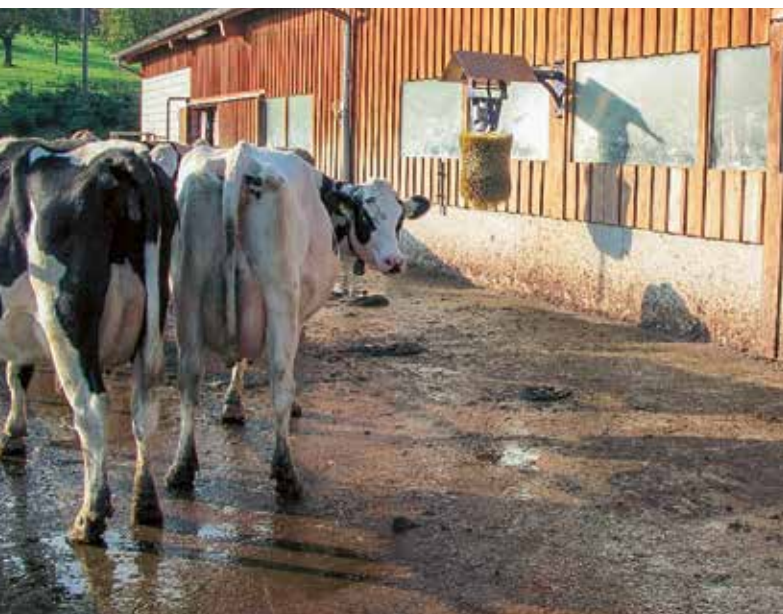


Comparaison de l'immission d'odeurs des étables bovines avec et sans aire d'exercice extérieure

Margret Keck, Matthias Frei et Beat Steiner

Agroscope, Institut des sciences en durabilité agronomique IDU, 8356 Ettenhausen, Suisse

Renseignements: Margret Keck, e-mail: margret.keck@agroscope.admin.ch



La détention de vaches laitières avec stabulation libre et aire d'exercice extérieure offre aux animaux un espace supplémentaire pour se mouvoir. Suivant la taille de la surface souillée dans l'aire d'exercice, les immissions d'odeurs sont plus importantes. (Photo: Sabine Schrade, Agroscope)

Introduction

Dans l'élevage bovin, il existe un grand nombre de systèmes de détention – de la stabulation entravée à la stabulation libre en passant par des systèmes combinés avec aire d'exercice extérieure. En général, il s'agit de systèmes à aération naturelle. Dans les distances recommandées à respecter par les installations de détention animale en Suisse (Richner et Schmidlin 1995) et en Allemagne (VDI 2012), on ne différencie pas jusqu'ici les systèmes de détention des bovins. Pour tous les systèmes de détention bovine, la directive VDI 3894 (VDI 2012) ne mentionne par exemple qu'un seul facteur d'émission d'odeurs de 12 UO/s-UGB (unités d'odeur [UO] par seconde et unité gros bétail [UGB]; 1 UGB correspon-

dant à 500 kg de poids vif). D'autre part, aucune valeur n'est disponible pour les aires de sortie (c'est-à-dire les aires d'exercice extérieure). A cause de problèmes liés à la technique de mesure des taux de renouvellement d'air, seules des valeurs se basant sur une convention d'experts ont été utilisées, les relevés comparatifs systématiques font défaut. Les premiers relevés de Keck et al. (2010) à l'aide de la méthode Tracer-Ratio dans les systèmes de détention courants aujourd'hui dans cinq stabulations libres avec aire d'exercice extérieure indiquent des émissions d'odeurs plus élevées que celles fixées dans la directive VDI 3894 (VDI 2012). Pour avoir des données de planification actualisées et fondées, il est souhaitable de considérer les exploitations de bétail bovin également du point de vue des immissions. Dans la littérature, il existe quelques relevés, qui ont toutefois été réalisés avec d'autres systèmes de détention et des effectifs nettement plus importants (plus de 1000 vaches laitières) (Sheffield et al. 2007). Par ailleurs, il n'a pratiquement pas été possible de tirer des conclusions générales à partir des relevés des exploitations individuelles de détention bovine, ni d'en déduire des facteurs d'influence pertinents (Jungbluth et Hartung 1996).

Cette étude avait pour but d'évaluer des données existant sur les stabulations libres avec aires d'exercice extérieures à l'aide de nouvelles méthodes statistiques et d'identifier un éventuel effet de l'aire d'exercice non perforée sur l'immission d'odeurs. L'immission d'odeur d'une aire d'exercice exposée au flux d'air libre a également été déterminée à l'aide d'un dispositif expérimental.

Matériel et méthodes

Les relevés de Keck et al. (1999) ont servi de base de données. Dans cette étude antérieure, l'intensité des odeurs avait été comparée dans l'exploitation avec et sans utilisation de l'aire d'exercice extérieure. La diversité des facteurs influençant l'intensité des odeurs à différentes distances de l'étable ainsi que leur interaction n'avaient pas pu être prises en compte à l'époque.



Figure 1 | Une surface de test non perforée d'une taille de 100 m² a servi à représenter une aire d'exercice exposée au flux d'air libre. (Photo: Margret Keck, Agroscope)

Vue d'ensemble des relevés

Les relevés ont eu lieu dans dix exploitations de bétail bovin avec stabulation libre et aire d'exercice non perforée attenante. Les effectifs animaux étaient compris entre 11 et 44 vaches. La surface totale jouant un rôle pour les odeurs était de 100 à 600 m², dont 50–180 m² servaient d'aire d'exercice. Des informations plus détaillées sur les exploitations, le mode de détention et d'aération sont fournies dans le tableau 1.

Sur une zone de 100 m², une surface de test non perforée a été souillée d'excréments bovins (fig. 1). La masse d'excréments épandus correspondait aux observations des auteurs sur le comportement d'excrétion des vaches laitières et à des études sur la quantité d'excréments dans une aire d'exercice extérieure.

Relevés de panaches d'odeurs

Les relevés de panaches pour déterminer l'immission d'odeurs ont eu lieu pendant la période estivale, tant sur la surface de test que dans les exploitations de détention

Tableau 1 | Vue d'ensemble des relevés

Description	Exploitations (expl.)	Surface de test
Situation	<ul style="list-style-type: none"> 10 exploitations bovines, 11–44 vaches, en partie avec du jeune bétail, 12–44 unités gros bétail au total Stabulation libre à logettes (9 expl.) ou sur litière profonde (1 expl.) Aire d'exercice non perforée, accès permanent Stock d'engrais de ferme ouvert ou fermé 4 expl. aération mécanique, 6 expl. aération par le fait Exploitations indépendantes 	<ul style="list-style-type: none"> Surface de test non perforée Chaque jour de relevé, surface souillée par des excréments bovins Exposée au flux d'air libre, sans obstacle dans les environs
Surface	<ul style="list-style-type: none"> 100–600 m² de surface dégageant des odeurs avec aire pour les animaux et stock d'engrais de ferme, dont 50–180 m² d'aire d'exercice 	<ul style="list-style-type: none"> 100 m² d'aire d'exercice testés
Ampleur des relevés	<ul style="list-style-type: none"> 2 dates de relevés par exploitation 20 jours de relevés durant la période estivale, 3 saisies d'odeurs par exploitation avec aire d'exercice souillée (c.-à-d. «avec aire d'exercice») et 3 saisies d'odeurs avec aire d'exercice recouverte d'un film (c.-à-d. «sans aire d'exercice») <ul style="list-style-type: none"> Testeurs à 30–145 m de distance de l'exploitation 	<ul style="list-style-type: none"> 13 jours de relevés 3 saisies d'odeurs par jour Testeurs à 15–70 m de distance de la surface de test

Résumé ■ Dans les stabulations libres pour bovins, les aires d'exercice extérieures constituent des sources d'émissions proches du sol. Jusqu'à présent, elles n'étaient pas prises en compte dans le calcul des distances minimales à respecter par rapport aux zones d'habitation. Le but de ces essais était de d'identifier un éventuel effet des aires d'exercice non perforées sur l'immission d'odeurs. Un dispositif expérimental a été mis en place pour relever l'immission d'odeurs d'une aire d'exercice extérieure de 100 m² exposée au flux d'air libre. L'immission d'odeurs a également été enregistrée dans dix stabulations libres de vaches laitières comptant entre 12 et 44 unités gros bétail. Les surfaces émettrices représentaient entre 100 et 600 m², dont 50 à 180 m² correspondaient à des aires d'exercice extérieures. Les panaches d'odeurs ont été saisis périodiquement par des testeurs. Après ces premiers relevés avec aire d'exercice sale, cette dernière a été recouverte d'un film, afin de simuler l'absence d'aire d'exercice. D'autres saisies d'odeurs ont ensuite été effectuées dans cette situation. L'intensité des odeurs côté immission a pu être expliquée à l'aide d'un modèle linéaire à effets mixtes. Pour la surface de test, les variables significatives étaient la distance par rapport à la source et la vitesse du vent; pour les exploitations, il fallait encore ajouter la variable surface. Les résultats montrent l'importance des aires d'exercice extérieures en ce qui concerne les odeurs. Il est donc nécessaire d'intégrer cette surface dans les distances recommandées, pour éviter les plaintes pour nuisances olfactives.

bovine (tabl. 1). Dans le cas de l'aire d'exercice souillée, la surface de l'aire a été recouverte d'un film immédiatement après le passage des testeurs. Trois autres passages ont ensuite été effectués. Ils correspondaient à une situation sans aire d'exercice.

A chaque saisie d'odeur, cinq des quatorze testeurs formés étaient en action. Ils effectuaient trois relevés successifs, à trois distances différentes de l'étable. Pour chaque distance, les testeurs étaient positionnés perpendiculairement à la direction principale du vent, définie lors de la saisie. Cette dernière se compose d'une période de dix minutes, durant laquelle les testeurs relevaient l'odeur qu'ils ressentaient toutes les dix secondes et évaluaient son intensité de 0 (non perceptible) à 6 (extrêmement forte). La température de l'air, l'humidité de l'air, la vitesse et la direction du vent sont les paramètres descriptifs saisis pendant les saisies. Le degré de souillure de l'aire d'exercice a également été estimé.

Statistiques

Après préparation des données, les paramètres descriptifs dont la surface, la température de l'air et la vitesse du vent ont été représentés par un graphique. L'intensité des odeurs a été agrégée sous forme de moyenne arithmétique par relevé de panache et par testeur et ramenée à sa racine carrée pour l'évaluation statistique, car les données brutes n'étaient pas normalement distribuées (fig. 3). Un modèle linéaire à effets mixtes a été établi avec RStudio, version 0.99.491 à partir de la diversité des facteurs d'influence potentiels (tabl. 2). Ce modèle tient compte de la structure hiérarchique des données et des effets fortuits comme l'exploitation et le jour de relevé sur l'exploitation ou le jour de relevé sur la surface de test. La colinéarité des facteurs d'influence a été prise en compte (p. ex. température, saison). Après plusieurs étapes, on a obtenu, pour les exploitations, un modèle avec la variable cible, intensité d'odeur, *l'intercept* (constante) et les variables explicatives surfaces, distance et vitesse du vent. Pour la surface de test, l'intensité des odeurs a été expliquée par la distance et la vitesse du vent.

Résultats et discussion

Paramètres descriptifs

La figure 2 présente les paramètres descriptifs (surface, température de l'air et vitesse du vent) pendant les différentes saisies d'odeurs dans les exploitations. La surface totale dégageant des odeurs variait entre 100 et 600 m² dans les exploitations. L'aire d'exercice extérieure représentait 23–5 % de la surface totale jouant un rôle pour les odeurs. Dans les exploitations, la température de l'air

Tableau 2 | Modèles linéaires à effets mixtes pour expliquer la racine carrée de l'intensité des odeurs à partir des relevés de panache dans les exploitations et sur la surface de test à l'aide des paramètres explicatifs, des valeurs d'estimation et des seuils de signification (valeur p)

Modèle	Paramètre	Exploitations		Surface de test	
		Estimation	Valeur p	Estimation	Valeur p
Effets fixes	Intercept	0,5576	<0,0001	1,1652	<0,0001
	Surface	0,0008	0,0085	–	–
	Distance	–0,0019	0,0215	–0,0074	0,0265
	Vitesse du vent	0,0256	0,0459	0,0373	0,0311
Effets aléatoires		Exploitation		Jour de relevé	
		Jour de relevé			

était comprise entre 8 et 29 °C, et entre 10 et 27 °C sur la surface de test. La vitesse du vent s'élevait au maximum à 16 m/s, soit 4,3 m/s en moyenne dans les exploitations et 4,6 m/s en moyenne sur la surface de test.

Résultats relatifs à l'immission d'odeurs

Dans les exploitations, l'intensité des odeurs côté immission a pu être expliquée à l'aide d'un modèle linéaire à effets mixtes avec les paramètres surface, distance par rapport à la source et vitesse du vent (tabl. 2). Parallèlement, l'intensité des odeurs de la surface de test a pu être représentée à l'aide d'un modèle basé sur la distance et la vitesse du vent. L'intensité des odeurs était d'autant plus élevée que la surface dégageant des odeurs était grande et la vitesse du vent élevée. A l'inverse, l'intensité des odeurs s'atténuait avec la distance.

Les exploitations affichaient généralement une intensité d'odeurs plus élevée dans la situation «avec aire d'exercice», c'est-à-dire avec une grande surface, que dans la situation «sans aire d'exercice» avec une surface plus petite (fig. 3A). L'intensité des odeurs diminuait à mesure que l'on s'éloignait de l'exploitation (fig. 3B) ou de la surface de test (fig. 3D). Avec une vitesse du vent plus importante, les testeurs ont également enregistré une intensité plus forte des odeurs (fig. 3C et 3E).

La diminution de l'odeur avec l'éloignement et l'augmentation des intensités d'odeurs avec des vitesses de vent élevées ont également été constatées dans la détention porcine (Keck *et al.* 2005) et dans une exploitation de bétail bovin avec installation de biogaz (Keck *et al.* 2014). Les mêmes facteurs d'influence ont permis d'expliquer l'intensité des odeurs côté immission autant pour la surface de test exposée au flux d'air libre que pour les dix exploitations. L'intensité des odeurs de la surface exposée au flux d'air libre a atteint un niveau plus élevé, même si la surface n'était que de 100 m². Cette différence

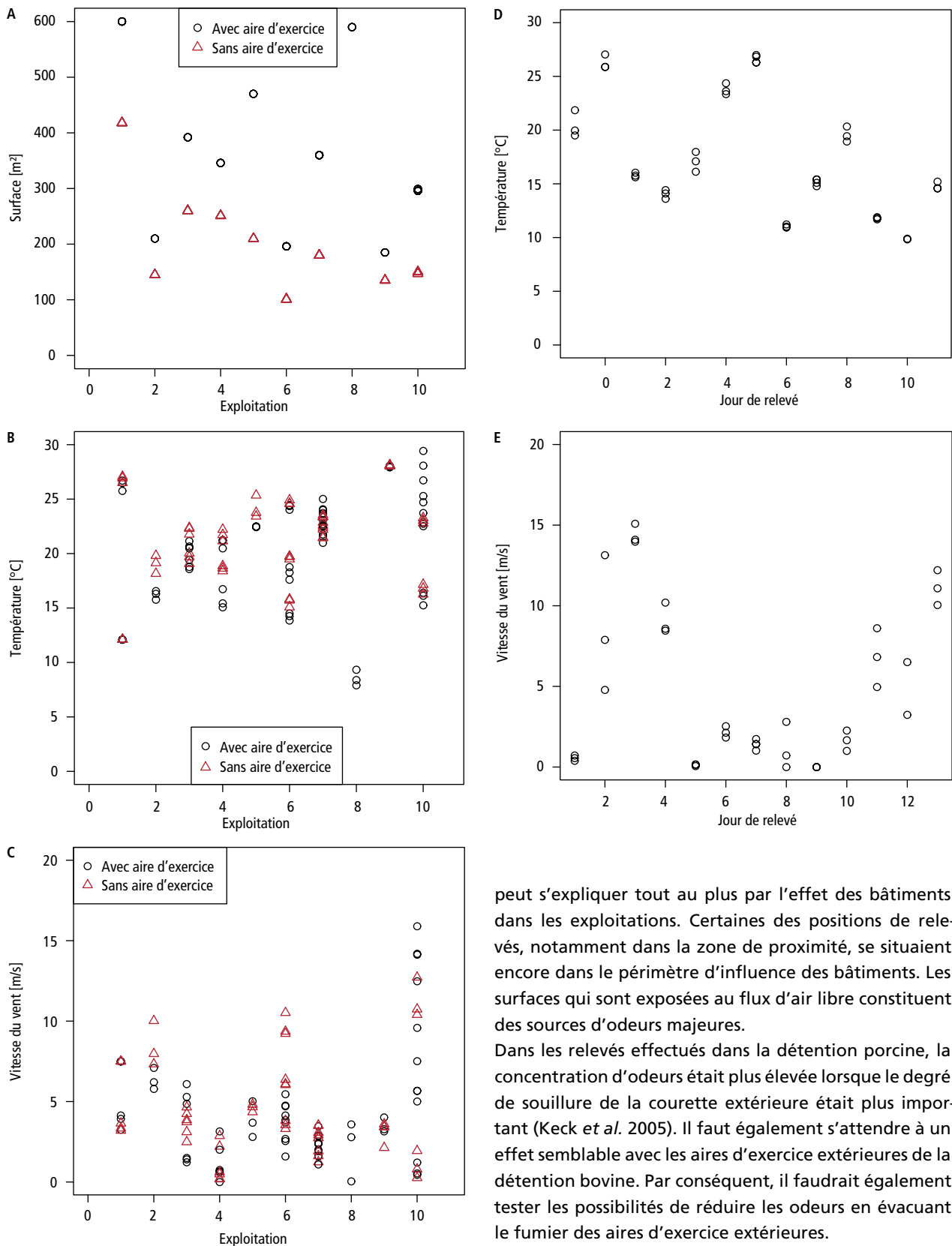


Figure 2 | Paramètres descriptifs pendant les saisies d'odeurs avec indications concernant les surfaces des exploitations avec ou sans aire d'exercice (A), la température de l'air (B) et la vitesse du vent (C) des exploitations et de la surface de test (D et E).

peut s'expliquer tout au plus par l'effet des bâtiments dans les exploitations. Certaines des positions de relevés, notamment dans la zone de proximité, se situaient encore dans le périmètre d'influence des bâtiments. Les surfaces qui sont exposées au flux d'air libre constituent des sources d'odeurs majeures.

Dans les relevés effectués dans la détention porcine, la concentration d'odeurs était plus élevée lorsque le degré de souillure de la courette extérieure était plus important (Keck *et al.* 2005). Il faut également s'attendre à un effet semblable avec les aires d'exercice extérieures de la détention bovine. Par conséquent, il faudrait également tester les possibilités de réduire les odeurs en évacuant le fumier des aires d'exercice extérieures.

Seule l'évaluation avec prise en compte de la structure hiérarchique des données lors de mesures répétées ainsi que des effets fixes et aléatoires a permis d'identifier les facteurs influençant la volatilisation et la propagation des odeurs. En effet, pour établir des bases de planifi-

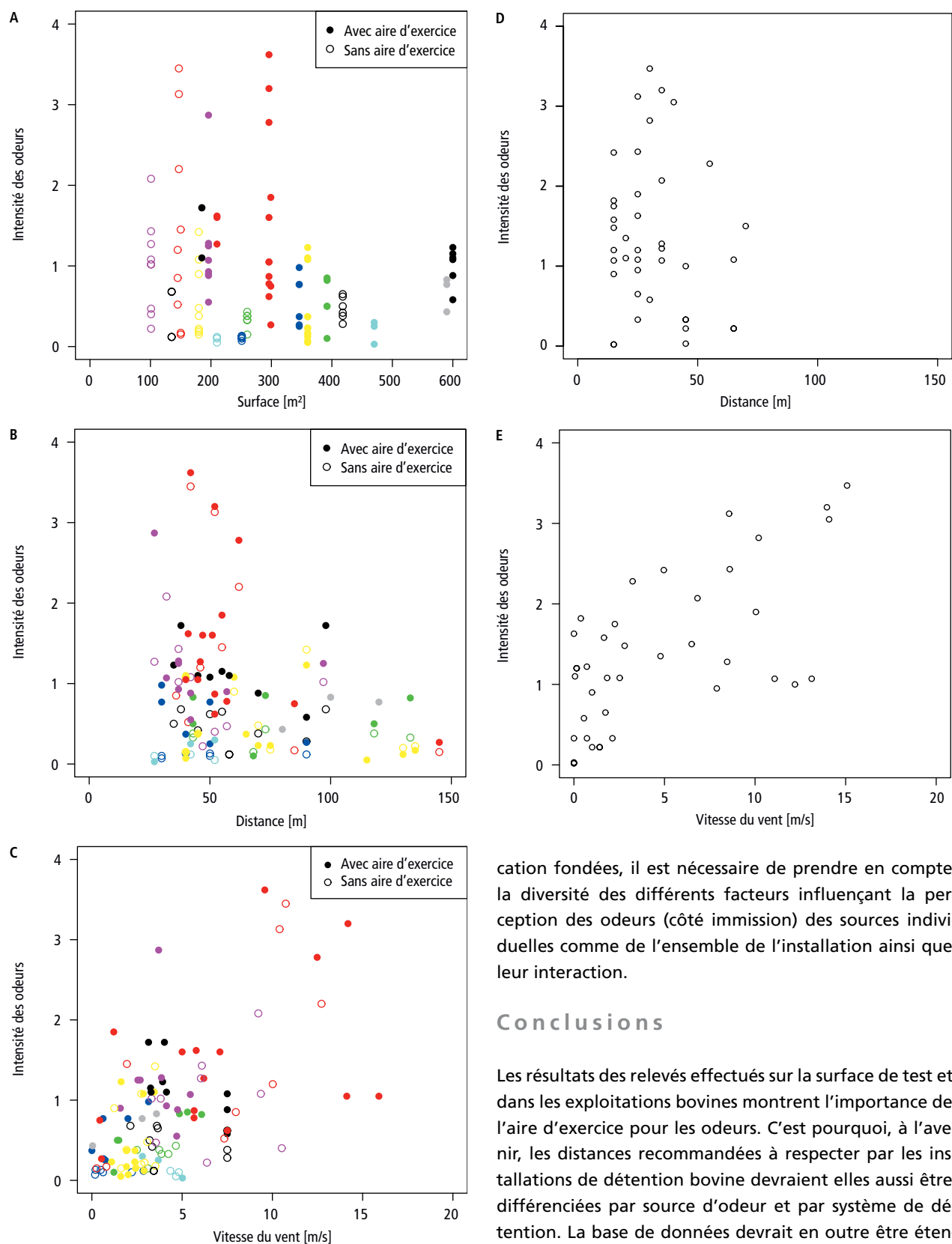


Figure 3 | Intensité des odeurs par passage de relevés dans les exploitations en fonction de la surface (A), de la distance (B) et de la vitesse du vent (C) et, sur la surface de test, en fonction de la distance (D) et de la vitesse du vent (E). Les points de la même couleur représentent les données de la même exploitation.

cation fondées, il est nécessaire de prendre en compte la diversité des différents facteurs influençant la perception des odeurs (côté immission) des sources individuelles comme de l'ensemble de l'installation ainsi que leur interaction.

Conclusions

Les résultats des relevés effectués sur la surface de test et dans les exploitations bovines montrent l'importance de l'aire d'exercice pour les odeurs. C'est pourquoi, à l'avenir, les distances recommandées à respecter par les installations de détention bovine devraient elles aussi être différenciées par source d'odeur et par système de détention. La base de données devrait en outre être étendue à d'autres sources jouant un rôle pour les odeurs comme le stock d'engrais de ferme ou d'aliments fermentés. Parallèlement, d'autres études sont nécessaires afin de tenir compte de l'ensemble de l'exploitation du point de vue des immissions. ■

Riassunto

Immissione di odori: confronto tra stalle per bovini con e senza corte

Nelle stalle a stabulazione libera le corti rappresentano fonti di emissioni a ridosso del suolo. Ad oggi, le corti non sono mai state considerate nel calcolo della distanza minima dalle zone abitate. L'obiettivo di questi studi è stato accertare se le corti con rivestimento abbiano un'influenza sull'immissione di odori. Per rispondere a quest'interrogativo, utilizzando un metodo sperimentale è stata calcolata l'immissione di odori di una superficie di camminamento a ventilazione naturale di 100 m². Si è quindi misurata l'immissione di odori di dieci stalle a stabulazione libera per il bestiame da latte con un effettivo tra le 12 e le 44 unità di bestiame grosso. Le superfici di emissione misuravano tra i 100 e i 600 m², dei quali da 50 a 180 m² nella corte. L'immissione di odori è stata calcolata tramite rilevazioni del pennacchio di diffusione con esaminatori. Dopo i primi sopralluoghi a corte sporca, la superficie di camminamento è stata coperta con un rivestimento. Sono poi stati effettuati altri sopralluoghi in situazione di detenzione senza utilizzo della corte. Applicando un modello lineare a effetti misti è stato possibile determinare l'intensità degli odori nelle immissioni. Per la superficie campione erano significative le variabili «Distanza dalla fonte» e «Velocità del vento»; per le aziende, anche la variabile «Superficie». I risultati mostrano la rilevanza delle corti nell'immissione di odori. Al fine di evitare lamentele è necessario integrare queste superfici di emissione nelle raccomandazioni concernenti le distanze minime degli impianti per l'allevamento.

Bibliographie

- Jungbluth T. & Hartung E., 1996. Ermittlung von Geruchsschwellen bei Rinderställen und Neufestlegung von Geruchsäquivalenzfaktoren. Endbericht für das Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg, Förderkennzeichen 27–95.2, 32 p.
- Keck M., Keller M., Frei M. & Schrade S., 2014. Odour impact by field inspections: Method and results from an agricultural biogas facility. *Chemical Engineering Transactions* **40**, 61–66.
- Keck M., Koutny L., Schmidlin A. & Hilty R., 2005. Odeurs issues de porcheries avec courettes et ventilation naturelle. *Recherche Agronomique Suisse* **12** (2), 84–89.
- Keck M., Schmidlin A. & Sager A., 1999. Etables de bétail laitier avec parcours extérieur: immissions d'odeur plus élevées? *Recherche Agronomique Suisse* **6** (1), 5–7.
- Keck M., Schmidlin A., Zeyer K., Emmenegger L. & Schrade S., 2011. Odour concentration and emission from naturally ventilated dairy loose housings

Summary

Comparison of the odour impact of cattle housing with and without an outdoor exercise area

Outdoor exercise areas in loose cattle housing systems represent close-to-the-ground emission sources. Previously, outdoor exercise areas were not taken into account when calculating the minimum distance to residential zones. The aim of these studies was to highlight any possible effect of outdoor exercise areas with solid flooring on odour impact. For this, the odour impact of a 100 m² outdoor exercise area exposed to a free flow of air was determined by means of an experimental approach. In addition, the odour impact of ten loose dairy-cattle housing systems with an animal population of between 12 and 44 livestock units was recorded. The emitting areas comprised 100 to 600 m², between 50 and 180 m² of which formed part of the outdoor exercise area. Odour impact was determined via odour-plume inspections with assessors. After the first inspection rounds with a soiled outdoor exercise area, the surface of the outdoor exercise area was covered with sheeting. Further inspections then followed according to the situation where no outdoor exercise area was used. The impact-side odour intensity was explained by means of a linear mixed-effects model. In this context, the variables 'distance to source' and 'wind speed' were significant for the test area, while 'surface area' was an additional variable for the farms. The results highlight the odour relevance of outdoor exercise areas. Incorporating this odour-relevant area into the distance recommendations is therefore essential in order to prevent odour complaints.

Key words: odour, intensity, attenuation behaviour, distance, cattle, outdoor exercise yard.

- with an outdoor exercise area. *Chemical Engineering Transactions* **23**, 195–200.
- Richner B. & Schmidlin A., 1995. Distances minimales à observer pour les installations d'élevage d'animaux. Recommandations pour de nouvelles constructions et des exploitations existantes. *Rapports FAT N° 476*, Station fédérale de recherche en économie et technologie agricoles Tänikon (FAT), Ettenhausen, 16 p.
- Sheffield R., Chahine M., Dye B. & Thompson M., 2007. Odor concentrations downwind of Idaho dairies and heifer facilities. *Transactions of the ASABE* **50** (1), 255–263.
- VDI, 2012. Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen – Methode zur Abstandsbestimmung Geruch. VDI-Richtlinie 3894, Verein Deutscher Ingenieure VDI, Düsseldorf, Blatt 2, 52 p.
- Zeissig H.-D. & Langenegger G., 1999. Geruchsfahnenbegehungen an Rinderställen. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München, *Gelbes Heft* **63**, 83 p.