

Déshumidifier l'air en entrée de bâtiment Une solution peu adaptée aux bâtiments d'élevage

A retenir

La déshumidification d'un air consiste à enlever de l'eau à un certain volume d'air en la condensant. Afin d'y parvenir, plusieurs méthodes sont possibles mais dépendent des conditions extérieures. Dans le cas d'un hiver froid et humide, la quantité d'eau contenue dans l'air extérieur est peu importante. Un réchauffement de l'air est suffisant afin d'atteindre les conditions d'ambiance désirées à l'intérieur de l'élevage (entre 10 °C et 80% d'humidité). Pour un été chaud et humide, l'air entrant doit être refroidi puis réchauffé afin d'atteindre les conditions d'ambiance voulues. Les calculs ont montré que les besoins de puissance de refroidissement et de chauffage nécessaires pour déshumidifier sont 4 à 8 fois plus importants que ceux que nous retrouvons en élevage de canards. De ce fait, il est difficile d'envisager ce type de solutions pour déshumidifier l'air à l'intérieur des bâtiments. Nous envisageons d'étudier les incidences des systèmes de ventilation mécanique sur l'état des litières.

RESPONSABLE :
G LAVAL ¹

Contact : laval@itavi.asso.fr
¹ ITAVI – ANGERS



Introduction

Après deux épisodes majeurs d'Influenza Aviaire, des adaptations des systèmes d'élevage de canards prêts-à-engraisser ont été réalisées. Des verrous restent cependant à lever en lien avec notamment la gestion des litières et le nervosisme des animaux. Le projet PROSPeR lancé en 2019 par l'ITAVI vise à repérer, tester et évaluer des innovations, en lien avec ces problématiques.

Dans le cadre d'un passage en risque élevé d'Influenza Aviaire, les exploitations ayant 3200 palmipèdes prêt-à-engraisser ou plus en présence simultanée accédant à l'extérieur doivent confiner leurs animaux en bâtiment selon l'arrêté du 5 Mai 2017. Des problèmes de tenue des litières peuvent dès lors apparaître du fait d'une accumulation de vapeur d'eau à l'intérieur du bâtiment. La déshumidification pourrait permettre de palier ces problèmes. Une étude sur la faisabilité de ce type de système en élevage de canards a été menée.

Matériel et méthode

1. Etablissement des cas d'études

L'évolution des conditions d'ambiance à l'intérieur de l'élevage est fortement impactée par les conditions climatiques extérieures (Šottník 2002). Les techniques et adaptations des bâtiments doivent être réfléchies pour fonctionner dans la plus grande majorité des cas. Deux cas d'études ont été définis selon les conditions climatiques généralement rencontrées dans le Sud - Ouest de la France comme conditions limites du point de vue de la problématique de déshumidification de l'ambiance en bâtiment de canards prêt-à-engraisser (Tableau 1). Les conditions intérieures d'ambiance cibles ont été définies en se basant sur des retours provenant du terrain.

Tableau 1 Conditions climatiques extérieures par cas d'études

	Température (en °C)	Humidité Relative (en %)
Cas n°1 : Hiver Froid et Humide	-5 à 15	80 à 100
Cas n°2 : Eté humide	15 à 30	80 à 100
Conditions intérieures ciblées	15	80

Les données concernant l'élevage-type sont répertoriées dans le Tableau 2. Il a été choisi comme élevage le plus représentatif du parc de production de canards en France. Les calculs ont été réalisés pour différentes combinaisons de température et d'humidité relative extérieures et pour deux débits différents.

Tableau 2 Données utilisées pour le calcul de déshumidification

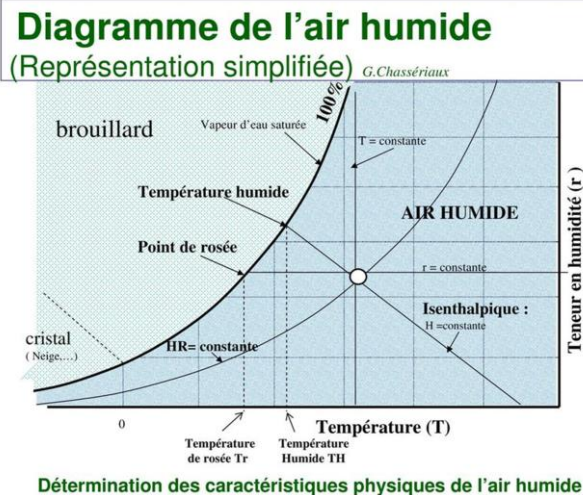
Données	Valeurs
Surface bâtiment	1 500 m ²
Nombre de canards	6000 Canards
Poids des canards	3,7 kg
Débit d'air	2 à 3,5 m ³ /kg PV/h

2. Technique de traitement de l'air

Plusieurs techniques permettent de traiter l'air d'un bâtiment afin qu'il atteigne les conditions souhaitées telles que le mélange adiabatique, l'échauffement/refroidissement de l'air à humidité absolue constante, refroidissement de l'air avec déshumidification. Dans le cas d'un hiver froid et humide, la quantité d'eau contenue dans l'air extérieur est peu importante (2 g d'eau/kg air sec pour une température de -5°C et une humidité relative de 80% selon le diagramme de l'air humide) par rapport aux conditions intérieures ciblées (8 g d'eau /kg air sec pour une température de 15°C et une humidité de 80% selon le diagramme de l'air humide). Un réchauffement de l'air entrant avec une solution de chauffage (radiant, aérotherme, échangeur de chaleur) est suffisant afin d'atteindre les conditions intérieures ciblées.

Dans le cas d'un été humide, la quantité d'eau contenue dans l'air extérieur (16 g d'eau/kg air sec pour une température de 25°C et une humidité relative de 80% selon le diagramme de l'air humide) est plus importante que celle contenue dans l'air intérieur ciblée. L'air entrant doit être refroidi et condensé puis réchauffé afin d'atteindre les conditions d'ambiance souhaitées. Cette technique nécessite l'installation d'une batterie froide qui va permettre de condenser l'eau contenue dans l'air et d'une batterie chaude afin de réchauffer l'air refroidi par condensation. L'air sortant du bâtiment est supposé se « mélanger » avec l'air entrant dans le bâtiment afin de minimiser les apports en énergie.

Diagramme de l'air humide



La puissance de chauffage et de refroidissement est calculée par différence entre l'enthalpie de l'air intérieur et l'enthalpie de l'air extérieur ou de l'air mélangé, multiplié par le débit d'air entrant dans le bâtiment.

Dans le cas d'un hiver humide :

$$Q_c = (h_{int} - h_{ext}) * m_{air}$$

Avec :

- Q_c : Puissance de chauffage nécessaire en kW
- h_{int} : Enthalpie de l'air à l'intérieur du bâtiment (en J/kg air sec)
- h_{ext} : Enthalpie de l'air à l'extérieur du bâtiment (en J/kg air sec)
- m_{air} : Débit d'air massique entrant dans le bâtiment (en kg/s)

L'enthalpie spécifique d'un air à température T et à humidité absolue x est définie de la façon suivante :

$$h = L_0 * x + (C_{mairsec} + C_{mvapeur} * x) * T$$

Avec :

- L_0 : Chaleur latente de vaporisation de l'eau en kJ/kg
- x : humidité absolue en kg d'eau/kg air sec
- C_m : Chaleur massique en kJ/kg/°C

L'humidité absolue d'un air est définie de la manière suivante :

$$x = 0.622 * \frac{P_{vapeur}}{P_{atm} - P_{vapeur}}$$

Avec :

- P_{atm} : Pression atmosphérique au niveau de la mer en Pa
- P_{vapeur} : Pression de vapeur saturante à la température extérieure et l'humidité relative extérieure en Pa

La pression de vapeur est définie de la façon suivante :

$$P_{vapeur} = \frac{HR}{100} * P_{sat}$$

Avec :

- HR : Humidité relative en %
- P_{sat} : Pression de vapeur saturante en Pa

La pression de vapeur saturante est définie par la Formule de Cardiergues :

$$P_{sat} = 10^{a + \frac{T}{b+T} + c}$$

Pour $T < 0$ °C

- $a = 9,756$
- $b = 272,7$
- $c = 2.7877$

Pour $T > 0$ °C

- $a = 7,625$
- $b = 241$
- $c = 2.7877$

Le débit massique de l'air sec entrant dans le bâtiment est calculé de la façon suivante :

$$m_{air} = \frac{P_{atm}}{P_{vapeur}} * \frac{d_{air}}{r_a * T_{ext}}$$

Avec :

- d_{air} : Débit d'air entrant dans le bâtiment en m³/s
- r_a : Constante spécifique de l'air en J/kg/K
- T_{ext} : La température extérieure en °C

Dans le cas d'un été humide :

$$Q_f = (h_{mélange} - h_{deshumidifié}) * m_{air}$$

Avec :

- Q_f : Puissance de refroidissement en kW
- $h_{mélange}$: Enthalpie de l'air après mélange de l'air intérieur et extérieur
- $h_{deshumidifié}$: Enthalpie spécifique de l'air après déshumidification ($T = 11,6$ °C et $HR = 100\%$)

$$Q_c = (h_{int} - h_{deshumidifié}) * m_{air}$$

Avec :

- Q_c : Puissance de chauffage en kW

Résultats et discussion

Les calculs ont été réalisés pour différentes combinaisons de température et d'humidité relative extérieures et pour deux débits différents à partir des formules précédentes. Les résultats du cas hiver humide ont été représentés sur les et . Les résultats du cas été humide ont été représentés sur les et .

Selon les calculs, plus la ventilation est importante, plus la puissance de chauffage à apporter à l'air intérieur est importante. Par ailleurs, plus la température extérieure se rapproche de la température intérieure, moins la puissance de chauffage est importante.

Ces valeurs de puissances sont de 2 à 4 fois supérieures aux puissances actuellement installées en élevage de canards prêt-à-engraisser.

Au regard des Figures 3 et 4, plus la ventilation est importante, plus la puissance de refroidissement à apporter à l'air est importante. Par ailleurs, plus la température extérieure se

rapproche de la température intérieure, moins la puissance de refroidissement est importante.

Les besoins en puissance de refroidissement et de chauffage maximale sont présentés dans le Tableau 3:

Tableau 3 Besoins en chauffage/refroidissement maximums

Débit	2 m ³ /kg PV/h	3 m ³ /kg PV/h
Cas hiver Humide		
Puissance chaude	390 kW	860 kW
Cas Eté Humide		
Puissance froide	593 kW	1040 kW
Puissance chaude	100 kW	176 kW

Les valeurs de puissance froide à mettre en œuvre sont très importantes pour atteindre les objectifs visés et la mise en place de cette technique nécessiterait des investissements lourds pour répondre aux critères d'ambiance souhaités près de 100 000 € pour enlever 420 Litre d'eau par heure en été (Matériel CECO)

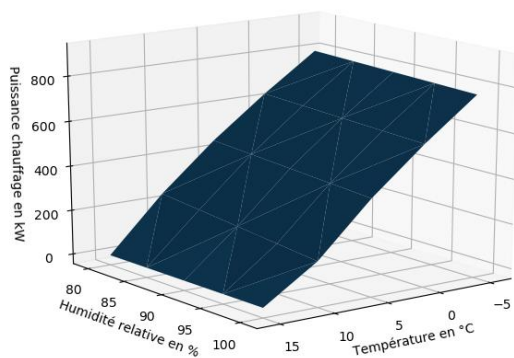


Figure 1 Puissances de chauffage selon le climat extérieur et un débit d'air de 3,5 m³/kg PV/h

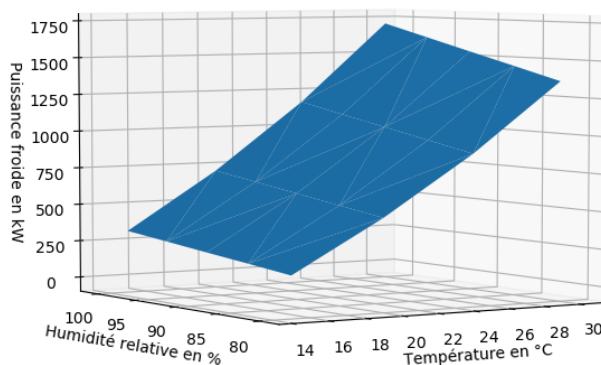


Figure 2 Puissances froide selon le climat extérieur et un débit d'air de 3,5 m³/kg PV/h<

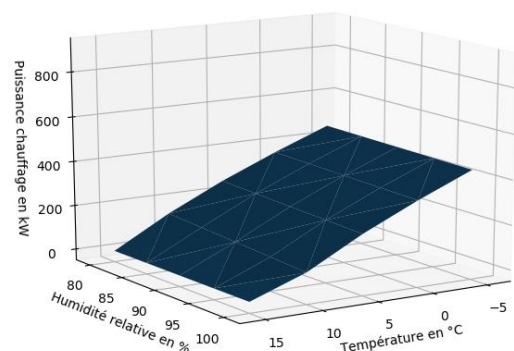


Figure 3 Puissances de chauffage selon le climat extérieur et un débit d'air de 2 m³/kg PV/h

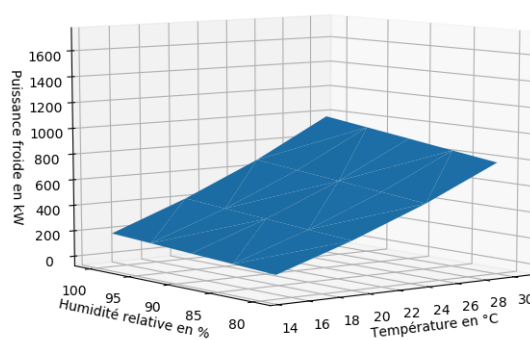


Figure 4 Puissances froide selon le climat extérieur et un débit d'air de 2 m³/kg PV/h

Conclusion

Cette étude exploratoire montre qu'il est peu envisageable de mettre en œuvre un système de déshumidification de l'air dans des bâtiments de canards prêt-à-engraisser du fait des puissances à installer (de 4 à 8 fois la puissance actuelle présente en bâtiment). Cependant, les calculs présentés ne prennent pas en compte la chaleur dégagée par les animaux et par la litière ni les pertes de chaleur par les parois du bâtiment. Les pratiques actuelles (chauffage, ventilation) sont insuffisantes au regard des conditions ciblées. Une augmentation du chauffage en hiver pourrait pallier la dégradation des litières. L'installation d'échangeur de chaleur et le passage en ventilation dynamique semblent être des solutions économiques au regard de nos objectifs de déshumidification.

Les suites à venir

Une étude sera menée sur les systèmes de ventilation dynamique et les échangeurs de chaleur avec des gestions visant un abatement de l'humidité.

Bibliographie

[1] j. Šottník , climatical factors and their effect on production in animal housing , paper number 024030, 2002 asae annual meeting . (doi: 10.13031/2013.10474) @2002

Avec la participation financière de :

