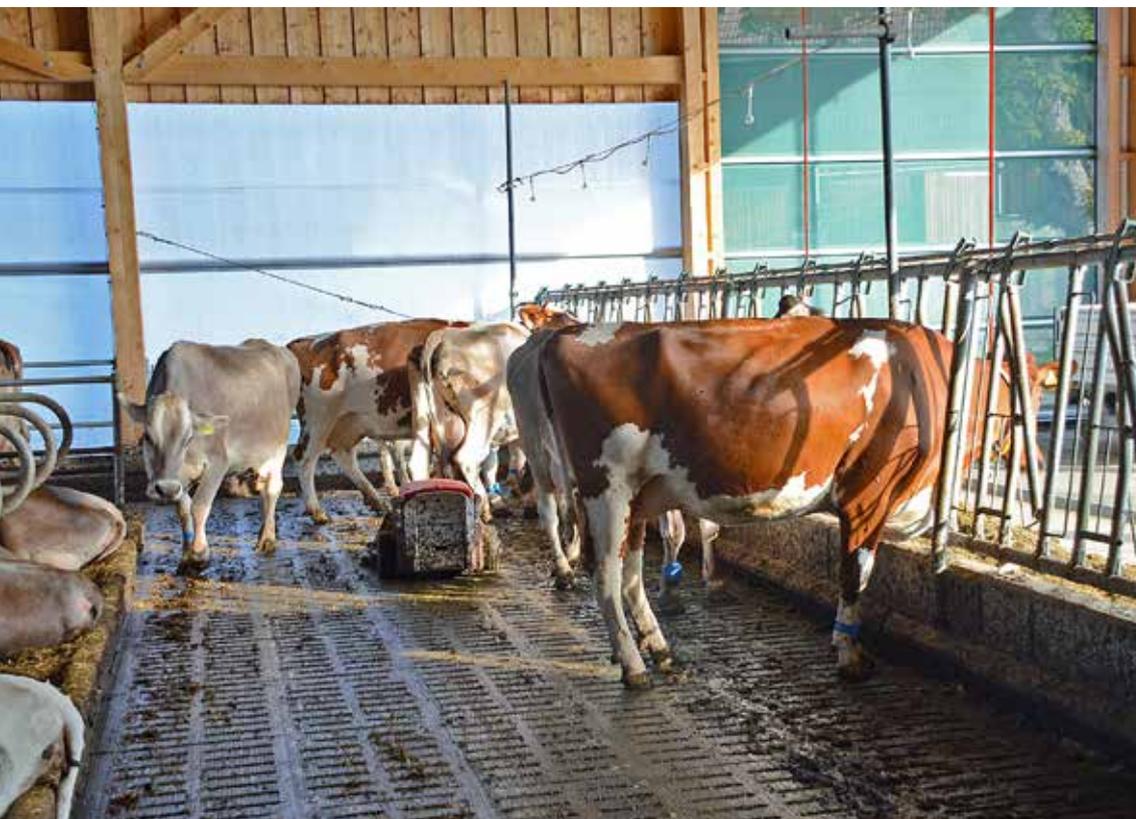


Robot d'évacuation du fumier: qualité du nettoyage et comportement des animaux

Michael Zähler, Theresa Leinweber et Sabine Schrade

Agroscope, 8356 Ettenhausen, Suisse

Renseignements: Michael Zähler, e-mail: michael.zaehner@agroscope.admin.ch



Les vaches peuvent facilement éviter le robot d'évacuation. (Photo: Michael Zähler, Agroscope)

Introduction

La détention en stabulation libre n'a cessé de se développer dans la production laitière au cours des dernières années. En plus de ses avantages économiques, ce mode de détention offre davantage d'espace aux vaches et leur permet de se mouvoir. Cependant, un espace plus grand à disposition des animaux est aussi synonyme de plus grande surface souillée en particulier par un mélange de fumier et d'urine, que les aires d'exercice soient ou non perforées. Ces aires d'exercice souillées (et par conséquent aussi humides) augmentent les souillures des ongles et donc le risque de maladies à ce niveau. De plus,

les fèces et l'urine peuvent former des couches grasses à la surface des aires d'exercice suivant la saison et les conditions météorologiques, ce qui peut rendre le sol glissant pour les animaux (Fiedler *et al.* 2018). En outre, ces vastes surfaces souillées produisent également des émissions d'ammoniac plus importantes (Zähler *et al.* 2005; Schrade *et al.* 2011). Pour éviter cela, les fèces et l'urine des animaux doivent être évacuées fréquemment de l'aire d'exercice. Ceci peut être fait à la main, à l'aide d'un dispositif motorisé guidé manuellement, d'un racleur fixe ou d'un robot d'évacuation du fumier.

L'utilisation de robots d'évacuation du fumier est en augmentation, notamment dans les stabulations libres pour vaches laitières avec des aires d'exercice perforées. Toutefois, jusqu'à présent, il existe peu de recommandations concrètes et techniques concernant l'utilisation de ces dispositifs. L'objectif de l'étude était d'évaluer la qualité de nettoyage d'un robot d'évacuation du fumier, ainsi que le comportement des animaux dans un système de détention suisse typique avec des aires d'exercice perforées et des logettes profondes recouvertes d'un matelas de fumier et de paille. L'étude a été réalisée avec différentes fréquences de nettoyage, avec et sans pulvérisation d'eau par le robot d'évacuation du fumier.

Matériel et méthode

Étable et animaux

Les essais ont été effectués dans l'étable expérimentale sur les émissions d'Agroscope à Tänikon. L'étable est construite selon un concept modulaire avec un revêtement à éléments variables et permet de recréer différentes conditions expérimentales (Schrade *et al.* 2015). Les essais ont été réalisés dans l'un des compartiments d'essai de l'étable, avec 20 vaches. Un caillebotis en béton avec revêtement en caoutchouc KURA S (Kraiburg, Tittmoning, Allemagne), courant dans le commerce, a été installé dans les couloirs de circulation de l'aire d'affouragement (couloir d'affouragement) et dans ceux de l'aire de repos (couloir de circulation). Les couloirs transversaux non perforés entre l'aire d'affouragement et l'aire de repos étaient également recouverts d'un revêtement caoutchouc KURA P (Kraiburg, Tittmoning, Allemagne) et présentaient une pente de 3 % du centre en direction des couloirs. Le couloir d'affouragement mesurait 330 cm de large et le couloir de circulation 260 cm de large. Les logettes sur trois rangs étaient des logettes profondes avec un matelas de fumier et de paille, sur lequel on épandait systématiquement de la paille longue. Le troupeau d'essai était composé de vaches laitières en lactation de la race brune et de la race tachetée suisse.

Robots d'évacuation

Les essais ont été réalisés avec le robot d'évacuation Lely Discovery 90 SW (Lely Industries, Maaslouis, Pays-Bas). Il s'agit d'un robot d'évacuation du fumier alimenté par batterie qui nettoie les aires d'exercice perforées en poussant et en comprimant le fumier à travers les fentes du revêtement. L'appareil peut également asperger les aires d'exercice d'eau tout en les raclant. Le Lely Discovery mesure 136,2 cm de long, 86,0 cm de large et 57,5 cm de haut. Il doit être en charge environ 60 % de la jour-

Résumé

L'utilisation de robots d'évacuation du fumier dans les aires d'exercice perforées n'est pas encore très répandue. Il n'existe pas non plus de recommandations d'utilisation scientifiquement fondées. Un essai avec le robot d'évacuation Discovery (Lely) a été réalisé avec différentes fréquences de nettoyage et a permis de relever l'état de saleté des surfaces et le comportement des vaches avec des aires d'exercice perforées. La variante avec une fréquence de nettoyage optimisée a apporté une amélioration en ce qui concerne le niveau de souillure des surfaces et la formation de couches grasses par rapport aux variantes sans évacuation du fumier à l'aide du robot ou avec peu d'évacuation. La pulvérisation d'eau, intégrée au robot, a permis de réduire considérablement la formation de couches grasses. Bien qu'une interruption des repas ait été observée lorsque les voies d'évacuation du fumier longent directement le cornadis, la différence entre les vaches qui mangeaient avec et sans robot était relativement faible. Par ailleurs, les vaches retournaient généralement à leur place d'alimentation juste après l'incident. Les essais ont montré que lors du nettoyage des aires d'exercice perforées, un robot d'évacuation du fumier avec une fonction de pulvérisation d'eau est obligatoire pour venir à bout de la saleté.

née et peut donc fonctionner pendant 40 % du temps. Le Lely Discovery 90 SW est commandé et programmé à l'aide d'une application de contrôle depuis le smartphone via Bluetooth. La station de charge était placée sur la paroi intérieure du couloir de circulation, à proximité immédiate du point d'eau (fig. 1, fig. 2).

Variantes étudiées

Quatre parcours différents ont été programmés pour les essais: les parcours 1 et 2 nettoyaient les mêmes zones de l'étable, le couloir de circulation et le couloir d'affouragement derrière les logettes avec la même commande, mais dans la direction opposée. Le parcours 3 nettoyait les couloirs transversaux et le 4 nettoyait la totalité du couloir d'affouragement (fig. 2). Pour les essais, cinq variantes différentes ont été définies en ce qui concerne la fréquence du nettoyage et



Figure 1 | Station de charge avec robot (à gauche) et point d'eau (à droite) du robot d'évacuation.

la vaporisation d'eau (tabl. 1). Dans la variante 0, il n'y avait pas de nettoyage avec le robot, mais seulement un nettoyage unique, standard, quotidien qui consistait à repousser la saleté directement derrière les bordures des boxes afin d'éviter une accumulation de la paille repoussée depuis les logettes. Les variantes 1, 3 et 4 incluaient une vaporisation supplémentaire d'eau. Chaque variante a été étudiée pendant quatre jours consécutifs dans les conditions estivales prédéfinies (température moyenne journalière > 13°C). Si nécessaire, une phase d'adaptation et/ou un nettoyage supplémentaire des aire d'exercice était effectué lors du changement entre deux variantes.

Souillure des aires d'exercice et couche grasse

Afin d'évaluer la qualité de nettoyage du robot d'évacuation du fumier, la souillure des aires d'exercice dans

l'étable a été classée à l'aide d'un schéma d'évaluation. La surface totale de l'étable a été divisée selon une grille de 72 surfaces partielles et la hauteur de souillure des couloirs de circulation et des couloirs transversaux de chaque case de la grille a été mesurée à des points prédéfinis. Les pourcentages de souillure des aires d'exercice ont été différenciés par catégories: fèces sèches, fèces humides, urine, mélange de fèces et d'urine (MFU) sec, MFU humide, paille humide, paille sèche et surface propre. Les pourcentages ont été estimés à l'œil nu par tranche de 10% et la hauteur de souillure relevée. Le pourcentage de couche grasse a également été déterminé. L'évaluation avait lieu tous les jours entre 13h45 et 14h25.

Une moyenne des valeurs enregistrées une fois par jour a été calculée par surface partielle et par variante pour les analyses ultérieures. Comme les données n'étaient pas

Tableau 1 | Vue d'ensemble des variantes étudiées avec indications des fréquences d'évacuation du fumier par parcours.

Variante	0	1	2	3	4
Nombre de passages d'évacuation par jour (n)	Aucun	Rare	Optimisé	Optimisé	Fréquent
Total	0	12	30	30	48
Parcours 1 (couloir de circulation)	0	4	12	12	18
Parcours 2 (couloir de circulation)	0	4	12	12	18
Parcours 3 (couloirs transversaux)	0	3	5	5	7
Parcours 4 (couloir d'affouragement)	0	1	3	3	5
Eau	Sans	Avec	Sans	Avec	Avec

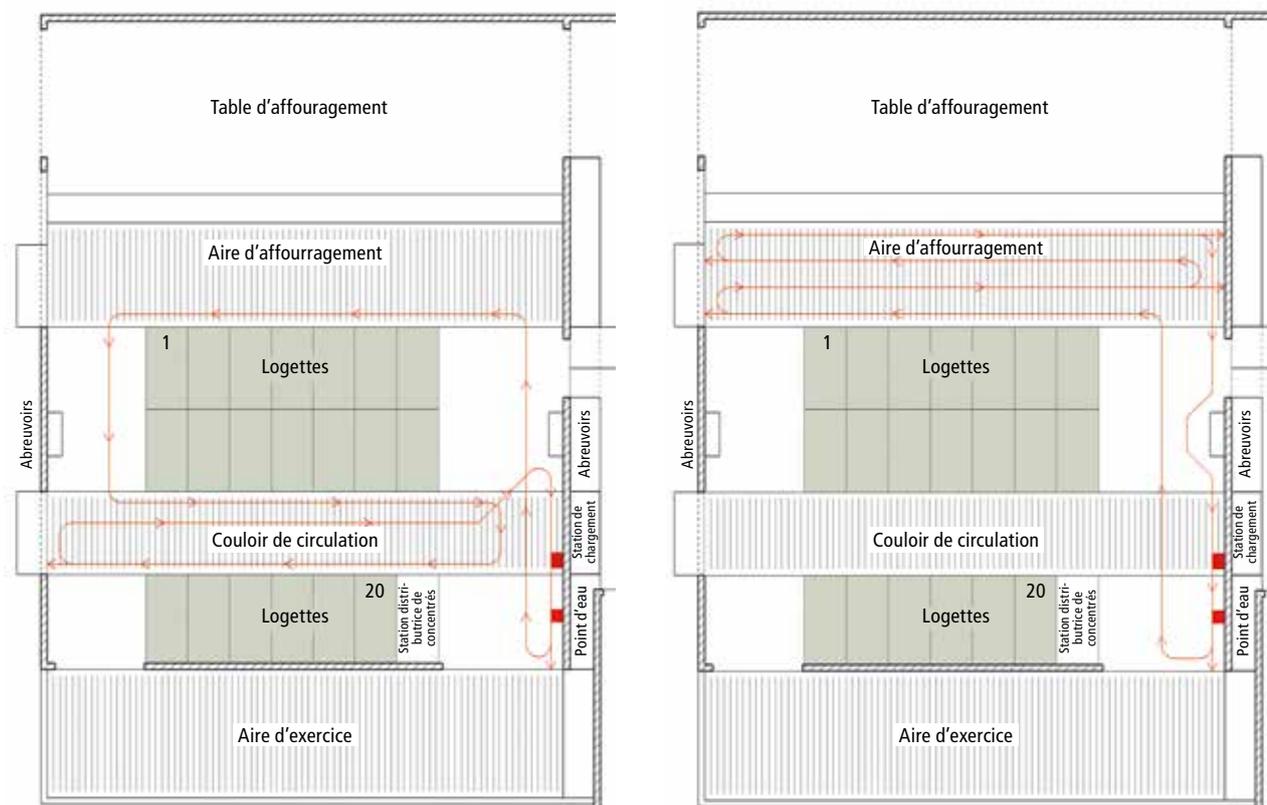


Figure 2 | Parcours 1 et 2 «Couloir de circulation» (à gauche) et parcours 4 «Couloir d'affouragement» (à droite, désigné ici comme aire d'affouragement) du robot d'évacuation dans le compartiment d'essai de l'étable expérimentale sur les émissions.

à intervalles fixes, des procédés sans paramètres pour plusieurs échantillons indépendants ont été appliqués. Pour ce faire, une analyse de variance à un facteur a été réalisée à l'aide d'un test H selon Kruskal-Wallis afin de déterminer s'il existait des différences significatives entre les niveaux de facteurs (variantes individuelles). Dans un deuxième temps, des comparaisons multiples ont été effectuées avec le test de Wilcoxon-Wilcox.

Comportement des animaux

Le comportement des vaches en relation avec le robot d'évacuation du fumier a été enregistré sur un total de 24 jours à l'aide d'observations directes. Les observations ont été réalisées le matin de 7h00 à 8h00 heures et le soir de 19h00 à 20h00 heures. Les observations se sont déroulées en blocs de quatre jours d'essai chacun, en fonction des périodes correspondant aux différentes variantes. Le comportement alimentaire des animaux avec différentes fréquences de nettoyage du robot d'évacuation du fumier dans le couloir d'affouragement a été évalué à l'aide d'enregistrements vidéo. Dans toutes les variantes, les observations ont eu lieu tous les jours de 20h10 à 20h30. Le nombre de vaches présentes au corna-

dis a été enregistré à chaque minute pleine de la période d'observation.

Les données ont été évaluées à l'aide de méthodes descriptives.

Résultats et discussion

Souillure des aires d'exercice

C'est dans les variantes 0 et 1 que la hauteur moyenne de souillure était la plus élevée sur toutes les aires d'exercice considérées, avec respectivement 5,1 mm et 3,7 mm. La hauteur de souillure de la variante 0 sans évacuation de fumier à l'aide du robot était significativement supérieure à celle des variantes 2–4 ($p < 0,001$). La variante 3 présentait la hauteur moyenne de souillure la plus faible, soit 1,6 mm. Des nettoyages encore plus fréquents comme dans le cas de la variante 4 n'ont pas amélioré la propreté puisque la hauteur moyenne de souillure était de 1,9 mm.

Les catégories mélange de fèces et d'urine (MFU) sec avec 49 % et MFU humide avec 38 % de la surface étaient celles qui présentaient les pourcentages de souillure les plus élevés de toutes les variantes. Les nettoyages plus

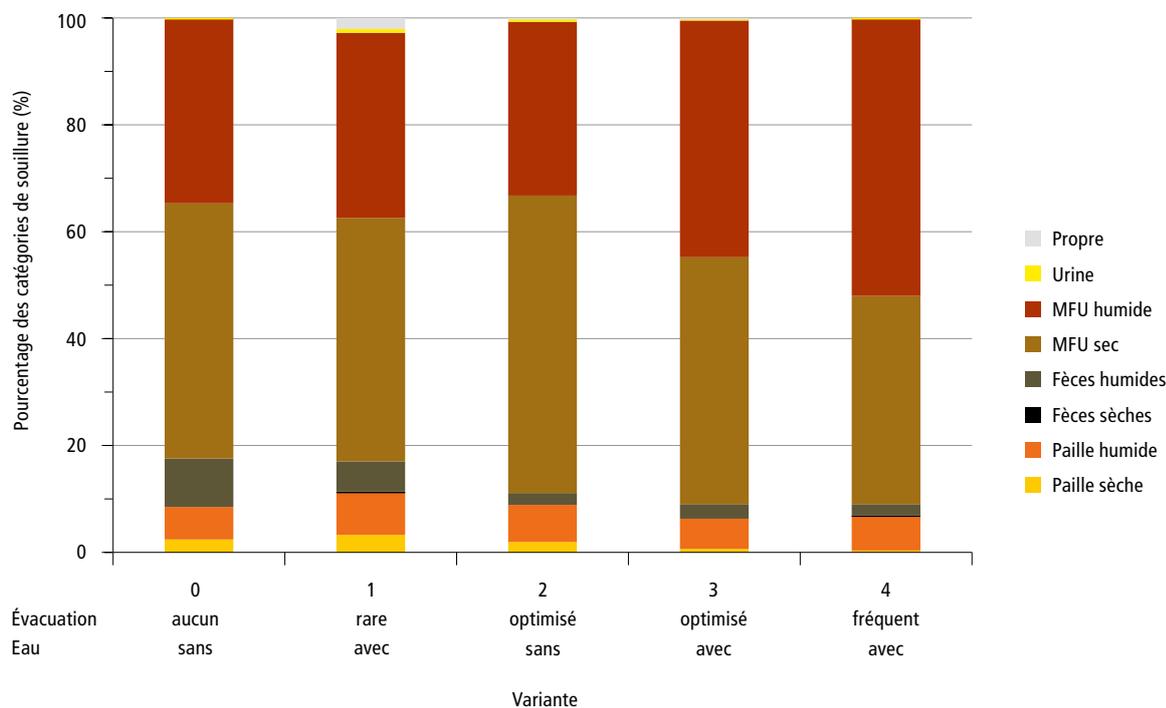


Figure 3 | Pourcentages de surfaces (%) des six variantes selon la catégorie de souillure (MFU = mélange fèces-urine).

fréquents ont permis de réduire les pourcentages de fèces, de la variante 0 avec 9 % à la variante 4 avec 2 % (fig. 3). En outre, les pourcentages de surface variaient également entre MFU sec et MFU humide (variante 0: MFU sec 48 %, MFU humide 35 %; variante 3: 46 % resp. 44 %; variante 4: 39 % resp. 52 %). La proportion représentée par les catégories de souillure humide (somme des fèces humides, MFU humide et paille humide) différait significativement d'une variante à l'autre ($p < 0,001$). La part des souillures humides était la plus élevée dans la variante 4. Cela pourrait être dû à l'eau pulvérisée pour le nettoyage, car avec l'augmentation de la fréquence de nettoyage, les surfaces ont également été humidifiées plus fréquemment et avaient moins de temps pour sécher. Comme les couloirs de circulation étaient perforés, la présence d'urine était inférieure à 1 % dans toutes les variantes, soit bien en deçà de ce qui a été relevé dans les études avec des aires d'exercice non perforées sans pente, où la teneur en urine allait de 5 à 12 % (Poteko *et al.* 2017).

Les résultats relatifs à la couche grasse montrent que celle-ci était plus importante surtout dans les variantes 2 et 1 avec 6,5 % et 3,5 %, que dans les variantes 0 (1,9 %), 3 (1,0 %) et 4 (0,7 %). Dans la variante 2, le pourcentage de la couche grasse différait sensiblement de toutes les autres variantes (variante 1: $p < 0,05$; variantes 0, 3 et 4: $p < 0,001$). La formation plus fréquente de couches

grasses sur les surfaces non perforées des couloirs transversaux par rapport aux couloirs de circulation perforés dans l'aire de repos et l'aire d'affouragement est frappante. La formation de couches grasses est nettement moindre dans les variantes 3 et 4. C'est la preuve qu'une évacuation plus fréquente du fumier accompagnée d'une vaporisation d'eau permet de réduire considérablement la formation de ces couches.

Comportement des animaux

Les animaux se sont rapidement habitués au robot d'évacuation du fumier. Sur un total de 368 réactions au fonctionnement du robot pendant la période d'observation, 72 % ont pu être classées dans la catégorie de comportement «esquive», 16 % dans la catégorie «comportement exploratoire» et 11 % dans la catégorie «sortie du cornadis». Les vaches quittaient le cornadis même lorsque le robot nettoyait la zone située derrière les logettes à une distance de plus d'un mètre. Dans la plupart des cas, les animaux couchés ne réagissaient au passage du robot qu'en bougeant les oreilles de manière attentive, une seule fois en se levant. A quatorze reprises, on a observé qu'une vache qui avait déjà les pattes avant dans la logette, ramenait ses pattes arrière lorsque le robot s'approchait. Le comportement observé par Stülpner *et al.* (2014), qui consistait pour les animaux à quitter les aires d'exercice pour se réfugier dans les

logettes, n'a pas pu être confirmé ici. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les animaux de l'étable d'essai avaient suffisamment d'espace dans les couloirs de circulation pour esquiver le robot et n'avaient pas besoin des logettes.

Une grande partie des «esquives» était des «esquives vers l'avant sans contact» (122 événements), des «esqui-

ves vers l'avant avec contact» (70 événements) et des «passages à côté du robot» (48 événements). Cela montre que les animaux étaient capables d'évaluer le trajet du robot et de l'éviter par précaution. On n'a pas pu observer de stress éventuel des vaches pendant ces réactions d'évitement (fig. 4). Les paramètres documentés dans la catégorie «comportement exploratoire» dans

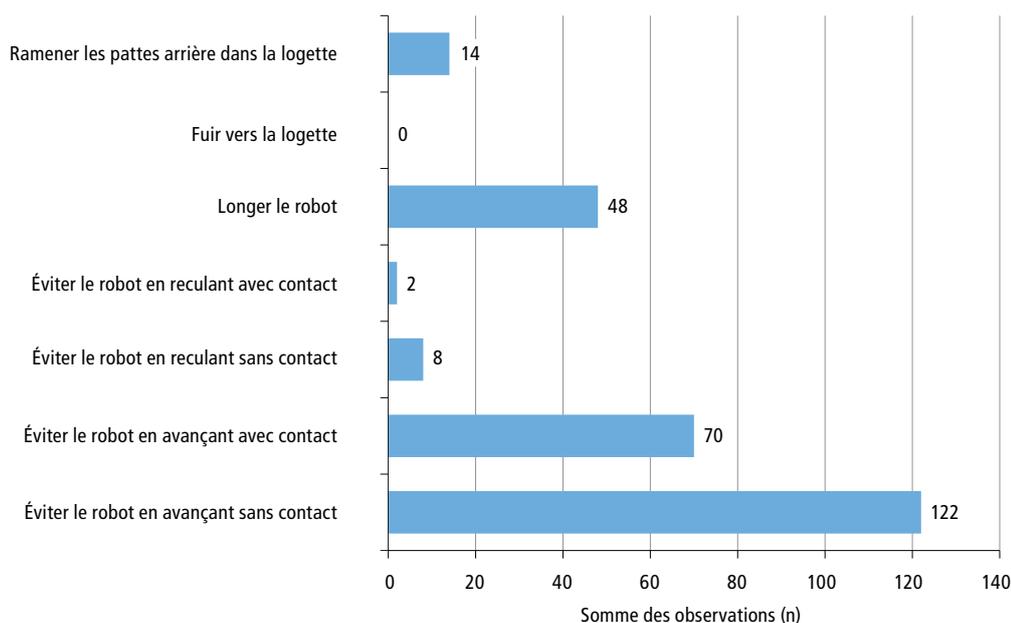


Figure 4 | Comportement d'esquive différencié en fonction des différents comportements indiqués comme somme des observations (n) dans la période d'observation, toutes variantes confondues.

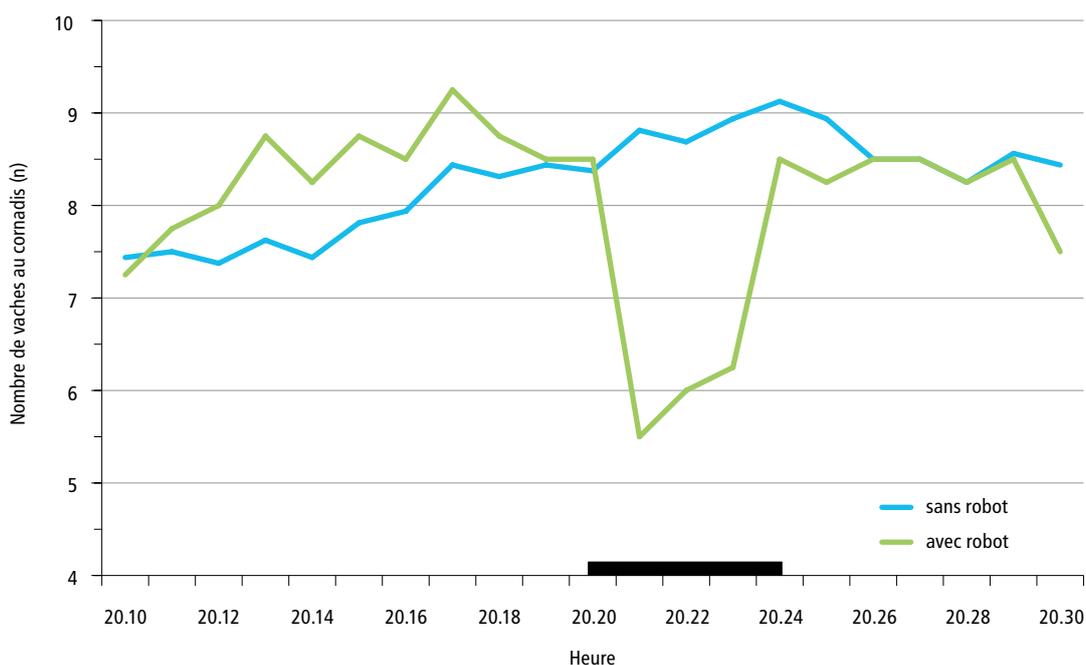


Figure 5 | Nombre moyen de vaches au cornadis (n) des variantes avec robot (variante 4) et sans robot (variantes 0–3). Entre 20h19 et 20h23, le robot fonctionnait dans la zone où se tenaient les vaches dans le couloir d'affouragement (barre noire).

cet essai ont eu tendance à diminuer avec le temps, ce qui indique également que les animaux se sont habitués au robot. Vers la fin de l'essai, les animaux semblaient moins intéressés par le dispositif, ce qui confirme l'hypothèse de l'habituation de Doerfler *et al.* (2016).

En observant les animaux au cornadis le soir entre 20h10 et 20h30, un effet manifeste du robot peut être observé de 20h21 à 20h24 (fig. 5). De 20h20 à 20h21, le nombre de vaches en train de manger est passé de 8,5 à 5,5 animaux en moyenne dans la variante avec le robot (variante 4). Dans cette même variante, le nombre de vaches au cornadis à 20h30 en cas de nettoyage au robot s'élève à 8,0 animaux, ce qui est comparable à la moyenne de la variante sans robot (variantes 0–3) qui est de 8,3 animaux. Les animaux ont certes esquivé le robot d'évacuation du fumier, mais sont ensuite retournés au cornadis.

Les animaux qui mangent ne sont pas seulement dérangés lorsqu'un robot d'évacuation du fumier nettoie le couloir d'affouragement. Même avec un racleur stationnaire dans le couloir d'affouragement, les animaux interrompent leur repas soit pour le fuir, soit pour lui passer par dessus (Buck *et al.* 2012). Ici, le robot a même l'avantage d'être moins large. Comme il ne nettoie pas tout le couloir d'un seul coup, les vaches ont plus d'espace et de possibilités pour l'esquiver. Les observations ont montré que dans la grande majorité des cas, les vaches qui mangeaient retournaient relativement rapidement au cornadis. Bien qu'elles aient parfois été dérangées plusieurs fois de suite par le robot, elles n'ont interrompu leur repas que le temps absolument nécessaire.

Consommation d'eau et coûts annuels

L'augmentation du coût de la consommation d'eau et l'augmentation de la quantité d'eau dans la fosse à lisier sont des raisons souvent invoquées pour expliquer pourquoi la fonction de pulvérisation d'eau du robot d'évacuation n'est pas utilisée dans la pratique. La consommation d'eau du robot d'évacuation par vache et par an (300 jours d'utilisation de l'eau) est comprise entre 1,3 m³ et 4,9 m³ dans les différentes variantes avec eau.

Les coûts de la consommation d'eau de la variante 3 avec une quantité d'eau d'environ 3,2 m³ par vache et par an s'élèvent au total à environ 3,80 francs par vache et par an. Les coûts d'électricité pour la variante 3 s'élèvent à 3,70 francs par vache et par an (330 jours d'utilisation).

Conclusion et recommandations

L'étude systématique des différentes fréquences d'évacuation du fumier a montré qu'un nettoyage supplémentaire des aires d'exercice perforées est nécessaire étant donné le niveau de souillure. Les résultats indiquent que la variante 4, avec une fréquence de nettoyage et une consommation d'eau optimisées, n'a pas amélioré significativement la propreté des aires d'exercice par rapport à la variante 3. La fonction de vaporisation d'eau du robot a amélioré la propreté des aires d'exercice. Cela a notamment permis de réduire les couches grasses et par conséquent le risque que les animaux ne dérapent. Il est donc recommandé de ne pas renoncer à l'utilisation d'eau. Comme les coûts de l'eau ne sont pas négligeables, il est possible d'envisager un compromis en ne programmant qu'un trajet du robot sur deux avec vaporisation d'eau.

Il est possible de nettoyer le couloir d'affouragement plusieurs fois par jour. Afin de déranger le moins possible les animaux pendant leur repas, la zone située autour des cornadis devrait être nettoyée pendant que les vaches sont dans l'aire d'attente ou pendant la traite, c'est-à-dire en dehors des phases principales d'affouragement. ■

Riassunto**Qualità di pulizia e comportamento degli animali in caso di impiego di un asportatore mobile di deiezioni**

L'impiego di asportatori mobili di deiezioni su pavimenti perforati è poco diffuso finora. Mancano inoltre raccomandazioni scientificamente fondate per l'utilizzo. In un test eseguito con l'asportatore mobile di deiezioni Discovery (Lely) a diversi intervalli di pulizia, sono stati rilevati il grado di sporcizia dei pavimenti e il comportamento delle vacche su pavimenti perforati. Nella variante con un intervallo di pulizia ottimale si è osservato un miglioramento rispetto alle altre varianti che non prevedono, se non in modo limitato, l'impiego di asportatori mobili di deiezioni per quanto riguarda il grado di sporcizia e la scivolosità dei pavimenti. Grazie alla funzione ad acqua spruzzata la scivolosità dei pavimenti ha potuto essere ridotta in maniera significativa. Durante il passaggio dell'asportatore mobile nelle immediate vicinanze della mangiatoia si è osservato che alcuni animali smettevano di foraggiarsi, tuttavia questo comportamento è riscontrabile anche quando non si usa l'asportatore mobile e comunque le vacche riprendevano subito a mangiare. I test hanno dimostrato che l'impiego di un asportatore mobile di deiezioni con funzione ad acqua spruzzata è assolutamente indicato per pulire e rimuovere lo sporco dai pavimenti perforati.

Summary**Cleaning quality and animal behaviour with the use of a dung-removal robot**

The use of dung-removal robots on perforated flooring has not been widespread to date. Moreover, scientifically substantiated recommendations for their operation are lacking. In an experiment involving different cleaning frequencies with the Lely Discovery Mobile Barn Cleaner, floor soiling and the behaviour of the cows on perforated flooring were ascertained. The variant with an optimised cleaning frequency showed an improvement vis-à-vis the variants without, or with reduced, robot dung removal in terms of height of soiling and smear-layer formation on the flooring. The water-spray function enabled a significant reduction in the formation of smear layers. Although an interruption in feeding was observed in the case of dung-removal routes right at the feeding barrier, the difference between the feeding cows with and without robot operation was comparatively slight, and the cows generally returned to the feeding place after the disruption. The trials showed that the use of a dung-removal robot with a water-spray function is indispensable for the proper removal of soiling from perforated flooring.

Key words: dung removal, robotic manure scraper, dairy cow, animal behaviour, exercise area's soiling.

Bibliographie

- Buck M., Wechsler B., Gyax, L., Steiner B., Steiner A. & Friedli K., 2012. Comment les vaches réagissent-elles au racleur d'évacuation? Etude du comportement et de l'activité cardiaque. *Rapport ART 750*, Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), Tänikon.
- Doerfler R. L., Post K., Winckler C. & Bernhardt H., 2016. Räumlich-zeitliches Verhalten und Herzaktivität von Milchkühen bei der Einführung eines Spaltenroboters. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemässen Tierhaltung 2016, *KTBL-Schrift 511*, 178–186.
- Poteko J., Zähler M., Kreuzer M. & Schrade S., 2017. Laufflächen-Verschmutzung – Erhebungskonzept und erste vergleichende Ergebnisse von planbefestigten Laufflächen mit und ohne Gefälle aus dem Emissionsversuchsstall für Milchvieh. *ETH Schriftenreihe zur Tierernährung 40*, 110–113.
- Schrade S., Keck M., Zeyer K. & Emmenegger L., 2011. Emissions d'ammoniac dans les stabulations libres de vaches laitières avec aire d'exercice extérieure: moins de pertes en hiver. *Rapport ART 745*, Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), Tänikon.
- Schrade S., Zähler M., Poteko J., Steiner B., Keck M., Sax M., Herzog D. & Schick M., 2015. Versuchsstall zur Entwicklung und Quantifizierung von Massnahmen zur Minderung von Emissionen. In: Bau, Technik und Umwelt 2015 in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt, p. 450–455.
- Steiner B., Zähler M. & Fiedler A., 2019 (à paraître). Der Einfluss von Haltungsbedingungen und Fütterung auf die Klauengesundheit. In: Erkrankungen der Zehen und Klauen des Rindes (Hrsg. Fiedler A., Maier J. & Nuss K.), 2. Auflage, Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart.
- Stülpner A., Adeili S., Haidn B., Dörfler R. & Bernhardt, H., 2014. Reaktionen von Milchkühen beim Einsatz eines Spaltenroboters. *Landtechnik 69*, 225–231.
- Zähler M., Keck M. & Hilty R., 2005. Emissions d'ammoniac provenant des stabulations bovines. Mesures de réduction portant sur la construction et le management. *Rapport FAT 641*, Station de recherche Agroscope, Tänikon (FAT).