

Les veaux ont besoin de respirer un air de qualité comparable à l'air extérieur

Recommandations concernant l'aération naturelle et mécanique des étables pour veaux

Ludo Van Caenegem, Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen



Fig. 1: Suivant le site, l'exposition et le bâtiment, il est préférable d'opter pour une aération naturelle (étable à front ouvert, à gauche) ou mécanique (canal de ventilation à panneaux perforés).

De nombreuses exploitations d'élevage de veaux doivent faire face à des problèmes de santé dans leurs effectifs. Des études réalisées à l'étranger montrent que dans certaines régions, le taux de mortalité des veaux peut atteindre jusqu'à 25%. Aucune donnée précise n'est disponible pour la Suisse. Les pertes dues aux maladies et au décès des animaux n'en sont pas moins considérables dans notre pays également.

Les problèmes de santé sont liés à deux causes: premièrement, les veaux sont très sensibles aux maladies pendant les premières semaines de leur vie, deuxièmement, la pression d'infection est élevée à cause des mauvaises conditions de détention. Outre le contrôle insuffisant du climat de l'étable, la détention de grands groupes dans des stabulations libres à une seule aire, le mauvais entretien des couchers, l'absence d'un nettoyage et d'une désinfection périodiques des boxes, ainsi que les contacts avec des animaux plus âgés sont responsables de la forte pression d'infection.

En ce qui concerne la charge en gaz toxiques, l'air de l'étable devrait afficher une qualité proche de celle de l'air exté-

rieur, si possible pendant toute l'année. Il n'est cependant pas toujours facile d'arriver à un tel résultat. Lorsqu'on renonce à intervenir pour réguler les flux d'air, comme c'est en général le cas dans les étables à ventilation naturelle, le changement d'air dépend des conditions météorologiques. Par conséquent, la qualité de l'air fluctue considérablement et les animaux peuvent être exposés à des courants d'air indésirables. Pour que le système d'aération soit indépendant des conditions météorologiques, il est nécessaire d'employer des ventilateurs. Ces derniers permettent d'avoir un taux d'aération constant, mais aussi une meilleure répartition de l'air qu'en cas de ventilation naturelle. Avec un système d'aération mécanique, il est également possible d'atténuer les températures extrêmes, en ne laissant pas entrer l'air extérieur directement dans l'étable, mais en le faisant passer au préalable par un échangeur de chaleur souterrain. Ces avantages sont-ils en mesure de compenser les investissements supplémentaires et les coûts d'électricité que de tels systèmes occasionnent? C'est une question qu'il convient d'étudier cas par cas. De nombreux

Sommaire	Page
Problématique	2
Les jeunes veaux sont sensibles aux maladies	2
Facteurs de stress liés au mode de détention	2
Facteurs de stress liés au climat d'étable	3
Aération naturelle	6
Aération mécanique	8
Conditionnement de l'air entrant	12
Conclusions	13
Bibliographie	13



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de
l'économie DFE

Station de recherche
Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

problèmes de climat d'étable peuvent être évités en respectant les principes de technique d'aération lors de la planification et de l'utilisation, que la ventilation soit naturelle ou mécanique.

Problématique

Le climat d'étable joue un grand rôle lors de la prévention des maladies dans les étables de veaux. Beaucoup pensent qu'il faut protéger les veaux des températures trop basses. Ils limitent donc l'arrivée directe d'air frais à proximité des jeunes animaux, mettent les veaux à proximité des bêtes plus âgées ou dans un coin sombre de l'étable. Le stress lié à la détention et au climat d'étable augmente la pression d'infection et affaiblit la résistance des animaux. De nombreux problèmes de climat d'étable sont dus à des erreurs de planification dans le concept d'aération ou à une mauvaise utilisation du système, que la ventilation soit naturelle ou mécanique.

Les jeunes veaux sont sensibles aux maladies

L'immunité active du veau se développe à partir de la troisième semaine de sa vie et n'offre une protection efficace contre les agents pathogènes (virus, bactéries) qu'entre six et huit semaines, au plus tôt. Pendant les premiers jours de la vie du veau, le colostrum est la seule source d'anticorps (immunoglobuline) dont l'animal dispose pour lutter contre une éventuelle infection. Les vaches plus âgées et celles qui vivent depuis longtemps dans le troupeau ont une concentration plus élevée d'anticorps dans leur colostrum que les vaches en première lactation. C'est pourquoi il vaut la peine de congeler le colostrum excédentaire (se conserve au moins un an) pour le décongeler plus tard au bain-marie, en fonction des besoins et l'administrer au veau nouveau-né. Il est recommandé d'administrer environ deux litres de colostrum si possible immédiatement après la naissance. D'autres administrations doivent suivre dans les heures ultérieures, car le veau ne peut absorber les anticorps que pendant cette courte période.

Par rapport à leur poids et à leur surface corporelle, les bovins ont une petite surface pulmonaire. C'est pourquoi la moindre lésion sur le tissu pulmonaire est lourde de conséquences. En outre, il n'existe pas de

liaisons transversales entre les différents segments des poumons chez les bovins. En cas d'infections graves, le reste du tissu pulmonaire ne peut donc pas compenser les segments atteints. Les dommages irréparables entraînent des pertes de rendement.

Un veau est-il en mesure de résister aux agents pathogènes? Cela dépend de sa capacité immunitaire et de la pression d'infection. Cette dernière est déterminée par les facteurs de stress liés au mode de détention et au climat d'étable.

Facteurs de stress liés au mode de détention

En général, les veaux sont détenus dans des étables à une seule aire sur de la litière

profonde. La surface minimale obligatoire selon la loi (1,2–1,5 m²/veau jusqu'à quatre mois, 1,8 m² jusqu'à 6 mois) est souvent liée à des espaces réduits notamment dans les petits groupes. Il faut savoir également que tous les excréments et toute l'urine se déposent dans la couche, ce qui conduit à d'importantes émanations de gaz toxiques plus les veaux avancent en âge. Les émissions d'ammoniac sont nocives pour les muqueuses et les défenses naturelles et ouvrent la voie aux infections bactériennes secondaires. Comme il n'est pas possible de renoncer au matelas de paille pour des questions de confort et à cause des directives légales, il est indispensable d'évacuer fréquemment le fumier et de prévoir suffisamment de litière. Bien entendu, il serait mieux d'avoir des étables avec une aire d'affouragement sur un sol en dur ou une aire d'exercice ex-



Fig. 2: Les veaux détenus en grands groupes sont plus sujets aux affections des voies respiratoires et présentent des taux de croissance plus faibles que les veaux détenus en petits groupes.



Fig. 3: C'est avec la détention individuelle en igloos que le risque de voir une maladie se propager rapidement à tous les animaux est le plus faible.



Fig. 4: Les animaux plus âgés (bovins à l'engrais, vaches laitières) peuvent contaminer les jeunes animaux dont le système immunitaire est plus faible avec leurs germes.

térière accessible en permanence. En effet, les animaux produisent une grande partie de leurs excréments et de leur urine sur la surface en dur, ce qui réduit d'autant les souillures de la surface de repos et diminue la consommation de paille. En outre, les aires d'exercice permettent aux veaux de bénéficier de la lumière du soleil et de prendre de l'exercice, ce qui stimulent également leurs défenses corporelles.

La meilleure façon pour le veau de bien démarrer dans la vie, c'est de naître dans un environnement hygiénique. Les **boxes de vêlage** ne doivent donc pas être utili-

sés comme boxes d'infirmerie ou comme boxes alternatifs pour les veaux. Sachant que l'occupation permanente des boxes peut conduire à une propagation explosive des agents pathogènes, les boxes de vêlage doivent être nettoyés régulièrement. Le nettoyage est plus aisé lorsque le box de vêlage est accessible au tracteur ou au chargeur automoteur.

La **taille des groupes** détermine les résultats de production (fig. 2). Selon des études réalisées à l'étranger, les veaux détenus en grands groupes (> 15 animaux) présentent plus d'affections des voies respiratoires et

ont des taux de croissance plus bas que les veaux détenus en petits groupes. La répartition des veaux par tranche d'âge permet d'avoir des groupes avec un statut immunitaire équivalent. C'est avec la détention individuelle en igloos que le risque de voir une maladie se propager rapidement à tous les animaux est le plus faible (fig. 3). Ce type de détention n'est cependant que peu répandu en pratique dans les gros effectifs de veaux, car il présente des inconvénients du point de vue de l'organisation du travail (surcroît de travail dans des conditions difficiles). En outre, il faut ajouter que la détention en igloos peut être cause de stress en été, du fait de la chaleur et ne peut être une solution opportune pour les animaux malades en hiver, en cas de grand froid.

L'**occupation continue** de l'étable ou des boxes par des veaux d'âges différents, qui n'ont donc pas le même statut immunitaire, augmente la virulence des agents pathogènes, et par conséquent la multiplication des germes dans le box, ce qui peut entraîner l'apparition de maladies graves. Pour pouvoir vider et désinfecter de temps en temps le box des veaux, il est nécessaire d'avoir un deuxième box ou de pratiquer l'engraissement des veaux selon le système tout dehors-tout dedans (all in – all out).

Les **animaux plus âgés** (bovins à l'engrais, vaches laitières) peuvent contaminer les jeunes animaux dont le système immunitaire est plus faible (fig. 4), avec des germes contre lesquels ils sont eux-mêmes résistants. C'est pourquoi les veaux doivent être installés dans un bâtiment séparé. Lorsque ce n'est pas possible, il faut veiller à empêcher tout contact direct et faire en sorte que l'air frais arrive directement dans le box des veaux et ne passe pas d'abord par les vaches laitières ou le jeune bétail.



Fig. 5: Le fait d'habiller la paroi extérieure en béton empêche que les animaux ne dissipent trop de chaleur en se couchant le long de la paroi.

Facteurs de stress liés au climat d'étable

Les affections des voies respiratoires sont dues principalement à un grand nombre d'agents pathogènes viraux et bactériens. Le climat d'étable influence, d'une part, le développement et la concentration des agents pathogènes et, d'autre part, le système immunitaire des veaux. Le climat d'étable devrait si possible être favorable aux animaux de rente tout en empêchant la prolifération des micro-organismes. Plus la température à l'intérieur de l'étable et l'humidité relative sont basses, plus les agents pathogènes ont du mal à se développer.



Fig. 6: Etant donné son large spectre, la lumière du jour ne peut pas complètement être remplacée par de la lumière artificielle.

Lorsque l'**humidité de l'air est élevée**, les animaux ont le poil humide, ce qui les rend plus sensibles aux courants d'air. De la condensation se forme sur les parois et les plafonds qui ne sont pas isolés thermiquement, ce qui entraîne l'apparition de moisissures. Les spores fongiques se répartissent dans l'atmosphère de l'étable et représentent un risque pour la santé des hommes et des animaux. Lorsque l'humidité de l'air est très élevée, la surface de repos ne parvient plus à sécher. Un important taux de ventilation limite certes le risque que de la condensation se forme, mais ne peut pas empêcher

totale qu'elle apparaisse périodiquement à la surface des plafonds non isolés. Les étables non isolées de construction légère se réchauffent rapidement lorsqu'elles sont exposées au rayonnement du soleil, car elles n'ont pas d'inertie thermique. Lorsque les **températures ambiantes sont élevées**, les animaux qui présentent un fort taux de croissance ont de la peine à dégager leur chaleur corporelle, surtout si, en plus, ils sont exposés à la chaleur qui irradie depuis le toit (50–60 °C) et s'ils doivent se coucher sur de la litière profonde qui n'évacue pratiquement aucune chaleur. Augmenter

la vitesse de circulation de l'air autour des animaux permet de réduire le stress causé par la chaleur.

En l'absence de courants d'air, les **températures basses** ne sont pas un problème pour les veaux en bonne santé. Par contre, les veaux affaiblis par la maladie ne se remettent que difficilement lorsqu'il fait trop froid. Les veaux ont tendance à se coucher le long des parois. En hiver, en cas de contact direct avec les parois extérieures en béton, les animaux peuvent perdre une trop grosse quantité de chaleur. Le problème peut être résolu en habillant la paroi en béton d'une plaque résistante à l'humidité (fig. 5).

L'air frais doit arriver directement là où se trouvent les animaux, sans pour autant causer de **courants d'air**. La crainte que les veaux ne soient exposés aux courants d'air explique souvent pourquoi on les place dans un coin protégé dans l'étable des vaches laitières, sans arrivée directe d'air extérieur. En agissant de la sorte, on évite certes les courants d'air indésirables et les températures ambiantes trop basses en hiver, mais on expose les veaux à une pression d'infection trop élevée en les obligeant à respirer l'air vicié des animaux plus âgés.

De nombreuses étables de veaux ont également un autre problème: la **lumière du jour** y est **insuffisante** (fig. 6). Etant donné son large spectre, la lumière du jour ne peut pas complètement être remplacée par de la lumière artificielle. Lorsque la lumière du jour est insuffisante dans l'étable, ce déficit peut être partiellement compensé par la mise à disposition d'une aire d'exercice extérieure. De cette manière, les animaux profitent en outre des rayons du soleil qui ont un effet désinfectant et renforcent les défenses immunitaires des animaux.

Les toitures non isolées ne sont pas uniquement responsables de la formation de condensation et du stress lié à la chaleur, mais peuvent également entraîner des **coulées d'air froid**. C'est le cas notamment dans les bâtiments très hauts (fig. 7). L'air se refroidit au contact de la toiture, descend le long des parois extérieures, qui sont également froides et prend de la vitesse plus il descend de haut. Une isolation thermique du toit permet de résoudre ce problème et parallèlement de limiter le stress dû à la chaleur en été. Les coûts supplémentaires de l'isolation thermique restent raisonnables si on utilise des panneaux sandwich. Par rapport à une simple tôle trapézoïdale, les panneaux sandwich représentent un surcoût d'environ Fr. 60.– par place de veau à l'engrais. Au vu des avantages mentionnés, c'est un investissement qui vaut la peine dans la plupart des cas.

Tab. 1: Valeurs indicatives concernant le taux d'aération minimum en hiver pour empêcher la formation de condensation et le taux d'aération maximale en été dans des étables de veaux, avec toit isolé ou non.

Poids des veaux en kg	Toit isolé – (U < 1 W/m ² K) ¹⁾	Toit non isolé
	Taux d'aération minimum en hiver m ³ /h par veau	
50	70	150
75	80	180
100	90	220
150	105	260
200	120	300
	Taux d'aération maximum en été	
	1 m ³ /h parkg de PV	2 m ³ /h parkg de PV

¹⁾ Pour limiter l'humidité relative dans l'étable, il peut être nécessaire d'avoir un taux d'aération plus élevé.

Tab. 2: Valeurs indicatives concernant les ouvertures d'aération en cas d'aération naturelle. Données par veau à l'engrais de 200 kg.

	Toit	
	Non isolé	Isolé
Etable à front ouvert: ouverture libre en m ²	0,7	0,3
Etable à front ouvert: surface du filet brise-vente en m ² ^{1) 2)}	2	0,7
Aération entre le bas du pan et le faîte: ouverture dans le toit en m ² ²⁾	0,15	0,08

¹⁾ En été, il faut retirer le filet brise-vent (pourcentage de trous 20 %), car le débit n'est pas suffisant lorsqu'il n'y a pas de vent et que la différence entre les températures intérieure-extérieure est minime.

²⁾ Par temps chaud, il faut également veiller à créer une ventilation transversale en ouvrant les fenêtres et les portes du côté opposé.

Taux d'aération

En ce qui concerne la charge en gaz toxiques, l'air de l'étable devrait afficher une qualité proche de celle de l'air extérieur, si possible pendant toute l'année. Cela implique l'évacuation continue des gaz toxiques et de la vapeur d'eau. Un veau à l'engrais de 150 kg produit environ 1,8 m³ de CO₂ et 4 kg de vapeur d'eau par jour lorsque la température ambiante est de 10°C. En plus de la production de vapeur d'eau par les animaux, des quantités d'eau importantes peuvent également s'évaporer des couches, suivant la température de l'étable et l'état de la litière profonde. Le taux d'aération nécessaire pour évacuer la vapeur d'eau dépend de la température à l'intérieur de l'étable et de la teneur de l'air extérieur en vapeur d'eau. Plus la température de l'étable est basse, moins l'air de l'étable est en mesure d'absorber de la vapeur d'eau par m³ (fig. 8) et par conséquent, plus le taux d'aération doit être élevé. C'est pourquoi en hiver, les étables non isolées nécessitent des taux d'aération plus importants que les étables isolées (tab. 1). Des taux d'aération élevés réduisent la concentration en gaz toxiques et en germes dans l'air de l'étable.

En été, le taux d'aération doit non seulement permettre d'évacuer la vapeur d'eau, mais également la chaleur que dégagent les animaux et la litière. Dans les étables non isolées, il faut également tenir compte de la chaleur qui pénètre par les toitures et les parois exposées au soleil. Un toit sans isolation thermique peut entraîner une charge de chaleur supplémentaire allant jusqu'à 200 W/m². De telles étables exigent donc non seulement en hiver, mais également en été, des taux d'aération plus élevés que les étables dont le toit est isolé. Lorsque c'est possible, il est recommandé de prévoir la prise d'air du côté ombragé en été. Les différences de température entre le côté ensoleillé et le côté ombragé peuvent en effet aller jusqu'à 5°C.

Les étables de veaux devraient si possible être aérées naturellement. Toutefois, l'aération naturelle n'est pas forcément la meilleure solution partout. Dans les étables avec plafond ou dans les gros effectifs notamment, les avantages de la ventilation mécanique peuvent justifier les coûts supplémentaires que ces systèmes engendrent. Il est également possible de combiner les deux systèmes: aération mécanique en hiver et naturelle en été. Cette solution a le mérite de réduire non seulement les coûts d'électricité, mais aussi les investissements, car l'installation peut être conçue pour un taux d'aération plus



Fig. 7: Des couloirs d'air froid peuvent poser problème dans les hauts bâtiments et lorsque les toits ne sont pas isolés.

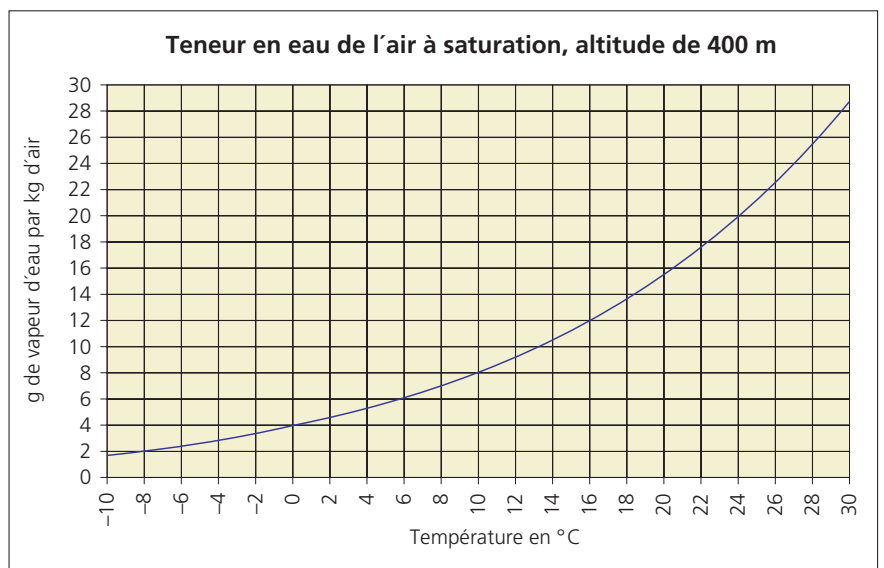


Fig. 8: Plus la température est basse, plus la teneur maximale de l'air en eau est faible.

réduit. Une aération conforme aux besoins des animaux, qu'elle soit naturelle ou mécanique, implique le respect des principes techniques de ventilation lors de la planification et de l'utilisation de l'installation.

Aération naturelle

Dans le cas de l'aération naturelle, le taux d'aération dépend largement du climat extérieur. Dans les étables non isolées, l'effet cheminée est pratiquement inexistant à cause de la faible différence de température entre l'intérieur et l'extérieur. C'est pourquoi

il faut prévoir de grandes surfaces d'entrée et de sortie d'air pour garantir des débits d'air suffisants en l'absence de vent (tab. 2). Si le diamètre des ouvertures d'arrivée d'air n'est pas sans cesse adapté aux conditions éoliennes, le taux d'aération fluctue considérablement. La sur-aération alterne avec la sous-aération. L'évolution irrégulière de l'humidité relative de l'étable par rapport à un système d'aération mécanique est la preuve que le taux d'aération varie en permanence (fig. 9).

Suivant si les ouvertures d'arrivée d'air et d'évacuation d'air sont séparées ou non, on parle d'aération par front ouvert ou

d'aération entre le bas du pan et le faite/aération par cheminée.

Aération par front ouvert

Avec une aération par front ouvert, l'air est amené et évacué par la même ouverture (fig. 10, 19). En hiver, pour éviter les courants d'air, les trois autres côtés de l'étable doivent être absolument étanches. Par conséquent, l'accès à l'aire d'exercice doit se faire par le front ouvert. L'étable doit être orientée de telle manière que l'aire d'exercice soit ensoleillée en hiver. Des avant-toits suffisamment grands évitent que le soleil ne donne à l'intérieur de l'étable en été. Sachant que la profondeur de pénétration de l'air frais représente au maximum le quadruple de la hauteur de l'étable, l'aération par front ouvert ne convient pas pour les étables larges. Pour éviter les flux d'air longitudinaux, les étables longues et étroites doivent être subdivisées à l'aide de parois de séparation fermées. De telles séparations ont l'avantage de réduire le risque de contagion entre les différents groupes. Suivant le rapport longueur-largeur et l'exposition du bâtiment, il peut être nécessaire de fermer le front ouvert en hiver à l'aide d'un filet brise-vent ou de spaced boards (planches ajourées) pour

Tab. 3: Données relatives à la planification d'un système d'aération mécanique pour les veaux à l'engrais jusqu'à 200 kg.

Ventilateur (220 V, régime 1300 t/min)	jusqu'à 8 veaux: Ø 30 cm 8-12 veaux: Ø 35 cm 12-18 veaux: Ø 40 cm 18-24 veaux: Ø 45 cm 24-30 veaux: Ø 50 cm 30-42 veaux: Ø 56 cm
Aération par jets d'air (fentes dans la paroi)	Vitesse de l'air, fentes en hiver: 1 m/s Vitesse de l'air, fentes en été: 4 m/s Surface des fentes d'arrivée d'air: 150 cm ² par veau
Canal de ventilation à panneaux perforés	Surface de panneaux perforés par veau: 1 m ² Nombre de trous d10 mm: env. 190 trous/m ² d12 mm: env. 130 trous/m ² Section min. du canal. 1,5 x Σ (trous) (cf. fig. 18)

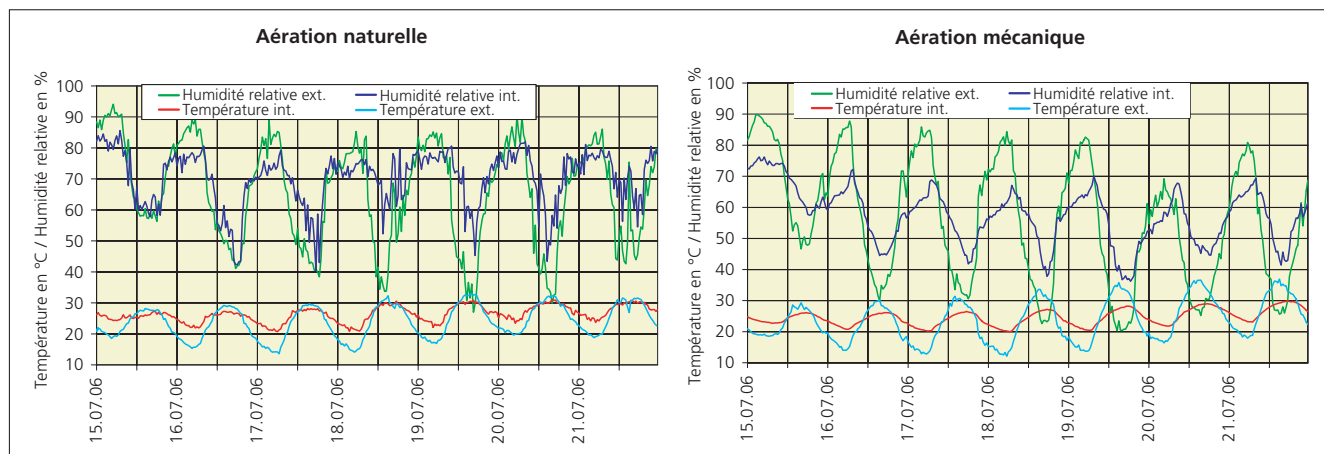


Fig. 9: En cas d'aération naturelle, le taux d'aération fluctue considérablement. L'évolution irrégulière de l'humidité relative de l'étable par rapport à un système d'aération mécanique en est la preuve.

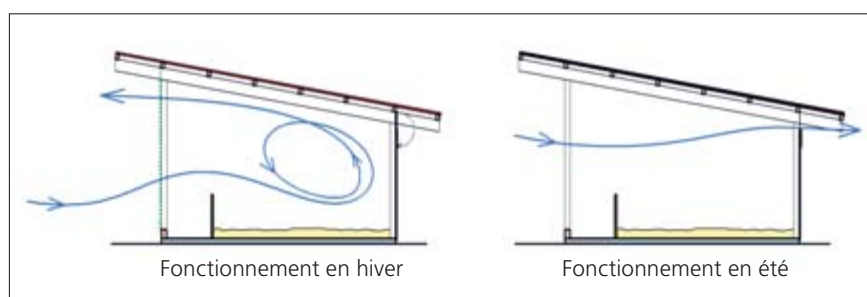


Fig. 10: Circulation d'air souhaitée dans une étable à front ouvert en hiver et en été.

protéger les animaux du vent (fig. 11). Les spaced boards ont un avantage par rapport aux filets brise-vent. Il n'est pas nécessaire de les protéger des animaux. D'un autre côté, ils freinent moins le vent que les filets. La protection contre le vent est véritablement efficace (effet de frein 90 %) à une distance d'au moins un mètre derrière le paravent. Par conséquent, l'aire de repos ne doit pas être calculée trop juste et doit permettre à tous les animaux de se coucher à une dis-

tance suffisante du filet. En cas d'aération naturelle, lorsque le toit n'est pas isolé, il faut compter un filet (filet brise-vent courant avec environ 20 % de trous) ou une surface de spaced-boards (planches de 10 cm avec fente de 2 cm) de 2 m² par veau à l'engrais de 200 kg (tab. 2). En revanche, lorsque le toit est isolé thermiquement, il suffit d'avoir une surface d'environ 0,7 m² en hiver.

En été, il faut retirer le filet brise-vent ou la paroi en spaced-boards, car la circulation d'air est insuffisante (fig. 12) étant donné l'absence de différences entre les températures intérieure et extérieure. Par temps chaud, il est également recommandé d'ouvrir la paroi opposée pour procéder à une aération transversale et éviter que la chaleur ne s'accumule.

Aération entre le bas du pan et le faîte

Si la largeur de l'étable ne permet pas d'avoir une aération par front ouvert, le bâtiment peut être ventilé selon le principe de l'aération entre le bas du pan et le faîte. Pour éviter les coulées d'air froid sur les animaux par l'ouverture au niveau de la sablière, il faut installer une plaque déflectrice (fig. 13). L'expérience montre que cette plaque devrait mesurer environ un dixième de la largeur de l'étable, mais au moins un mètre de long. Dans les étables isolées, la plaque doit elle aussi être isolée. Le système d'aération entre le bas du pan et le faîte permet de réguler grossièrement le taux d'aération lorsque l'ouverture à la sablière est pourvue de volets. Des déflecteurs placés des deux côtés du faîte ont un effet d'aspiration d'air et empêchent que le vent ne s'infilte dans l'étable par le toit. Lorsque le toit n'est pas isolé, il est recommandé de prévoir une ouverture dans le faîte de 0,15 m² par veau (tab. 2). Lorsque le toit est isolé, il suffit de prévoir environ 0,08 m² par veau.

Aération par cheminée

Dans les étables avec plafond, l'air frais entre souvent par des fenêtres à bascule et quitte le bâtiment par des cheminées. Comme il n'est pas possible d'éviter les coulées d'air froid sous les fenêtres en hiver, les animaux ne devraient pas être forcés de s'allonger à cet endroit. La quantité d'air qui peut être refoulée par une cheminée dépend de la hauteur de cette dernière, ainsi que de la différence entre les températures extérieure et intérieure (fig. 14). Si la différence entre les températures extérieure et intérieure est



Fig. 11: Suivant le rapport longueur-largeur et l'exposition du bâtiment, il peut être nécessaire de fermer le front ouvert en hiver à l'aide d'un filet brise-vent ou de spaced boards.

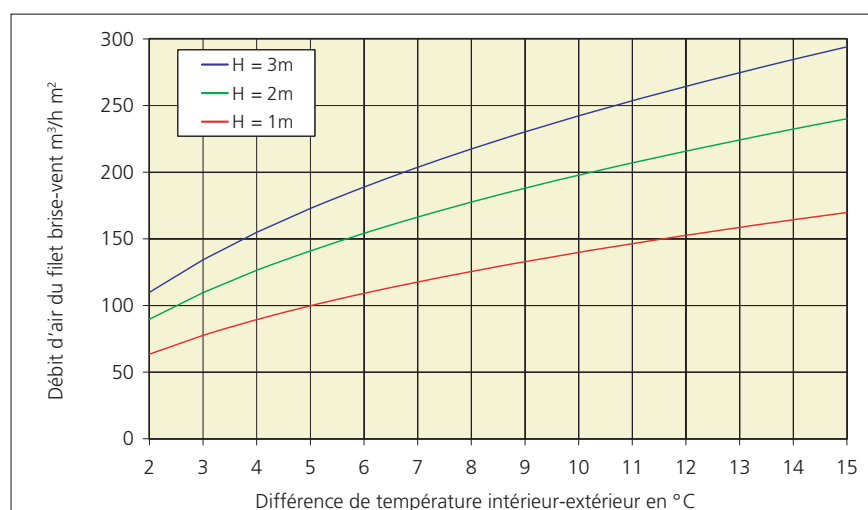


Fig. 12: Débit d'air en m³/h m² d'un filet brise-vent normal (20 % de trous) ou d'une paroi en spaced-board (100 x 25 mm) en l'absence de vent, en fonction de la différence de températures intérieure-extérieure. (H = hauteur filet brise-vent ou de la paroi en spaced-board).



Fig. 13: En cas d'aération entre le bas du pan et le faîte, l'installation d'une plaque déflectrice permet d'éviter les coulées d'air froid dans l'aire de repos des animaux.

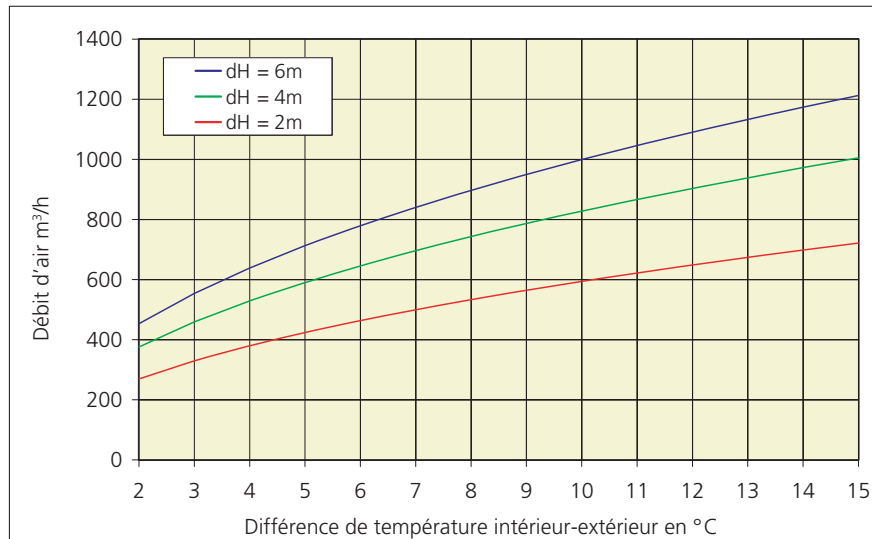


Fig. 14: Débit d'air d'une cheminée d'évacuation d'un diamètre intérieur de 53 cm en fonction de la différence entre les températures intérieure-extérieure (dH = hauteur de la cheminée).



Fig. 15: Les ouvertures à la paroi devraient être placées le plus près possible du plafond (nu) pour tirer partie de l'effet dit de Coanda.



Fig. 16: Comme les ouvertures dans la paroi, les ouvertures dans le plafond permettent difficilement d'éviter les courants d'air.

minime (par exemple, lorsque les températures extérieures sont élevées) et si aucun vent ne souffle, le débit d'air des cheminées est insuffisant. Les portes et les fenêtres opposées doivent donc être ouvertes pour obtenir une ventilation transversale.

Aération mécanique

L'utilisation d'un ventilateur permet d'obtenir le taux d'aération souhaité en étant pratiquement indépendant du climat extérieur. Les ventilateurs habituellement utilisés dans les étables permettent d'atteindre une augmentation de la pression de 70 à 100 Pa (Pascal, unité de pression) et d'utiliser des diffuseurs d'air à répartition fine et à résistance hydraulique élevée. En l'absence de vent, suivant l'écart entre les températures intérieure et extérieure et la différence de hauteur entre les ouvertures d'entrée et de sortie d'air, les systèmes d'aération naturels permettent seulement d'atteindre des variations de pression de 0,1 à 2 Pa. Lorsque l'enveloppe du bâtiment est hermétique, il est possible d'aérer selon le principe de dépression. Les ventilateurs aspirent l'air frais par les ouvertures d'entrée d'air. Lorsque l'enveloppe du bâtiment n'est pas hermétique ou lorsque les portes qui donnent sur l'aire d'exercice sont ouvertes en permanence, il est recommandé d'adopter un système d'aération à surpression ou à pression équilibrée (ventilateur de soufflage et d'extraction).

Les avantages de l'aération mécanique ont leur revers: ils entraînent des investissements et des coûts d'électricité supplémentaires. Suivant le système d'aération, les investissements sont compris entre Fr. 100.– et Fr. 300.– par place de veau. La consommation annuelle d'électricité oscille entre 30 et 70 kWh par place de veau suivant le type de ventilateur.

En hiver, lorsque la répartition se fait bien, l'air frais arrive régulièrement jusqu'aux animaux, à petite vitesse et légèrement plus frais que l'air du local. En ce qui concerne la répartition de l'air amené dans les étables de veaux, on distingue l'aération par des jets d'air (ouvertures à la paroi ou au plafond) et l'aération par déplacement (canal de ventilation à panneaux perforés ou plafond poreux).

Entrées d'air à la paroi

Le système de diffusion d'air le plus simple et le plus économique consiste à répartir régulièrement des fentes dans une ou plusieurs parois du bâtiment. De telles ouvertures de-

vraient être placées le plus près possible du plafond (nu) pour tirer partie de l'effet dit de Coanda (fig. 15). Cet effet décrit la propriété qu'a un jet d'air d'épouser une surface. En épousant la surface du plafond, le jet d'air accroît sa profondeur de pénétration. L'air entrant arrive peu à peu à température ambiante, ce qui réduit le risque de courant d'air pour les animaux. Le plafond ne doit comporter aucun obstacle perpendiculaire au jet d'air comme des poutres, des conduites ou encore des néons, car ils pourraient dévier le jet d'air vers le bas. La portée du jet d'air dépend de sa vitesse de pénétration et de la différence entre la température de l'air entrant et de l'air de l'étable. Plus la différence de température est importante et plus la vitesse de pénétration est faible, plus l'air descend rapidement vers le bas. C'est ce qui se passe notamment en hiver lorsque les quantités d'air amenées sont réduites. Pour que la vitesse de flux reste suffisamment élevée en tout temps (>1 m/s), il est indispensable de régler les dimensions des ouvertures d'entrée d'air. Soit, on ferme certaines ouvertures, soit on installe des volets oscillants. En cas d'ouvertures dans les parois, en dépit du respect des recommandations, il est impossible d'exclure les courants d'air périodiques.

Entrées d'air au plafond

Dans le cas des ouvertures au plafond (fig. 16), l'air entrant est dévié plus ou moins horizontalement par une plaque déflectrice placée en dessous. Suivant la pression ou l'aspiration, des lamelles latérales s'ouvrent de façon que l'air entre toujours à une vitesse minimale. Comme pour les ouvertures dans la paroi, il faut éviter tous les obstacles à proximité des aérateurs, qui pourraient perturber l'effet Coanda et faire dévier le flux d'air vers le bas. Sachant que les volets s'encrassent facilement, il est conseillé de contrôler régulièrement leur bon fonctionnement. Comme les ouvertures dans la paroi, les ouvertures dans le plafond permettent difficilement d'éviter les courants d'air.



Fig. 17: Avec un canal de ventilation à panneaux perforés, l'air frais entre sans turbulence dans l'étable.

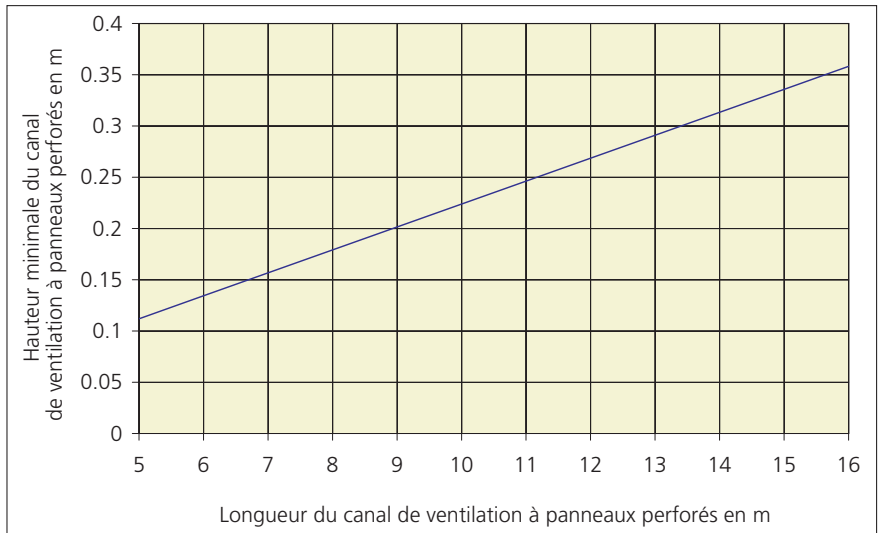


Fig. 18: Pour que l'air sorte régulièrement sur toute la longueur du canal de ventilation à panneaux perforés, ce dernier doit avoir une hauteur minimale proportionnelle à sa longueur (pourcentage de trous dans les plaques 1,5%).

Aération par canal de ventilation à panneaux perforés

Contrairement à l'aération par jets d'air, l'aération avec un canal de ventilation à panneaux perforés (fig.17) envoie un très grand

nombre de petits jets fins, ce qui permet de faire entrer l'air absolument sans aucune turbulence dans l'étable. Lorsque le canal de ventilation à panneaux perforés se situe au-dessus de l'aire de repos, en hiver, il faut

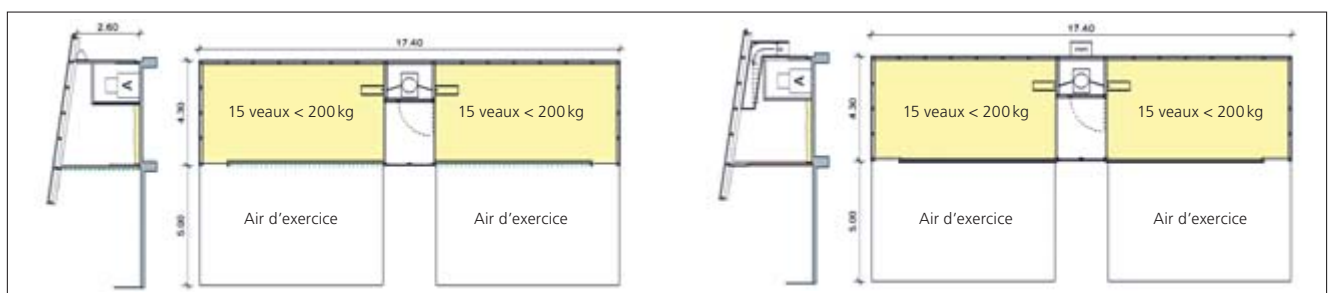


Fig. 19: Exemple: étable de 30 veaux à front ouvert (à gauche) ou fermée avec aération mécanique (à droite).

Tab. 4: Données relatives à la planification de systèmes d'aération naturelle et mécanique dans l'exemple étudié (étable de 30 veaux à l'engrais jusqu'à 200 kg, cf. fig.19).

	Toit sans isolation	Toit avec isolation
Température extérieure °C	0	0
Température de l'étable °C	3,5	8
Humidité relative de l'étable %	80	75
Concentration de CO ₂ dans l'étable ppm	670	1130
Production de chaleur sensible par les animaux, kW	12,4	11,9
Vapeur d'eau produite par les animaux l/h	4,7	5,1
Vapeur d'eau produite par la couche de litière profonde l/h ¹⁾	1,1	2,1
Evacuation de vapeur d'eau en g par m ³ de débit d'air	0,64	2,00
Taux d'aération minimal en hiver, en cas d'occupation complète de l'étable m ³ /h	9000	3600
Taux d'aération minimal en été, en cas d'occupation complète de l'étable m ³ /h	12000	6000
Aération naturelle		
Surface de filet brise-vent nécessaire m ² ²⁾	60	21
Ouvertures nécessaires pour l'aération transversale en été m ²	6	3
Aération mécanique		
Surface de panneaux perforés m ²		30
Dimension du canal de ventilation à panneaux perforés m, alimentation centrale		2:2,0 x 7,5
Hauteur min. du canal de ventilation à panneaux perforés m		0,17
Diamètre du ventilateur cm		50

¹⁾ La valeur indiquée pour la vapeur d'eau produite par la surface de couchage repose sur une estimation et dépend non seulement de la température et de l'humidité relative dans l'étable, mais aussi de la quantité quotidienne de litière.

²⁾ Le filet doit être retiré en été.

Tab. 5: Fluctuation moyenne des températures diurnes et nocturnes de l'air extérieur, de l'air amené et de l'air intérieur dans l'étable de veaux ART pour la période la plus chaude et la plus froide en 2006.

	Température °C					
	19.12.05 – 03.01.06			14.07.06 – 07.08.06		
	Ext.	Air amené	Etable	Ext.	Air amené	Etable
Fluctuation moyenne jour-nuit	6,1	2,9	1,5	14,7	8,9	4,9
Fluctuation max. jour-nuit	19,3	11,8	5,7	22,1	13,6	7,7

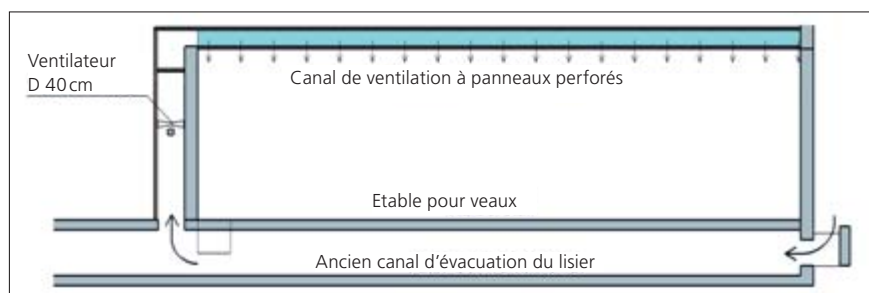


Fig. 20: Dans une ancienne stabulation entravée reconverte en étable pour veaux, l'air entrant est aspiré dans un canal à lisier désaffecté et envoyé en surpression dans l'étable.

limiter le flux d'air vertical sur les jeunes animaux à environ 75 m³/h par m² de panneau perforé. En été, il est possible d'atteindre une quantité d'air d'environ 250 m³/h par m². La surface de panneau perforé nécessaire représente environ 1 m² par veau de 200 kg

(pourcentage de trous 1,5%). Pour que l'air entrant se répartisse uniformément sur toute la longueur du canal de ventilation, ce dernier doit avoir une section supérieure à 1,5 fois la somme de tous les trous. C'est ce qui permet de déterminer la hauteur néces-

saire pour le canal (fig. 18). Lorsque l'air peut entrer dans le canal au centre ou depuis les deux extrémités, la hauteur nécessaire du canal est divisée par deux. Le canal de ventilation à panneaux perforés doit être isolé thermiquement pour empêcher la formation de condensation (valeur $U < 1,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$). Le fait d'arrondir l'intérieur du canal permet de réduire considérablement la résistance hydraulique et la consommation d'électricité, lorsque le canal change de direction ou de section.

Quand les ventilateurs tournent au maximum, la diffusion de l'air par les canaux de ventilation à panneaux perforés crée une résistance de 25 à 35 Pa. Par conséquent, l'aération ne peut fonctionner qu'en dépression sans infiltration par des fentes, lorsque l'enveloppe du bâtiment est suffisamment étanche. Si tel n'est pas le cas ou s'il y a des ouvertures que l'on ne peut pas fermer (accès à l'aire d'exercice), il est préférable d'opter pour un système d'aération à surpression ou à pression équilibrée. L'aération à surpression a un avantage: en sortant, l'air de l'étable réduit considérablement l'influence du vent qui entre par les portes ouvertes (aire d'exercice extérieure). Lorsqu'il n'est pas souhaitable de placer la sortie d'air près du sol pour des questions d'émissions (odeurs), il est recommandé de choisir un système d'aération à pression équilibrée avec ventilateur de soufflage et d'extraction.

Si la température de l'air entrant est très différente de celle de l'air de l'étable, il peut se produire des courants d'air froid au sol, lorsque la quantité d'air par m² est trop importante (pourcentage de trous trop élevé) et que l'ouverture d'évacuation ne se trouve pas au centre de l'étable, mais dans un coin.

Exemple pratique

L'exemple (fig. 19) porte sur une étable à deux boxes qui applique le procédé tout dehors – tout dedans (all in – all out). Chaque box abrite 15 veaux jusqu'à 200 kg. L'abreuvoir automatique se trouve au centre d'un local à part. Les parois sont pourvues d'un simple coffrage en bois ($U = 2,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), le toit est fait de plaques en fibres de ciment/tôle trapézoïdale ($U = 5,3/5,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) ou de panneaux sandwich avec âme en polyuréthane ($U = 0,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$). Suivant que le toit est isolé ou non, le taux d'aération minimale en cas d'occupation complète (30 veaux à 200 kg) est de 3600 ou de 9000 m³/h (tab. 4). L'aération peut être aussi bien naturelle (front ouvert) que mécanique.

Variante 1: étable à front ouvert avec aération naturelle

Pour un taux d'aération de $9000 \text{ m}^3/\text{h}$, il faut compter, en l'absence de vent ($v < 0,5 \text{ m/s}$), une surface de filet brise-vent (perforation 20%) d'environ 60 m^2 (tab. 4). Si l'on renonce au filet brise-vent, il suffit d'avoir une ouverture libre d'environ 21 m^2 (hauteur des ouvertures: 1,4 m). Lorsque le toit est isolé, la surface de filet brise-vent nécessaire diminue et n'est plus elle aussi que d'environ 21 m^2 . La température à l'intérieur de l'étable est environ 5°C supérieure, l'humidité relative est environ 5 % plus basse par rapport à une étable dont le toit n'est pas isolé.

En été, il est recommandé d'enlever le filet brise-vent et d'ouvrir le côté opposé au front de l'étable pour obtenir une ventilation transversale.

Variante 2: étable avec aération mécanique

L'aération mécanique suppose que l'enveloppe du bâtiment est fermée et que le toit est isolé, sans quoi la surface du canal de ventilation à panneaux perforés serait trop importante à cause du taux d'aération. L'aire d'exercice étant accessible en permanence, il est recommandé d'opter pour une aération à surpression. L'aérateur est placé au centre et envoie l'air frais des deux côtés dans le canal de ventilation. L'air consommé s'échappe dans l'aire d'exercice en passant par les rideaux en plastique. La surpression à l'intérieur de l'étable empêche les infiltrations par des fentes et réduit l'influence du vent qui passe par les rideaux en plastique. Le canal de ventilation présente des panneaux perforés d'une surface d'environ 30 m^2 . Pour une perforation de 1,5 % (130 trous de $\varnothing 12 \text{ mm}$ ou 190 trous de $\varnothing 10 \text{ mm}$ par m^2), un ventilateur de 50 cm de diamètre permet d'atteindre un débit de 6000 à $7000 \text{ m}^3/\text{h}$ suivant la résistance totale. En fonction de la densité d'occupation de l'étable (nombre de kg de poids vif) et de la température extérieure, il est possible d'obtenir le taux d'aération souhaité en réglant le régime du ventilateur. Les investissements nécessaires pour le ventilateur, la diffusion d'air (canal de ventilation à panneaux perforés) ainsi que le régulateur s'élèvent environ à Fr. 6000.-. Comparée à l'aération naturelle, l'aération mécanique entraîne donc des coûts annuels supplémentaires d'environ Fr. 32.- par place de veau à l'engrais lorsque l'exploitation fonctionne toute l'année.

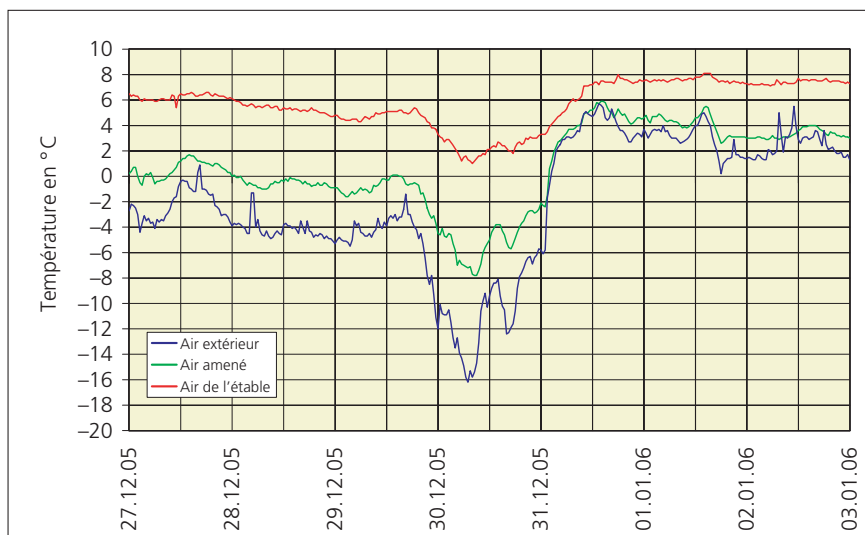


Fig. 21: En traversant le canal long de 10 m, l'air frais se réchauffe jusqu'à 8°C en hiver.

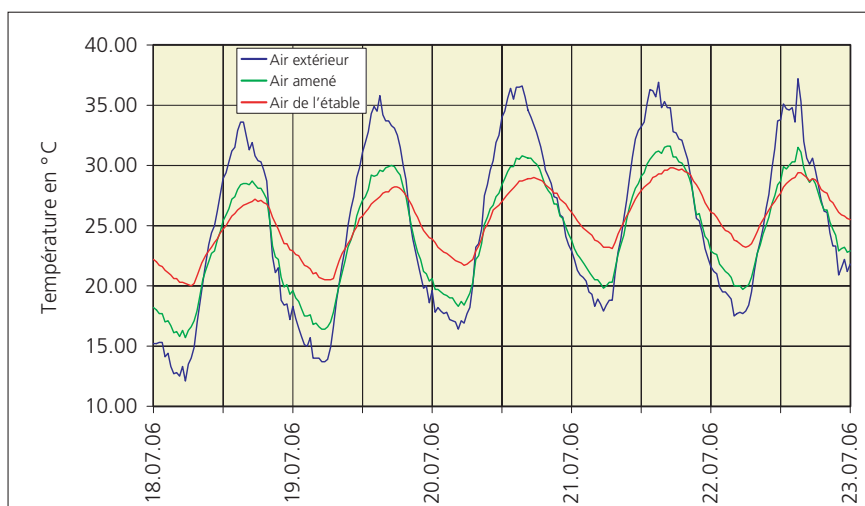


Fig. 22: En traversant le canal long de 10 m, l'air frais se rafraîchit jusqu'à 6°C en été. Grâce à l'échange de chaleur dans le canal, les fluctuations de température de l'air amené diminuent de 40 % environ.



Fig. 23: Lorsque l'étable est construite sur un terrain en pente, il est possible d'utiliser le talus comme échangeur de chaleur souterrain.

Conditionnement de l'air entrant

Il est possible d'éviter les grosses fluctuations de températures et les températures extrêmes en faisant d'abord passer l'air extérieur par un échangeur de chaleur souterrain avant qu'il n'entre dans l'étable. Les échangeurs classiques avec des tuyaux ondulés, placés près de l'étable ont fait leurs preuves dans les porcheries notamment, mais entraînent des investissements considérables. C'est la raison pour laquelle ART Tånikon a testé une version plus simple et plus économique. Dans une ancienne stabulation entravée reconverte en étable pour veaux, l'air entrant est aspiré dans un canal à lisier désaffecté et envoyé en surpression dans l'étable (fig. 20). En traversant le canal long de 10 m, l'air frais se réchauffe jusqu'à 8°C en hiver (fig. 21) et se rafraîchit jusqu'à 6°C en été (fig. 22). Les fluctuations moyennes de la température nocturne et diurne de l'air extérieur baissent de 50 % en hiver et de 40 % environ en été (tab. 5). Le principal avantage de l'arrivée d'air souterraine consiste à réduire la différence de température entre l'air entrant et l'air à l'intérieur de l'étable, ce qui diminue considérablement le risque de flux d'air froid et de courants d'air. En outre, l'arrivée indirecte de l'air supprime pratiquement toute influence du vent. Grâce au réchauffement de l'air amené, il est possible d'obtenir des taux d'aération supérieurs et un taux d'humidité relative plus bas en hiver. Tandis que l'humidité relative moyenne à l'extérieur dépassait 90 % pendant le mois de décembre 2005 à février 2006, elle est restée inférieure à 75 % dans l'étable. Lorsque des tuyaux sont placés sous la dalle de l'étable dans un bâtiment neuf, il est conseillé de respecter certains points: autour des tuyaux, le sous-sol doit être insensible au gel, sinon la dalle risque d'être endommagée. Comme la dalle refroidit au-dessus des tuyaux à cause de l'air extérieur qui y circule, il est recommandé de veiller à ce que la couche de litière soit suffisamment épaisse en hiver.

Lorsque l'étable est construite sur un terrain en pente, il est possible d'utiliser le talus comme échangeur de chaleur souterrain (fig. 23). Cette solution permet des économies considérables par rapport à un échangeur traditionnel, car il n'est pas nécessaire de procéder à des travaux de déblaiement, ni de prévoir un canal d'entrée d'air en béton. Bien que les tuyaux ondulés soient placés sur deux niveaux et à une profondeur négligeable, les performances sont considé-

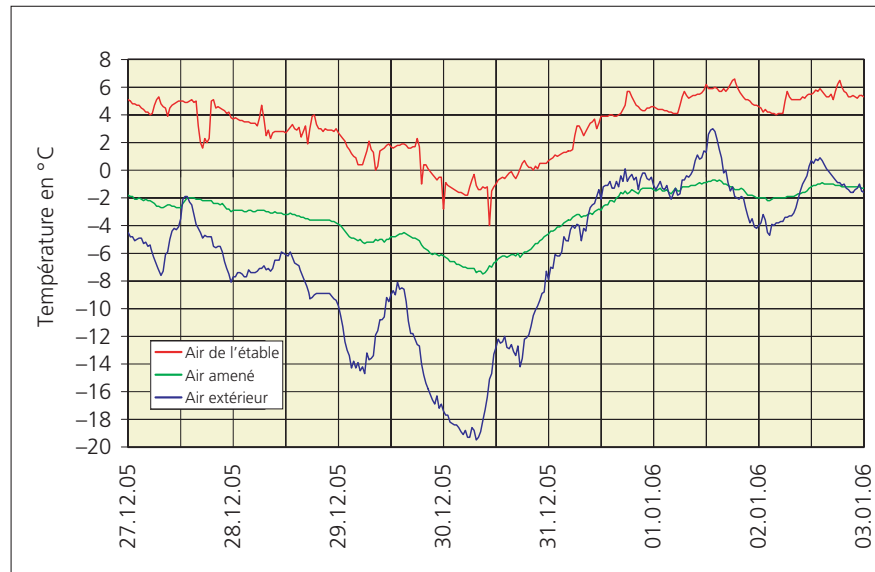


Fig. 24: Bien que les tuyaux ondulés de l'échangeur de chaleur souterrain (fig. 23) soient placés sur deux niveaux et à une profondeur négligeable, la température de l'air amené ne fluctue que très légèrement.

Tab. 6: Problèmes fréquents de climat d'étable relatifs à l'aération des étables de veaux.

Problème	Causes	Mesures
Aération naturelle		
Coulées d'air froid le long de la paroi	<ul style="list-style-type: none"> • Entrée d'air au-dessus de l'aire de repos. • Plafonds très élevés (>4 m) et toit non isolé 	<ul style="list-style-type: none"> • Plaque défectrice sous l'ouverture dans le toit • Recouvrir d'un feutre géotextile l'aire de repos le long de la paroi ou isoler le toit
Formation de condensation	<ul style="list-style-type: none"> • Taux d'aération trop bas • Production de chaleur irrégulièrement répartie dans l'étable • Absence d'isolation thermique 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmenter le taux d'aération • Répartir les animaux plus régulièrement • Procéder à l'isolation thermique du toit/plafond
Mauvaise qualité de l'air, périodiquement	<ul style="list-style-type: none"> • Ouvertures d'entrée ou de sortie d'air trop petites • Filets brise-vent encrassés 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmenter les dimensions des ouvertures d'entrée et de sortie d'air • Nettoyer les filets
Courants d'air	<ul style="list-style-type: none"> • Ouvertures d'aération sur les côtés opposés • Absence de protection contre le vent 	<ul style="list-style-type: none"> • Aération à front ouvert, fermer les trois autres côtés • Filet brise-vent (augmenter les ouvertures en conséquence)
Aération mécanique		
Mauvaise qualité de l'air, périodiquement	Mauvais réglage ou régulateur défectueux	Vérifier le régime minimal et maximal du ventilateur
Courants d'air	<ul style="list-style-type: none"> • Taux d'aération trop élevé • Mauvaise disposition des ouvertures d'entrée d'air ou infiltration d'air par des fentes • Aération par jets d'air: mauvais réglage des volets • Canal de ventilation à panneaux perforés: flux d'air trop élevés par m² 	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifier le débit et le régime du ventilateur • Contrôler la disposition des ouvertures d'entrée d'air ou l'étanchéité de l'enveloppe du bâtiment • Nettoyer les clapets oscillants • Vérifier le pourcentage de perforations des canaux de ventilation à panneaux perforés (max. 1.5 %)
Condensation le long de canal de ventilation à panneaux perforés	<ul style="list-style-type: none"> • Humidité trop élevée dans l'étable • Absence d'isolation thermique • Diffusion d'air irrégulière 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmenter les taux d'aération • Utiliser des panneaux perforés isolés • Contrôler la hauteur du canal de ventilation à panneaux perforés (fig. 17)

rables en hiver (fig. 24). Les investissements supplémentaires requis par l'échangeur de chaleur souterrain valent-ils la peine? Cela dépend de la situation de l'étable. Dans le

cas présent (fig. 24), l'étable se situe sur un versant nord et est privée de soleil pendant les trois mois d'hiver (température moyenne en janvier -5°C).

Problèmes de climat d'étable dans la pratique

Avec l'aération naturelle comme avec l'aération mécanique, les problèmes de climat d'étable sont fréquents dans la pratique. Les causes sont nombreuses et ne sont pas toujours faciles à identifier ou à supprimer. Une liste des lacunes les plus fréquentes avec leurs causes possibles et les mesures éventuelles peut aider à éviter ou à résoudre certains problèmes (tab. 6).

Conclusions

Dans de nombreuses exploitations, notamment des exploitations d'engraissement de veaux, l'équilibre est précaire entre santé et maladie. La principale raison est souvent due aux conditions de détention très défavorables. La détention en grands groupes dans des étables à une seule aire sans aire d'exercice extérieure, l'occupation continue des boxes et le contact avec des animaux plus âgés sont responsables d'une pression d'infection élevée. Lorsqu'en plus, la qualité de l'air dans l'étable est insuffisante, ces conditions peuvent entraîner l'apparition de maladies graves chez les jeunes veaux dont le système immunitaire est faible.

En ce qui concerne la charge en gaz toxiques, l'air de l'étable devrait afficher une qualité proche de celle de l'air extérieur, si possible pendant toute l'année. L'aération naturelle est sans aucun doute préférable à l'aération mécanique. Dans les étables avec plafond ou dans les gros effectifs notamment, les avantages de la ventilation mécanique peuvent justifier les coûts supplémentaires que ces systèmes engendrent. Dans les étables aérées naturellement dans lesquelles le toit n'est pas isolé, de grandes ouvertures sont nécessaires pour évacuer la vapeur d'eau, même en l'absence de vent. Sachant que la profondeur de pénétration de l'air frais représente au maximum le quadruple de la hauteur de l'étable, l'aération par front ouvert ne convient pas pour les étables larges. Dans les étables à front ouvert, les trois autres côtés de l'étable doivent être fermés. Lorsqu'un filet brise-vent est installé, il doit couvrir la totalité du front. En été, il est recommandé d'enlever le filet brise-vent et d'ouvrir le côté opposé au front de l'étable pour obtenir une ventilation transversale.

L'aération mécanique entraîne des coûts supplémentaires de l'ordre de Fr. 30.– par place de veau et par an. Ces coûts supplémentaires sont compensés par une plus

grande indépendance par rapport aux conditions météorologiques, la possibilité de mieux répartir l'air et de conditionner l'air amené. Des canaux de ventilation bien dimensionnés garantissent une diffusion de l'air sans turbulence et sans courant d'air en hiver. Lorsque l'air amené passe d'abord par un échangeur de chaleur souterrain au lieu d'entrer directement dans l'étable, les fluctuations de températures et les températures extrêmes sont nettement moins fréquentes. Des essais réalisés à ART Tänikon dans un canal à lisier désaffecté utilisé comme canal d'arrivée d'air indiquent un réchauffement maximum de l'air amené de 8°C en hiver et un rafraîchissement maximum de 6°C en été. Les fluctuations moyennes de la température nocturne et diurne de l'air amené baissent de 50% en hiver et de 40% environ en été.

Optimiser l'aération est une condition essentielle pour améliorer la santé des veaux. Elle ne peut toutefois porter ses fruits que si tous les autres facteurs d'influence, comme les conditions de détention, l'hygiène d'étable, l'affouragement et les soins aux animaux, sont eux aussi conformes aux exigences.

Bibliographie

DLG-Arbeitsunterlage 2003: Lüftung von Schweinställen. 3. überarbeitete Fassung, 59 S.

Van Caenegem L., Deglin D., 1998. Erdwärmetauscher für Mastschweineställe. FAT-Schriftenreihe 48, 68 S.

Van Caenegem L., Wechsler B., 2000. Stallklimawerte und ihre Berechnung. FAT-Schriftenreihe 51, 89 S.

Recknagel H., Sprenger E., Schramek E.R., 2002. Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, S. 1209–1245.

Des demandes concernant les sujets traités ainsi que d'autres questions de technique et de prévention agricoles doivent être adressées aux conseillers cantonaux en machinisme agricole indiqués ci-dessous. Les publications peuvent être obtenues directement à la ART (Tänikon, CH-8356 Ettenhausen). Tél. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90, E-mail: doku@art.admin.ch, Internet: <http://www.art.admin.ch>

FR	Berset Roger, Institut agricole, 1725 Grangeneuve	Tél. 026 305 58 49
GE	AgriGenève, 15, rue des Sablières, 1217 Meyrin	Tél. 022 939 03 10
JU	Fleury-Mouttet Solange, FRI, Courtemelon, 2852 Courtételle	Tél. 032 420 74 38
NE	Yaun Huguelit, CNAV, 2053 Cernier	Tél. 032 854 05 30
TI	Müller Antonio, Office de l'Agriculture, 6501 Bellinzona	Tél. 091 814 35 53
VD	Louis-Claude Pittet, Ecole d'Agriculture, Marcelin, 1110 Morges	Tél. 021 801 14 51
	Hofer Walter, Ecole d'Agriculture, Grange-Verney, 1510 Moudon	Tél. 021 995 34 57
VS	Roduit Raymond, Ecole d'Agriculture, Châteauneuf, 1950 Sion	Tél. 027 606 77 70
AGRIDEA	Boéchat Sylvain, Jordils 1, 1006 Lausanne	Tél. 021 619 44 74
SPAA	Grange-Verney, 1510 Moudon	Tél. 021 995 34 28

Impressum

Edition: Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen

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

Les Rapports ART sont également disponibles en allemand (ART-Berichte).
ISSN 1661-7584

Les Rapports ART sont accessibles en version intégrale sur notre site Internet (www.art.admin.ch).