



## PRINCIPES ET TAUX DE VENTILATION MÉCANIQUE

INSTRUCTIONS COMPLÈTES

NOUVEAU 88 : 04

*JE. Turnbull and H. E. Huffman*

Les bâtiments agricoles qui abritent du bétail et de la volaille doivent être conçus pour donner aux animaux un milieu ambiant satisfaisant et pour respecter leur "zone de confort".

Cette zone de confort dépend d'un ensemble de facteurs, comme la température de l'air, l'humidité et la vitesse de circulation de l'air. Comme la température est le facteur le plus facile à mesurer et à contrôler, la zone de confort correspond généralement à la gamme des températures se situant entre les températures critiques inférieure et supérieure pour les animaux. Les températures critiques sont ensuite réglées à la hausse ou à la baisse, selon l'humidité, la vitesse de la circulation de l'air et divers facteurs relatifs aux animaux comme l'âge (taille), l'alimentation (d'entretien ou d'engraissement), l'état de santé, le logement individuel ou collectif, la présence ou l'absence de litière et le taux d'activité (il est très important de savoir si l'animal est actif ou s'il dort).

Un système de ventilation doit évacuer l'air vicié qui renferme l'humidité dégagée par la respiration des animaux et par l'évaporation, le gaz carbonique, les poussières, les gaz émis par les excréments et les microbes. Il doit ensuite remplacer cet air vicié par de l'air frais, tout en maintenant une température qui se situe dans la zone de confort des animaux. Ce n'est pas facile.

Dans le cas des animaux jeunes et sensibles, comme les porcelets et les poussins, la zone de confort est très étroite, c'est-à-dire que la température doit se situer à l'intérieur d'une gamme précise (de 30 à 35°C par exemple), la vitesse de la circulation de l'air doit être très faible (inférieure à 0,25 m/s, sans courants d'air) et l'humidité relative (HR) doit être assez basse pour que le plancher et la litière soient secs, sans toutefois que l'air devienne trop poussiéreux. Par contre, les gros animaux à longs poils comme les moutons et les bovins

résistent très bien au froid. C'est que leur température critique inférieure se trouve bien en-dessous du point de congélation, à condition que leur fourrure ne soit pas mouillée par l'humidité, la condensation ou les saletés dans les enclos. Dans les bâtiments destinés aux animaux, un taux d'humidité de 50 à 80 % est jugé acceptable. Il faut avant tout tenir compte du confort et de la productivité des animaux, même si pour cela vous devez surventiler les bâtiments et nuire ainsi à votre propre confort.

### LA VENTILATION

Examinons d'abord la ventilation d'hiver. La figure 1 représente un schéma de ventilation mécanique dans une étable isolée, en hiver. La ventilation sert à contrôler l'humidité de l'étable en remplaçant l'air intérieur humide par de l'air extérieur sec et en éliminant de façon continue la vapeur d'eau. Une bonne ventilation élimine aussi les agents de contamination comme les poussières, les gaz émis par les excréments et les microbes transmis par des animaux malades.

À la figure 1, on a une masse d'air froid extérieur de 1 kg; dans les conditions mentionnées, cette masse occupe un volume de 700 L. Dans des conditions extrêmes (une tempête de neige, par exemple), l'air peut être saturé de vapeur d'eau (HR de 100 %), bien qu'à - 25°C il ne peut en renfermer que 0,4 g. Cet air froid est aspiré dans l'étable par les prises d'air frais, et il se mélange à l'air tiède intérieur.

Dans l'exemple mentionné, en réchauffant 1 kg d'air froid (de - 25°C à + 15°C), l'air prend de l'expansion (de 700 L à 820 L). De plus, le chauffage de l'air augmente considérablement sa teneur en vapeur d'eau; à une humidité relative de 100 %, l'air chaud peut renfermer de la vapeur d'eau dans une proportion supérieure à 30 fois celle de l'air froid extérieur.

Bien entendu, il faut éviter que l'air intérieur atteigne une humidité relative de 100 %; un taux de HR maximal de 75 à



Le Service de plans canadiens prépare des plans et des feuillets indiquant comment construire des bâtiments agricoles, des bâtiments d'élevage, des entrepôts et des installations modernes pour l'agriculture canadienne.

On peut obtenir un exemplaire de ce feuillet en s'adressant à l'ingénieur des services provinciaux de vulgarisation de la région ou à un conseiller agricole.

mal de 75 à 80 % est plus approprié et contribue au confort de l'étable et à la santé du bétail. L'humidité provenant de la respiration des animaux et des planchers mouillés s'évapore dans l'air ambiant, jusqu'à ce que 1 kg d'air mélangé atteigne 75 % d'humidité et renferme 8 g de vapeur d'eau à 15°C. Cette valeur est quand même de 20 fois supérieure à la quantité d'humidité qui pénètre dans l'étable par l'air extérieur. Les ventilateurs d'expulsion (ou la sortie d'air située sur la partie supérieure de la pièce en cas de ventilation naturelle) expulsent cet air chaud et humide selon un débit contrôlé. C'est ainsi que chaque kilogramme d'air qui entre renferme 0,4 g de vapeur d'eau, se mélange avec l'air ambiant et ressort en contenant 8 g de vapeur d'eau; la quantité de vapeur d'eau éliminée correspond donc à  $8,0 - 0,4 = 7,6$  g.

La recherche effectuée sur les environnements contrôlés a permis de déterminer la vitesse de production de la vapeur d'eau. Par exemple, un porc en croissance de 54 kg dans un enclos avec plancher partiellement à claire-voie produit environ 70 g de vapeur d'eau à l'heure. Ainsi, le taux de ventilation nécessaire pour assurer la qualité de l'air ambiant est le suivant

$$\text{Taux de ventilation} = 70 \text{ g/h} / 7,6\text{g/kg} = 9,2 \text{ kg/(h.porc)}$$

Le débit des ventilateurs d'extraction s'exprime en litres d'air par seconde (L/s) ou en pied cube par minute (pi<sup>3</sup>/m) et non en kg/h. Il faut donc effectuer la conversion suivante :

$$9,2 \text{ kg/h} \times 820 \text{ L/kg} = 2,1 \text{ Us (ou en unités impériales)}$$

$$60 \times 60 \text{ s/h} \qquad 2,1 \times 2,12 = 4,5 \text{ pi}^3/\text{m}$$

Ce calcul permet de localiser un point sur la courbe des taux de ventilation (voir la figure 2), soit le point de régulation de l'humidité. Il existe des courbes semblables pour les porcs et le bétail aux divers stades de croissance, logés dans des bâtiments représentatifs des conditions d'exploitation et des conditions climatiques au Canada.

Il est impossible de prévoir de façon certaine la quantité de chaleur et d'humidité dégagée par les animaux.

Pour chaque animal ou groupe d'animaux, les dégagements de chaleur à court terme peuvent varier dans une proportion allant jusqu'à 50 % en plus ou en moins par rapport au dégagement horaire moyen. Les animaux produisent deux types de chaleur, soit la chaleur "sensible" et la chaleur "latente". La chaleur sensible (ainsi qualifiée parce qu'on peut la ressentir) contribue à réchauffer l'étable. La chaleur latente produit de l'humidité, provenant principalement de la respiration des animaux mais aussi des excréments et des planchers mouillés. La production totale de chaleur (chaleur sensible + chaleur latente) dépend du fait que l'animal est actif ou sommeille, de sa taille, de la température de la pièce et de divers autres facteurs. La chaleur latente a tendance à diminuer en fonction de la diminution de la température de l'air, c'est-à-dire qu'en abaissant la température ambiante, les animaux produisent moins d'humidité mais plus de chaleur sensible. Nous y reviendrons plus loin.

**ÉQUILIBRE THERMIQUE EN HIVER** C'est l'idéal lorsque la chaleur produite par les animaux est supérieure à la chaleur perdue par la ventilation et l'enveloppe du bâtiment. L'étable reste chaude et sèche sans apport de chaleur supplémentaire. Malheureusement, il faut beaucoup de chaleur pour réchauffer l'air froid qui pénètre, et cette chaleur est perdue par la suite lorsque l'air chaud est expulsé par la ventilation ("déperdition thermique par la ventilation"). Il y a aussi déperdition thermique par les surfaces des bâtiments (plafond, murs, fondations). Par temps très froid, il se peut que la chaleur "sensible" produite par les animaux ne soit pas suffisante pour compenser les pertes thermiques dues à la ventilation et au bâtiment, même si l'étable est très bien isolée. Le Plan M-9730 donne les normes nécessaires de ventilation pour le maintien de l'équilibre thermique.

Supposons qu'à la figure 1 la ventilation soit contrôlée par un thermostat réglé à 15°C. Comme l'air ambiant est réchauffé par les animaux, le thermostat ne se déclenche que lorsque la température dépasse 15°C. À 16°C, le thermostat fait démarrer le ventilateur. La ventilation rafraîchit le local et amène la température à 14°C, après quoi le thermostat s'arrête.

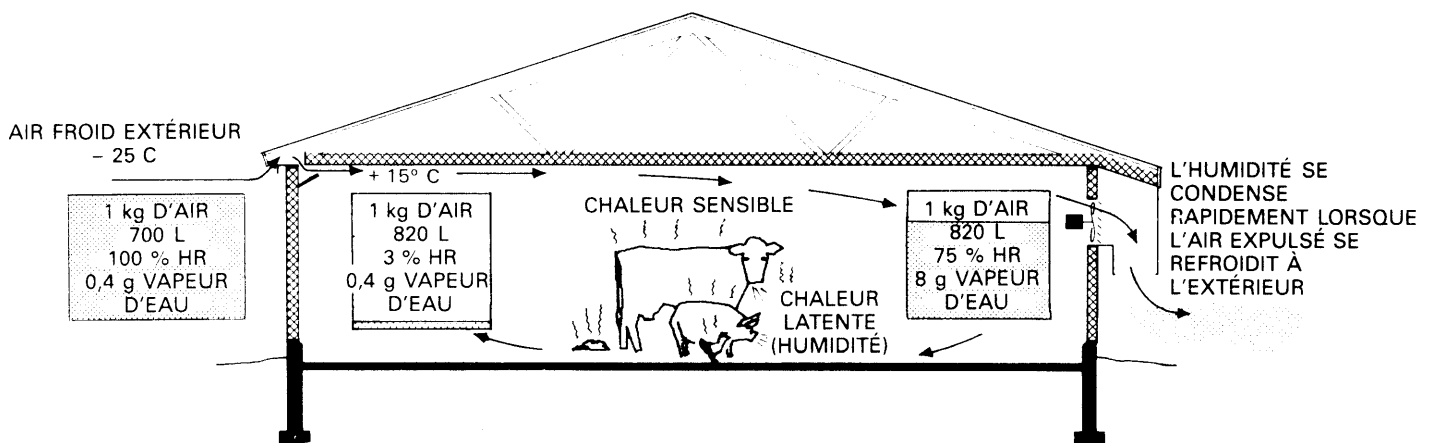


Figure 1 Ventilation des étables à environnement contrôlé, en hiver

La température continue à se maintenir dans cet écart de 2°C (le "différentiel" du thermostat), la chaleur étant équilibrée automatiquement sans tenir compte de l'humidité. Par temps très froid, les périodes de marche de la ventilation seront courtes, et les périodes d'arrêt seront longues ce qui fera augmenter l'humidité. Si la situation n'est pas corrigée, on peut s'attendre à ce que le bâtiment soit trop humide et que les animaux deviennent malades.

Pourquoi ne pas utiliser des hygrostats au lieu des thermostats? La réponse est simple : c'est que les hygrostats réagissent uniquement à l'humidité, entraînant des fluctuations incontrôlables de la température. De plus, les hygrostats sont très peu fiables dans un milieu humide, poussiéreux et corrosif comme celui d'une étable.

Pour illustrer le principe de l'équilibre thermique, la figure 2 représente une courbe théorique des taux de ventilation pour une porcherie de croissance et d'engraissement bien isolée. Pour une température extérieure de -25°C, le taux de ventilation pour la régulation de l'humidité est de 2,1 L/s par porc. Toutefois, le taux de ventilation moyen ne serait que de 1,7 L/s si un thermostat équilibrait la ventilation en fonction de la chaleur dégagée par les animaux. En pratique, il faut donc augmenter l'apport de chaleur supplémentaire, ce qui améliore l'équilibre thermique et augmente la ventilation. Le Plan M-9730 contient les normes thermiques d'hiver de même que les méthodes de chauffage utilisées dans les bâtiments destinés au bétail.

À la figure 2, le point d'intersection des courbes de "régulation de la température" et de "régulation de l'humidité" se trouve à -5°C (température extérieure), ce qui veut dire que dans cet exemple il faut augmenter l'apport de chaleur supplémentaire uniquement lors que la température est inférieure à -5°C. Une autre façon de procéder consiste à coupler le câblage du thermostat de chauffage et de refroidissement (ventilation) de façon à réduire le chauffage et à augmenter la ventilation à mesure que l'air se réchauffe à l'extérieur, et vice versa. Cette technique est expliquée au Plan M-9701.

**Lorsque la chaleur dégagée par les animaux ne suffit pas à maintenir l'équilibre thermique (au-dessous du point d'équilibre thermique, soit -5°C dans la porcherie mentionnée), quatre choix s'offrent**

- 1 laisser augmenter l'humidité à un rythme in contrôlable;
- 2 ajouter de la chaleur pour maintenir la température et l'humidité;
- 3 réduire la température de l'étable; ou 4 améliorer l'isolation du bâtiment.

L'option 1 peut convenir lorsque la température extérieure ne chute en-dessous du point d'équilibre thermique que pour de courtes périodes durant l'hiver. Dans les régions du Canada où le climat est plus doux (sud-ouest de l'Ontario, sud de la Colombie Britannique, Nouvelle-Écosse), cette technique est utilisée dans la plupart des porcheries bien isolées de

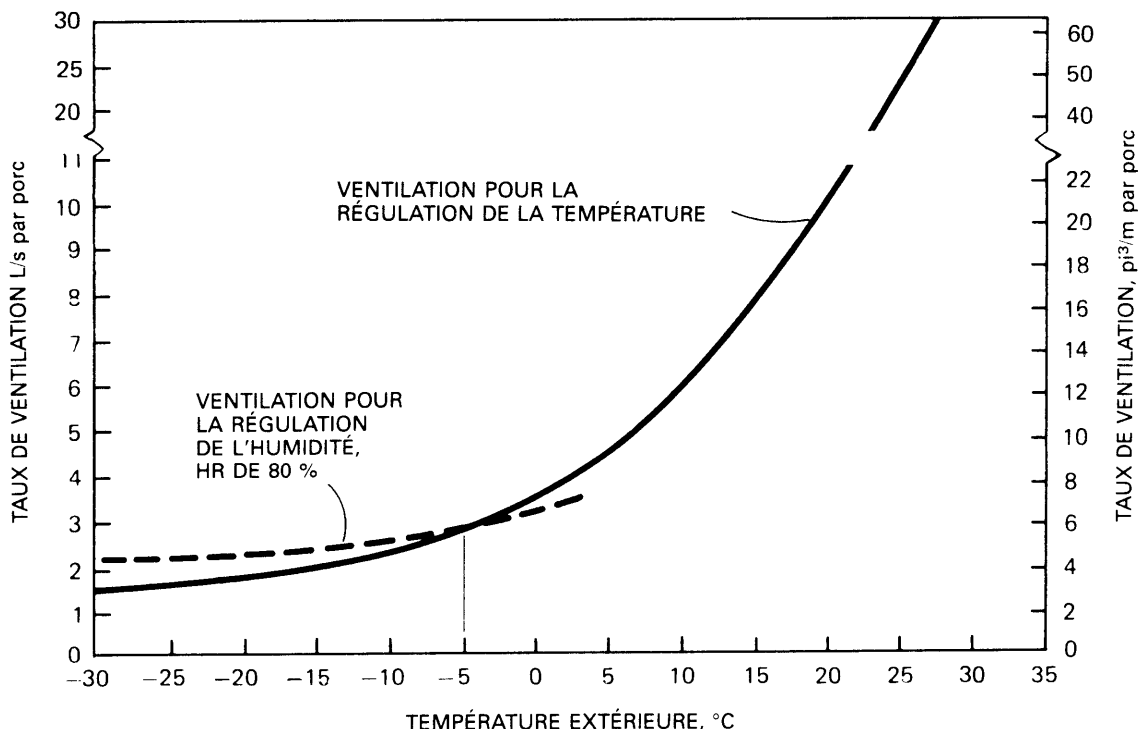


Figure 2 Taux de ventilation calculés pour la régulation de la température et de l'humidité, pour des porcs en croissance/engraissement de 20 à 95 kg logés dans une porcherie bien isolée et dont les planchers des enclos sont à claire-voie dans une proportion de 30 %.

croissance/engraissement et d'accouplement/gestation, sans apport de chaleur supplémentaire. La qualité de la ventilation en souffre, mais pendant de courtes périodes seulement.

L'option 2 est recommandée dans le cas des animaux sensibles aux taux d'humidité élevés et aux températures extrêmes (y compris les porcs en croissance/ engraissement, dans les régions plus froides du Canada).

L'option 3 convient bien dans le cas des plus gros animaux qui résistent bien au froid, comme les vaches laitières, les dindes reproductrices, les chevaux et les moutons. En abaissant la température ambiante (en la maintenant toutefois dans la zone de confort), la chaleur totale dégagée par les animaux augmente mais la chaleur latente (humidité) diminue. Par exemple, il en coûte moins cher de réduire la température dans une étable à vaches laitières à + 2°C par temps très froid et c'est plus pratique que l'option 1 ou 2. Les vaches consommeront plus pour produire la chaleur supplémentaire, mais la production laitière et la santé des vaches n'en souffriront pas. On ne recommande pas de régler le thermostat en-dessous du point de congélation, car l'équilibre thermique n'est pas amélioré

et les conduites d'eau risquent de geler si elles ne sont pas protégées.

L'option 4 peut contribuer avantageusement à l'équilibre thermique si le bâtiment n'est pas déjà bien isolé. Au Canada, dans la plupart des bâtiments agricoles, la valeur RSI maximale est de 3,5 pour les murs et de 5,2 pour les plafonds. Il y a cependant des exceptions dans le cas des éleveuses haute température pour les poussins et les nourains dans les régions plus froides, où la valeur RSI peut atteindre 4,7 pour les murs et 7,8 pour les plafonds s'il y a assez de place pour l'isolant supplémentaire.

VENTILATION DE L'HIVER À L'ÉTÉ À la figure 2, on voit que la ventilation servant au contrôle de l'humidité est presque constante lorsque la température extérieure est inférieure à - 5°C. Par contre, par temps plus doux, la courbe de régulation de la température indique que la ventilation augmente rapidement en fonction de la température extérieure. À 27°C, il faut un taux de ventilation de 30 L/s par porc pour la régulation de la température, c'est-à-dire plus de 14 fois la valeur de 2,1 L/s calculée pour le temps froid.

En utilisant un seul ventilateur, assez puissant pour

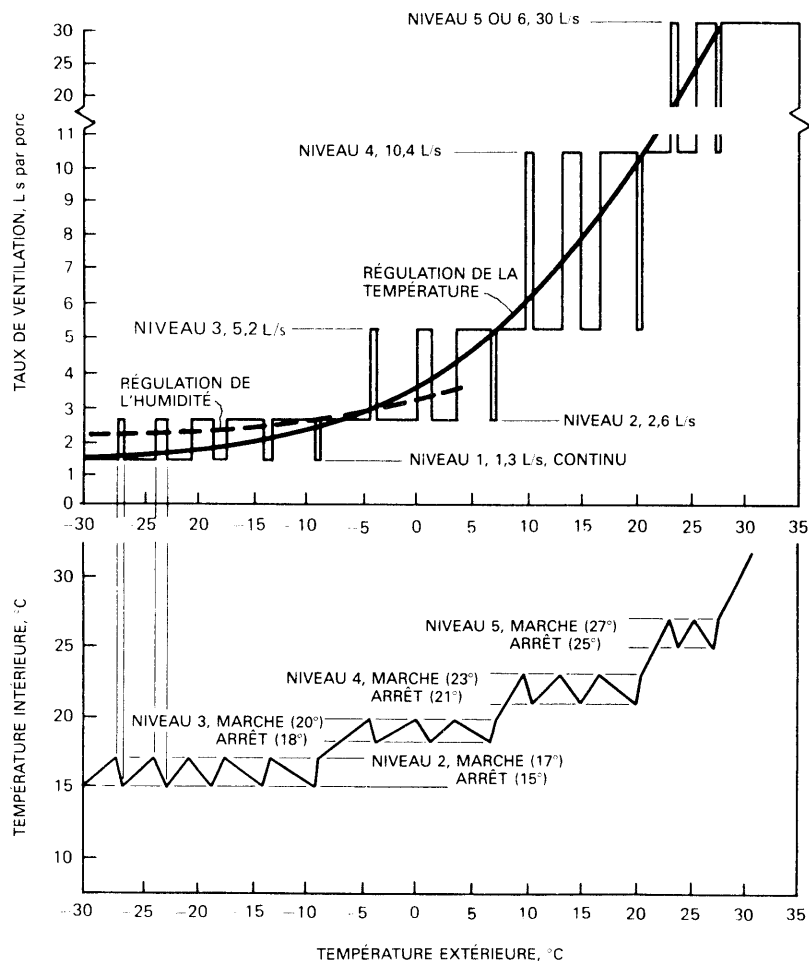


Figure 3 Diagramme de commande de la ventilation par niveaux destinée à des porcs en croissance/ engraissement de 20 à 95 kg, logés dans une porcherie bien isolée et dont les planchers des enclos sont partiellement à claire-voie.

fournir le taux de ventilation approprié pendant l'été, celui-ci fonctionnerait 1/14 du temps pour respecter le taux de ventilation d'hiver. De plus, chaque fois que le ventilateur se mettrait en marche, les animaux seraient refroidis par un courant d'air froid. La figure 3 présente une solution plus appropriée, c'est-à-dire l'utilisation d'une série de ventilateurs (petits et gros) contrôlés par une série correspondante de thermostats réglés à diverses températures. On remarque cinq niveaux, la puissance du ventilateur du niveau 1 permettant la ventilation continue à un taux se situant entre 5/8 et 2/3 du taux servant au contrôle de l'humidité, le ventilateur du niveau 2 fonctionnant au double du taux de celui du niveau 1, et ainsi de suite. Le taux du niveau 1 se trouve bien en-deçà du taux de régulation d'humidité calculé pour le temps froid (il en **dépasse toutefois** la moitié) et ce afin que le ventilateur du niveau 1 assure la ventilation même par temps très froid. En passant ensuite au taux de ventilation au niveau 2, il y aura surventilation par périodes intermittentes, et la ventilation moyenne assurera la régulation de l'humidité. Le Plan M-9705 renferme des indications à cet effet ainsi que des stratégies pour déterminer la puissance et le mode de commande des ventilateurs.

C'est par temps chaud qu'il faut prévoir le plus haut taux de ventilation. En général, celui-ci est déterminé par le débit d'air exigé (tous les ventilateurs étant en marche) pour limiter l'élévation de température à 1 ou 2°C de plus que la température extérieure. Lorsque la température extérieure est supérieure à la température critique maximale des animaux, il faudrait idéalement que la température de l'étable soit inférieure à celle de l'air extérieur. Toutefois, comme les animaux dégagent continuellement de la chaleur, c'est pratiquement impossible. Par temps très chaud, l'air peut sembler plus frais à l'intérieur en raison de la protection du bâtiment et du déplacement rapide de l'air, mais des thermomètres bien placés à l'ombre montreront une élévation de la température, sauf s'il y a une installation de réfrigération ou de refroidissement par évaporation.

À l'exception de cas bien particuliers (comme des taureaux reproducteurs logés à des fins d'insémination artificielle), il est généralement très coûteux d'avoir recours à la réfrigération. D'autre part, le refroidissement intermittent par pulvérisation dans les bâtiments pour porcs en croissance/engraissement a tendance à favoriser de "bonnes habitudes d'entretien" chez les porcs malgré le temps chaud. Le refroidissement par évaporation de l'air d'admission constitue une autre solution, qui n'est pas des plus satisfaisantes à moins que l'air extérieur soit assez sec. Dans les régions côtières et dans d'autres régions humides (de l'Ontario et du Québec), le temps chaud est souvent accompagné de taux d'humidité élevés à un point tel que le refroidissement par évaporation améliore rarement le confort des animaux.

Le tableau 1 donne les taux de ventilation recommandés pour le niveau 1 (hiver) et les taux de ventilation maximum (été). Ceux-ci sont déterminés à partir de recherches sur la production de chaleur et d'humidité, et ont été adaptés dans certains cas pour refléter l'expérience des éleveurs de bétail et de volaille.

**TAUX MINIMUM ET MAXIMUM DE RENOUELEMENT D'AIR**  
Comme nous l'avons mentionné plus haut, le taux de ventilation moyen d'hiver obtenu par alternance entre les niveaux 1 et 2 (le double du niveau 1, au Tableau 1) est fonction de la régulation de l'humidité. Ce taux peut se révéler insuffisant, surtout dans le cas des jeunes veaux et des nourains qui risquent le plus de contracter des maladies. Souvent, d'autres facteurs qui influent sur la qualité de l'air, plus particulièrement les microbes dans l'air et les gaz du purin liquide, exigent un taux de ventilation plus élevé en hiver. On suggère de prévoir au moins quatre renouvellements d'air à l'heure, indépendamment des exigences de régulation de l'humidité. De toute façon, le taux du niveau 1 dépasse généralement cette valeur dans le cas de bâtiments densément peuplés, comme pour des porcs en croissance/engraissement et des poules pondeuses en cages.

Le bétail sensible et densément logé peut souffrir des effets de la surventilation lorsque le taux de ventilation d'été est déterminé uniquement en fonction du

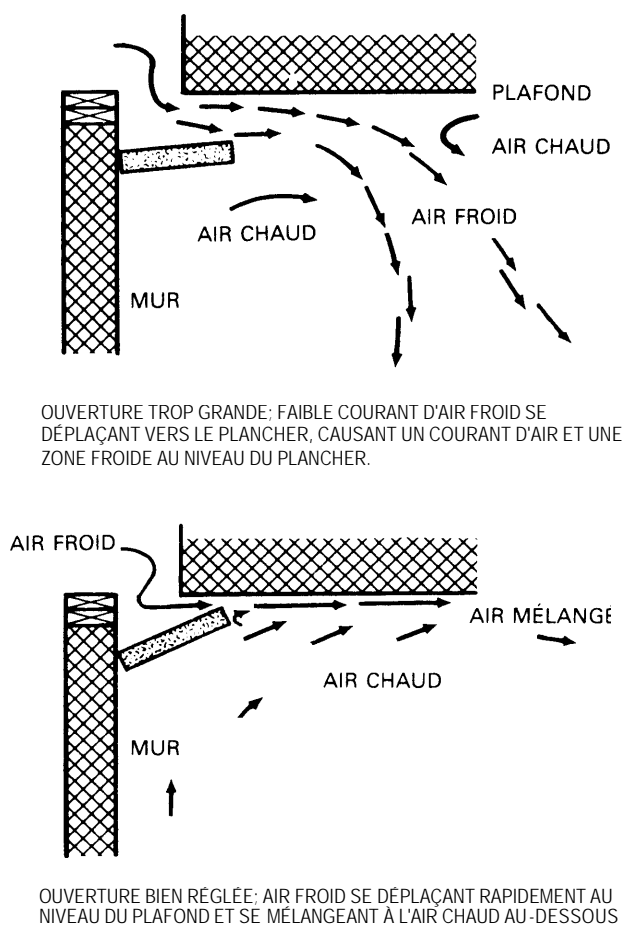


Figure 4 Influence de l'ouverture de la prise d'air sur le jet d'air froid

nombre et de la taille des animaux, indépendamment du volume de la pièce. Un taux de renouvellement d'air maximal de 60 renouvellements d'air à l'heure (ou un renouvellement d'air à la minute) convient bien dans le cas de ces animaux sensibles.

### PRISES D'AIR, VENTILATEURS ET PRESSION D'AIR

Jusqu'à maintenant, nous avons peu parlé des forces qui déplacent l'air à des fins de ventilation. Dans la ventilation d'expulsion (ou "par pression négative"), les ventilateurs expulsent l'air des bâtiments de façon que la pression de l'air intérieur soit légèrement inférieure à la pression atmosphérique extérieure. L'air extérieur s'infiltré ensuite dans les ouvertures, petites ou grandes, pour équilibrer la pression.

Pour des raisons qui sont clairement expliquées au Plan M-9710, la circulation interne de l'air est amé-

liorée si la vitesse de l'air dans les ouvertures se maintient entre 4 et 5 m/s (800 à 1000 pi/min) en hiver. Si la vitesse d'entrée de l'air froid est inférieure à cette valeur, elle ne pourra pas se mélanger à la masse d'air qui se trouve à l'intérieur de la pièce. Reportons-nous à la figure 1 : 1 kg d'air froid extérieur occupe un volume de 700 L, mais lorsqu'il est réchauffé à la température de l'air intérieur, il occupe 820 L. En d'autres termes, l'air froid est beaucoup plus dense que l'air chaud. S'il pénètre lentement dans une pièce chaude, il descendra immédiatement au niveau du plancher, refroidissant ainsi les animaux. Pour éviter cette situation, la figure 4 montre comment le réglage de l'ouverture d'une prise d'air peut influencer sur la vitesse de l'air froid qui entre et sur sa trajectoire.

Pour maintenir une vitesse de 4 à 5 m/s, les prises d'air doivent être réglables; en général, il faut prévoir 1 m<sup>2</sup> de surface pour un taux de ventilation de 5000 L/s (ou 1 pie de surface pour 1000 pi<sup>3</sup>/min). Bien sûr, cela nécessite le réglage des volets chaque fois qu'un thermostat commande une hausse ou une baisse de la ventilation, d'où l'avantage de prévoir des volets automatiques. Il existe deux types de volets automatiques, les volets électromécaniques et les volets à contrepoids (à contrôle par gravité). Se reporter aux Plans M-9710 et M-0715 pour plus de détails sur les volets à contrepoids.

Les volets automatiques ne sont pas à toute épreuve. Si de l'air pénètre "accidentellement" dans le bâtiment, par une porte laissée ouverte par exemple, l'admission d'air se fait en une seule fois, le volet automatique se ferme et il n'y a aucune ventilation. De plus, le vent peut nuire au fonctionnement de tous les types de volets automatiques (voir le Plan M-9710).

**PRESSION STATIQUE** La vitesse de l'air à l'endroit des prises d'air est fonction de la chute de pression statique à mesure que l'air se déplace dans la prise (Figure 5). La variation de pression statique se mesure par la hauteur de la colonne d'eau dans un tube en verre ou en plastique appelé "manomètre". Le manomètre est calibré en pascals (Pa) dans le système métrique, et en pouces d'eau, dans le système de mesures anglaises (1 po d'eau = 250 Pa). En pratique, le tube en U représenté à la figure 5 n'est pas assez sensible aux pressions statiques de ventilation type; un manomètre à tube incliné corroient mieux (voir le Plan M-9703).

À la figure 5, on voit que pour obtenir une vitesse de l'air critique de 5 m/s (1000 pi/min) à l'endroit de la prise d'air, la pression statique doit chuter à 15 Pa (0,06 po d'eau). Un manomètre simple à tube incliné peut servir à vérifier les réglages des prises d'air et à indiquer indirectement si la vitesse critique de l'air de 5 m/s en hiver y est respectée (voir le **Plan M-9703**). En pratique, le tube "atmosphérique" du manomètre doit donner sur le comble, et non sur un mur **extérieur** comme le montre la figure 5. Pour éviter les effets du vent, il serait préférable d'utiliser le comble ventilé en tant que plénum d'admission d'air en hiver.

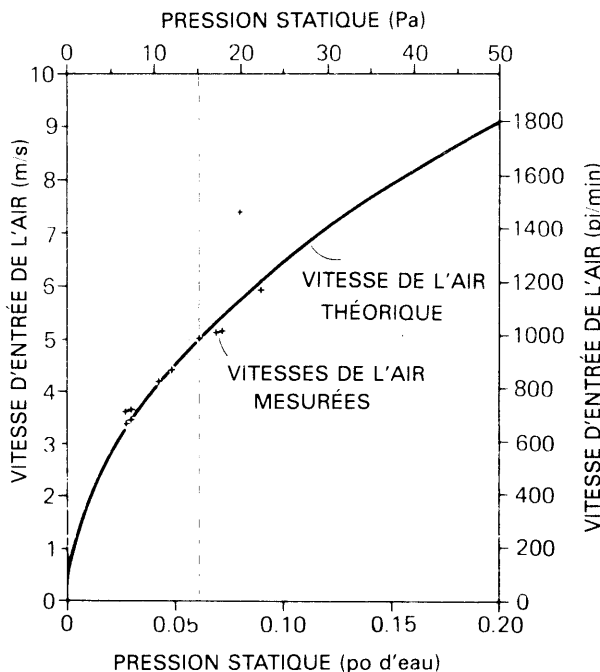
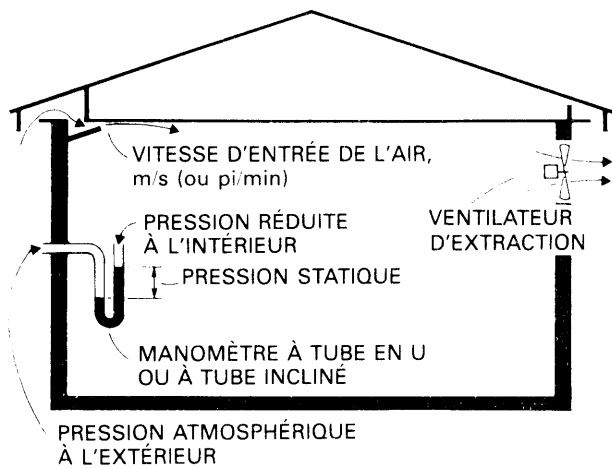


Figure 5 Pression statique et vitesse de l'air aux prises d'air

En pratique, il est souvent difficile de rendre les bâtiments agricoles assez étanches pour qu'on y retrouve une pression statique de 15 Pa, particulièrement aux faibles taux de ventilation d'hiver. On peut aussi "propulser" les jets d'entrée d'air froid par recyclage forcé de l'air ambiant (voir le Plan M-9710).

**EFFETS DU VENT** La figure 6A représente les effets d'un vent modéré de 30 km/h, soufflant sur la face d'une étable où se trouve le ventilateur d'expulsion. Lorsque ce vent frappe le côté exposé au vent, la vitesse de 30 km/h se convertit en une pression statique de 32 Pa (0,13 po d'eau). Dans le cas du mur sous le vent où se trouvent les prises d'air, le même vent produit une succion de 22 Pa. Dans l'exemple qui nous intéresse, le ventilateur doit faire face à la pression statique totale suivante : 22 (mur sous le vent) + 15 (prises d'air) + 32 (mur au vent) = 69 Pa. On remarque que ce sont les effets du vent qui commandent la ventilation dans une proportion de 77 <sup>n/o</sup>. De plus, la pression du vent augmente proportionnellement à la vitesse du vent élevée au carré, c'est-à-dire que si la vitesse du vent est doublée, la pression, elle, augmente de quatre fois. Si le vent souffle sur un ventilateur mural non protégé, la ventilation peut être réduite ou même arrêtée complètement.

Pourquoi ne pas installer les ventilateurs sur le mur sous le vent, loin des vents dominants, direz-vous? C'est que le mur qui est sous le vent aujourd'hui, pourrait bien se trouver face au vent demain.

La figure 6Q représente la même étable, mais la prise d'air puise l'air du comble et le ventilateur est protégé par une hotte. Le comble est ventilé par une prise d'air continue en débord de toit sur les quatre faces de façon que la pression statique de l'air d'alimentation se rapproche de la pression atmosphérique moyenne, éliminant ainsi les effets du vent sur les prises d'air. Ces modifications permettent de réduire la pression statique au ventilateur (de 60 à 25 Pa). De plus, les effets du vent et des intempéries sur le taux de ventilation et le milieu ambiant seront moindres.

Se reporter au Plan M-9705 pour plus de détails sur les hottes protectrices pour ventilateurs.

**POURQUOI CHOISIR LA VENTILATION D'EXPULSION** Jusqu'à maintenant, nous n'avons parlé que de ventilation d'expulsion ("par pression négative"). Les ventilateurs peuvent être installés de façon à expulser l'air d'un bâtiment ou à l'y souffler et c'est ce que l'on appelle ventilation "par pression positive", c'est-à-dire que la pression de l'air ambiant dépasse légèrement la pression atmosphérique moyenne de l'air extérieur. Pour assurer une bonne distribution de l'air frais, le ventilateur doit être relié à des diffuseurs ou à un conduit d'air sur toute la longueur du bâtiment. Ce type de ventilation comporte un petit avantage. En effet les fentes sous les portes et ailleurs ne provoqueront pas de courants d'air froid. Toutefois, il présente d'importants désavantages

- la friction d'air dans le conduit de distribution nécessite un ventilateur plus puissant et entraîne une plus grande consommation d'électricité;
  - les conduits de distribution doivent être assez gros pour répondre aux besoins des périodes de pointe en été, sinon il faut prévoir des prises supplémentaires;
- r si le pare-vapeur n'assure pas une étanchéité totale, l'air chaud et humide peut pénétrer dans les fissures et les espaces froids des murs et du comble, entraînant de la condensation;

Il existe dans le commerce plusieurs installations de recyclage d'air comportant des ventilateurs à l'admission et à l'évacuation, dont **Fristamat, Axis-Air et Aston**. Certaines produisent une pression neutre ou légèrement négative, et d'autres, une pression légèrement positive.

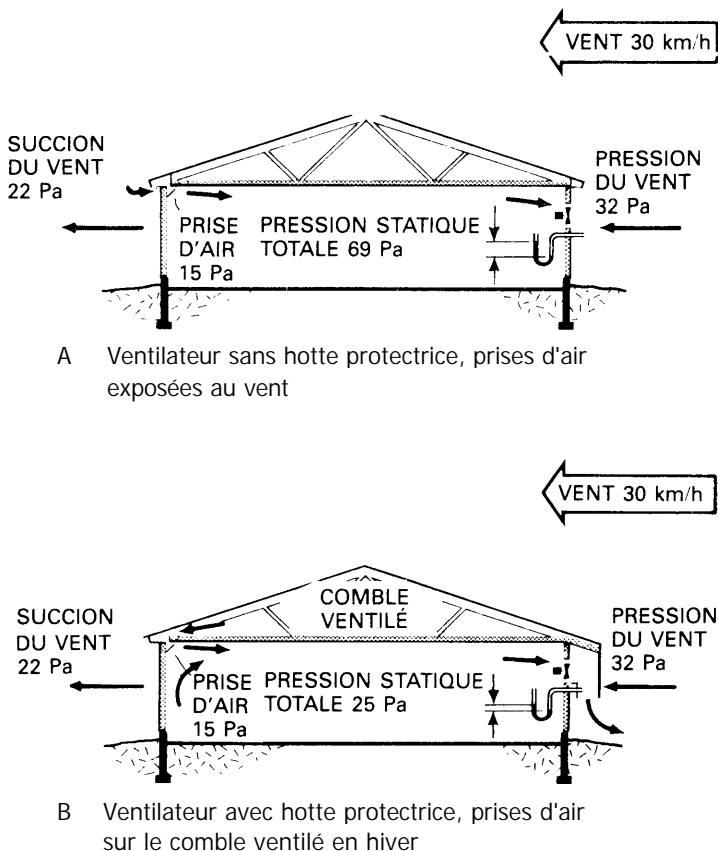


Figure 6 Effets du vent sur une installation de ventilation mécanique

TABLEAU 1 TAUX DE VENTILATION MÉCANIQUE DANS LES BÂTIMENTS LOGEANT DU BÉTAIL ET DE LA VOLAILLE (UNITÉS MÉTRIQUES)

Betail ou volaille	Température minimale, °C	Logement	Taux minimal d'hiver (niveau 1), L/s	Taux maximal d'été,
<b>VACHES LAITIÈRES</b>				
Vache de 450 kg	2°	Stabulation traditionnelle de l'automne au printemps. Ventilation par les fenêtres ou les portes durant l'été. Isolation des murs inférieure à RSI 0,9	10/vache	160/vache
Vache de 450 kg	2°	Stabulation annuelle. Sans fenêtres, ou sans fenêtres ouvrables. Isolation des murs et plafonds d'au moins RSI 1,8	12/vache	190/vache
Vache de 450 kg	5°	Salle de traite	12/stalle	190/stalle
	5°	Laiterie	-	280/salle
<b>VEAUX</b>				
Remplacements - production laitière	7°			
Veau blanc	20°			
Logement en continu :		Logement annuel en étable bien isolée	5/veau	40/veau
Veau moyen de 50 kg (1 mois)				
Veau moyen de 65 kg (2 mois)			7,5/veau	60/veau
Logement par groupage : poids moyen de 45 kg		Logement annuel en étable bien isolée	5/veau	40/veau
135 kg à l'engraissement			10/veau	80/veau
<b>BOEUF</b>	2°	Ventilation par les fenêtres et les portes en été. Isolation des murs inférieurs à RSI 0,9	10/vache	160/vache
vache de 450 kg				
<b>POULETS</b>				
Poules pondeuses	16°	Cages, densité élevée	20,14/poule	2,9/poule
	16°	Litière, jusqu'à 0,14 m <sup>2</sup> /poule	0,19/poule	3,3/poule
Poules reproductrices lourdes	16°	Litière ou plancher à treillis	0,19/poule	3,6/poule
Poulettes de remplacement	33°-21°	Cages à 1 ou 2 niveaux	0,02-0,19/poulette	2,4/poulette
Poulets à griller	33°-21°	Litière, jusqu'à 0,09 m <sup>2</sup> /poulet	0,02-0,14/poulet	2,4/poulet
<b>DINDES</b>				
À griller,	33°-16°	Litière	0,05-0,3/dinde	6,4/dinde



TABLEAU 1 (SUITE);

Bétail ou volaille	Température minimale, 'C	Logement	Taux minimal d'hiver (niveau 1), L/s	Taux maximal d'été, L/s
Dindes à griller lourdes, 18-22 semaines, 7,9 kg maximum	16°	Litière	0,05-1,0~dinde	9-15~dinde
Reproductrices (légères à lourdes)	16°	Litière	0,5-1,0/dinde	8-141/dinde
<b>PORCS</b>				
Truie vide, 180 kg	13°	Cases collectives	3,0/truie	96/truie
Truie à la maternité et portée	18°	Cases individuelles	2,4/truie	96/truie
Nourrain 7-25 kg	418°	Cases de mise bas	7,0/truie	5144%truie
En croissance, 25-60 kg	327°-21 °	Logement par groupage	0,4/nourrain	516inourrain
À l'engraissement, 60-100 kg	24°	Logement en continu	0,7/nourrain	512/nourrain
Croissance/ engraissement, 25-100 kg	21 °	Plancher partiellement à claire -voie	1,3/porc	532/porc
	15°	Plancher partiellement à claire -voie	2,0/porc	540/porc
	18°	Plancher partiellement à claire -voie	1,6/porc	535/porc
<b>CHEVAUX</b>				
Cheval de 450 kg	2°	Stabulation annuelle en étable isolée et ventilée par des portes et fenêtres en été	10/cheval	80/cheval
<b>MOUTONS</b>				
Brebis de 45 kg	2°	Ventilation par portes et fenêtres en été. Isolation des murs inférieure à <b>RSI 0,9</b>	1,0/brebis	8/brebis
<b>LAPINS</b>				
Lapine et portée	12°	Logement en cages, 14 kg en poids réel/cage	0,08/kg	1,3 kg
		Faible densité	0,06 kg	0,96 kg
<b>CHINCHILLAS</b>				
		Animaux adultes. Logement annuel isolé, en cages	0,05/animal	1,6/animal

~ Ce taux de ventilation est de beaucoup supérieur à celui qui est exigé pour la régulation de l'humidité. Il est possible qu'il doive être augmenté s'il n'y a pas au moins quatre renouvellements d'air à l'heure.

<sup>2</sup> Un taux de 0,14 L/s s'applique lorsque les déjections sont éliminées toutes les semaines. Dans le cas des fosses profondes à purin, on recommande d'augmenter le taux à 0,24 L/s et le chauffage d'appoint en conséquence.

<sup>3</sup> Pour les poussins d'un jour, les dindonneaux et les nourraïns, commencer par la première température puis réduire graduellement selon leur rythme de croissance.

<sup>4</sup> Une température de 18°C convient bien pour la truie, mais pour les porcelets nouveaux-nés, il faut prévoir une température d'au moins 29 à 30°C. Prévoir une aire d'alimentation chauffée et diminuer graduellement la température à 24°C selon leur rythme de croissance.

<sup>5</sup> Pas plus d'un renouvellement d'air par minute pour le bétail sensible.

TABLEAU 1 TAUX DE VENTILATION MÉCANIQUE DANS LES BÂTIMENTS LOGEANT DU BÉTAIL ET DE LA VOLAILLE (UNITÉS IMPÉRIALES)

Betail ou volaille	Température minimale, °F	Logement	Taux minimal d'hiver (niveau 1), pi <sup>3</sup> /min.	Taux maximal d'été, pi <sup>3</sup> /min.
<b>VACHES LAITIÈRES</b>				
Vache de 1000 lb	36°	Stabulation traditionnelle de l'automne au printemps. Ventilation par les fenêtres ou les portes durant l'été. Isolation des murs inférieure à R 5	21/vache	340/vache
Vache de 1000 lb	36°	Stabulation annuelle. Sans fenêtres, ou sans fenêtres ouvrables. Isolation des murs et plafonds d'au moins R 10	25/vache	400/vache
Vache de 1000 lb	36°	Salle de traite	25/stalle	400/stalle
	41°	Laiterie	-	600/salle
<b>VEAUX</b>				
Remplacements - production laitière	45°			
Veau blanc	68°			
Logement en continu :		Logement annuel en étable bien isolée	' 10/veau	85/veau
Veau moyen de 110 lb (11 mois)			' 16/veau	127/veau
Veau moyen de 140 lb (2 mois)			'10/veau	85/veau
Logement par groupage : poids moyen de 95 lb		Logement annuel en étable bien isolée	' 20/veau	170/veau
300 lb à l'engraissement				
<b>BOEUF</b>	<b>2°</b>	<b>Ventilation</b> par les fenêtres et les portes en été. Isolation des murs inférieurs à R 5	20/vache	340/vache
Vache de 1000 lb				
<b>POULETS</b>				
Poules pondeuses	64°	Cages, densité élevée	20,3/poule	6/poule
	60°	Litière, jusqu'à 1,5 pie/poule	0,4/poule	7/poule
Poules reproductrices lourdes	60°	Litière ou plancher à treillis	0,4/poule	7,6/poule
Poulettes de remplacement	390°-64°	Cages à 1 ou 2 niveaux	0,04-0,4/poulette	5/poulette
Poulets à griller	390°-64°	Litière, jusqu'à 1 pie/poulet	0,04-0,3/poulet	5/poulet
<b>DINDES</b>				
À griller, 0-14 semaines	395°-60°	Litière	0,1-0,6/dinde	14/dinde

TABLEAU 1 (SUITE)

Betail ou volaille	Température minimale, °F	Logement	Taux minimal d'hiver (niveau 1), pi3/min.	Taux maximal d'été, pi3/min.
Dindes à griller lourdes, 18-22 semaines, 15-20 lb maximum	60°	Litière	1-2/dinde	19-32/dinde
Reproductrices (légères à lourdes)	60°	Litière	1-2/dinde	17-30/dinde
<b>PORCS</b>				
Truie vide	55°	Cases collectives	6,3/truie	200/truie
	65°	Cases individuelles	5.1/truie	200/truie
Truie à la maternité et portée	465°	Cases de mise bas	15/truie	5300/truie
Nourrain 15-55 lb	375°-65°	Logement par groupage	0,9/nourrain	534/nourrain
	75°	Logement en continu	1,5/nourrain	525/nourrain
En croissance, 55-130 lb	65°	Plancher partiellement à claire-voie	2,7/porc	568/porc
À l'engraissement, 130-220 lb	60°	Plancher partiellement à claire-voie	4,2/porc	585/porc
Croissance/engraissement, 55-220 lb	65°	Plancher partiellement à claire-voie	3,4/porc	574/porc
<b>CHEVAUX</b>				
Cheval de 1000 lb	35°	Stabulation annuelle en étable isolée et ventilée par des portes et fenêtres en été	20/cheval	170/cheval
<b>MOUTONS</b>				
Brebis de 100 lb	35°	Ventilation par portes et fenêtres en été. Isolation des murs inférieure à R 5	2/brebis	17/brebis
<b>LAPINS</b>				
Lapine et portée	54°	Logement <b>en cages, 30 lb en poids réel/cage</b>	0,08/lb	<b>1,25 lb</b>
		Faible densité	0,06 lb	<b>0,9 lb</b>
<b>CHINCHILLAS</b>				
		Animaux adultes. Logement annuel isolé, en cages	0,1/animal	34/animal

Ce taux de ventilation est de beaucoup supérieur à celui qui est exigé pour la régulation de l'humidité. Il est possible qu'il doive être augmenté s'il n'y a pas au moins quatre renouvellements d'air à l'heure.

2 Un taux de 0,3 s'applique lorsque les déjections sont éliminées toutes les semaines. Dans le cas des fosses profondes à purin, on recommande d'augmenter le taux à 0,5 et le chauffage d'appoint en conséquence.

3 Pour les poussins d'un jour, les dindonneaux et les nourains, commencer par la première température puis réduire graduellement selon leur rythme de croissance.

4 Une température de 65°F convient bien pour la truie, mais pour les porcelets nouveaux-nés, il faut prévoir une température d'au moins 84 à 86°F Prévoir une aire d'alimentation chauffée et diminuer graduellement la température à 75°F selon leur rythme de croissance.

5 Pas plus d'un renouvellement d'air par minute pour le bétail sensible.