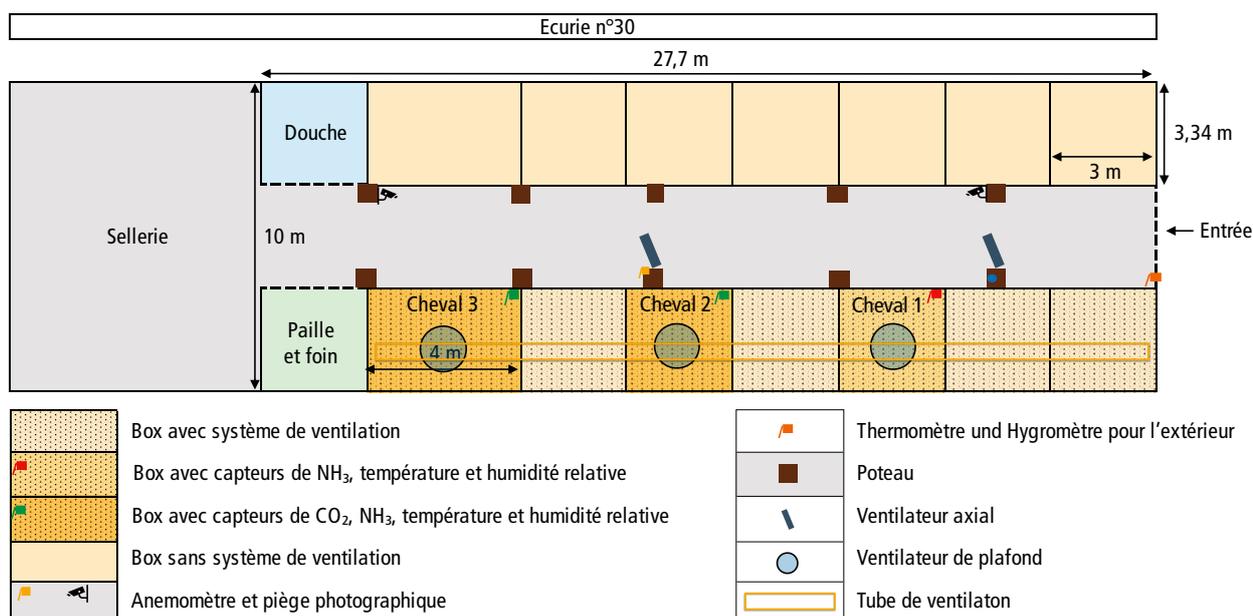


Figure 3 | Installation des capteurs et des ventilateurs dans l'écurie.

Capteurs, installations et mesures

Les mesures ont débuté le 12 avril 2021 et se sont terminées le 10 mai 2021. Chaque système de ventilation a été testé durant cinq jours consécutifs. Des jours intermédiaires sans mesures ont permis l'installation et le réglage des ventilateurs et des capteurs. Ceux-ci ont été installés dans trois boxes de chevaux demi-sang, âgés de 16, 5 et 15 ans (fig.3).

Pour chacun des systèmes de ventilation, les paramètres suivants ont été relevés toutes les 5 minutes à l'aide des capteurs:

- températures de l'air intérieure et extérieure (°C)
- humidité relative de l'air intérieure et extérieure (%)
- dioxyde de carbone (CO₂, ppm)
- ammoniac (NH₃, ppm)
- vitesse de l'air (m/s)
- activité des chevaux et personnel (caméra)

Température et humidité relative de l'air

La température et l'humidité de l'air à l'intérieur de l'écurie ont été mesurées à l'aide de trois thermomètres et trois hygromètres, tous deux liés au logger MSR145W2D. Ils ont été placés dans chacun des trois boxes, sous la mangeoire, à 1 mètre au-dessus de la surface de la litière. Pour mesurer la température et l'humidité relative extérieures, un autre modèle a été utilisé, soit le capteur Hygrochron Logger DS1923. Celui-ci a été placé en dehors de l'écurie, sous l'avant toit.

Dioxyde de carbone (CO₂)

Deux capteurs de CO₂ (Senseair S8 Residential, miniature infrared CO₂ sensor) ont été utilisés et combinés au logger MSR145W2D. Ils ont été fixés dans les boxes des chevaux 2 et 3, au même emplacement que les thermomètres et hygromètres, soit dans la zone de respiration des chevaux (Woods *et al.* 1993).

Ammoniac (NH₃)

L'ammoniac a été mesuré à l'aide de trois capteurs *Drägerwerk Polytron C300*, placés au même endroit que les autres capteurs.

Vitesse de l'air

Un anémomètre à coupelles a été utilisé pour mesurer la vitesse de l'air dans l'écurie. Il a été placé sur une poutre au-dessus du coin extérieur du box du cheval 2, en veillant à ce que l'animal ne puisse pas l'atteindre.

Activité globale de l'écurie

Deux caméras (Snap Shot Mini Black 12 MP HD) ont été placées dans le couloir en haut de la paroi des boxes,

avec l'objectif dirigé vers ceux dans lesquels l'essai s'est déroulé, afin d'avoir une vision d'ensemble de l'activité des chevaux dans les boxes durant tout l'essai.

Statistique

Le travail a été effectué avec le logiciel R (R Core Team 2022) et les modèles suivants:

Modèles additifs généralisés

- température = procédé + humidité + vent + cheval 1 + cheval 2 + ventilateur de plafond + ventilateur axial + ventilation par tube + f1(date_heure) + f2(heure) + reste
- humidité = procédé + température + vent + cheval 1 + cheval 2 + ventilateur de plafond + ventilateur axial + ventilation par tube + f1(date_heure) + f2(heure) + reste

Les deux modèles contiennent deux termes lisses f1 et f2, qui modélisent la tendance globale sur la période observée (date_heure) et la tendance saisonnière journalière (heure).

Modèles linéaires

- NH₃ = procédé + cheval + température + humidité + vent + reste
- CO₂ = procédé + cheval + température + humidité + vent + reste

Résultats et discussion

Température et humidité relative

La température moyenne mesurée à l'intérieur de l'écurie durant l'essai était de 12,7°C (2,8 à 25°C), une valeur qui est donc comprise dans la zone de neutralité thermique (5 à 25°C) d'un climat tempéré (Martin-Rosset 2012). La différence de température entre l'intérieur et l'extérieur de l'écurie était de 2,7°C lors de la ventilation naturelle de l'écurie, de 1,0°C avec les ventilateurs de plafond, de 2,0°C avec les ventilateurs axiaux et de 1,6°C avec le tube de ventilation. Ces valeurs sont inférieures à celles trouvées dans une étude de Houben (2008).

Une humidité relative moyenne de 58,2% (min=30,4%; max=86,5%) a été mesurée durant l'essai. Cette valeur se situe dans la plage de 50 à 80% recommandée aussi bien par Grote *et al.* (2006) que par l'OSAV (2009). Les valeurs d'humidité obtenues avec les trois ventilateurs mécaniques (V1=51,2%; V2=66,4%; V3=60,0%) sont supérieures aux 49% mesurés par Houben (2008). Une humidité relative supérieure à 80% corrélée à des températures estivales peut avoir un effet néfaste sur les

voies respiratoires du cheval et entraver sa régulation thermique (Sjaastad *et al.* 2003). Les variations du taux d'humidité déterminées dans ces études sont dues à la température extérieure et à la météo, mais aussi à la ventilation de l'écurie. L'activité dans l'écurie semble également jouer un rôle (Huffman 2010).

Mesures d'ammoniac (NH₃)

Les concentrations moyennes d'ammoniac mesurées durant l'essai étaient de 0,2 ppm (min=0,1 ppm; max=2,8 ppm). Elles étaient donc inférieures à la recommandation de 10 ppm formulée par l'OSAV (2009). Ces faibles teneurs sont probablement dues aux températures plutôt basses constatées pendant l'expérience. En effet, les émissions de NH₃ sont influencées par la température (Fleming *et al.* 2008a, Pereira *et al.* 2012). Aucune différence significative de la concentration d'ammoniac dans l'air n'a pu être observée entre les différents systèmes de ventilation, même en modélisant les données et en tenant compte de la température. Il n'est donc pas possible de tirer une conclusion sur l'efficacité des ventilateurs concernant le NH₃. Des différences auraient peut-être été visibles avec des concentrations d'ammoniac et/ou des températures plus élevées.

Mesures de dioxyde de carbone (CO₂)

Bien qu'une concentration en CO₂ entre 500 et 3000 ppm ne soit pas un problème ni pour les humains, ni pour les chevaux, il constitue un indicateur de ventilation important (CIGR 1994). Les résultats des mesures de CO₂ ont montré des concentrations de CO₂ moyennes entre 613,4

et 716,7 ppm, soit en-dessous de la limite recommandée de 1000 ppm, ce qui est donc optimal. Il est admis qu'un équidé au repos de taille moyenne (500 kg), expire en moyenne 168 litres de CO₂ par heure (Hoffmann 2019). Selon un calcul hypothétique effectué pour l'écurie analysée, soit un local fermé hermétiquement de 1246,5 m₃ occupé par 13 chevaux, la valeur critique des 1000 ppm serait atteinte après 57 h. Cela montre donc que la ventilation de l'écurie est bonne, puisque même en conditions de ventilation naturelle, la concentration de CO₂ est restée inférieure à 1000 ppm.

Une modélisation statistique des données (fig. 4) a permis de tirer des conclusions sur l'efficacité des différents systèmes de ventilation tout en tenant compte des variations de température et d'humidité de l'air au cours de l'essai. En tenant compte de l'activité des chevaux, une différence significative ($p < 0,001$) de concentration de CO₂ entre le statu quo et les systèmes de ventilation V2 et V3 a été constatée. Ces deux systèmes ont en effet permis d'abaisser significativement la concentration de CO₂ avec des concentrations de 511,9 ppm et 595,7 ppm, soit inférieures aux valeurs modélisées de CO₂ du statu quo (867,7 ppm). Il est donc possible de confirmer que les systèmes de ventilation mécaniques diminuent la concentration de CO₂ de l'air, ce qui a également été démontré dans d'autres études (CIGR 1994; Elfman *et al.* 2011; Szabo 2008). En revanche, seul le tube de ventilation (V3) a influencé significativement ($p < 0,001$) les teneurs de CO₂ modélisées sans tenir compte de l'activité des chevaux. Il s'est donc révélé être le système de ventilation mécanique le plus efficace dans cet essai.

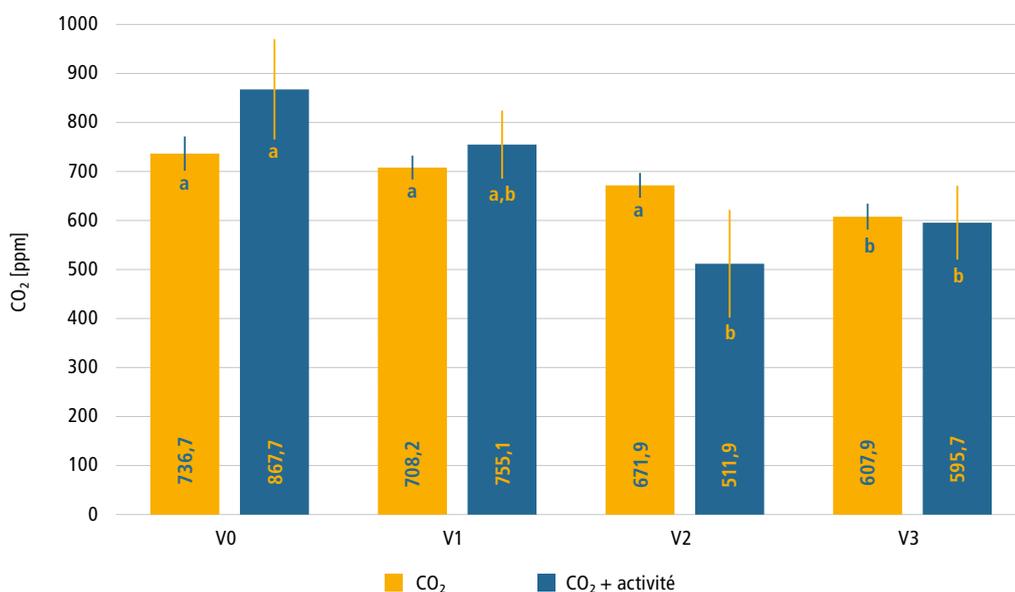


Figure 4 | Moyennes de CO₂ modélisées en fonction de la température, de l'humidité de l'air et de l'activité des chevaux.

Tableau 1 | Comparaison des 4 systèmes à l'aide d'un barème de notes. Le système ayant le score total le plus élevé est le plus satisfaisant (3 = le plus satisfaisant / 1 = le moins satisfaisant / 0 = aucun effet). Les résultats n'ayant pas la même lettre sont statistiquement différents ($P < 0,001$) selon le modèle statistique.

	Température	Humidité	NH ₃ (+activité)	CO ₂	CO ₂ (+activité)	Prix	Opinion du personnel	Total
Ventilation naturelle	0a	0a	0a	0a	0a	0	0	0
Ventilateurs de plafond	1a	1a	0a	0a	1a	3	2	8
Ventilateurs axiaux	2b	2b	0a	0a	3b	2	1	10
Ventilation par tube	3c	3c	0a	3b	2c	1	3	15

Comparaison des trois systèmes de ventilation

Le tableau 1 synthétise les différences entre les systèmes de ventilation à l'aide d'un barème de notes (0–3). La note 3 qualifie la meilleure performance et la note 1 la plus mauvaise. La note 0 signifie qu'il n'y a eu aucun effet. Le procédé ayant obtenu le score total le plus élevé, c.-à-d. celui qui a le plus amélioré le climat et convenait le mieux au personnel de l'écurie est le ventilateur par tube.

Les performances de ces ventilateurs sont influencées par leur fonctionnement. V1 ne permet pas de faire circuler l'air d'un endroit à l'autre, mais permet un brassage des couches d'air inférieures et supérieures. Il a ainsi un effet de dilution qui explique son mauvais score pour les facteurs climatiques (colonnes 1–4) du tableau 1. Son avantage est de réduire le risque de courants d'air, contrairement à V2, avec lequel ceux-ci peuvent être plus importants. Le système V2 permet de déplacer une grande quantité d'air à l'aide d'un mouvement directionnel. Dans cette étude, les ventilateurs V2 étaient placés sur des poutres, ce qui engendrait une circulation d'air autour d'eux, diminuant ainsi leur efficacité (voir fig. 2). Une possibilité pour réduire ces retours d'air et donc augmenter l'efficacité de V2 serait un positionnement mural à l'instar du système V3. V2 a également une fonction de refroidissement lors de forte chaleur, qui n'a toutefois pas été testée dans cette étude, l'essai ayant eu lieu en avril-mai. Les bonnes performances du système V3 s'expliquent par le fait que celui-ci aspire l'air extérieur et le rediffuse à l'intérieur de l'écurie de manière homogène grâce à son tube en surpression. Ce système est particulièrement adapté pour des écuries profondes ou étroites, soit lorsque l'air doit être acheminé sur une distance plus longue. Le système V1 est probablement

le meilleur marché, car il tourne à vitesse réduite et consomme ainsi peu d'énergie (75 watts). Le tube de ventilation a des coûts d'investissement et d'installation plus élevés que les deux autres. La longueur du tube n'a cependant que peu d'influence sur le prix, le développement du tube étant décisif. Pour les systèmes V1 et V2, les coûts varient en fonction du nombre de ventilateurs nécessaires. Cela signifie que pour une grande écurie, le prix de ces systèmes serait le même, voire plus élevé, que celui d'un tube de ventilation.

Conclusions et recommandations

La température de l'air, l'humidité relative et le CO₂ sont des indicateurs importants de la qualité du climat d'une écurie. Dans cette étude, il a pu être démontré que ces paramètres sont non seulement fortement influencés par le climat extérieur et la ventilation de l'écurie, mais qu'ils interagissent aussi entre eux. Les chevaux exercent également une grande influence sur le climat d'écurie, car ils sont les principaux producteurs de CO₂. Le tube de ventilation a livré les meilleures performances s'agissant d'améliorer la qualité de l'air d'une écurie à boxes intérieurs, en abaissant significativement la teneur en CO₂ et en régulant le mieux la température ainsi que l'humidité relative de l'air. Ce type de ventilation peut particulièrement être recommandé dans des écuries allongées, typiques d'un système de détention en boxes individuels. Même si la ventilation naturelle de l'écurie analysée était déjà bonne, la qualité du climat a encore pu être optimisée grâce à la ventilation par tube et aux ventilateurs axiaux. Le choix du système de ventilation le mieux adapté doit toujours tenir compte de la structure et de la forme du bâtiment. ■

Remerciements

Un grand merci à l'entreprise B+M Haus- und Agrotech AG, qui nous a fourni les différents systèmes de ventilation, les a installés et réglés, ainsi qu'au Centre équestre national de Berne qui nous a mis l'écurie à disposition pour cet essai.

Bibliographie

- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2009. *Leitlinien zur Beurteilung von Pferdehaltungen unter Tierschutzgesichtspunkten*. <https://www.bmel.de/DE/themen/tiere/tierschutz/tierschutz-pferdehaltung.html>
- Commission Internationale du Génie Rural (CIGR) (1994). *Aerial Environment in Animal Housing - Concentrations in and Emissions from farm buildings, Working Group Report Series No 94.1 International Commission of Agricultural Engineering*. <https://www.cigr.org/sites/default/files/documets/CIGR-workinggroupreport1994.pdf>
- Elfman, L., Wälinder, R., Riihimäki, M., Pringle, J. (2011). Air Quality in Horse Stables. In N. A. Mazzeo (ed.), *Chemistry, Emission Control, Radioactive Pollution and Indoor Air Quality* (pp. 655–680). InTech. <https://doi.org/10.5772/18228>
- Fleming, K., Hessel, E. F., Van den Weghe, H. F. A. (2008a). Evaluation of Factors Influencing the Generation of Ammonia in Different Bedding Materials Used for Horse Keeping. *Journal of Equine Veterinary Science*, **28**(4), 222–<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2008.02.008231>. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2008.02.008>
- Grote, D., Güttler, J., Jäger, KH., Köneke, K., Kuhfal, B., Maiworm, K., Noack, U., Wegert, J., Wimmers, C. (2006). *Stallklimaprüfung in der landwirtschaftlichen Tierhaltung, Empfehlungen der Länderarbeitsgruppe Stallklima*. https://www.laves.niedersachsen.de/download/96058/Stallklimaueberpruefung_in_landwirtschaftlichen_Tierhaltungen.pdf
- Hoffmann, G. (2019). *Pferdehaltung, Ställe & Reitanlagen: Orientierungshilfen für Bau und Modernisierung*. FN Verlag.
- Houben, R. (2008). *Ventilation and air hygiene parameters in horse stables* [thèse de doctorat, Université Utrecht]. Utrecht University Student Theses Repository. <https://studenttheses.uu.nl/handle/20.500.12932/9368>
- Huffman, H. (2010). *Ventilation de l'écurie. Fiche technique*, Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales de l'Ontario. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/10-060.pdf>
- Ivester, K. M., Couëttil, L. L., Zimmerman, N. J. (2014). Investigating the Link between Particulate Exposure and Airway Inflammation in the Horse. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, **28**(6), 1653–1665. <https://doi.org/10.1111/jvim.12458>
- Martin-Rosset, W. (2012). *Nutrition et alimentation des chevaux*. Éditions Quae.
- Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV) (2009). *Valeurs et mesure du climat dans les porcheries. Fiche thématique Protection des animaux*. [https://www.blv.admin.ch/dam/blv/fr/dokumente/tiere/nutztierhaltung/schweine/fachinformationen-schwein/stallklima-schwein.pdf.download.pdf/6_\(1\)_f_Schweine_Stallklima.pdf](https://www.blv.admin.ch/dam/blv/fr/dokumente/tiere/nutztierhaltung/schweine/fachinformationen-schwein/stallklima-schwein.pdf.download.pdf/6_(1)_f_Schweine_Stallklima.pdf)
- Pereira, J., Misselbrook, T. H., Chadwick, D. R., Coutinho, J., Trindade, H. (2012). Effects of temperature and dairy cattle excreta characteristics on potential ammonia and greenhouse gas emissions from housing: A laboratory study. *Biosystems Engineering*, **112**(2), 138–150. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.03.011>
- R Core Team (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. <https://www.R-project.org/>
- Renault, M. (2012). *Aménagement et équipement des centres équestres*. Institut Français du cheval et de l'équitation.
- Sjaastad, O. V., Hove, K., Sand, O. (2003). *Physiology of domestic animals*. Scandinavian Veterinary Press AS.
- Szabo, E. (2008). *Experimentelle Untersuchungen luftgetragener Partikel und Schimmelpilze in Pferdeställen (numéro de publication 10328)* [thèse de doctorat, Freie Universität Berlin]. Refubium. <http://dx.doi.org/10.17169/refubium-10328>
- Webster, A.J.F., Clarke, A.F., Madelin, T.M., Wathes, C.M. (1987). Air hygiene in stables: Effects of stable design, ventilation, and management on the concentration of respirable dusts. *Equine Veterinary Journal*, **19**(5), 448–453. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1987.tb02641.x>
- Woods, P. S., Robinson, N. E., Swanson, M. C., Reed, C. E., Broadstone, R. V., Derksen, F. J. (1993). Airborne dust and aeroallergen concentration in a horse stable under two different management systems. *Equine Veterinary Journal*, **25**(3), 208–213. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1993.tb02945.x>
- Zou, B., Shi, Z. X., Du, S. H. (2020). Gases emissions estimation and analysis by using carbon dioxide balance method in natural-ventilated dairy cow barns. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, **13**(2), 41–47. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20201302.4802>