

Ventilation longitudinale dans les bâtiments d'élevage, avec ou sans refroidissement par évaporation

D. Ward, ing.

Fiche technique

COMMANDE N° 13-074 AGDEX 717 OCTOBRE 2013

(remplace la fiche technique n° 00-086 du MAAO, *Ventilation longitudinale des bâtiments d'élevage*)

INTRODUCTION

Sous les grandes chaleurs et l'humidité qui règnent l'été en Ontario, il est difficile de tirer le plein rendement des élevages de bétail et de volaille. Il est alors important d'assurer le refroidissement des bâtiments d'élevage pour éviter que les animaux ne subissent un stress thermique conduisant à une baisse de production. Les deux grands types de systèmes de refroidissement sont à l'eau ou à l'air. La présente fiche technique traite des facteurs de conception et de la gestion de la ventilation longitudinale, ou ventilation par effet tunnel, avec ou sans refroidissement par évaporation.

En Ontario, la ventilation longitudinale est la principale méthode de refroidissement à l'air utilisée dans les bâtiments d'élevage. Toutes les prises d'air sont situées dans l'un des murs d'extrémité (figure 1) et tous les ventilateurs d'extraction, dans le mur opposé (figure 2). L'objectif est d'engendrer un flux d'air massif qui traverse très rapidement le bâtiment dans le sens de la longueur, comme dans une soufflerie. Il s'ensuit un effet bénéfique de refroidissement éolien qui rafraîchit les animaux par convection (la convection étant l'échange de chaleur entre une surface et un fluide mobile, en l'occurrence l'air, à son contact). Cette chaleur est ensuite évacuée du bâtiment.

Dans de nombreuses parties du monde, les prises d'air des bâtiments soumis à la ventilation longitudinale sont pourvues de tapis humides (figure 3) pour éviter que la température de l'air ne dépasse une limite supérieure critique. Lorsque l'air est à plus de 40 °C (température corporelle d'un poulet), un déplacement d'air excessif a pour effet d'aggraver le stress thermique auquel est soumis l'animal. À ces températures, une certaine forme de refroidissement par évaporation est ajoutée au système pour atténuer les effets de la température de l'air entrant.



Figure 1. Trappes servant de prises d'air sur toute la longueur du mur d'extrémité d'un bâtiment d'élevage soumis à la ventilation longitudinale, sans refroidissement par évaporation.



Figure 2. Ventilateurs d'extraction installés dans le mur d'extrémité opposé aux prises d'air.



Figure 3. Tapis humides installés sur les prises d'air dans un système de ventilation longitudinale avec refroidissement par évaporation.

Grâce au refroidissement par évaporation, l'air entrant est aspiré à travers un milieu saturé (le tapis humide). Le changement de phase de l'eau, de liquide à vapeur, a pour effet de retirer de l'énergie thermique de l'air entrant, ce qui abaisse sa température, mais accroît le taux d'humidité relative.

Jusqu'à récemment, les tapis humides se voyaient peu en Ontario. À la suite de plusieurs étés où les températures se sont maintenues au-dessus de 30 °C, leur installation est désormais plus fréquente.

REFROIDISSEMENT À L'AIR PAR VENTILATION LONGITUDINALE

Dans un système de ventilation transversale avec prises d'air ajourées, la vitesse de l'air à la hauteur des animaux se situe entre 0,25 et 0,50 m/s (entre 50 et 100 pi/min). Quand il s'agit de ventilation longitudinale, l'objectif est d'obtenir le déplacement d'un flux d'air au-dessus des animaux à une vitesse de 1,0 à 2,5 m/s (entre 200 et 500 pi/min). La dernière tendance en Ontario et ailleurs consiste à concevoir des systèmes fonctionnant à des vitesses encore plus élevées, avec de très bons résultats.

Selon une étude menée sur des poulets à griller de sept semaines par le Poultry Research Laboratory du Department of Agriculture des États-Unis, à la Mississippi State University, une vitesse de déplacement d'air de 1 m/s (200 pi/min) au-dessus des oiseaux se traduit par des rythmes de croissance des oiseaux comparables à ceux qu'on obtient quand les oiseaux se trouvent dans un milieu où l'air est immobile ou en léger mouvement et à une température de 1°C de moins. De même, lorsque la vitesse de l'air est de 2 m/s (400 pi/min), l'effet de refroidissement éolien est de 3,7 °C. Les oiseaux qui ont été élevés dans cet essai de ventilation longitudinale, avec une vitesse de l'air de 2 m/s, pesaient 0,5 kg de plus à sept semaines que les oiseaux élevés dans un local où l'air était immobile.

La ventilation longitudinale n'est pas recommandée quand la température ambiante est inférieure à 15 °C ou s'il s'agit d'animaux jeunes et fragiles (poussins dépourvus de plumes), car l'effet de refroidissement éolien n'est pas nécessaire et pourrait occasionner un stress à ces animaux. Pour cette raison, quand on conçoit un système de ventilation longitudinale pour un bâtiment, le système de ventilation transversale devant servir durant les trois saisons plus fraîches et lorsque le bâtiment abrite des animaux plus jeunes et plus fragiles doit avoir une capacité égale à entre 40 % et 50 % de la capacité nécessaire en été.

CAPACITÉ DES VENTILATEURS POUR UN SYSTÈME DE VENTILATION LONGITUDINALE

Le système de ventilation longitudinale est dimensionné de façon à faire circuler un flux d'air massif d'un bout à l'autre du bâtiment, à une vitesse d'au moins 1,0 à 2,5 m/s (entre 200 et 500 pi/min, soit de 3,6 à 9 km/h). La capacité des ventilateurs correspond alors au produit de la superficie utile de la section transversale du bâtiment par la vitesse de l'air recherchée. Il est à noter que les oiseaux élevés en parquet occupent les 30 cm (1 pi) inférieurs de la section transversale du poulailler et que cette portion de la superficie de la section transversale n'est donc pas utilisable pour la circulation d'air. Il en va de même, notamment, des stalles dans les étables ou des cases dans les porcheries qui réduisent la superficie nette de la section transversale du bâtiment utilisable pour l'écoulement de l'air.

Exemple de calcul de la capacité des ventilateurs

Quelle devrait être la capacité des ventilateurs pour un poulailler de poulets à griller dont les dimensions sont de 18 m x 91 m (60 pi x 300 pi) et la hauteur sous plafond de 2,7 m (9 pi), quand on vise une vitesse de déplacement longitudinal de l'air de 2,5 m/s (500 pi/min)?

Débit d'air (Q) en unités du système international
= (vitesse x superficie) x 1 000
= 2,5 m/s x 18 m x (2,7 m - 0,3 m) x 1 000
= 108 000 L/s

Débit d'air (Q) en unités du système impérial
= vitesse x superficie
= 500 pi/min x 60 pi x (9 pi - 1 pi)
= 240 000 pi³/min

Les ventilateurs les plus couramment utilisés pour la ventilation longitudinale sont des ventilateurs à entraînement par courroie à une seule vitesse, de 1 200 mm (48 po) de diamètre, munis d'un cône de refoulement. Ces ventilateurs ont un haut taux d'efficacité énergétique, normalement supérieur à 7,5 L/s/W (16 pi³/min/W).

En moyenne, un ventilateur de 1 200 mm (48 po) procure un débit d'air d'environ 9 400 L/s (20 000 pi³/min). Par conséquent, le nombre de ventilateurs requis pour ce bâtiment est égal à :

Système international : 108 000/9 400 = 12 ventilateurs

Système impérial : 240 000/20 000 = 12 ventilateurs

On peut également, et on doit de préférence dans certaines situations, opter pour des ventilateurs ayant un autre diamètre ou pour une série de ventilateurs de diamètres différents. La conception d'un système de ventilation longitudinale se heurte souvent au problème du manque d'espace sur le mur d'extrémité pour y installer tous les ventilateurs nécessaires à l'obtention du débit d'air ciblé. À la rigueur, en pareil cas, il est possible d'installer quelques ventilateurs à l'extrémité du mur latéral, comme le montre la figure 2.

PRISES D'AIR

Les prises d'air des systèmes de ventilation longitudinale peuvent être des persiennes, des rideaux, des panneaux ou de larges trappes, dont la manœuvre est motorisée. Pour déterminer les dimensions de ces ouvertures, on part du principe qu'il faut 2 m² de prise d'air par tranche de 5 000 L/s (2 pi²/1 000 pi³/min) de capacité de ventilateur. Étant donné que l'air négocie difficilement les virages serrés, il vaut mieux situer ce type de prise d'air dans un mur d'extrémité afin que l'air emprunte une trajectoire rectiligne dans la bonne direction à l'intérieur du bâtiment. Comme le montre la figure 1, un grand panneau s'ouvrant sur toute la largeur du mur d'extrémité fournit la superficie de section transversale nécessaire pour la prise d'air. Certains bâtiments sont dotés d'une combinaison de panneaux et d'une porte à rideau qui permettent d'obtenir l'ouverture nécessaire.

Exemple de calculs servant au dimensionnement des prises d'air

Quelles devraient être les dimensions de la prise d'air dans le poulailler de poulets à griller mentionné ci-dessus?

Système international

$$\begin{aligned} &= (2 \text{ m}^2/5\,000 \text{ L/s}) \times \text{Débit d'air (Q) en L/s} \\ &= (2 \text{ m}^2/5\,000 \text{ L/s}) \times 108\,000 \text{ L/s} \\ &= 43,2 \text{ m}^2 \\ &= 2,59 \text{ m} \times 16,7 \text{ m} \end{aligned}$$

Système impérial

$$\begin{aligned} &= (2 \text{ pi}^2/1\,000 \text{ pi}^3/\text{min}) \times \text{Débit d'air (Q) en pi}^3/\text{min} \\ &= (2 \text{ pi}^2/1\,000 \text{ pi}^3/\text{min}) \times 240\,000 \text{ pi}^3/\text{min} \\ &= 480 \text{ pi}^2 \\ &= 8,5 \text{ pi} \times 56,5 \text{ pi} \end{aligned}$$

RÉGLAGE DE LA VENTILATION LONGITUDINALE

La ventilation longitudinale s'utilise strictement par temps chaud et doit seulement être mise en route lorsque la température dépasse 21 °C et que le bâtiment abrite des animaux qui ne sont pas trop sensibles aux courants d'air; elle ne convient donc pas aux oiseaux de moins de trois semaines. Comme c'est le cas pour la ventilation transversale traditionnelle, la ventilation longitudinale doit être réglée de façon à se mettre en marche automatiquement et à passer au palier suivant au fur et à mesure que la température s'élève dans le bâtiment. En général, on emploie deux ou trois paliers de ventilation : le palier 1 déclenche le fonctionnement des deux ou trois premiers ventilateurs; le palier 2 met en route un autre groupe de ventilateurs et le palier 3, les ventilateurs restants. Cette stratégie de réglage des ventilateurs permet une progression du refroidissement éolien en fonction des conditions ambiantes ressenties par les animaux. Au fur et à mesure que la température augmente durant la journée, les stades correspondants sont activés pour accroître le débit d'air. Inversement, quand les températures s'abaissent le soir, les paliers de ventilation sont désactivés les uns après les autres afin de réduire le débit d'air.

Normalement, on éteint complètement le système de ventilation transversale une fois que les ventilateurs assurant la ventilation longitudinale sont mis en marche ou que les prises d'air correspondantes sont ouvertes. Pour que la ventilation longitudinale donne son plein effet, il faut que les ventilateurs des murs latéraux soient à l'arrêt et que les panneaux des prises d'air correspondantes soient fermés. Il faut se rappeler que le principal but est d'évacuer l'air chaud du bâtiment aussi rapidement que possible.

CONTRAINTES PHYSIQUES POUVANT CONTRARIER L'ÉCOULEMENT LONGITUDINAL DE L'AIR

Emplacement des prises d'air

Autant que possible, situer les prises d'air dans le mur d'extrémité. L'air n'amorce de virage à 90° que s'il y est forcé. Si de l'air pénètre par un mur latéral, il se crée un flux d'air en direction du mur latéral opposé, plutôt que dans l'axe longitudinal du bâtiment. Ce flux d'air finit par changer de direction sous l'effet des ventilateurs d'extraction, mais il laisse une zone d'air stagnante le long du mur latéral logeant la prise d'air (figure 4). Utiliser des déflecteurs d'air pour faciliter ce changement de direction.

EMPLACEMENT DE LA SALLE DE SERVICE OU DU SAS D'ENTRÉE

Situer la salle de service ou le sas d'entrée à l'extérieur du bâtiment principal, comme le montre la figure 1, afin que toute la longueur du mur d'extrémité soit disponible pour la prise d'air. Autrement, la superficie disponible sur le mur d'extrémité se trouverait réduite et il se créerait une zone stagnante de ce côté du bâtiment. Étant donné qu'un flux d'air libre se disperse selon un angle d'environ 10 degrés, un sas de service de 2,4 m (8 pi) de large empêchera la ventilation de la zone située sur le mur latéral sur une distance d'au moins 14 m (46 pi) (figure 5). Les essais réalisés à l'aide de fumigènes montrent que cette distance peut être encore plus grande à cause de la lenteur du déplacement de l'air et des remous qui s'observent dans la zone située dans le prolongement du sas de service. S'il importe que le local de service soit à l'intérieur, il faut alors le situer de préférence près des ventilateurs d'extraction et à l'opposé des prises d'air du système de ventilation d'hiver, pour réduire au minimum son effet d'obstruction.

EFFET DU VENT EXTÉRIEUR

De forts vents d'été soufflant de biais sur la prise d'air de la ventilation longitudinale peuvent faire dévier le flux d'air et l'envoyer en direction d'un mur latéral du bâtiment (figure 6). Dans ce cas, il peut arriver que l'autre côté du bâtiment reçoive très peu d'air. Quand on fait la comparaison entre une vitesse du vent extérieure de 20 km/h (12,5 mi/h) et la vitesse habituelle de l'air dans un système de ventilation longitudinale, soit 6 km/h (3,8 mi/h), on comprend que le vent est capable d'influer sur le flux d'air à l'intérieur du bâtiment. Quelquefois, on peut corriger le problème en ouvrant les panneaux des prises d'air situées dans le mur latéral privé d'air. L'utilisation de panneaux déflecteurs sur la prise d'air servant à la ventilation longitudinale permet également d'atténuer le problème.

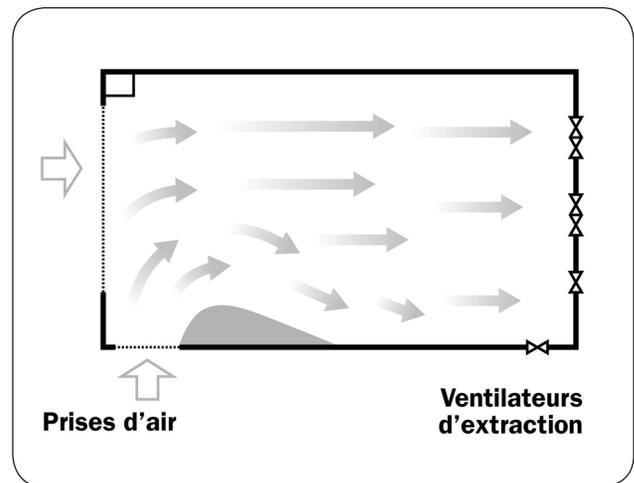


Figure 4. Plan montrant la zone d'air stagnante (ombrée) causée par l'emplacement sur un mur latéral de l'une des prises d'air servant à la ventilation longitudinale.

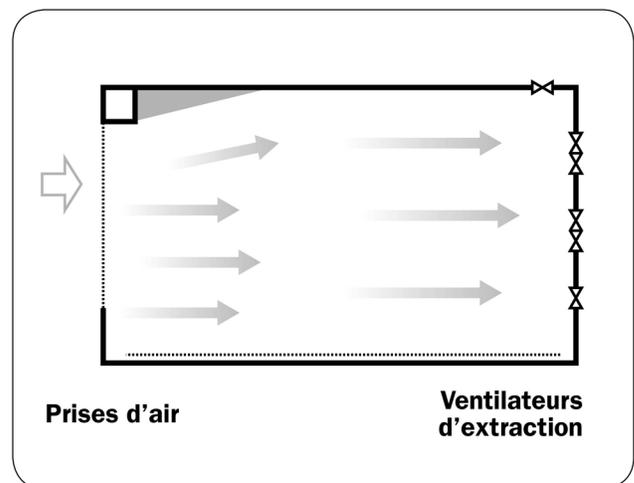


Figure 5. Plan montrant la zone d'air stagnante (ombrée) due à l'obstruction créée par la salle de service.

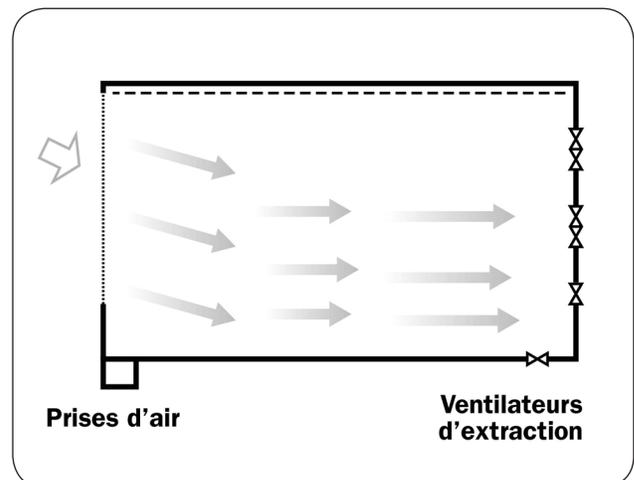


Figure 6. Plan montrant le trajet oblique de l'air sous l'effet du vent extérieur.

DÉFLECTEURS D'AIR AU PLAFOND

Une méthode permettant d'augmenter la vitesse de l'air au niveau des animaux sans augmenter le nombre de ventilateurs assurant la ventilation longitudinale consiste à suspendre au plafond, à intervalles de 12 à 25 m (de 40 à 80 pi), sur toute la longueur du bâtiment, des rideaux ou des panneaux déflecteurs pour réduire la superficie de la section transversale du bâtiment. On ne doit cependant pas laisser l'air dépasser la vitesse de 2,5 ou 3,0 m/s (500 ou 600 pi/min) pour ne pas réduire le rendement des ventilateurs, car une trop grande réduction de la section transversale du bâtiment fait augmenter la pression statique que doivent combattre les ventilateurs.

MATÉRIEL DE REFROIDISSEMENT PAR ÉVAPORATION

Conception

Les tapis humides sont faits de matériaux en fibres tissées qui ressemblent à un carton ondulé comportant de grands écarts entre les cannelures. Les tapis humides sont installés à la verticale sur les prises d'air. Le bas du tapis repose dans un canal de récupération de l'eau. Le haut du tapis est longé par un tuyau uniformément perforé qui sert à distribuer l'eau.

Une pompe de circulation sert à faire remonter l'eau du canal de récupération au tuyau de distribution. Quand un refroidissement par évaporation est nécessaire, le régulateur active la pompe qui achemine l'eau vers le tuyau de distribution, d'où l'eau s'égoutte sur le tapis pour le mouiller.

Un mécanisme à flotteur assure l'introduction d'eau fraîche dans le système pour remplacer l'eau qui s'est évaporée pendant le processus de ventilation (figures 7 à 10).



Figure 7. Pompe de circulation, tapis humide, tuyau d'alimentation en eau fraîche (tuyau bleu) et filtre d'un système de refroidissement par évaporation.



Figure 8. Gros plan de l'eau qui s'égoutte à l'extérieur à la surface d'un tapis humide.



Figure 9. Surface intérieure du tapis humide lorsque la porte isolée est ouverte.

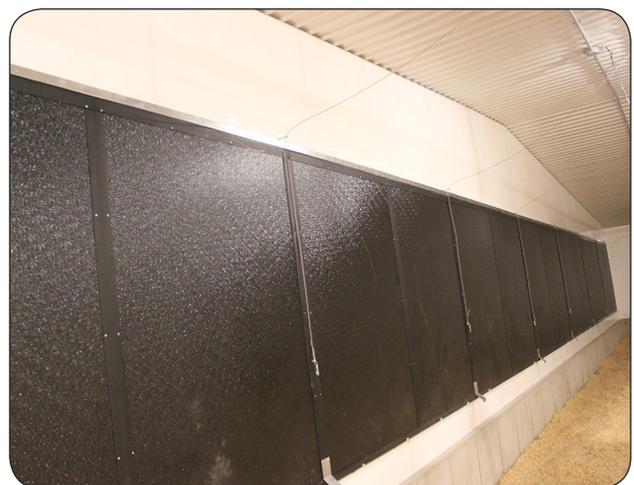


Figure 10. Portes isolées fermées cachant les tapis humides servant au refroidissement par évaporation.

La capacité de refroidissement ou l'efficacité du tapis humide est directement liée au type de tapis, à ses dimensions et à la vitesse de circulation de l'air qui le traverse. La plupart des tapis humides ont une efficacité de refroidissement de l'ordre de 55 à 75 %. La vitesse de l'air et les dimensions des tapis dépendent de la capacité des ventilateurs. Plus la surface de tapis est petite, plus la vitesse de l'air qui le traverse est grande. Pour une efficacité de refroidissement optimale, la plupart des fabricants de tapis humides recommandent que l'air traversant les tapis circule à une vitesse entre 1,27 et 1,78 m/s (entre 250 et 350 pi/m) de manière à assurer une durée de contact suffisamment longue entre l'air et la surface humide.

Le problème de conception le plus courant des systèmes de refroidissement par évaporation vient d'une surface de tapis insuffisante. Comme les tapis humides opposent une plus grande résistance à l'écoulement de l'air que les prises d'air ordinaires des systèmes de ventilation longitudinale, les concepteurs augmentent habituellement la surface des prises d'air destinées à recevoir des tapis humides de manière à « limiter » la baisse de pression statique à travers le tapis à entre 7,47 et 22,4 Pa (de 0,03 à 0,09 po) de colonne d'eau. La surface de prise d'air recommandée est de 2,5 m² d'ouverture/5 000 L/s (2,5 pi² d'ouverture/1 000 pi³/min).

Le refroidissement par évaporation, comme tous les systèmes de refroidissement à l'eau, augmente l'humidité relative de l'air dans le bâtiment. Il faut veiller à ce que l'humidité relative dans le bâtiment ne dépasse jamais 80 % lorsqu'on a recours aux tapis humides durant l'été, sans quoi les animaux risquent d'en souffrir. Par exemple, à partir de températures de 25 °C, les volailles halètent pour abaisser leur température corporelle. Ce mécanisme de régulation de la température corporelle fait appel au refroidissement par évaporation qui s'effectue à l'intérieur des poumons des oiseaux. Il permet de chasser la chaleur excessive de leur corps. Toutefois, quand les oiseaux sont placés dans un poulailler où l'humidité relative dépasse les 80 %, ils ne parviennent pas à évacuer cette chaleur, car la capacité de l'air ambiant à absorber un surplus d'humidité se trouve alors réduite. Privé de ce mécanisme de régulation de sa température corporelle, l'oiseau voit sa température corporelle augmenter.

FONCTIONNEMENT

Avec une pompe de recirculation, ce qu'il faut surtout surveiller, ce sont les petits trous dans le tuyau de distribution de l'eau au sommet du tapis humide. Pour assurer un refroidissement réussi, il est indispensable que ces petits trous ne soient pas obstrués et qu'ils laissent l'eau s'écouler uniformément sur le tapis. Si le tapis présente constamment des rayures ou des points qui restent secs par endroits, c'est probablement que le tuyau de distribution a besoin d'être nettoyé et/ou rincé.

Principales causes d'obstruction des systèmes de refroidissement par tapis humides :

- Teneur élevée en minéraux de l'eau d'alimentation. Il s'ensuit alors parfois le dépôt de minéraux ou la formation de calcaire sur les tapis. Pour éviter ce problème, traiter l'eau d'alimentation des tapis humides à l'aide d'un adoucisseur d'eau afin d'en extraire les minéraux.
- Prolifération d'algues. En raison de la chaleur et de l'humidité qui y règnent, le tapis, fait d'un matériau organique, et le canal de récupération de l'eau offrent un milieu propice à la prolifération des algues. Il est fortement recommandé de laisser le tapis sécher au moins une fois par jour. Ajouter des algicides approuvés au canal de récupération de l'eau afin de freiner la prolifération des algues; vérifier la liste des produits approuvés auprès du fabricant.

Les matériaux servant à la fabrication des tapis se dégradent avec le temps en raison de la répétition des cycles où ils sont mouillés et secs, de sorte qu'ils devraient être remplacés après quelques années. Des tests ont été effectués sur certains tapis en plastique ondulé pour déterminer s'ils offrent une plus longue durée de vie utile que les tapis en carton actuels. Comme le plastique est un matériau inorganique, il ne favorise pas la prolifération d'algues. Par contre, en termes d'évaporation de l'eau, le plastique ne s'est pas révélé aussi efficace que le carton.



Figure 11. Tapis humides du système de refroidissement par évaporation, partiellement recouverts d'une bâche blanche protectrice.

ENTRETIEN DURANT L'HIVER

Purger complètement les systèmes de refroidissement par évaporation avant que les températures baissent sous le point de congélation afin d'éviter d'endommager les tuyaux et la pompe.

Pour protéger la surface du tapis de tout ce qui pourrait l'endommager durant l'hiver (rayons ultraviolets, neige, glace, etc.), installer un dispositif de protection du côté extérieur du tapis (figure 11).

Pour empêcher l'humidité et la chaleur de migrer à travers le tapis de l'intérieur vers l'extérieur du bâtiment lorsqu'il fait froid, installer des panneaux isolés étanches à l'air sur la face intérieure des prises d'air (figure 10).

Les systèmes de ventilation longitudinale et les systèmes de refroidissement par évaporation sont deux bons moyens d'atténuer le stress thermique chez les animaux et d'améliorer leur performance par temps très chaud. Pour que ces deux types de systèmes soient pleinement efficaces, il faut soigner leur conception, les utiliser correctement et les soumettre à un entretien périodique.

La version anglaise de la présente fiche technique a été rédigée par Daniel Ward, ing., équipement et structures pour volaille et autres animaux, MAAO, Stratford. Elle a été revue par Robert Chambers, ing., équipement et structures pour porcs et moutons, MAAO, Elora, Al Dam, spécialiste de l'aviculture, MAAO, Guelph, et Arlene Robertson, coordonnatrice de la formation, MAAO, Guelph.

Publié par le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
et le ministère des Affaires rurales de l'Ontario

© Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, 2013, Toronto, Canada

ISSN 1198-7138

Also available in English

(Order No. 13-073)



Centre d'information agricole :
1 877 424-1300
Courriel : ag.info.omafra@ontario.ca

www.ontario.ca/maao