



Qualité de l'air dans l'écurie

Conseils pour préserver la santé des chevaux

Auteurs

Regula Jungen¹, Noemi Bollhalder¹, Laura Kreis¹, Christa Wyss¹, François-Lionel Humbert²

¹ Haras national suisse HNS

² Grangeneuve



Grangeneuve



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

Impressum

Éditeur	Agroscope, Haras national suisse HNS Les Longs-Prés 1580 Avenches www.agroscope.ch www.harasnational.ch
Renseignements	Bureau de conseils Cheval Agroscope, Haras national suisse HNS, Avenches harasnational@agroscope.admin.ch
Rédaction	Regula Jungen, Noemi Bollhalder, Laura Kreis, Christa Wyss (Agroscope HNS) ; François-Lionel Humbert (Grangeneuve)
Mise en page	Letizia Paladino
Photo de couverture	Agroscope, HNS, Christelle Althaus
Download	www.agroscope.ch/transfer/fr
Copyright	© Agroscope 2024
ISSN	2296-7230 (online)

Exclusion de responsabilité

Les informations contenues dans cette publication sont destinées uniquement à l'information des lectrices et lecteurs. Agroscope s'efforce de fournir des informations correctes, actuelles et complètes, mais décline toute responsabilité à cet égard. Nous déclinons toute responsabilité pour d'éventuels dommages en lien avec la mise en œuvre des informations contenues dans les publications. Les lois et dispositions légales en vigueur en Suisse s'appliquent aux lectrices et lecteurs ; la jurisprudence actuelle est applicable.

Table des matières

De l'air frais dans l'écurie – un impératif	4
1 Les chevaux s'adaptent sans problème aux différences de température.....	5
1.1 Zone de thermoneutralité (ZTN).....	5
1.2 Mécanismes de thermorégulation	6
1.3 Couvrir un cheval en hiver modifie ses mécanismes naturels de thermorégulation	7
1.4 Comment reconnaître lorsqu'un cheval a froid ?.....	8
1.5 Éviter qu'un cheval ne souffre du froid	8
1.6 Éviter la surchauffe en été grâce à une bonne aération	9
2 Une bonne aération d'écurie pour des poumons en bonne santé	10
2.1 La toux, un phénomène hivernal	10
2.2 Paramètres importants pour une bonne aération de l'écurie	11
2.3 Maintenir des concentrations de gaz nocifs à un niveau aussi bas que possible.....	11
2.4 Éviter les concentrations élevées de poussière	12
2.5 La lumière naturelle, essentielle pour un métabolisme sain	13
2.6 Assurer un taux d'humidité optimal de l'air.....	14
2.7 Garantir une circulation d'air suffisante	15
3 Comment obtenir un environnement d'écurie sain ?	17
3.1 Un bon système d'aération assure un environnement sain dans l'écurie	17
3.2 Ventilation naturelle	17
3.3 Ventilation mécanique	18
3.3.1 Ventilation par dépression	18
3.3.2 Ventilation par surpression	18
3.3.3 Ventilation à pression constante	18
3.4 Privilégier les écuries avec un accès vers l'extérieur	19
4 Bibliographie.....	21

De l'air frais dans l'écurie – un impératif

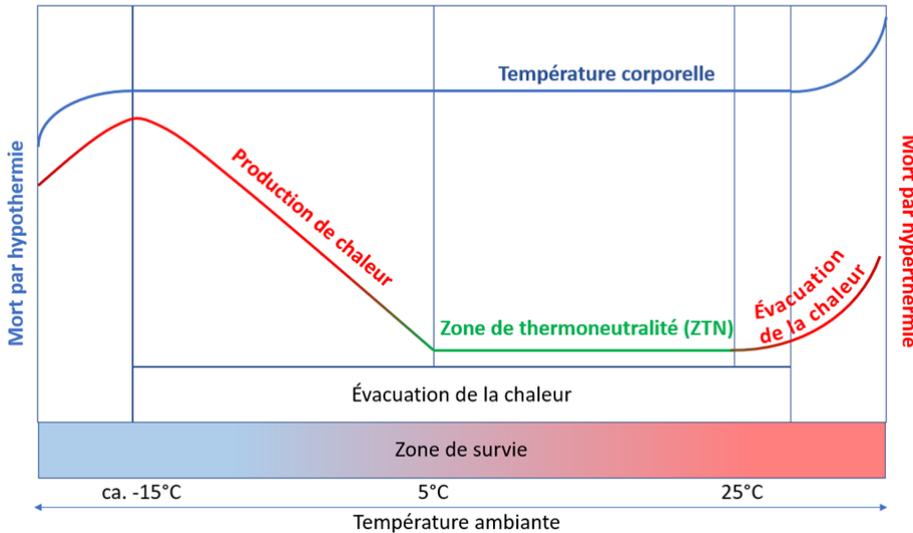
Les chevaux étant particulièrement exigeants en matière de qualité de l'air, l'aération de l'écurie est un critère important à prendre en compte dans les systèmes de détention. Selon la législation suisse sur la protection des animaux, l'aération de l'écurie ne doit pas sursolliciter la capacité d'adaptation des chevaux. Suffisamment de lumière, une faible concentration en poussière et en germes ainsi qu'une humidité de l'air adaptée ne sont que quelques-uns des critères qui doivent être garantis pour que les chevaux restent en bonne santé sur le long terme. Une aération insuffisante et une sous-estimation de la capacité de thermorégulation des chevaux sont les erreurs commises le plus fréquemment. De plus, on constate que des notions telles que « circulation de l'air » et « courants d'air » sont souvent mal comprises par les propriétaires, détenteurs et détenteuses de chevaux.

Ce document présente les mécanismes de thermorégulation du cheval et les facteurs dont il faut tenir compte pour une circulation d'air optimale dans les écuries. En outre, il vise à montrer comment une gestion adaptée de l'écurie, des mesures de construction appropriées et une bonne planification peuvent influencer positivement la qualité de l'air de l'écurie. A l'aide de conseils pratiques et d'exemples concrets, garantir une aération d'écurie optimale est tout à fait possible.

1 Les chevaux s'adaptent sans problème aux différences de température

1.1 Zone de thermoneutralité (ZTN)

La zone de thermoneutralité (ZTN) se définit comme la plage de température ambiante dans laquelle la production de chaleur d'un animal ne change pas. Autrement dit, dans cette plage de température, le corps ne doit pas produire d'énergie supplémentaire pour maintenir sa température corporelle entre 37,5 et 38,5°Celsius.



Dans une étude (Morgan 1998), la zone de thermoneutralité de chevaux trotteurs se situait à une température ambiante comprise entre 5°C et 25°C environ. Dans la zone d'homéothermie, les chevaux peuvent maintenir leur température corporelle stable en produisant ou en évacuant activement la chaleur. En dehors de cette zone, ils risquent de mourir d'hypothermie ou d'hyperthermie. | © Grangeneuve, F.-L. Humbert

En tant qu'animaux des steppes, les chevaux s'adaptent bien aux variations de température, même à court terme, comme par exemple au cours d'une même journée. La zone de thermoneutralité peut se situer à des niveaux très différents selon la région dans laquelle vit l'animal, car l'organisme est adapté à la température ambiante dominante. Des différences individuelles, telles que la race, l'âge et les habitudes d'un animal, influencent également la zone de thermoneutralité. Par exemple, la zone de thermoneutralité de trotteurs habitués à une température ambiante de 15 à 20°C se situe entre 5 et 25°C (Morgan, 1998) et est donc nettement plus large que celle des humains (non vêtus) qui se situe entre 27 et 31°Celsius. Par rapport aux bovins et aux porcs, les chevaux ont une zone de thermoneutralité beaucoup plus large et peuvent mieux s'adapter aux variations de température.

Les chevaux font partie des animaux homéothermes. Autrement dit, ils maintiennent leur température corporelle constante, même en cas de variation de la température ambiante. Si la température s'élève au-dessus de la zone de thermoneutralité du cheval, celui-ci doit évacuer activement de la chaleur afin de faire baisser sa température corporelle. Si, dans le cas contraire, la température ambiante descend en dessous de la zone de thermoneutralité, le cheval va essayer de minimiser la perte de chaleur ou de produire de la chaleur afin de maintenir sa température corporelle. A cet effet, le cheval va principalement augmenter sa consommation alimentaire. Si l'offre de nourriture est limitée, comme c'est le cas dans la nature en hiver, les chevaux peuvent réduire leurs fonctions corporelles, par exemple la fréquence cardiaque et/ou leur température. Pour économiser de l'énergie lorsqu'il fait froid, les chevaux changent également de comportement. Ils se déplacent beaucoup moins, hérissent leurs poils et se positionnent la croupe au vent afin de protéger leur tête et leur encolure des fortes intempéries.

Si les mécanismes de thermorégulation expliqués ci-dessous ne sont pas perturbés, même des températures de -30°C ne représentent pas un risque pour la santé de chevaux habitués au froid. On peut donc supposer que le froid hivernal sous nos latitudes met moins à l'épreuve la capacité d'adaptation des chevaux que les jours de canicule, car les températures caniculaires dépassent souvent la zone de thermoneutralité des chevaux. Les possibilités de thermorégulation contre la chaleur et l'efficacité de celles-ci sont limitées. Ainsi, les chevaux peuvent moins bien se protéger contre les grandes chaleurs que contre le froid.



Dans des conditions d'hébergement proche de la nature, les chevaux en bonne santé peuvent s'adapter sans problème aux variations de température et aux conditions météorologiques. | © Agroscope, HNS, M. Roig-Pons

1.2 Mécanismes de thermorégulation

La condition de base pour une thermorégulation réussie est une interaction efficace entre la peau, le poil, les vaisseaux sanguins et les glandes sudoripares, ainsi que la possibilité d'adopter un comportement adapté à la situation, comme par exemple d'aller se mettre à l'ombre sous un arbre en cas de forte chaleur.

La peau contribue à protéger l'intérieur du corps contre les variations de température extérieure. En été, elle régule l'évacuation de la chaleur au moyen des glandes sudoripares, alors qu'en hiver, elle protège contre la perte de chaleur. La température corporelle peut être régulée par vasodilatation (augmentation du diamètre des vaisseaux sanguins = perte de chaleur) ou par vasoconstriction (diminution du diamètre des vaisseaux sanguins = maintien de la chaleur). Pour se protéger du froid hivernal, les chevaux développent une couche de graisse isolante qui sert également de réserve d'énergie. En conditions naturelles, le poids d'un cheval varie au cours de l'année. En automne, la masse corporelle peut augmenter de 20%. Cette augmentation va permettre au cheval d'affronter les dures conditions des mois d'hiver. La graisse se dépose uniformément sur tout le corps sans former de dépôts de graisse localisés, comme on peut souvent l'observer lors d'une prise de poids non physiologique.



La couche de sébum des poils repousse l'eau, mais ne garantit pas que les chevaux restent secs jusqu'à la peau en cas de pluie persistante. | © Agroscope, HNS

En hiver, le poil protège du froid, sa propriété isolante dépend cependant de la densité et de l'épaisseur de la couche de poils. Les poils sont entourés d'une couche de sébum hydrofuge et peuvent en plus être redressés si nécessaire (pilo-érection), de sorte que le ralentissement du flux d'air entre les poils crée un coussin d'air isolant au-dessus de la peau. La couche de sébum n'est toutefois pas suffisamment hydrofuge pour garder les chevaux au sec jusqu'à la peau lors d'une période de pluie prolongée. Un lavage fréquent ou un brossage excessif risque d'enlever cette couche hydrofuge. Le changement de poil des chevaux est principalement amorcé par la photopériode. La qualité du poil (densité, longueur) est influencée par la génétique (race), les conditions climatiques locales et le type d'hébergement. Par exemple, si les chevaux sont habitués à un climat froid, les chutes de neige les gênent moins que la pluie. Un indicateur clair d'un bon poil d'hiver est la présence d'une couche de neige sur le dos du cheval. L'effet isolant du poil empêche la neige de fondre.



L'épaisseur et la densité de la couche du poil d'hiver peuvent varier d'un cheval à l'autre. Un poil d'hiver qui protège bien ne peut se développer que si le cheval est exposé aux influences climatiques naturelles. | © Agroscope, HNS, M. Roig-Pons

En revanche, en été, les mécanismes de thermorégulation du cheval atteignent plus rapidement leurs limites. Comme la surface du corps des chevaux est assez petite par rapport à leur masse corporelle, ils ne peuvent évacuer que partiellement leur chaleur corporelle par le biais de la peau. En cas de stress dû à la chaleur, ils commencent donc rapidement à transpirer. Si cette méthode de refroidissement ne fonctionne plus et que la transpiration éliminée ne s'évapore pas assez efficacement, la température corporelle peut atteindre un niveau potentiellement mortel et le cheval peut être victime d'un coup de chaleur. Le risque d'hyperthermie est particulièrement élevé en cas de pratique sportive, car les muscles en activité produisent de la chaleur.

1.3 Couvrir un cheval en hiver modifie ses mécanismes naturels de thermorégulation

La thermorégulation ne fonctionne que si les chevaux ressentent les variations de température saisonnières et peuvent s'y adapter. Les chevaux protégés du froid par une couverture ressentent moins les stimuli dus au climat, raison pour laquelle la musculature de la pilo-érection ne se renforce pas, ce qui entraîne la formation d'un poil d'hiver moins dense et moins isolant. Chez les chevaux tondus, la thermorégulation naturelle est complètement supprimée, car le poil, facteur d'isolation important, fait largement défaut.

Si, en raison d'une pratique sportive, on souhaite intervenir sur la thermorégulation naturelle du cheval en le couvrant et/ou en le tondant, il convient de vérifier régulièrement que l'effet isolant de la couverture est adapté à la température ambiante. Autrement dit, c'est à l'humain de choisir quelle couverture est adaptée pour le cheval en fonction de la météo. Les chevaux recouverts d'une couverture trop fine ne sont pas en mesure de réagir de manière adéquate au froid et d'activer leur mécanisme de thermorégulation, ce qui a pour conséquence un affaiblissement du système immunitaire et une plus grande sensibilité aux maladies et aux infections. L'inverse se produit également si les propriétaires utilisent des couvertures trop épaisses, imaginant que si eux ont froid, il en va de même pour leur compagnon. L'hyperthermie des parties du corps protégées se manifeste par la transpiration et doit absolument être évitée.

1.4 Comment reconnaître lorsqu'un cheval a froid ?

Étant donné que la zone de thermoneutralité et la sensibilité au froid varient d'un cheval à l'autre, il peut arriver que certains chevaux aient froid lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises. Pour éviter une telle situation, il est important de reconnaître correctement les signes et de prendre les mesures appropriées.

C'est par son comportement qu'un cheval va manifester sa sensibilité au froid. Il va adapter sa posture, c'est-à-dire qu'il va se tenir la croupe au vent, la queue entre les jambes, le poil fortement hérissé ou il tremblera. Attention à toujours prendre en compte l'ensemble des comportements et ne pas interpréter de manière trop hâtive un seul mécanisme de thermorégulation comme le signe d'un cheval souffrant du froid. Par exemple, le fait que la surface du corps devienne froide peut indiquer que les vaisseaux sanguins se sont rétrécis pour protéger le cheval de la perte de chaleur, sans signifier pour autant que la température du corps a baissé et que le cheval a froid.

1.5 Éviter qu'un cheval ne souffre du froid

La meilleure façon d'éviter que les chevaux aient froid est de leur permettre d'adopter un comportement de thermorégulation sans intervention humaine. Si un abri adéquat contre les intempéries est à disposition des chevaux, ceux-ci doivent pouvoir décider eux-mêmes à tout moment, en fonction de leurs besoins, s'ils souhaitent l'utiliser et quand, ce qui est particulièrement avantageux en cas de changement brusque des conditions météorologiques. Il ressort d'une étude que même les chevaux couverts aiment se mettre à l'abri du vent et de la pluie. Si les chevaux sont détenus en permanence à l'extérieur, l'ordonnance sur la protection des animaux prescrit la mise à disposition d'un abri suffisamment grand pour que tous les chevaux puissent y trouver refuge en même temps. Une autre mesure consiste à mettre davantage de nourriture à disposition, afin qu'ils puissent couvrir leurs besoins énergétiques accrus. Il ne faut cependant pas augmenter la quantité d'aliments concentrés, mais celle du fourrage : la digestion de la cellulose brute a lieu dans le gros intestin grâce à l'activité microbienne, ce qui libère de la chaleur. L'ingestion de fourrage permet donc non seulement de couvrir les besoins énergétiques accrus, mais aussi d'activer une sorte de chauffage interne du corps.

Si les mesures susmentionnées ne suffisent pas à empêcher le cheval d'avoir froid, on peut le couvrir. L'utilisation d'une couverture en hiver est rarement nécessaire mais elle peut être recommandée pour les chevaux sensibles ou âgés qui ne parviennent pas à s'acclimater.

1.6 Éviter la surchauffe en été grâce à une bonne aération

En été, les chevaux doivent disposer d'abris pour se mettre à l'ombre et d'eau en quantité suffisante pour éviter la déshydratation et la surchauffe. Lors de la construction des abris, il faut veiller à une bonne circulation de l'air afin que l'air chaud et humide qui émane du corps des chevaux ne s'accumule pas dans le bâtiment. Il est également possible d'installer des jets d'eau pour permettre aux chevaux de se rafraîchir, en veillant toutefois à ce que l'installation soit placée à un endroit où l'humidité ne puisse pas s'accumuler, car elle constitue alors un terrain propice à l'activité bactérienne. Les chevaux doivent avoir la possibilité d'éviter les jets d'eau, certains individus n'aimant pas être mouillés, même par forte chaleur. Par ailleurs, il ne faudrait pas utiliser de l'eau potable, mais tenir compte des aspects écologiques, en d'autres termes économiser l'eau.



A gauche : des parois latérales ouvertes permettent un échange d'air régulier.

A droite : attention : l'éclairage zénithal à travers des éléments de toiture transparents peut provoquer un « effet de serre » en cas de canicule. | © Agroscope, HNS, I. Bachmann

2 Une bonne aération d'écurie pour des poumons en bonne santé

Les poumons des chevaux sont des organes très performants, mais aussi très sensibles. Trop de poussière dans l'air ainsi que des concentrations élevées de gaz nocifs peuvent perturber les mécanismes de protection et de nettoyage des poumons, ce qui se traduit par des écoulements nasaux ou de la toux et peut entraîner une plus grande prédisposition aux infections, les agents pathogènes ne pouvant plus être éliminés efficacement. De plus, le bien-être et les performances du cheval sont nettement réduits par les problèmes respiratoires.

2.1 La toux, un phénomène hivernal

La toux est l'un des symptômes les plus fréquents chez les chevaux atteints d'une maladie respiratoire et se manifeste surtout en hiver. Ce phénomène, appelé toux hivernale, n'est toutefois pas dû à la baisse des températures, mais à la détérioration de la qualité de l'air dans l'écurie. En hiver, les portes et les fenêtres des écuries sont souvent fermées afin d'obtenir une température plus agréable pour les personnes qui y travaillent et pour éviter que les abreuvoirs ne gèlent. L'accumulation de poussière et de gaz nocifs qui en résulte entraîne une irritation des voies respiratoires des chevaux et donc une toux dite hivernale. Celle-ci est une conséquence du mode d'hébergement et peut être évitée en prenant des mesures pour améliorer la qualité de l'air.

De manière générale, il faut savoir que les chevaux, même s'ils réagissent à certaines substances par une forte toux, ne sont pas forcément allergiques. Ils souffrent éventuellement d'une inflammation chronique des muqueuses, favorisée par une mauvaise aération d'écurie, qui augmente la sensibilité des poumons.

Un air frais et propre est considéré comme la meilleure prophylaxie contre de tels problèmes. Il est donc recommandé de garantir, en hiver aussi, une bonne circulation de l'air à l'intérieur de l'écurie et de laisser les chevaux sortir régulièrement à l'air libre au paddock ou au pâturage. La détention en stabulation libre avec accès permanent à une aire de sortie (aussi appelée détention en « écurie ouverte ») permet généralement d'avoir une bien meilleure qualité de l'air que les autres types de détention.

Si toutes les mesures pour garantir une bonne aération d'écurie ont été prises, mais que la toux persiste, il est indispensable de faire appel à un spécialiste, en particulier si la toux s'accompagne d'autres signes indiquant une diminution de la capacité pulmonaire (baisse des performances, transpiration accrue, temps de repos prolongé après un effort important, bruits respiratoires inhabituels). Il faut prendre ces signes au sérieux et faire rapidement examiner le cheval par un vétérinaire.

2.2 Paramètres importants pour une bonne aération de l'écurie

Selon Van Caenegem & Wechsler (2000), le terme allemand « Stallklima » (littéralement : « le climat d'écurie ») décrit l'état de l'air, sa température et son humidité ainsi que les polluants atmosphériques dans la zone de l'écurie où séjournent les animaux. Une mauvaise aération de l'écurie n'a pas seulement une influence négative sur le bien-être et la santé des hommes et des animaux, il réduit également la stabilité et la durée de vie du bâtiment. Les paragraphes suivants présentent les principaux paramètres qui garantissent un bon « Stallklima » ainsi que des mesures d'amélioration.

2.3 Maintenir des concentrations de gaz nocifs à un niveau aussi bas que possible

Les principaux gaz nocifs sont l'ammoniac (NH_3) et le dioxyde de carbone (CO_2) ainsi que le sulfure d'hydrogène (H_2S). Des concentrations élevées en gaz nocifs dans l'écurie sont presque toujours dues à une mauvaise aération. Par ailleurs, les émissions de gaz nocifs sont favorisées par la chaleur. Les écuries fermées, dans lesquelles la chaleur s'accumule, sont donc particulièrement exposées aux problèmes de gaz nocifs. Pour maintenir les concentrations de ce gaz dans l'écurie à un niveau aussi bas que possible, il faut garantir une aération suffisante. La litière doit également être régulièrement nettoyée et renouvelée.

Le **dioxyde de carbone** est davantage considéré comme un indicateur de mauvaise qualité de l'air que comme un gaz nocif, car il est naturellement présent dans l'air et n'est toxique qu'à des concentrations très élevées. Des concentrations élevées en dioxyde de carbone indiquent souvent un renouvellement d'air insuffisant. Un cheval de taille moyenne produit environ 3000 litres de CO_2 par 24 heures rien qu'en respirant. Si plusieurs chevaux se trouvent dans la même écurie, la concentration en CO_2 peut augmenter rapidement, d'où l'importance d'une aération suffisante. C'est surtout au cours des mois d'hiver que l'on mesure des concentrations élevées et continues de gaz nocifs, lorsque l'aération est limitée afin de réduire les pertes de chaleur dans l'écurie. Les grandes surfaces d'aération doivent être maintenues ouvertes, même en hiver, pour que l'air de l'écurie puisse se renouveler en permanence. Bien que le dioxyde de carbone soit en principe inodore, l'air des écuries présentant des concentrations élevées de CO_2 est souvent perçu comme étouffant.

L'**ammoniac** a une odeur âcre. Il irrite les muqueuses et peut provoquer une asphyxie en cas de fortes concentrations. Presque toutes les maladies respiratoires sont influencées négativement par des concentrations élevées en ammoniac. Les maladies des sabots, telles que la pourriture de la fourchette, sont favorisées par des teneurs élevées en ammoniac dans la litière, car celles-ci entraînent une détérioration de la corne. Même à de faibles concentrations (1 à 5 ppm, *parts per million*), l'ammoniac dégage une odeur légèrement piquante. Des concentrations plus élevées provoquent des irritations des yeux et déclenchent un larmoiement et de la toux. L'ammoniac est produit par la décomposition de substances azotées telles que les excréments et l'urine sous l'action de micro-organismes. L'humidité favorisant l'activité bactérienne, la litière doit être maintenue sèche et propre par un nettoyage régulier. Dans les systèmes à litière profonde, le risque d'une augmentation de la charge en ammoniac est particulièrement élevé, c'est pourquoi dans ce cas précis il est nécessaire d'épandre de grandes quantités de litière. Les systèmes à litière profonde ne devraient être mis en place que dans des écuries ouvertes et bien aérées.

Le **sulfure d'hydrogène** ne se forme que rarement dans les écuries, mais il est important de le mentionner car, en raison de sa forte toxicité, il est mortel pour l'homme et l'animal même à de faibles concentrations. Il se forme principalement dans le lisier ou le fumier et seulement dans certaines conditions. Pour éviter la formation de sulfure d'hydrogène, il faut assurer une bonne aération de l'écurie, en particulier dans le cas des systèmes à litière profonde.

Les gaz nocifs ne sont pas seulement dangereux pour les animaux, mais aussi pour les personnes qui travaillent dans une écurie dont l'air est pollué. Des valeurs maximales ont donc été fixées, ainsi que la durée pendant laquelle une personne peut être exposée à une concentration élevée (valeurs (limites) moyennes d'exposition VME). Les valeurs limites indiquées dans le tableau ci-après ont été publiées par la Fédération équestre allemande (*Deutsche reiterliche Vereinigung, FN*) et sont donc spécifiques aux chevaux. Comme l'appareil respiratoire des chevaux est extrêmement sensible, les valeurs admissibles sont nettement inférieures aux directives générales pour les écuries qui détiennent des animaux de rente. Il faut donc veiller à ce que les dispositifs d'aération répondent aux exigences

élevées des chevaux, notamment lors de la réaffectation de bâtiments de détention qui abritaient auparavant d'autres espèces animales.

La concentration de gaz dans l'air est généralement exprimée en ppm (*parts per million*). Cette unité décrit la proportion de particules d'une substance par million de particules d'air. Ainsi, la valeur maximale de 1000 ppm pour le CO₂ décrit une concentration de 1000 particules de CO₂ dans un million de particules d'air. Dans la pratique, des capteurs sont parfois utilisés pour surveiller la qualité de l'air, notamment dans le secteur des animaux de rente et des volailles, mais ils conviennent tout aussi bien pour mesurer la concentration de gaz nocifs dans les écuries. En général, la mesure des gaz nocifs dans les hébergements pour chevaux n'est guère nécessaire, car les personnes qui s'occupent des chevaux perçoivent vite la forte odeur désagréable de l'ammoniac qui résulte d'une mauvaise aération. Si l'on souhaite toutefois exclure un problème de gaz nocifs (par exemple en raison de maladies respiratoires récurrentes), il est indispensable de faire appel à un expert pour effectuer les mesures. Les concentrations de gaz nocifs peuvent varier fortement à l'intérieur de l'écurie et en fonction de la période de la journée, raison pour laquelle les mesures doivent être effectuées dans les zones de respiration des chevaux (dans le box, au niveau des naseaux et au sol) et répétées plusieurs fois.

Concentration maximale de gaz nocifs autorisée dans l'écurie pendant le temps de travail d'une personne, ppm= parts per million. | © Deutsche reiterliche Vereinigung FN (Hoffmann 2009), www.suva.ch

Gaz nocif	Valeurs limites de l'air dans l'écurie	Valeurs VME (CH) (valeurs limites moyennes d'exposition)
Dioxyde de carbone CO ₂	1000 ppm	5000 ppm (8h/jour et 42 h/semaine)
Ammoniac NH ₃	10 ppm	20 ppm (max. 4x15 min/8h)

2.4 Éviter les concentrations élevées de poussière

La poussière dans l'air de l'écurie se compose principalement de particules organiques provenant de la litière, du fourrage, de la peau, des poils et des excréments. Les particules en suspension dans l'air ne comprennent pas seulement de la poussière, mais aussi des bactéries, des spores et des virus qui peuvent être propagés par l'air. Les particules d'un diamètre inférieur à cinq micromètres pénètrent dans les poumons. Ces particules fines sont considérées comme dangereuses pour la santé, car elles peuvent déclencher des inflammations dans les voies respiratoires et servir de « vecteur de transport » pour des substances potentiellement infectieuses, allergènes ou toxiques (spores de champignons, bactéries, virus, ammoniac).

La méthode la plus efficace pour éviter des concentrations élevées de poussière est l'utilisation de matières premières de haute qualité et à faible teneur en poussière. La litière doit être adaptée aux besoins de chaque cheval. La paille, par exemple, n'est pas toujours le meilleur choix, car sa teneur en poussière peut varier considérablement en fonction des conditions et des méthodes de récolte. La qualité des autres types de litière peut également varier en fonction du type, de la marque et de la livraison. L'examen de différents types de litière a montré que la charge en particules de poussière des granulés de paille est inférieure à celle des copeaux de bois, qui est elle-même inférieure à celle de la paille.

Différentes études ont montré que la teneur en poussière de l'air est nettement plus élevée pendant les travaux d'écurie. C'est pourquoi il est particulièrement important d'optimiser les processus de travail. En règle générale, il est recommandé de garder les chevaux à l'extérieur de l'écurie, par exemple dans des paddocks ou au pâturage, pendant les phases d'évacuation du fumier ou le renouvellement de la litière. Si cela n'est pas possible, toutes les fenêtres et les portes devraient être ouvertes pendant et après les travaux d'écurie, afin que la poussière soit évacuée vers l'extérieur. En outre, la paille et le foin ne devraient si possible pas être stockés et secoués directement à côté des chevaux. Le couloir d'écurie peut être légèrement arrosé avant le balayage afin de lier la poussière à l'eau.



La teneur en poussière de l'air varie fortement selon les travaux qui sont effectués dans l'écurie, comme par exemple balayer ou distribuer le foin. | © Agroscope, HNS, C. Althaus

Une autre solution pour réduire le taux de poussière est d'arroser le foin. En effet, une fois que la poussière est liée par l'eau, elle ne peut plus être inhalée. Un autre avantage de mouiller le foin réside dans l'élimination du sucre présent dans le foin, ce qui est particulièrement utile pour les chevaux en surpoids.

Lorsque l'on utilise de l'eau, il ne faut pas oublier que l'humidité de l'écurie ou du fourrage favorise l'activité des micro-organismes (champignons, bactéries). L'écurie ne devrait donc être arrosée qu'avec modération et uniquement dans les endroits où l'humidité peut s'évacuer rapidement. En outre, le foin ne devrait être mouillé que brièvement et distribué immédiatement après l'arrosage. Dans une étude de Moore-Colyer & Fillery (2012), dans laquelle le foin a été stocké pendant 2h à température ambiante (env. 20°C) après avoir été plongé dans l'eau pendant 10 minutes, la charge en bactéries a augmenté d'un facteur de 1,7, ce qui est nocif pour les chevaux.

Il existe également des procédés mécaniques pour le dépoussiérage du foin, par exemple la vaporisation (aussi appelé « purification à la vapeur » ou « étuvage ») ou le tamisage (qui permet notamment de séparer les brins de foin des particules de terre et de la fleur de foin).



Appareil pour tamiser le foin : le foin est placé dans l'auge (en haut), il est décompacté, puis tamisé. La poussière et les particules de terre tombent dans un bac sous la machine. La fleur de foin (c'est-à-dire un mélange de miettes de feuilles, de graines et de petits morceaux de tiges) est aspirée dans le sac blanc situé à l'arrière de l'appareil. | © Agroscope, HNS, C. Wyss

2.5 La lumière naturelle, essentielle pour un métabolisme sain

La lumière est une condition nécessaire pour la santé et les performances des chevaux, poneys, mulets, bardots et ânes. Le spectre de la lumière naturelle du soleil a une influence positive sur la sécrétion de diverses glandes telles que la glande thyroïde, les glandes surrénales ou les glandes sexuelles. La vitamine D3 quant à elle ne peut être

produite que grâce au rayonnement UV. La fertilité et la formation des cellules sanguines (hématopoïèse) sont également réduites lorsque les animaux ne sont pas suffisamment exposés à la lumière naturelle. La loi prescrit une luminosité dans l'écurie d'au moins 15 lux pendant la journée et un éclairage adapté au rythme journalier des équidés. Le rythme naturel journalier lumière/obscurité est particulièrement important pour amorcer la perte et le renouvellement du poil et assurer ainsi les mécanismes de thermorégulation. Les aires de repos ne doivent pas répondre à cette exigence si les animaux disposent en permanence d'un autre emplacement suffisamment lumineux. La lumière artificielle peut compléter un éclairage insuffisant pendant au moins huit heures, au maximum 16 heures par jour, mais ne doit en aucun cas remplacer la lumière naturelle. A noter que l'exigence minimale de 15 lux ne suffit de loin pas à garantir le bien-être des chevaux. Par une journée ensoleillée, on peut atteindre jusqu'à 100 000 lux et même lors d'une journée d'hiver nuageuse, on dépasse très nettement le seuil de 15 lux avec des valeurs allant jusqu'à 5000.

Pour garantir un apport de lumière suffisant dans les écuries, la surface minimale de fenêtre laissant passer la lumière du jour dans les plafonds ou les parois doit correspondre à au moins un vingtième de la surface au sol. Pour un box individuel standard d'une surface d'environ 12 m², une fenêtre d'une surface de 0,6 m² serait donc suffisante.

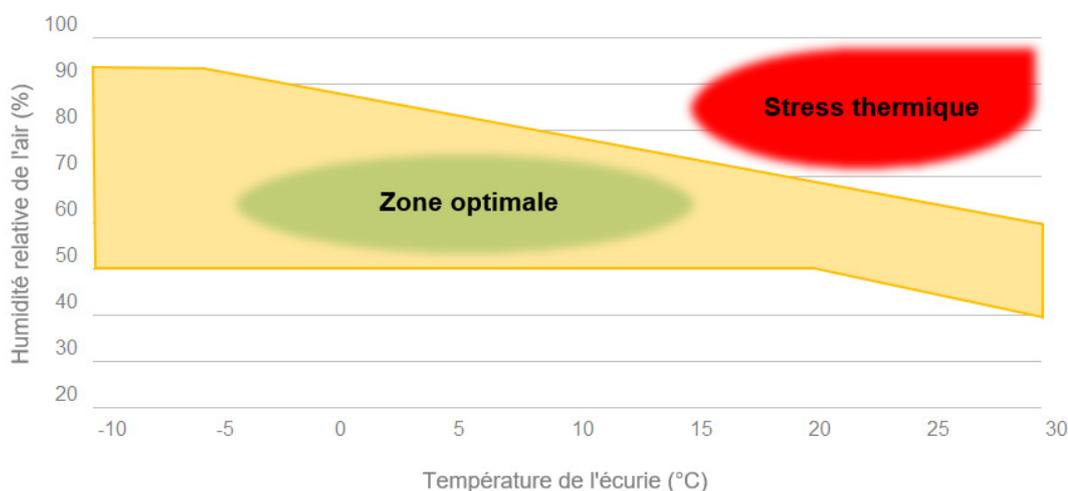
2.6 Assurer un taux d'humidité optimal de l'air

L'humidité de l'air est principalement déterminée par l'air extérieur et augmente dans l'écurie en raison de la respiration et la transpiration des chevaux, ainsi que l'évaporation provenant de la litière. En 24 heures, un cheval peut libérer jusqu'à sept litres d'eau dans l'environnement. En général, on recommande un taux d'humidité relatif de 60 à 80 % dans les écuries. Une aération régulière est la mesure la plus simple pour éviter un taux d'humidité élevé. Si l'humidité de l'air est élevée en permanence, elle entraîne la formation de condensation et donc la corrosion de la structure du bâtiment. Quant aux virus, aux bactéries, aux moisissures et aux parasites, ils trouvent dans un environnement chaud et humide des conditions optimales pour se multiplier, ce qui favorise les maladies des voies respiratoires.

La thermorégulation naturelle des chevaux est fortement perturbée par une humidité de l'air élevée, car plus celle-ci est élevée, moins la chaleur peut être évacuée par la sueur. C'est pourquoi l'humidité de l'air a une grande influence sur le stress provoqué par la chaleur en cas de variations de température.

Il faut également éviter un taux d'humidité de l'air trop bas, car le dessèchement des muqueuses qui en résulte peut entraîner une irritation des voies respiratoires, ce qui favorise la toux et augmente la sensibilité de l'ensemble de l'appareil respiratoire aux infections.

Ecarts conseillés pour l'humidité relative de l'écurie en fonction de la température



Il faut veiller à ce que l'humidité de l'air générée puisse être évacuée, en particulier lorsqu'il fait chaud, afin de préserver les chevaux d'un stress dû à la chaleur qui pourrait les mettre en danger. | © Grangeneuve, F.-L. Humbert

2.7 Garantir une circulation d'air suffisante

Un renouvellement permanent de l'air est la condition sine qua non pour une bonne qualité de l'air dans l'écurie. La circulation de l'air à l'intérieur d'une écurie résulte de la rencontre entre l'air froid qui provient de l'extérieur et l'air chaud résultant de la production de chaleur par le corps des chevaux. Il est important que l'air de l'écurie soit renouvelé avec le brassage d'air frais. La circulation d'air transporte la poussière et les gaz nocifs hors de l'écurie. Une concentration élevée de gaz nocifs ou de poussière signifie donc que la circulation de l'air est insuffisante.



Exemples de petites ouvertures :

A gauche, le flux d'air entrant a été rendu visible par de la fumée. Dans la situation présentée, il n'y a pas de brassage complet de l'air de l'écurie, ce qui peut, selon les conditions météorologiques, entraîner des courants d'air.

Lorsque toutes les fenêtres et les portes d'une écurie sont ouvertes, la température de l'écurie et la température extérieure s'équilibrent, réduisant les courants d'air. | © Agroscope HNS, C. Althaus

En hiver, l'aération sert également à évacuer la condensation produite par le refroidissement de l'air et donc à éviter la formation de moisissures dans le bâtiment. A cet effet, des vitesses d'air d'au moins 0,2 m/s sont nécessaires. En été, l'aération doit permettre d'évacuer la chaleur. Dans ce cas, la vitesse de l'air peut augmenter jusqu'à 0,6 m/s lorsque la température de l'air est élevée. Les portes et les cloisons des box dotées de fentes d'aération contribuent à ce que l'air ne stagne pas dans les box, mais soit renouvelé en permanence.



A gauche, exemple de fentes d'aération dans les parois des box permettant de diluer les gaz nocifs et la poussière dans l'air de l'écurie. A droite, la fumée permet de visualiser le flux d'air vers l'extérieur. | © Agroscope, HNS

Aération vs courant d'air

Par peur des courants d'air, les personnes chargées des soins aux chevaux ferment bien souvent portes et fenêtres, surtout en hiver. Un courant d'air est défini comme un flux d'air en mouvement, plus froid que l'air ambiant et qui touche une partie du corps de l'animal principalement dans une direction (Van Caenegem & Wechsler, 2000). Comme les courants d'air ne touchent que de petites surfaces du corps du cheval, les mécanismes de thermorégulation ne sont pas déclenchés, ce qui entraîne un refroidissement de la partie du corps concernée et peut être dangereux pour la santé. On oublie souvent que plus les ouvertures d'aération sont petites et plus la différence de température entre l'air de l'écurie et l'air ambiant est importante, plus la tendance aux courants d'air augmente.

Pour favoriser la bonne santé des chevaux, il est important d'ouvrir toutes les portes et fenêtres de l'écurie. Plus les ouvertures seront grandes et réparties dans tout le bâtiment, moins il y aura de risque de créer involontairement un courant d'air.

Le taux d'aération minimal par animal dépend de sa masse corporelle. Plus un animal est gros, plus le volume d'air qui doit circuler dans l'écurie par heure est important.

Taux d'aération requis par cheval en fonction de son poids corporel | © Van Caenegem & Wechsler, 2000

Masse corporelle (kg) cheval	Taux min. d'aération (m ³ /h animal)
400	62
600	84
800	103

3 Comment obtenir un environnement d'écurie sain ?

3.1 Un bon système d'aération assure un environnement sain dans l'écurie

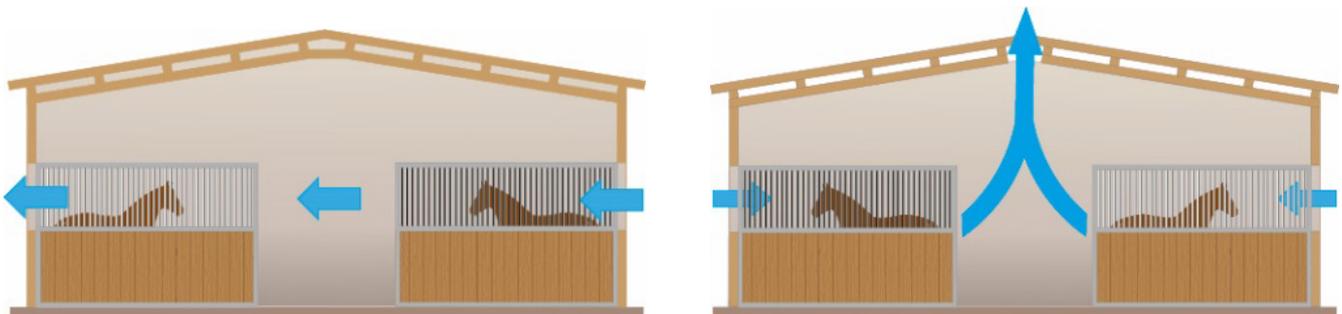
Souvent, l'aération dans les écuries n'est régulée que par l'ouverture des portes et fenêtres. Or, cela ne permet pas une circulation d'air suffisante, raison pour laquelle l'installation de systèmes de ventilation est parfois souhaitable, en particulier dans les écuries fermées. En général, on distingue deux systèmes de ventilation : la ventilation naturelle, également appelée ventilation par gravité, et la ventilation mécanique (ventilation par ventilateur ou ventilation forcée). Ces deux systèmes ne fonctionnent que si tous les paramètres qui influencent les flux d'air dans l'écurie sont pris en compte lors de la planification (par exemple les conditions climatiques locales, la taille et l'orientation du bâtiment, les matériaux de construction, les dispositifs d'isolation, les ouvertures d'aération déjà existantes et leurs effets, le type et l'intensité de l'utilisation de l'écurie, etc.). Pour s'assurer que l'installation prévue aura l'effet escompté, il est indispensable de consulter un spécialiste avant d'installer un système de ventilation. Lors de la conception du système, l'accent devrait être mis sur la réduction de l'humidité de l'air et de la teneur en polluants, car les chevaux s'adaptent très bien aux variations de température, mais ils sont particulièrement sensibles à la qualité de l'air.

3.2 Ventilation naturelle

La ventilation naturelle repose sur la différence de densité entre l'air chaud et l'air froid. Elle dépend d'un gradient de trois à cinq degrés Celsius entre la température intérieure et la température extérieure, gradient qui résulte de l'émission de chaleur corporelle des chevaux séjournant dans l'écurie. Il faut donc toujours tenir compte du nombre d'animaux prévu lors de la construction de l'écurie. S'il y a trop peu de chevaux dans l'écurie, l'air ne sera pas suffisamment réchauffé pour s'élever et s'échapper et il en résultera une accumulation de gaz nocifs. La stagnation de l'air refroidi dans l'écurie entraîne en outre la formation de condensation sur les murs, ce qui peut favoriser l'accumulation de micro-organismes et la détérioration du bâtiment.

Avantages et inconvénients de la ventilation naturelle

- ✓ Fonctionne de manière autonome et ne nécessite aucun travail pour l'exploitant de l'écurie
- ✓ Pas de frais récurrents
- ✓ Pas de risque d'erreur de manipulation
- ✗ Ne fonctionne que dans des conditions appropriées et peut nécessiter des adaptations
- ✗ En cas de construction/transformation ; planification préalable nécessaire en tenant compte de la densité d'animaux, de la hauteur du bâtiment et du type d'hébergement.



Différents systèmes de ventilation :

A gauche : l'air pénètre d'un côté du bâtiment et ressort de l'autre.

A droite : l'air entre latéralement dans l'écurie, est réchauffé par la chaleur corporelle des animaux, ce qui lui permet de s'élever et de s'échapper par le faîtage du toit (« effet cheminée »). Ce système ne fonctionne que si les conditions sont bonnes (hauteur du bâtiment par rapport à la densité d'occupation, taille et position des ouvertures de ventilation, isolation, exposition au vent, etc.) | © Hippoteach

Si la ventilation naturelle ne permet pas un échange d'air optimal et une qualité de l'air propice aux chevaux, il convient d'installer une ventilation mécanique.

3.3 Ventilation mécanique

Le renouvellement de l'air à l'aide de ventilateurs peut conduire à une nette amélioration de la qualité de l'air dans les écuries. Selon une étude, la mise en place d'un système de ventilation mécanique entraîne une réduction des concentrations de CO₂, d'ammoniac et de particules allergènes. De plus, une réduction des inflammations des voies respiratoires a été constatée, avec à la clé une meilleure santé des voies respiratoires. Il existe trois systèmes de ventilation : la ventilation par dépression, la ventilation par surpression et la ventilation à pression constante.

Avantages et limites de la ventilation mécanique

- ✓ Convient pour améliorer la ventilation des écuries déjà existantes
- ✓ Flexibilité d'utilisation: peut être utilisée comme méthode de ventilation unique ou complémentaire
- ✗ Doit être surveillée en permanence
- ✗ Risques de courants d'air avec les ventilateurs
- ✗ Coûts élevés d'installation et d'exploitation
- ✗ Consommation d'énergie élevée

3.3.1 Ventilation par dépression

Dans le cas du système de ventilation par dépression, des ventilateurs d'aspiration sont installés sur les murs extérieurs ainsi que sur les gaines d'évacuation d'air et aspirent l'air vicié. La dépression qui en résulte permet à l'air frais de pénétrer automatiquement dans l'écurie depuis l'extérieur.

3.3.2 Ventilation par surpression

Dans le cas de la ventilation par surpression, les ventilateurs poussent l'air dans l'écurie, ce qui permet de dégager l'air vicié vers l'extérieur. Le risque est que ce dernier pénètre dans les éventuels locaux annexes. Selon la disposition des locaux annexes et des infrastructures voisines (écuries, aires d'exercice), ce système de ventilation n'est pas adapté.

3.3.3 Ventilation à pression constante

La ventilation à pression constante utilise des ventilateurs aussi bien pour l'air sortant que pour l'air entrant. Ce système implique donc des coûts d'acquisition et d'exploitation plus élevés, mais il assure une plus grande stabilité dans les échanges d'air lorsque les conditions climatiques à l'intérieur de l'écurie changent (par exemple, ouverture/fermeture des portes et des fenêtres).

Contrairement aux systèmes de ventilation naturelle, qui ne doivent être planifiés et installés qu'une seule fois, les systèmes de ventilation mécanique s'accompagnent de coûts récurrents d'exploitation et de réparation et consomment de l'énergie. En outre, l'intensité et l'orientation de la ventilation doivent être adaptées en permanence aux conditions climatiques. En été, par exemple, la circulation d'air doit être plus importante pour éviter le stress dû à la chaleur, alors qu'une forte aération en hiver ne ferait que créer des courants d'air.

3.4 Privilégier les écuries avec un accès vers l'extérieur

On distingue deux systèmes de détention pour les chevaux : les écuries intérieures (aussi appelées « écuries fermées ») et les écuries ouvertes. Les deux systèmes peuvent être équipés ou non d'un accès permanent à un espace extérieur.



Afin de garantir une bonne qualité de l'air, il est conseillé de privilégier les systèmes de détention avec un accès vers l'extérieur, comme par exemple la détention en groupe en stabulation libre ou un box avec une aire de sortie accessible en permanence. | © Agroscope, HNS

Dans les écuries intérieures, les murs et les plafonds assurent généralement une isolation thermique (écuries chaudes). Dans de tels bâtiments, la surveillance de la ventilation de l'écurie revêt une importance particulière, car il ne se régule pas de lui-même. Les personnes responsables doivent prendre elles-mêmes des mesures pour garantir une qualité d'air saine dans l'écurie. Selon la construction de l'écurie, il peut suffire d'ouvrir et de fermer les portes et fenêtres en fonction des conditions météorologiques, mais il est souvent nécessaire d'installer un système de ventilation active, en particulier dans les écuries plus anciennes.

Les écuries avec accès à l'extérieur sont des écuries dont le climat correspond, dans une large mesure au climat extérieur. C'est pourquoi elles sont souvent appelées écuries à climat extérieur ou écuries froides. Les murs extérieurs et le toit servent principalement à protéger les chevaux du vent, de la pluie ou du soleil. Il est cependant recommandé de mettre en œuvre un concept d'isolation judicieux dans ces écuries pour atténuer les températures extrêmes et assurer une circulation constante de l'air. Il vaut par exemple la peine d'isoler le toit, car une bonne isolation permet non seulement d'atténuer le froid, mais aussi de protéger plus efficacement contre la chaleur en été. Si la ventilation naturelle ne suffit pas à bien aérer le bâtiment, il est également possible d'installer un système de ventilation mécanique.

Utilisation de filets brise-vent

Les filets brise-vent atténuent l'effet du vent et du froid tout en laissant entrer suffisamment d'air frais dans l'écurie. Ils sont particulièrement appréciés dans les écuries avec accès à l'extérieur, mais peuvent également être utilisés dans les écuries fermées pour réduire les courants d'air. Il est préférable de les installer de manière à ce qu'ils puissent être facilement retirés lors de conditions agréables (soleil, peu de vent), ce qui permet d'équilibrer encore mieux la qualité de l'air dans l'écurie. Les éléments démontables sont en outre plus faciles à nettoyer : les filets brise-vent obstrués par la saleté ne sont plus perméable à l'air. Lorsqu'une ouverture est munie d'un filet brise-vent, le passage de l'air diminue à peu près proportionnellement à sa porosité (proportion de trous). Les filets brise-vent traditionnels présentent une porosité d'environ 20 %. Par conséquent, les ouvertures recouvertes de filets brise-vent doivent être environ cinq fois plus grandes que les ouvertures sans filets (Van Caenegem & Wechsler, 2002).

De nos jours, le concept d'écurie ouverte est souvent mis en place, car si le système de ventilation est bien conçu, l'air qui circule dans l'écurie s'autorégule. En outre, l'exposition accrue des chevaux aux variations naturelles de

température entraîne les mécanismes de thermorégulation des chevaux, ce qui a des effets positifs sur leur santé, leur résistance et leurs performances.

En cas de questions sur la planification d'une écurie, vous pouvez vous adresser au Bureau de conseils Cheval du Haras national suisse d'Agroscope.

4 Bibliographie

- Autio E. (2008). Loose Housing of Horses in Cold Climate: Effects on Behaviour, Nutrition, Growth and cold Resistance. PhD Thesis. Department of Biosciences at the University of Kuopio, Finland.
- Brinkmann L. et al. (2011). Adaptation strategies to seasonal changes in environmental conditions of a domesticated horse breed, the Shetland pony (*Equus ferus caballus*). J. of Exp. Bio. 215: 1061-1068.
- Chahoud, M. (2013). Charakterisierung der proinflammatorischen und endotoxischen Aktivität von organischen Staubfraktionen aus Tierställen in Abhängigkeit ihres aerodynamischen Durchmessers. Dissertation Freie Universität Berlin. ISBN: 978-386387-434-6
- Clarke A. F. (1993). Stable dust – threshold limiting values, exposures variables and host risk factors. Equine vet. J. 25: 172-174.
- Clayton H., Murphy J. (1980). The coughing horse. In Practice. 2.
- Crichlow E. C. et al. (1980). Dust levels in a riding stable. Equine vet. J. 12: 185-188.
- Curtis L. et al. (1996). Dust and ammonia in horse stalls with different ventilation rates and bedding. Int. J. of Aerobio. 12: 239-247.
- Cymbaluk N. F., Christison G. I. (1990). Environmental Effects on Thermoregulation and Nutrition of Horses. Vet. Clinics of North America: Equine Practice. 6: 355-372.
- Elfaman L. et al. (2009). Influence of horse stable environment on human airways. J. of Occ. Med. and Tox. 4:10.
- Fleming K. et al. (2008a). Evaluation of factors influencing the generation ammonia in different bedding materials used for horse keeping. J. of Equine vet. Sci. 28: 223-231.
- Fleming K. et al. (2008b). Generation of airborne particles from different bedding materials used for horse keeping. J. of Equine vet. Sci. 28: 408-418.
- Fleming K. et al. (2009). Gas and particle concentrations in horse stables with individual boxes as a function of the bedding material and the mucking regimen. J. Anim. Sci. 87: 3805-3816.
- Hodgess K. et al. (2018). To rug or not to rug: potential impacts on equine welfare. <https://equitation-science.com/media/to-rug-or-not-to-rug> (consulté le 14.10.2020).
- Hoffmann G. (2009). Orientierungshilfen Reitanlagen- & Stallbau. FN Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung GmbH, Warendorf. S. 63-75.
- Jørgensen G. H. M. et al., 2019. The effect of blankets on horse behaviour and preference for shelter in Nordic winter conditions. Appl. Anim. Behav. Sci. 218: 104822.
- Kwiatkowska-Stenzel A. (2014). Analysis of noxious gas pollution in horse stable air. J. of Equine vet. Sci. 34: 249-256.
- Langlois B. (1994). Inter-breed variation in the horse with regard to cold adaptation: a review. Livest. Prod. Sci. 40: 1-7.
- Librado P., Der Sarkissian C. et al. (2015). Tracking the origins of Yakutian horses and the genetic basis for their fast adaptation to subarctic environments. Proceedings of the Nat. Acad. of Sci. 112 (50): E6889-E6897
- Mejdell C.M. und Boe, K.E. (2005). Responses to climatic variables of horses housed outdoors under Nordic winter conditions. Can. J. of An. Sc. 85 (3): 307-308
- Mejdell C. M. et al. (2019). The effect of weather conditions on the preference in horses for wearing blankets. Appl. Anim. Behav. Sci. 212: 52-57.
- Mejdell C. M. et al. (2020). Caring for the horse in a cold climate – Reviewing principles for thermoregulation and horse preferences. Appl. Anim. Behav. Sci. 231: 105071.

- Moore-Colyer M.J.S. and Fillery B.G. (2012). The effect of three different treatments on the respirable particle content, total viable count and mould concentrations in hay for horses. Forages and grazing in horse nutrition: EAAP publication No. 132: 101-106
- Morgan K. (1998). Thermoneutral zone and critical temperatures of horses. *J. therm. Biol.* 23: 59-61.
- Morgan K. et al. (2002). The effect of coat clipping on thermoregulation during intense exercise in trotters. *Equine vet. J.* 34: 564-567.
- O'Brien Ch. et al. (2020). The effects of extended photoperiod and warmth on hair growth in ponies and horses at different times of year. *PLoS ONE* 15: e0227115.
- Piccione G. et al. (2011). Comparison of daily rhythm of rectal and auricular temperatures in horses kept under a natural photoperiod and constant darkness. *J. of Therm. Bio.* 36: 245-249.
- Szabo E. (2015). Experimentelle Untersuchungen luftgetragener Partikel und Schimmelpilze in Pferdeställen. Dissertation. Institut für Tier- und Umwelthygiene des Fachbereichs Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin, Deutschland.
- Thomson J. R., McPherson E. A. (1983). Effects of environmental control on pulmonary function of horses affected with chronic obstructive pulmonary disease. *Equine vet. J.* 16: 35-38.
- Wålinder R. et al. (2001). Installation of mechanical ventilation in a horse stable: effects on air quality and human and equine airways. *Environ Health Prev. Med.* 16: 264-272.
- Woods P. S. A. et al. (1993). Airborne dust and aeroallergen concentration in a horse stable under two different management systems. *Equine vet. J.* 25: 208-213.
- Wyss U., Pradervan N. (2016). Heu dämpfen oder wässern? *Agroscope Sci.* 32: 32-33.
- Zilow V. K. (2015). Untersuchung zur Haltung von Hengsten (*Equus ferus caballus*) in Bayern. Dissertation. Tierärztliche Fakultät an der LMU München, Deutschland.
- Van Caenegem L., Wechsler B. (2000). Stallklimawerte und ihre Berechnung. *FAT-Bericht* 51

Directives et législation

- Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires, OSAV, 2020. Directives techniques concernant la protection des animaux chez les équidés. Manuel de contrôle de la protection des animaux
- Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires, OSAV, 2013. Valeurs et mesure du climat dans les locaux de stabulation pour bovins. Fiche thématique Protection des animaux
- Loi sur la protection des animaux du 16 décembre 2005
- Ordonnance sur la protection des animaux du 23 avril 2008