

Emissions d'ammoniac provenant des stabulations bovines

Mesures de réduction portant sur la construction et le management

Michael Zähler, Margret Keck et Richard Hilty, Agroscope FAT Tänikon, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles, CH-8356 Ettenhausen

E-mail: michael.zaehner@fat.admin.ch.

Les émissions d'ammoniac (NH_3) dans les étables dépendent essentiellement de la quantité d'urée éliminée, de la superficie de la surface souillée ainsi que de la température et de la vitesse de circulation de l'air dans l'étable. La détention croissante des vaches laitières en stabulation libre avec aire d'exercice extérieure a doublé la superficie disponible des étables par rapport aux stabulations entravées et multiplié la part de surface souillée. Les surfaces souillées étant plus importantes, notamment dans les aires d'exercice extérieures, les émissions de NH_3 ont considérablement augmenté.

Il existe différentes mesures pour réduire ces émissions. Elles touchent les stratégies d'affouragement, le traitement du lisier ou encore l'organisation et la construction. Les données disponibles en matière de relevés d'émissions provenant de la production bovine sont très limitées. En effet, les étables concernées sont généralement

des étables ventilées naturellement. Il est néanmoins possible de recommander certaines mesures permettant de réduire les émissions d'ammoniac.

La ration doit être équilibrée en énergie et en protéines et être calculée à l'aide de plans d'affouragement. Suivant le concept de l'étable, il est également possible d'accroître la détention au pâturage ou de limiter l'accès à l'aire d'exercice extérieure sans grands frais ni travaux supplémentaires. L'augmentation de la fréquence de nettoyage peut améliorer la propreté des aires d'exercice. Un avant-toit suffisant et l'ombrage offert par des bâtiments adjacents, des arbres, des arbustes ou des filets brise-vent peuvent protéger des températures élevées et des déplacements d'air élevés. La mise en place d'aires d'exercice spéciales pour réduire les émissions de NH_3 avec des éléments rainurés au sol, d'aires d'affouragement surélevées avec séparations entre les

places d'affouragement et des systèmes d'évacuation optimisés ne peut être envisagée que dans les bâtiments neufs.

Le projet a reçu le soutien financier de l'Office fédéral de l'environnement, de la forêt et du paysage (OFEFP).

Sommaire	Page
Problématique	2
Quantité des émissions de NH_3	2
Systèmes de détention des vaches laitières	2
Emissions de NH_3 dans différents systèmes de détention	2
Affouragement et processus de conversion en NH_3	3
Mesures de réduction des émissions	4
Possibilités d'application pratique	8
Emissions de NH_3 dans les concepts d'étables actuels	8
Recommandations	10
Recherches nécessaires	11
Bibliographie	11
Catalogue de mesures	12



Fig. 1: Les stabulations libres présentent des avantages du point de vue du bien-être des animaux, mais aussi des inconvénients du point de vue de l'environnement, à cause des importantes émissions d'ammoniac (NH_3).

Problématique

L'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) indique que des mesures de réduction des émissions doivent être prises pour les sources diffuses dans la mesure où cela est réalisable sur le plan de la technique et de l'exploitation, et économiquement supportable. Des troupeaux de plus en plus grands, une meilleure organisation du travail, des avantages essentiellement ergonomiques et la participation croissante aux programmes de garde des animaux (SST/SRPA) favorisent le développement des systèmes de stabulation libre et des aires d'exercice extérieures. Par rapport à la détention entravée traditionnelle, ces systèmes sont plus respectueux du bien-être animal et permettent une organisation plus rationnelle des travaux. Le revers de la médaille, c'est que leur développement conduit à une augmentation considérable des surfaces souillées, ce qui se traduit par une hausse des émissions de NH₃.

Il existe déjà des mesures prises au niveau de la construction qui permettent de réduire les émissions et sont financièrement supportables. Il n'existe toutefois pas de récapitulatif détaillé des mesures aptes à l'utilisation pratique. L'agriculteur qui souhaite construire doit pouvoir réaliser son projet en tenant compte des exigences futures liées à la réduction des émissions. Il a tout intérêt à optimiser l'efficacité de l'azote sur son exploitation. Les erreurs commises aujourd'hui dans la construction ne peuvent être corrigées que dans des cycles d'amortissement généralement longs.

Quantité des émissions de NH₃

En 2000, les émissions de NH₃ en Suisse représentaient un total de 45 500 tonnes d'azote. Avec un pourcentage de plus de 90 %, l'agriculture est l'activité qui y contribue le plus (Reidy et Menzi 2005). Etant donné la part importante qu'ils représentent dans la production animale en unités gros bétail (UGB), les bovins sont responsables de la majeure partie des émissions de NH₃, soit 74 % (fig. 2, Reidy et Menzi 2005). Les émissions de NH₃ issues de la production animale sont dues en premier lieu à l'épandage des engrais de ferme (58 %) ainsi qu'aux stabulations (28 %) (fig. 2, Reidy et Menzi 2005).

Systèmes de détention des vaches laitières

Au cours des quinze dernières années, les systèmes de détention des vaches laitières ont considérablement évolué. En 1990, 97 % des vaches laitières étaient encore détenues en stabulation entravée. Seules 3 % étaient détenues en stabulation libre. En 1996, le rapport était de 93 % à 7 % et en 2001, de 82 % à 18 %. Au cours des dernières années, on a construit presque exclusivement des stabulations libres. On estime donc qu'en 2010, le rapport des vaches détenues en stabulation entravée par rapport aux vaches détenues en stabulation libre sera de 60 % à 40 % (OFAG 2003).

La détention de vaches laitières en stabulations libres avec aires d'exercice exté-

rieures, de plus en plus dans des étables non isolées, prend de l'importance en Suisse. Cette évolution a plusieurs causes: le nouveau système de stabulation permet une meilleure organisation du travail, est plus respectueux des animaux, la construction est plus souple et moins onéreuse et enfin, ce système permet de participer aux programmes de garde d'animaux et aux programmes de label. La participation aux deux programmes de garde d'animaux «Sortie régulière des animaux de rente en plein air» (SRPA) et «Systèmes de stabulation particulièrement respectueux des animaux» (SST) ne cesse d'augmenter depuis leur introduction en 1993, resp. 1996. En 2003, 64,5 % des exploitations de vaches laitières, soit 70,5 % des UGB totales, participaient aux programmes SRPA et 14,2 %, soit 21,3 % des UGB totales, participaient au programme SST (fig. 3, OFAG 2004).

Emissions de NH₃ dans différents systèmes de détention

Les émissions de NH₃ provenant de la détention de vaches laitières en stabulation entravée varient entre environ 4 et 21 g par UGB et par jour. Les valeurs de la stabulation libre sans aire d'exercice extérieure sont nettement plus élevées, puisqu'elles sont comprises entre environ 5 à 86 g par UGB et par jour (différents auteurs, cf. Zähler 2005). En moyenne, les émissions de NH₃ en stabulation libre sont donc au moins trois fois plus élevées qu'en stabulation entravée.

Les émissions de NH₃ dans l'étable dépendent essentiellement de la quantité d'urée

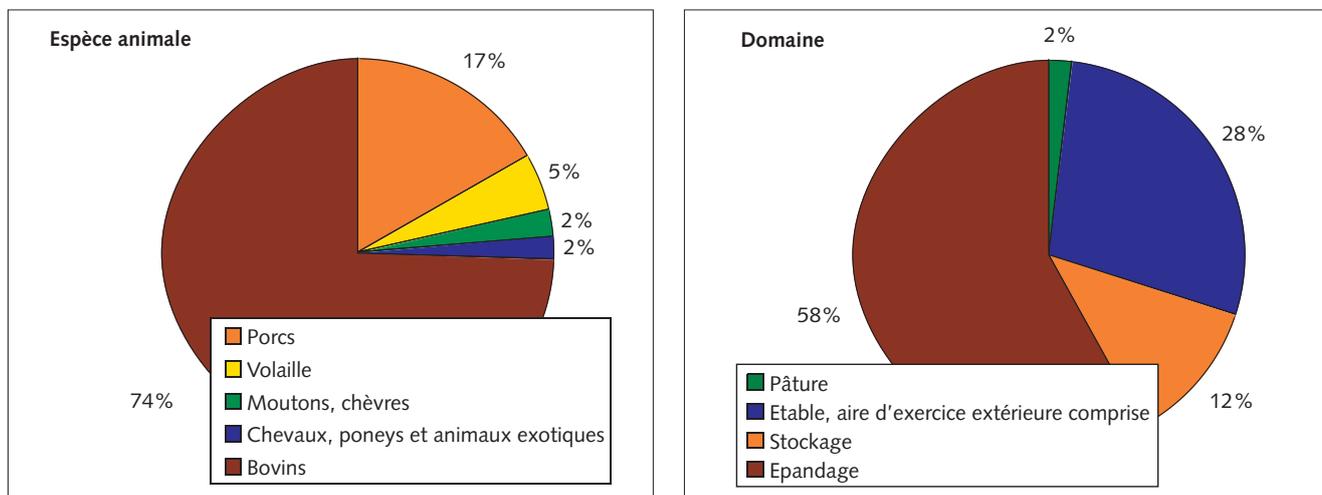


Fig. 2: Les trois quarts des émissions d'ammoniac (NH₃) issues de la production animale en 2000 sont dues aux bovins. Plus de la moitié ont lieu lors de l'épandage (Reidy et Menzi 2005).

éliminée dans l'urine, de la superficie de la surface souillée à l'intérieur du bâtiment et dans l'aire d'exercice extérieure, ainsi que du concept de stabulation, du pH du lisier et enfin, de la température et de la vitesse de l'air dans le bâtiment.

La détention accrue de vaches laitières en stabulation libre avec aire d'exercice extérieure a doublé la superficie disponible par rapport aux stabulations entravées, notamment suite aux exigences plus strictes des programmes de garde d'animaux et des programmes de label (tab. 1). Les programmes avec sorties à l'extérieur (SRPA, Bio Suisse et Kagfreiland) se traduisent par une surface souillée de 6,6 m² par animal, dont 2,5 m² sont non couverts, par rapport à une surface souillée de 3,4 à 4,2 m² par animal dans les programmes sans sortie à l'extérieur (PI-Suisse et SST). Ces surfaces plus importantes entraînent des émissions nettement plus élevées de NH₃, plus élevées même que celles mentionnées dans la littérature.

Dans la production bovine, ce sont les systèmes de stabulation avec aération naturelle qui dominent. Dans les stabulations libres fermées (étables froides), les rigueurs du climat extérieur sont légèrement atténuées en hiver. Par contre, dans les étables ouvertes et à front ouvert, le climat à l'intérieur de l'étable correspond toute l'année au climat extérieur (Keck et al. 2004). Les émissions de NH₃ dans l'étable sont nettement plus élevées en été lorsque les températures sont élevées qu'en hiver lorsque les températures sont basses.

Affouragement et processus de conversion en NH₃

Selon les recommandations de la RAP (1999), il est indispensable que la ration ait une teneur minimale en matières azotées de 20 g par MJ NEL (énergie nette lait) pour une croissance optimale des microorganismes dans la panse et aussi pour une meilleure digestion des éléments nutritifs. Les matières azotées non décomposées apportées par les aliments ne peuvent être stockées qu'en petites quantités par les animaux. Plus des trois quarts de l'azote apporté sous forme de matières azotées sont éliminés dans l'urine et dans les fèces.

Voici les processus qui interviennent dans la formation et la libération de NH₃ (Brose 2000):

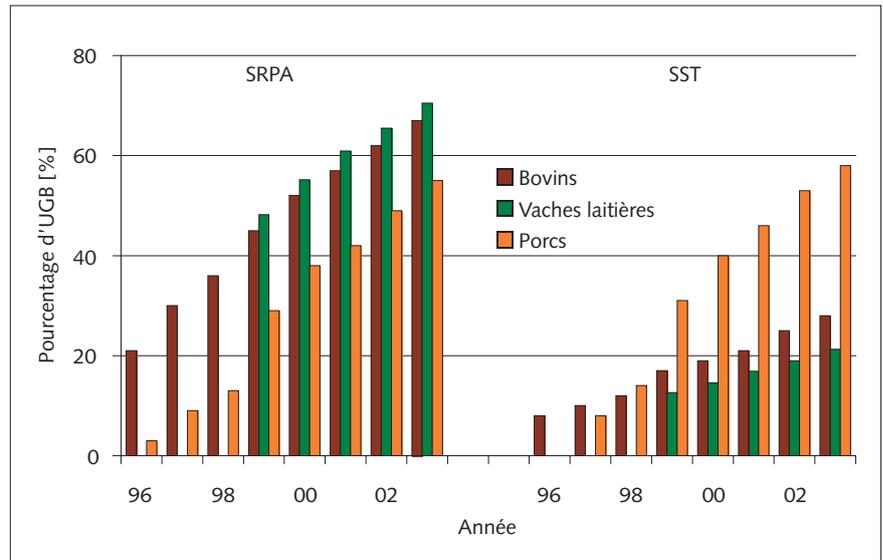


Fig. 3: Depuis 1996, la participation aux deux programmes de garde d'animaux, SST et SRPA, n'a cessé d'augmenter chez les bovins et les porcs (OFAG 2004).

Tab. 1: Surfaces prescrites pour les stabulations libres à logettes de vaches laitières selon l'ordonnance suisse sur la protection des animaux (OPAn, DFE 1981), les directives pour la détention des bovins (OVF 2003), les programmes de garde d'animaux SRPA (OFAG 1998a) et SST (OFAG 1998b) ainsi que les programmes de label PI-Suisse (2004), Bio-Suisse (2004) et Kagfreiland (2001).

Surface [m ²]	Stabulation libre	
	sans aire d'exercice extérieure (OPAn / PI-Suisse / SST)	avec aire d'exercice extérieure (SRPA / Bio-Suisse / Kagfreiland)
Par animal, total	6,8–7,6 (suivant le rapport animal/place d'alimentation)	10
dont aire d'exercice souillée	3,4–4,2 (suivant le rapport animal/place d'alimentation)	6,6
dont aire d'exercice non couverte	–	2,5

- L'urée contenue dans l'urine donne du NH₃. Les microorganismes présents dans les fèces soutiennent la formation de NH₃ en mettant à disposition l'enzyme uréase.
- Dans la phase liquide, le NH₃ et l'ammonium NH₄⁺ sont équilibrés. La part de NH₃ est corrélée positivement à la température et au pH.
- La libération de NH₃ dépend des concentrations de NH₃ dans la phase liquide et dans l'air. Cet équilibre dépend, lui, de la vitesse de l'air et de la température enregistrées au-dessus de la surface souillée. Différents auteurs ont développé des simulations à partir d'essais réalisés en laboratoire. Ces simulations décrivent les émissions de NH₃ en fonction de la teneur en azote ammoniacal, de la température, du pH du lisier, ainsi que du débit d'air par mètre carré de surface émettrice (Borka 1998, Monteny 2000). Ces modèles re-

présentent bien la stabulation entravée fermée, à ventilation forcée et la stabulation libre à logettes, elle aussi fermée et à ventilation forcée. Par contre, l'application de ces modèles aux concepts de stabulation actuels avec ventilation naturelle n'est pas autorisée, car

- la surface par animal est nettement supérieure dans les concepts de stabulation avec aire d'exercice extérieure,
- la température varie sur une échelle bien plus grande (climat extérieur) et
- la vitesse de l'air varie également sur une plage bien plus grande.

Enfin, aucune mesure n'est encore disponible pour ce type de stabulation.

Mesures de réduction des émissions

Les mesures de réduction des émissions dans les étables se répartissent suivant les principales étapes de formation et de libération des substances (modifié selon Monteny 2000):

Mesures d'affouragement

- Teneur des fourrages en azote adaptée aux besoins des animaux grâce à une ration équilibrée ou à une réduction de l'azote contenu dans la ration.
- Réduction de la concentration des fèces et de l'urine en urée grâce à des compléments alimentaires.

Traitement du lisier

- Dilution de l'urine sur les aires d'exercice souillées par un rinçage à grande eau.
- Limitation de la décomposition de l'urée sur les aires d'exercice grâce à des additifs pour lisier ou à des inhibiteurs de l'uréase.
- Baisse du pH du lisier à l'aide d'acides.

Mesures d'organisation

- Réduction de la libération de NH₃ par les excréments et l'urine en augmentant la garde au pâturage ou en interdisant temporairement l'accès à l'aire d'exercice extérieure.
- Elimination rapide de l'urine sur les aires d'exercice souillées à l'aide de racleurs automatiques.

Mesures liées à la construction

- Réduction de la libération de NH₃ par les excréments et l'urine grâce à des sols inclinés, des aires d'exercice perforées, des systèmes brise-vent placés sur l'étable ou autour et enfin grâce à une toiture isolée thermiquement.
- Réduction de la surface souillée en surélevant les aires d'affouragement et en les équipant de séparations.

Pour les indications bibliographiques relatives aux chiffres présentés dans les chapitres suivants, se reporter à Zähler (2005).

Affouragement

Une réduction de la teneur du fourrage en matières azotées a permis de ramener les émissions de NH₃ de 32 à 68 % dans les essais en laboratoire et de 21 à 39 % dans les essais pratiques.

Külling (2000) a étudié les teneurs en matières azotées suivantes: 175 g/kg, 150 g/kg et 125 g/kg de MS. Ces teneurs étaient

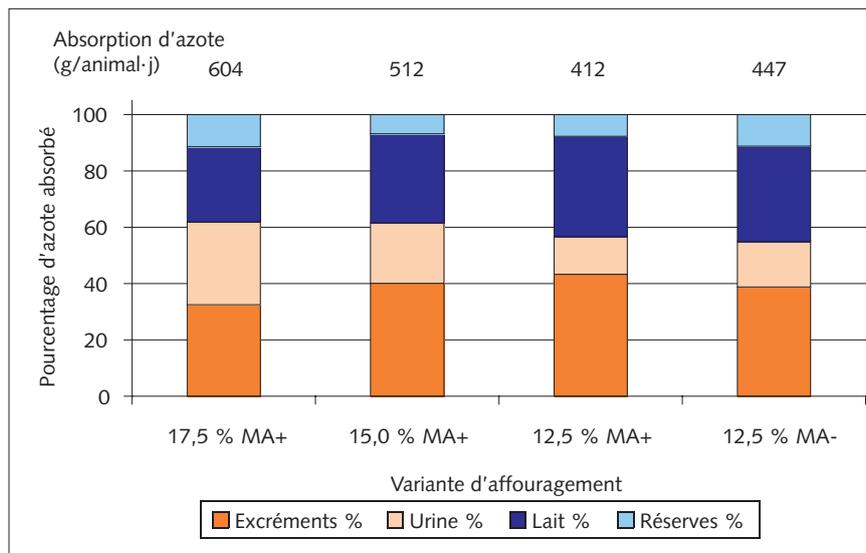


Fig. 4: Le pourcentage d'azote contenu dans l'urine diminue plus la teneur des aliments en matières azotées baisse. Il est également plus bas en cas d'apport de méthionine, acide aminé protégé des effets de la panse, que sans méthionine (Külling 2000), (N = azote, MA = matières azotées, + = enrichi en méthionine, - = sans méthionine).

Tab. 2: Valeur nutritive des différents types de fourrages: frais, ensilé et séché, intensif et mi-intensif par kg de MS (RAP 1999), (MS = matière sèche, NEL = énergie nette lait, MJ = mégajoule, PAIE = protéine absorbable dans l'intestin, synthétisée à partir de l'énergie disponible dans la panse, PAIN = protéine absorbable dans l'intestin, synthétisée à partir des matières azotées décomposées dans la panse, MA = matière azotée).

Fourrage		MS [%]	NEL [MJ]	PAIE [g]	PAIN [g]	MA [g]	MA/NEL
Fourrage vert riche en graminées	intensif, stade 1	10-20	6,6	111	131	197	29,8
	mi-intensif, stade 5	10-20	5,7	85	62	94	16,5
Fourrage vert équilibré	intensif, stade 1	10-20	6,8	115	141	212	31,2
	mi-intensif, stade 5	10-20	6,0	92	75	114	19,0
Fourrage vert riche en légumineuses	intensif, stade 1	10-20	6,7	118	158	237	35,4
	mi-intensif, stade 5	10-20	5,8	96	96	145	25,0
Ensilage riche en graminées	intensif, stade 1	30-40	6,4	85	125	209	32,7
	mi-intensif, stade 5	30-40	5,5	65	55	98	17,8
Ensilage riche en légumineuses	intensif, stade 1	30-40	6,7	88	148	246	36,7
	mi-intensif, stade 5	30-40	5,6	73	88	150	26,8
Foin riche en graminées	intensif, stade 1	88	6,0	100	109	173	28,8
	mi-intensif, stade 5	88	5,3	76	51	85	16,0
Foin riche en légumineuses	intensif, stade 1	88	6,1	107	130	204	33,4
	mi-intensif, stade 5	88	5,2	85	79	128	24,6
Ensilage de maïs	stade pâteux	30	6,4	72	52	85	13,3
	maturité jaune	33	6,5	72	52	84	12,9
Ensilage de cossettes de betteraves sucrières		19	7,1	101	70	106	14,9
Orge	grains moyens	87	7,7	100	77	116	15,1

à chaque fois enrichies par de la méthionine, acide aminé protégé des effets de la panse. Un groupe de contrôle a également été étudié. Il s'agissait de la variante de 125 g/kg de MS sans addition de méthionine. Plus la teneur en matières azotées du fourrage diminuait, plus la part d'azote dans l'urine baissait, en valeur absolue, comme en valeur relative, tandis que la part d'azote dans le lait, elle, augmentait (fig. 4). L'addition de méthionine a permis

d'améliorer la valorisation des matières azotées. La teneur en urée du sang, du lait et de l'urine était plus faible avec la variante 125 g/kg de MS avec méthionine qu'avec la variante sans méthionine. Un autre essai a été réalisé sur des rations hivernales et estivales contenant de l'herbe et du foin, typiques de la Suisse. Cet essai a montré que les émissions de NH₃ étaient significativement plus faibles pour l'herbe présentant une faible teneur en matières

azotées que pour l'herbe présentant une forte teneur en matières azotées.

Les tableaux de valeurs nutritives (RAP 1999) indiquent la teneur en énergie et en matières azotées de différents types de fourrage (tab. 2). Dans le cas du fourrage vert, ces teneurs varient entre les différents peuplements (riches en herbacées, équilibrés, riches en légumineuses) et notamment entre les différentes intensités d'utilisation, resp. entre les stades de développement (stade 1 = intensif, très précoce, herbe principale début de la montaison, dent-de-lion début de la floraison; stade 5 = mi-tardif, herbe principale fin de l'épiaison, dent-de-lion avec tiges des fleurs desséchées). Les herbages jeunes, exploités intensivement présentent un rapport élevé en matières azotées et énergie (MA/NEL). Par contre, les herbages plus anciens, mi-intensifs de même que l'ensilage de maïs, l'ensilage de cossettes de betteraves sucrières et l'orge ont un faible rapport MA/NEL. La combinaison de différents composants alimentaires permet d'obtenir une ration équilibrée en matières azotées et en énergie. Pour que la croissance des microorganismes de la panse soit optimale, le rapport MA/NEL doit être au minimum de 20 g. Du point de vue des émissions de NH_3 , il est recommandé de ne pas dépasser ce rapport, si ce n'est légèrement et temporairement.

Jusqu'à présent au cours des essais réalisés en laboratoires, les additifs alimentaires à base de minéraux argileux n'ont permis d'obtenir qu'une faible réduction des émissions de NH_3 , de 0 à 20 %.

Traitement du lisier

Il s'agit de traiter le lisier avec des inhibiteurs de l'uréase, des acides et d'autres additifs ainsi que de le diluer à l'eau. Ces traitements agissent aussi bien sur les émissions de NH_3 dans l'étable (lors de l'évacuation du lisier et du nettoyage des couloirs de circulation ou encore lors du stockage du lisier sous les couloirs de circulation) que sur les émissions de NH_3 lors du stockage.

Les inhibiteurs de l'uréase empêchent la transformation de l'urée en NH_3 et NH_4^+ . Les essais en laboratoires ont permis d'obtenir une réduction des émissions de NH_3 allant jusqu'à 80 %. La fréquence de l'application et la quantité utilisée (1,5 à 3 g par animal et par jour) ont joué un grand rôle (fig. 5, Parker et al. 2005). Cette solution présente toutefois plusieurs inconvénients. Le volume de lisier est plus important, le travail présente un certain risque, enfin l'installation et l'utilisation

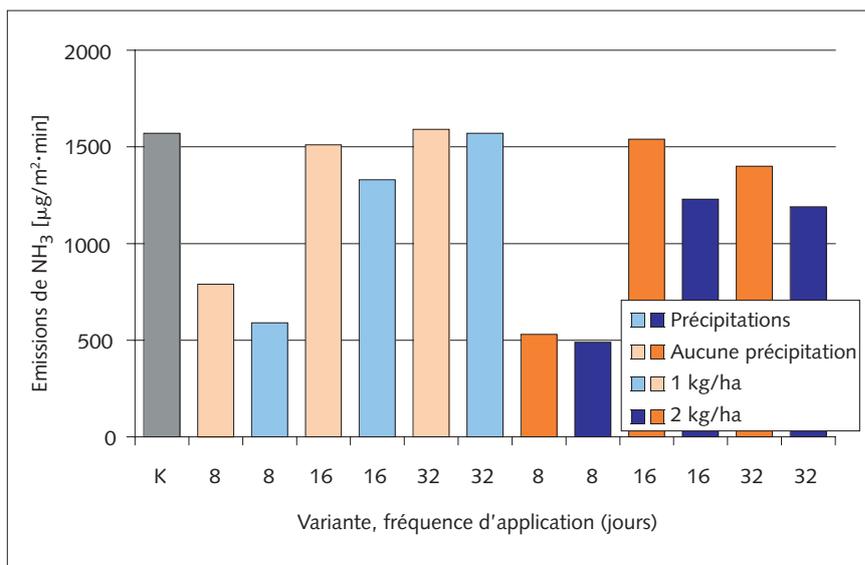


Fig. 5: La quantité (variante nulle K, 1 kg/ha, 2 kg/ha) et la fréquence d'application (8, 16, 32 jours) des inhibiteurs de l'uréase, avec et sans simulation des précipitations, agissent sur les émissions d'ammoniac (NH_3) [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{min}$] (Parker et al. 2005).



Fig. 6: Une aire d'exercice propre permet d'avoir une surface sèche et donc des émissions d'ammoniac (NH_3) réduites.

d'un dispositif de nettoyage automatique entraînent des frais supplémentaires.

L'acidification du lisier par des additifs a permis d'obtenir une réduction des émissions de NH_3 allant jusqu'à 90 % dans les essais en laboratoires et jusqu'à 61 % dans la pratique. Cette méthode fait baisser le pH du lisier de 7,5 à 4 ou 5, ce qui ralentit la transformation de l'urée en NH_3 et NH_4^+ . L'acide nitrique avait l'inconvénient de faire augmenter les émissions de gaz hilarant et de méthane. En revanche, l'acide lactique, lui, n'entraînait aucune émission de gaz hilarant et se traduisait par des émissions de méthane très faibles. Tous les acides ont cependant un inconvénient

commun, ce sont les risques liés à leur stockage, à la sécurité du travail et à la corrosion des réservoirs à lisier.

Les essais réalisés avec des produits à base d'amidon utilisés comme aliments pour les microorganismes contenus dans le lisier afin de produire des acides organiques ont permis d'obtenir une réduction de 45 % des émissions de NH_3 . Différents essais effectués avec des additifs et des produits actuellement disponibles dans le commerce à base de minéraux (roche, calcaire, sable), d'enzymes, de bactéries et de champignons, ont donné des résultats moins satisfaisants.

Mesures d'organisation

Les mesures d'organisation portent essentiellement sur le nettoyage des aires d'exercice (fig. 6) et sur la durée de pâture.

Les émissions de NH_3 étaient inférieures de 6 à 9 % dans les aires d'exercice nettoyées par rapport à celles qui ne l'étaient pas.

Dans des conditions semblables à celles d'essais en laboratoires, l'augmentation de la garde au pâturage a permis de réduire les émissions de NH_3 . Par rapport à une détention 24 heures sur 24 à l'étable, les émissions baissaient de 20 % pour 12 heures passées au pâturage, de 57 % pour 18 heures et de 79 % pour 22 heures (fig. 7, Webb et al. 2003). La réduction des émissions de NH_3 n'était pas proportionnelle à la durée du séjour au pâturage. On peut expliquer cela par le fait que la surface souillée dans l'étable continue à produire des émissions pendant la journée, que les animaux soient présents ou non.

Mesures liées à la construction

Outre les mesures d'organisation, le type du sol de l'aire d'exercice peut également influencer sur les émissions de NH_3 . On peut par exemple prévoir une pente ou des rigoles pour collecter et évacuer les liquides.

Par l'intermédiaire de simulations et d'essais en laboratoires, Monteny (2000) et Keck (1997) ont pu mettre en évidence une forte influence de l'urine présente dans l'aire d'exercice sur les émissions de NH_3 . C'est pourquoi il est important de l'évacuer le plus rapidement possible. Différents types de sols (perforés, en dur, plats et inclinés) ont été étudiés en Hollande (fig. 8, Swierstra et al. 1995, 2001). Les émissions de NH_3 ont pu être réduites de 46 à 50 % avec des éléments de sol inclinés, rainurés présentant des ouvertures permettant l'écoulement dans le canal du lisier.

Autres mesures de réduction possibles

Il existe encore d'autres solutions pour réduire les émissions de NH_3 . Elles n'ont toutefois pas encore fait l'objet d'une étude scientifique et portent surtout sur l'organisation et la construction:

- Utilisation échelonnée de l'aire d'exercice extérieure par différents groupes d'animaux (vaches, génisses, veaux) dans les stabulations libres de manière à réduire la surface souillée.

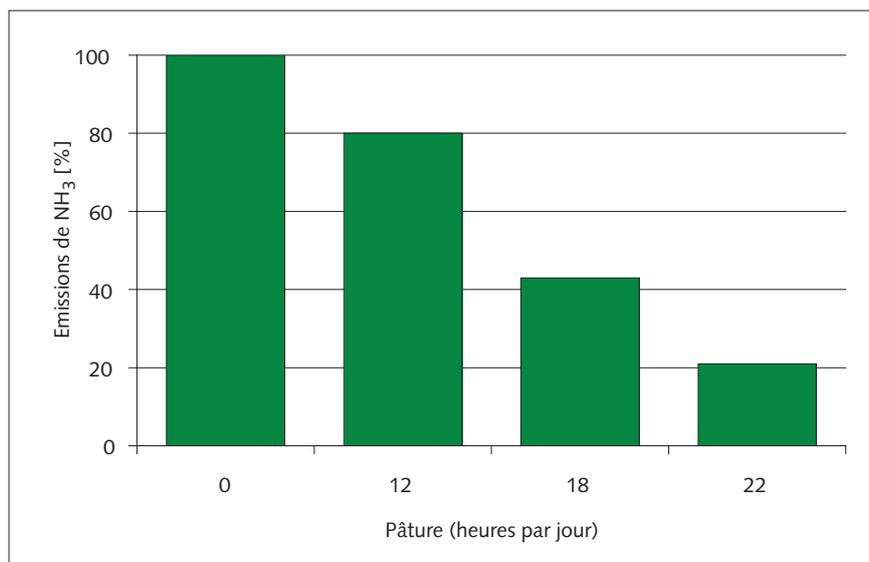


Fig. 7: Au pâturage, l'urine s'infiltré rapidement dans le sol. La garde au pâturage est donc une mesure efficace pour réduire les émissions d'ammoniac (NH_3) (Webb et al. 2003).

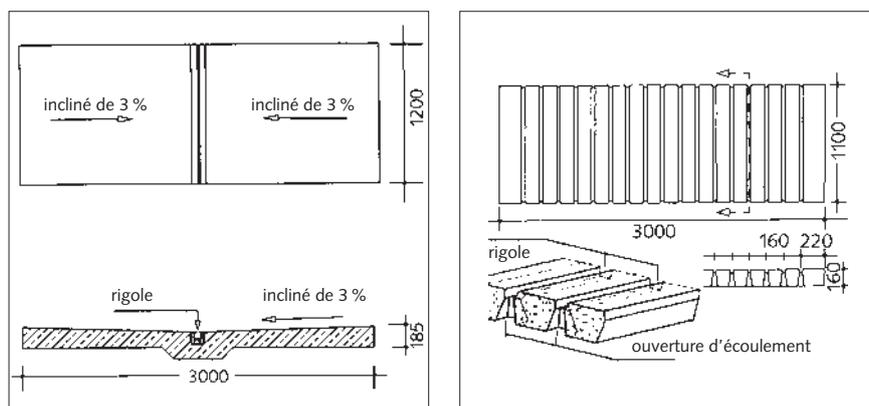


Fig. 8: Les sols en dur inclinés avec une rigole d'écoulement au centre, équipés de racleurs pour l'évacuation du fumier ou les sols rainurés également équipés de racleurs (unité en mm) sont des mesures de construction efficaces qui permettent d'évacuer rapidement l'urine et de réduire les émissions d'ammoniac (NH_3) (Swierstra et al. 1995, 2001).



Fig. 9: Dans une étable ouverte, un filet brise-vent placé dans l'aire d'exercice extérieure réduit la vitesse de l'air.

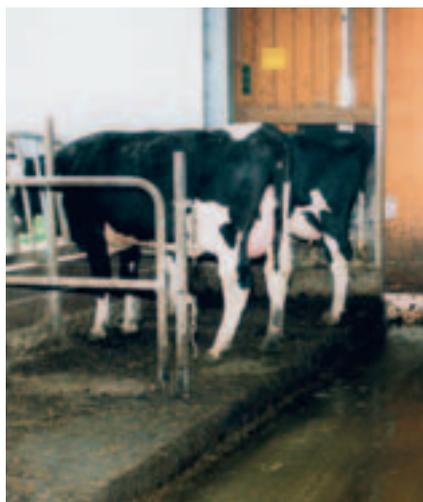


Fig. 10: Le fait de surélever l'aire d'affouragement avec séparations entre les places réduit la superficie de la surface souillée



Fig. 11: Le refroidissement par pulvérisation réduit la température dans l'étable en cas de températures élevées.

– Suppression des sorties dans les stabulations libres ouvertes à ventilation naturelle, soumises aux conditions météorologiques, de manière à réduire la surface souillée.

– Réduction de la part de surface non couverte dans l'aire d'exercice extérieure pour améliorer l'ombrage et faire baisser la température.

Ces trois premiers points impliqueraient un renoncement aux contributions SRPA ou une modification de l'ordonnance SRPA (OFAG 1998a).

– Non utilisation de l'aire d'exercice nettoyée pendant la période de végétation (garde au pâturage) de manière à réduire la surface souillée.

– Bâtiments d'étables ouverts (étables non isolées) avec toit isolé thermiquement pour réduire la température et le rayonnement solaire.

– Protection contre le vent placée sur l'étable ou autour pour réduire la vitesse de l'air dans les étables ouvertes à ventilation naturelle (fig. 9).

– Aire d'affouragement surélevées avec séparations entre les places de manière à réduire la surface souillée (fig. 10).

– Canaux en forme de V pour réduire la surface du lisier. Pour la même quantité de lisier, ce système implique un plus grand volume de stockage à l'extérieur de l'étable. Le fonctionnement de ce type de canaux n'a pas été étudié pour les vaches laitières.

– Racleurs dans les canaux placés sous les caillebotis pour réduire la surface de contact entre le lisier et l'air. Le lisier est évacué du canal plusieurs fois par jour.

– Optimisation de la technique d'évacuation

Tab. 3: Différentes mesures pour réduire les émissions d'ammoniac (NH₃) dans les stabulations libres pour vaches laitières avec évaluation du potentiel de réduction, des possibilités d'application pratique dans les bâtiments existants et les constructions neuves, ainsi que des coûts supplémentaires (+ positif/tives, o moyen/nes, – réduit/es), ↓ bas, ⇔ moyens ↑ élevés).

	Potentiel de réduction	Possibilités d'application pratique		Coûts
		Bâtiments existants	Nouveaux bâtiments	
Mesures de réduction dans la littérature				
Teneur du fourrage en azote adaptée aux besoins	+	+	+	↓
Additifs dans le fourrage	–	+	+	⇔
Additifs dans le lisier (acides)	+	o	o	↑
Additifs dans le lisier (minéraux, bactéries, champignons, microorganismes)	o/–	o	o	⇔
Additifs dans le lisier (rinçage avec des inhibiteurs de l'uréase)	+	–	+	↑
Additifs dans le lisier (rinçage à l'eau)	o	–	+	↑
Fréquence de nettoyage des aires d'exercice ¹⁾	o	+	+	⇔
Sortie au pâturage ²⁾	+	+	+	↓
Aires d'exercice conçues pour limiter les émissions (inclinées, rainurées)	+	–	+	↑
Autres mesures de réduction, encore à étudier				
Non-utilisation de l'aire d'exercice extérieure en été		+	+	↓
Utilisation échelonnée de l'aire d'exercice en été ³⁾		+	+	↓/⇔
Absence d'aire d'exercice extérieure ^{3), 4)}		+	+	↓/⇔
Part plus réduite de surface non couverte ³⁾		+	+	↓/⇔
Bâtiment ouvert avec toit isolé thermiquement		–	+	⇔
Protection contre le vent sur les parois de l'étable ou autour de l'étable		+	+	⇔
Couches surélevées avec séparations dans l'aire d'affouragement		–	+	↑
Canaux en forme de V		–	+	↑
Double fond sur la fosse à lisier		–	+	↑

¹⁾ En cas de nettoyage mobile, aucune possibilité d'automatisation

²⁾ Ration de fourrage moins bien adaptée aux besoins, efficacité plus faible des éléments nutritifs

³⁾ Renoncement aux contributions SRPA ou modification de l'ordonnance SRPA

⁴⁾ Possible dans les stabulations libres selon l'OPAn

du fumier pour une meilleure propreté des aires d'exercice (p. ex. minuterie, racleur avec appareil de pulvérisation).

– Refroidissement par pulvérisation en cas

de températures élevées dans les couloirs de circulation ou dans l'aire d'exercice extérieure pour réduire la température (fig. 11).

Possibilités d'application pratique

Les mesures de réduction citées au tableau 3 sont accompagnées d'une évaluation du potentiel de réduction estimé, des possibilités d'application pratique et des coûts supplémentaires.

Un affouragement adapté aux besoins permet de réduire les émissions, est facile à mettre en place dans les bâtiments existants et dans les bâtiments neufs à l'aide de plans d'affouragement et n'engendre pas ou peu de coûts supplémentaires. En ce qui concerne les additifs, seuls les acides et les inhibiteurs de l'uréase offrent des possibilités de réduction efficaces, mais ils ne peuvent pas encore être utilisés de manière satisfaisante. De plus, il faut tenir compte des coûts supplémentaires des acides ou des inhibiteurs ainsi que de ceux des installations nécessaires (compresseur, pompe, conduites, buses). Suivant le concept d'étable, il est facile d'augmenter la garde au pâturage ou de limiter l'accès à l'aire d'exercice extérieure. Le potentiel de réduction relatif à l'utilisation des aires d'exercice extérieures n'a pas encore été calculé. Construire des aires d'exercice spéciales pour limiter les émissions est une solution qui ne peut être envisagée que dans les bâtiments neufs pour réduire les émissions de NH₃. C'est aussi une solution qui entraîne des frais supplémentaires. Enfin, un avant-toit suffisant et l'ombrage offert par des bâtiments adjacents, des arbres, des arbustes ou des filets brise-vent peuvent protéger des températures excessives et des déplacements d'air élevés dans l'étable et l'aire d'exercice extérieure.

Emissions de NH₃ dans les concepts d'étables actuels

La détention de vaches laitières dans des étables froides ou non isolées prend de l'importance en Suisse. Deux types d'étables sont fréquemment construits aujourd'hui: il s'agit de la stabulation dans plusieurs bâtiments avec aire de repos ouverte, aire d'affouragement couverte et aire d'exercice extérieure intégrée (fig. 12) et de la stabulation fermée dans un seul bâtiment avec aire d'exercice extérieure annexée (fig. 13, autres types de stabulation, voir Zähler 2005). Les deux types d'étables cités engendrent des émissions de NH₃ plus ou moins élevées. Elles n'ont pas encore été quantifiées jusqu'ici et ne

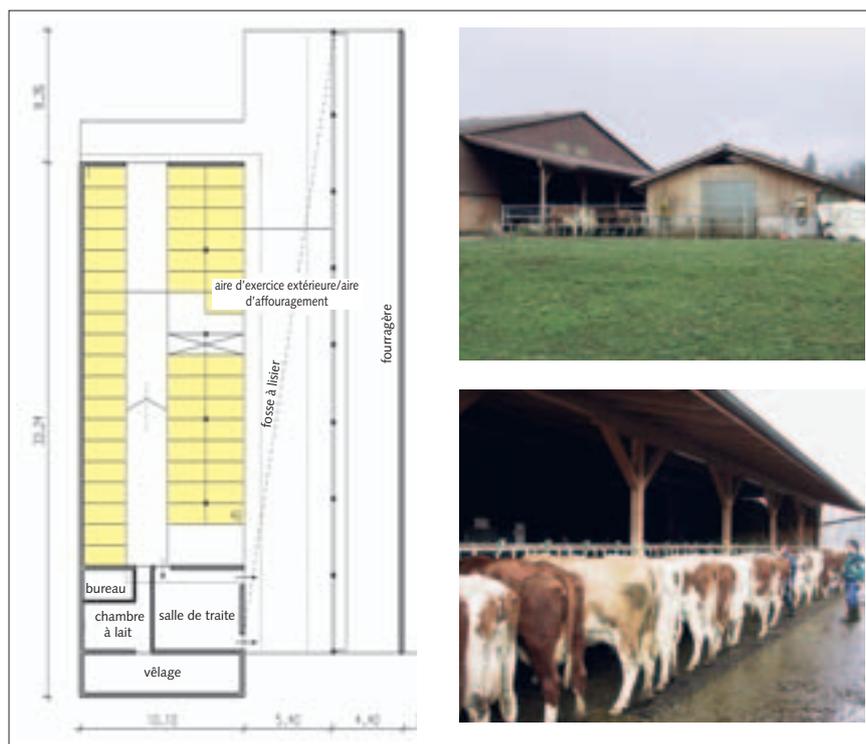


Fig. 12: Concept de stabulation à plusieurs bâtiments avec aire de repos, aire d'affouragement couverte et aire d'exercice extérieure intégrée.



Fig. 13: Concept de stabulation à un seul bâtiment avec aire d'exercice extérieure annexée.

peuvent donc être indiquées que de manière qualitative.

– Superficie de la surface souillée (aire d'exercice):

La superficie plus importante de la surface souillée dans le cas de l'aire d'exercice annexée entraîne des émissions de NH₃ plus

élevées. Etant donné les surfaces prescrites dans le programme SRPA de détention des animaux, ainsi que les dimensions des loggettes et des couloirs de circulation fixées par les directives pour la détention des bovins (OVF 2003), il n'est pas possible pour les stabulations à un seul bâtiment

avec aire d'exercice extérieure annexée, de ne construire que la surface minimale exigée par l'ordonnance SRPA, soit 10 m² par animal.

– Excréments et urine sur la surface non couverte de l'aire d'exercice extérieure: Les animaux passent une grande partie de leur temps couchés ou occupés à manger. C'est pourquoi la majeure partie des excréments et de l'urine se trouve dans l'aire d'exercice des logettes et sur l'axe d'affouragement. Une partie de la surface non couverte de l'aire d'exercice intégrée fonctionne simultanément comme aire d'affouragement. Dans ce type de stabulation, la part d'excréments et d'urine dans l'aire d'exercice extérieure non couverte est plus importante que dans le type d'étable avec aire d'exercice annexée.

– Fréquence de nettoyage de l'aire d'exercice extérieure, avec revêtement en dur:

Les exploitations avec aire d'exercice intégrée installent généralement un dispositif d'évacuation fixe et nettoient plusieurs fois par jour ou évacuent le fumier au moins une fois par jour à l'aide d'un dispositif mobile. Une aire d'exercice annexée avec peu d'excréments et d'urine est nettoyée plus rarement.

Dans les nouvelles étables, l'aire d'exercice est souvent conçue comme une surface perforée située au-dessus de la fosse à lisier. Dans ce cas, la fréquence du nettoyage joue un rôle moins important.

– Température pendant la saison d'hiver dans l'étable et l'aire d'exercice extérieure:

Le climat des stabulations ouvertes à plusieurs bâtiments correspond au climat extérieur. Pendant la saison d'hiver, les émissions de NH₃ sont donc sensées être légèrement plus basses que dans les stabulations fermées à un seul bâtiment.

– Température pendant la saison d'été dans l'étable et l'aire d'exercice extérieure:

En été, il faut s'attendre à ce que la température soit plus élevée dans les stabulations fermées à un seul bâtiment que dans les stabulations ouvertes à plusieurs bâtiments, ce qui veut dire que les émissions de NH₃ y sont également plus importantes. L'isolation thermique offerte par le toit par exemple, protège des fortes températures à l'intérieur de l'étable. En revanche, un bâtiment ouvert augmente les échanges d'air et donc l'évacuation de la chaleur.

Tab. 4: Evaluation des deux types d'étables sur la base des critères déterminant les émissions. Classification de la situation sans potentiel, avec le potentiel estimé à l'issue des mesures de construction et de management en vue de réduire les émissions d'ammoniac (NH₃) (un petit nombre de points correspond à des émissions réduites, un nombre de points élevé correspond à des émissions élevées).

Critères	Points pour deux situations et deux types d'étables	
	SANS potentiel de réduction	
	Plusieurs bâtiments Aire d'exercice intégrée	Un seul bâtiment Aire d'exercice annexée
Superficie de la surface souillée (aire d'exercice)	1	2
Excréments et urine sur la surface non couverte	2	1
Fréquence de nettoyage de l'aire d'exercice en dur	1	2
Température dans l'étable et l'aire d'exercice extérieure en hiver	1	1
Température dans l'étable et l'aire d'exercice extérieure en été	2	2
Somme	7	8

Critères	Points pour deux situations et deux types d'étables	
	AVEC potentiel de réduction	
	Plusieurs bâtiments Aire d'exercice intégrée	Un seul bâtiment Aire d'exercice annexée
Superficie de la surface souillée (aire d'exercice)	1	1 ¹⁾
Excréments et urine sur la surface non couverte	2	1
Fréquence de nettoyage de l'aire d'exercice en dur	1	1 ²⁾
Température dans l'étable et l'aire d'exercice extérieure en hiver	1	1
Température dans l'étable et l'aire d'exercice extérieure en été	2 ³⁾	1 ⁴⁾
Somme	7	5

¹⁾ Fermeture temporaire, ouverture échelonnée de l'aire d'exercice extérieure (modification de l'ordonnance SRPA)

²⁾ Fermeture temporaire de l'aire d'exercice extérieure en été

³⁾ Aucune possibilité d'influer sur la température dans l'aire d'affouragement et dans l'aire d'exercice

⁴⁾ Toit isolé thermiquement

Les températures estivales élevées et le rayonnement direct du soleil, c'est-à-dire l'absence d'aires d'exercice couvertes, sont responsables d'une grande partie des émissions de NH₃.

Les deux types d'étable sont répertoriés au tableau 4 en fonction des émissions potentielles de NH₃. Il s'agit d'une approche grossière afin d'ouvrir la discussion et de trouver des solutions appropriées pour l'avenir. Les cinq critères présentés ci-dessous ont été étudiés pour chacun des deux types d'étable. Le classement reflète la situation actuelle avec les programmes de garde d'animaux existants sans prise en compte de mesures de construction ou de gestion visant à réduire les émissions de NH₃. Aucun des deux types n'obtient le maximum de dix points, ni le minimum de cinq points. Les stabulations se situent toujours entre ces deux extrêmes, avec sept à huit points, ce qui veut dire qu'elles ont à la fois des avantages et des inconvénients en ce qui concerne les émissions de NH₃.

Avec les programmes de garde d'animaux actuels, il est plus difficile d'évaluer les émissions de NH₃ dans les stabulations

avec aire d'exercice extérieure annexée (superficie de la surface souillée, fréquence du nettoyage de la surface souillée sur les sols en dur) que dans les stabulations avec aire d'exercice extérieure intégrée.

Les solutions proposées pour réduire les émissions ne conviennent pas de la même manière aux deux types d'étables.

– Les mesures d'affouragement peuvent être appliquées aussi bien dans un type d'étable que dans l'autre. Pour une ration équilibrée, l'important est de bien choisir les composants du fourrage et le stade de récolte, ainsi que les compléments alimentaires.

– Une aire d'exercice avec un sol rainuré et une technique d'évacuation optimisée est une solution qui convient au mieux lorsque les couloirs de circulation sont peu nombreux, que leur axe est droit et qu'ils surplombent la fosse à lisier.

– L'aire d'affouragement avec séparations entre les places constitue une solution qui peut être envisagée dans les deux types d'étables en cas de construction neuve. Dans le cas de la stabulation avec aire d'exercice annexée, il pourrait être nécessaire de prévoir un couloir de

circulation plus large au niveau de l'aire d'affouragement, ce qui implique une surface totale plus importante.

- Dans les stabulations ouvertes à plusieurs bâtiments, une paroi en bois dans la partie inférieure du mur, un filet brise-vent, des bâtiments adjacents, des arbustes ou encore des buissons peuvent protéger l'étable du vent.
- Pour obtenir des températures plus basses dans les stabulations fermées à un seul bâtiment en été, il est bon de prévoir un toit isolé thermiquement, l'ouverture des parois et du faite, voire de refroidir l'étable par pulvérisation en cas de températures extrêmes.
- Les mesures qui consistent à gérer l'utilisation de l'aire d'exercice extérieure (fermeture temporaire en été, utilisation échelonnée) ne peuvent être appliquées que dans une aire d'exercice annexée. Dans les étables avec aire d'exercice intégrée, les animaux passent obligatoirement par là pour circuler entre l'aire de repos et l'aire d'affouragement.
- Indépendamment du type d'étable, il est toujours possible d'augmenter la garde au pâturage en été. Les seuls obstacles sont les suivants: composition inadéquate du fourrage, augmentation des pertes totales d'azote, exigences plus importantes en terme de management ou site de l'exploitation et absence de pâturages à proximité de la ferme.
- Dans les étables à aire d'exercice intégrée et système d'évacuation fixe, il est facile d'augmenter la fréquence de nettoyage. Par contre, dans les étables à aire d'exercice annexée, c'est plus difficile. Le pourcentage d'excréments et d'urine qui s'y trouve est certes faible, mais la surface est vaste. Avec les dispositifs d'évacuation existants, un nettoyage plus fréquent de l'aire d'exercice n'aboutit généralement qu'à répartir et à étaler les excréments et l'urine sur toute la surface.

Une modification du programme SRPA pourrait permettre de construire des étables dans lesquelles les émissions soient plus réduites. Voici quelles seraient les possibilités de modifications:

- pas d'aire d'exercice extérieure dans les stabulations libres combinées avec la détention au pâturage en été,
- part plus réduite de surface non couverte, de sorte qu'une surface totale de 10m² par animal soit suffisante pour les systèmes avec aire d'exercice annexée,
- même superficie des aires d'exercice extérieures accessibles en permanence et des aires d'exercice qui ne le sont pas.

Les possibilités offertes par les mesures de réduction proposées varient d'un type d'étable à l'autre (tableau 4). Le classement tient à la superficie de la surface souillée, à la fréquence de nettoyage de l'aire d'exercice extérieure ainsi qu'à la température en été. Dans les stabulations libres avec aire d'exercice annexée, le fait de fermer temporairement l'aire d'exercice en été en cas de garde au pâturage, ainsi que la régulation de l'accès à l'aire d'exercice associé à une modification des directives du programme SRPA permettent de réduire l'ampleur de la surface souillée. Dans les étables avec aire d'exercice intégrée, une minuterie permet d'augmenter la fréquence des nettoyages. Dans les étables avec aire d'exercice annexée, il est recommandé de fermer l'aire en été et de la nettoyer à fond. Dans les étables à un seul bâtiment, un toit isolé thermiquement permet d'améliorer le climat en été (températures plus basses). Par contre, il est difficile de faire baisser les températures dans l'aire d'affouragement dans les étables avec aire d'exercice intégrée. Dans l'ensemble, les mesures de réduction offrent des possibilités nettement plus vastes dans les étables avec aire d'exercice annexée que dans les étables avec aire d'exercice intégrée, moyennant une modification de l'ordonnance SRPA (réduction de trois points).

Recommandations

L'élevage de vaches laitières en Suisse se caractérise par un fort pourcentage de fourrage grossier dans la ration, par des structures d'exploitation relativement petites, ainsi que par différents programmes de garde d'animaux.

Le fort pourcentage de fourrage grossier dans la ration entraîne souvent un excédent de matières azotées. Les mesures suivantes peuvent réduire, voire empêcher un tel excédent:

- contrôle régulier des composants du fourrage et calcul de la ration selon les recommandations d'affouragement,
- remplacement des composants du fourrage ayant une teneur élevée en matières azotées (herbe jeune) par des composants avec une teneur plus basse et
- alimentation complémentaire ciblée avec de l'herbe plus ancienne, du foin et des aliments énergétiques.

Le développement des stabulations libres, les programmes de garde d'animaux de la Confédération et les différentes organisations de label ont favorisé un net accroissement de la surface totale, de la part de surface souillée ainsi que de la part de surface souillée non couverte par rapport aux prescriptions de l'ordonnance sur la protection des animaux. Les mesures suivantes peuvent limiter les inconvénients liés à l'augmentation de la surface souillée:

- fermeture temporaire de l'aire d'exercice extérieure en été,
- nettoyage plus fréquent des aires d'exercice,
- détention accrue des animaux au pâturage en été.

Au moment de planifier l'étable, il est important de discuter des points suivants en vue de réduire les émissions de NH₃:

- Il est capital de ne pas construire une aire d'exercice plus vaste que nécessaire. Il est recommandé de ne pas dépasser les directives minimales de l'ordonnance sur la protection des animaux et les exigences du programme de garde d'animaux souhaité.
- Il existe plusieurs variantes d'utilisation lorsque l'aire d'exercice est annexée. Ce n'est pas le cas lorsque l'aire d'exercice est intégrée.
- L'installation d'un dispositif d'évacuation optimisé ne vaut la peine que lorsque les couloirs de circulation sont peu nombreux et leur axe droit.
- Aire d'affouragement surélevée avec séparations entre les places réduit la part de surface souillée. Dans ce cas, les couloirs de circulation sont plus larges, la partie souillée, elle, est plus étroite.
- Un toit isolé thermiquement et des parois latérales ouvertes permettent d'obtenir des températures plus basses en été. Pour protéger le bâtiment du vent, il suffit de placer une paroi en bois dans la partie inférieure du mur. Un filet brise-vent ou encore des bâtiments voisins, des arbustes et des buissons peuvent jouer le même rôle. Sur le plan des émissions de NH₃, les gros ventilateurs que l'on a tendance à installer dans les étables actuellement pour permettre aux animaux d'évacuer plus de chaleur en été doivent être évalués de manière critique.

Les émissions de NH₃ peuvent être réduites grâce à des mesures appropriées en matière de construction et de management dans les étables. Mais il suffit d'un épannage inadéquat pour qu'elles augmentent à nouveau et pour annuler les résultats ob-

tenus. C'est pourquoi il est recommandé de tenir compte de l'ensemble de la chaîne avant de prendre les mesures appropriées pour réduire les émissions de NH₃.

Recherches nécessaires

Actuellement, aucune mesure d'émission n'a été effectuée dans les stabulations libres de vaches laitières à ventilation naturelle. Jusqu'à présent, les analyses d'émissions de NH₃ ont eu lieu soit en laboratoire, soit dans des étables fermées à ventilation forcée. Les résultats de ces mesures ne peuvent donc être appliqués que de manière limitée aux étables à ventilation naturelle. Il n'existe pratiquement pas non plus d'études sur les mesures de réduction dans ce type d'étables. Des recherches sont donc nécessaires dans les domaines suivants:

- Les aires d'exercice en dur et les aires d'exercice perforées surplombant la fosse à lisier n'ont pas été comparées jusqu'à présent.
- Les nouveaux équipements pour aires d'exercice sont de plus en plus souples et déformables. On ne sait pas quelles sont les répercussions de ces nouveaux revêtements sur les émissions de NH₃.
- Seul un essai a étudié l'effet de la détention au pâturage sur les émissions de NH₃ provenant des étables. On ne dispose d'aucune comparaison des différentes stratégies de pâture (pâture intégrale, pâture à la journée, pâture à la mi-journée).
- La détention respectueuse des animaux est promue par de multiples directives et programmes. Pour rendre l'agriculture écologique, il est capital de donner une place équivalente à la protection de l'environnement à l'avenir. Les nouvelles étables devront s'attacher encore plus à harmoniser les trois aspects suivants: respect des besoins des animaux, compatibilité environnementale et rentabilité. Les conflits qui sont liés à ces différents aspects ne sont pas sans conséquences pour les exigences des programmes de garde d'animaux.

Bibliographie

Bio-Suisse, 2004. Richtlinien für die Erzeugung, Verarbeitung und den Handel von Knospe-Produkten. Bio-Suisse, Bâle.

OFAG, 1998a. Ordonnance du DFE sur les sorties régulières en plein air d'animaux de rente (Ordonnance SRPA). Etat: 28 décembre 2004. Office fédéral de l'agriculture (OFAG), Berne.

OFAG, 1998b. Ordonnance du DFE sur les systèmes de stabulation particulièrement respectueux des animaux (Ordonnance SST). Etat: 28 décembre 2004. Office fédéral de l'agriculture (OFAG), Berne.

OFAG, 2003. Rapport agricole 2003. Office fédéral de l'agriculture (OFAG), Berne.

OFAG, 2004. Rapport agricole 2004. Office fédéral de l'agriculture (OFAG), Berne.

Borka G., 1998. Modelluntersuchungen zur Bestimmung der Ammoniakemissionen aus Rinderexkrementen im Stallbereich. Dissertation n° 12830, EPF Zurich.

Brose G., 2000. Emission von klimarelevanten Gasen, Ammoniak und Geruch aus einem Milchviehstall mit Schwerkraftlüftung. Dissertation, Universität Hohenheim.

OVF, 2003. Directives pour la détention des bovins. Office vétérinaire fédéral (OVF), Berne.

DFE, 1981. Ordonnance sur la protection des animaux (OPAn). Etat: 4 septembre 2001. Septembre 2001. Département fédéral de l'économie (DFE), Berne.

PI-Suisse, 2004. Richtlinien für Milch. Association Suisse des paysans et paysannes pratiquant la production intégrée Rütli, Zollikofen.

Kagfreiland, 2001. Anforderungen Rindvieh. Kagfreiland, St-Gall.

Keck M., 1997. Ammonia emission and odour thresholds of cattle houses with exercise yards. In: Ammonia and odour control from animal production facilities, Ag Eng International Symposium, Vinke-loord, 349–354.

Keck M., Zähler M. et Hauser R., 2004. Etables de construction simple pour vaches laitières. Recommandations pour la planification et l'exploitation. Rapport FAT 620, Agroscope FAT-Tänikon.

Külling D.R., 2000. Influence of feed composition and manure type on trace gas emissions from stored dairy manure. Dissertation n° 13872, EPF Zurich.

Monteny G.J., 2000. Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. Ph. Thesis, University of Wageningen.

Parker D.B., Pandrangi S., Greene L.W., Almas L.K., Cole N.A., Rhoades M.B. et Koziel J., 2005. Rate and frequency of urease inhibitor application for minimizing ammonia emissions from beef cattle feedyards. Transaction of the ASAE 48, 787–793.

RAP, 1999. Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritive des aliments pour les ruminants. 4^e version. Centrale des moyens d'enseignement agricole, Zollikofen.

Reidy B. et Menzi H., 2005. Ammoniakemissionen in der Schweiz: Neues Emissionsinventar 1990 und 2000 mit Hochrechnungen bis 2003. Schlussbericht. Haute école suisse d'agronomie (HESA), Zollikofen (en préparation).

Swierstra D., Smits M.C.J. et Kroodsma W., 1995. Ammonia emission from cubicle houses for cattle with slatted and solid floors. Journal of Agricultural Engineering Research 62, 127–132.

Swierstra D., Braam C.R. et Smits M.C., 2001. Grooved floor system for cattle housing: ammonia emission reduction and good slip resistance. Applied Engineering in Agriculture 17, 85–90.

Webb J., Balsdon S. et Chadwick D., 2003. Investigation of how ammonia emissions from buildings housing cattle vary with the time cattle spend inside those buildings. Proceedings of the sixth Conference of Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming, Vechta, 303–310.

Zähler M., 2005. EMIBAU – Vorsorgliche Emissionsminderungsmaßnahmen bei Bauinvestitionen in der Landwirtschaft. Schlussbericht, Agroscope FAT Tänikon.

Possibilités de réduction des émissions d'ammoniac dans les étables de bovins
Mesure
Affouragement
– Rations équilibrées en protéines et en énergie
– Compensation de l'excédent en matière azotée du fourrage par un concentré énergétique
– Analyse ou estimation régulières des teneurs du fourrage
– Contrôle régulier des rations
– Adaptation de l'alimentation à la production
– Affouragement séparé des vaches tarées
– Sélection des composants appropriés pour le fourrage grossier
Mesures d'organisation
– Fermeture de l'aire d'exercice extérieure en été
– Fréquence de nettoyage élevée des aires d'exercice
– Aire d'exercice propre, sèche
– Part importante de la garde au pâturage
Mesures liées à la construction
– Surfaces totale et non couverte minimales prescrites par les lois et les programmes
– Possibilité de fermer l'aire d'exercice extérieure en été (aire d'exercice annexée ou intégrée)
– Evacuation automatique du fumier avec minuterie
– Sol incliné avec rigole d'écoulement central dans les aires d'exercice
– Toit isolé thermiquement
– Ventilation optimale à l'intérieur de l'étable sans circulation d'air élevée au niveau du sol (ouverture dans les parois et dans le toit)
– Protection contre le vent sur les parois de l'étable ou autour de l'étable, resp. de l'aire d'exercice extérieure
– Refroidissement par pulvérisation dans les aires d'exercice associée à un sol incliné et une rigole d'écoulement

En raison des coûts élevés ou d'une modification nécessaire de l'ordonnance SRPA, les mesures suivantes n'ont pas été répertoriées:

- Mesures de construction supplémentaires comme les sols rainurés dans l'aire d'exercice avec canal d'évacuation du lisier en contrebas ou couche surélevée avec séparations dans l'aire d'affouragement
- Mesures d'organisation et mesures liées à la construction pour l'aire d'exercice extérieure.

Impressum

Edition: Agroscope FAT Tänikon, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles, CH-8356 Ettenhausen

Les Rapports FAT paraissent environ 20 fois par an. – Abonnement annuel: Fr. 60.–. Commandes d'abonnements et de numéros particuliers: Agroscope FAT Tänikon, Bibliothèque, CH-8356 Ettenhausen. Tél. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90, E-mail: doku@fat.admin.ch, Internet: <http://www.fat.ch>

Les Rapports FAT sont également disponibles en allemand (FAT-Berichte).

ISSN 1018-502X.

Les Rapports FAT sont accessibles en version intégrale sur notre site Internet (www.fat.ch).