

Méthodologie d'appréciation du confort thermique des vaches laitières en bâtiment pendant les périodes de fortes chaleurs

FAGOO B. (1), CAPDEVILLE J. (2)

(1) Institut de l'Élevage – 149, rue de Bercy – 75595 Paris Cedex 12

(2) Institut de l'Élevage – 149, rue de Bercy – 75595 Paris Cedex 12

Les vaches laitières fortes productrices sont particulièrement sensibles aux températures élevées. L'objectif de l'étude était de mieux appréhender le confort thermique des vaches laitières à l'intérieur des bâtiments en périodes chaudes. En utilisant un index climatique calculé à partir de mesures en de nombreux points à l'intérieur des bâtiments, on obtient une cartographie thermique mettant en évidence les zones plus ou moins confortables à l'intérieur de celui-ci, point de départ pour dégager des pistes d'amélioration.

Les résultats obtenus montrent que la ventilation naturelle peut apporter de bons résultats à des niveaux de stress thermiques modérés, mais plus difficilement quand les conditions deviennent plus stressantes. Dans les étables expertisées et équipées de ventilateurs, l'hétérogénéité du confort est accrue au sein des bâtiments entraînant des rassemblements d'animaux en position debout dans les zones les plus favorables. Les niveaux d'équipements et/ou de performance des ventilateurs étaient insuffisants pour apporter des conditions d'ambiance homogènes.

Assessing the thermal comfort of dairy cows housed indoor during high heat periods

FAGOO B. (1), CAPDEVILLE J. (2)

(1) Institut de l'Élevage - 149, rue de Bercy – 75595 Paris Cedex 12

(2) Institut de l'Élevage - 149, rue de Bercy – 75595 Paris Cedex 12

High-producing dairy cows are particularly sensitive to high temperatures. The aim of the study was to assess the thermal comfort of dairy cows inside barns during hot periods. By using a thermal index measured at many points in the barns, we have obtained a thermal map highlighting the most and least comfortable areas inside it. It provides a starting point to improve advise.

The results show that natural ventilation can bring good results with moderate thermic stress conditions, but less so when conditions become harsher. In the fan-equipped barns visited, the heterogeneity of comfort is increased resulting in gatherings of animals in the standing positions in the most favourable areas. Levels of equipment and/or performance levels of the fans were insufficient to provide consistent ambient conditions.

INTRODUCTION

Avec le réchauffement climatique, la fréquence des épisodes de chaleur est susceptible de s'accroître (Cniel *et al.* 2018), affectant la durabilité des systèmes d'élevage (Das *et al.* 2016). La filière laitière française, à travers le Cniel (Centre National Interprofessionnel de l'Économie Laitière) a pris conscience des enjeux techniques et économiques en lançant le programme CLIMALAIT puis en s'intéressant de plus près aux conditions de confort à l'intérieur des bâtiments.

Les vaches laitières fortes productrices sont particulièrement sensibles aux températures élevées (Berman 2005). Une mesure directe du stress thermique sur les vaches laitières est possible en utilisant le score de halètement (Mader *et al.* 2006). En effet, plus la vache subit un stress, plus sa fréquence respiratoire va augmenter. En période chaude, la position « debout » permet aux vaches d'augmenter leur surface d'échange avec l'atmosphère et donc d'optimiser les pertes de chaleur. Par conséquent, leur comportement est affecté et les vaches restent plus longtemps dans les allées (Cook *et al.* 2007) au détriment du temps de couchage.

La combinaison du stress climatique en période chaude et du logement des animaux en bâtiments non adaptés a eu des conséquences graves lors des épisodes de canicule de 2003 et 2006 (Morignat *et al.* 2014). La conception et l'équipement des bâtiments peuvent réduire ou accentuer le stress thermique des animaux. La température seule n'est pas suffisante pour évaluer le confort des animaux, une humidité relative élevée (HR) affectera également leur bien-être. Le THI (Indice d'humidité de température), qui combine la température et l'humidité relative, est couramment utilisé comme dispositif d'alerte. En 2011, ses seuils ont été revus pour tenir compte de l'augmentation des performances des vaches laitières (Collier *et al.* 2011). Gaughan *et al.* (2007) ont

développé un autre indice climatique: le Heat Load Index (HLI). Définis au départ pour des bovins viandes à l'extérieur, les seuils ont été réévalués pour qu'ils soient plus adaptés au bien-être des laitières (Gaughan *et al.* 2010).

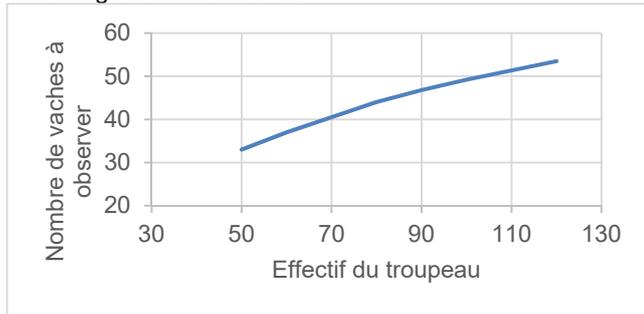
Le HLI, moins utilisé que le THI, se calcule à partir de l'humidité relative, de la vitesse de l'air (VA) et de l'impact du rayonnement direct et indirect du soleil, par exemple à travers des tôles translucides ou à proximité de matériaux emmagasinant puis restituant la chaleur (toiture, murs...). Les objectifs de l'étude étaient de mettre au point un outil basé sur un index thermique pour caractériser le confort climatique des vaches laitières à l'intérieur des bâtiments pendant les périodes chaudes et ainsi dégager des pistes d'amélioration.

1. MATERIEL ET METHODES

Quinze bâtiments répartis sur l'ensemble du territoire français ont été observés une fois entre juin et août 2018 et 2019. Les bâtiments furent identifiés par des conseillers de terrain soit parce qu'ils présentaient des conceptions favorisant la ventilation naturelle, soit parce qu'ils étaient équipés de ventilateurs. Ils ne sont donc pas représentatifs du parc bâtiment français. La visite n'était prévue que si les prévisions météorologiques étaient chaudes, c'est-à-dire plus de 27°C, avec un ciel dégagé et des conditions stables sur plusieurs jours, pour tester le bâtiment en période de stress thermique et mesurer également l'impact du rayonnement. Les animaux étaient présents dans le bâtiment lors des visites.

Dès l'arrivée dans l'élevage, la répartition et la posture des animaux dans le bâtiment étaient observées et le score de halètement mesuré. Le graphique 1 indique le nombre d'animaux observés en fonction de la taille du troupeau et le tableau 1 décrit le score de halètement.

GRAPHIQUE 1 : Nombre de vaches observées pour déterminer le score de halètement avec une marge de confiance de 95% et une marge d'erreur de 10%



TABEAU 1 : Score de halètement (Mader et al. 2006)

Score	Description
0	Pas de halètement
1	Léger halètement, la bouche est fermée, pas de bave, mouvement de poitrine facilement observable
2	Halètement rapide, bave présente, la bouche n'est pas ouverte
3	Bouche ouverte et salivation excessive, le cou est tendu et la tête levée
4	Bouche ouverte avec langue complètement allongée, salivation excessive, le cou est étendu et la tête haute

Le HLI, plus complet que le THI, a été utilisé pour permettre une évaluation des conditions d'ambiance à l'intérieur des bâtiments, puisqu'il intègre la vitesse de l'air qui réduit la température perçue par l'animal et le rayonnement qui au contraire l'accroît. Le rayonnement a été mesuré grâce à la température du globe noir (TGN).

La température, l'humidité relative, la température du globe noir et la vitesse de l'air étaient toujours recueillies l'après-midi aux heures les plus chaudes de la journée, avec une prise de mesure à 1m du sol. Le matériel utilisé était deux appareils portatifs, de marque Kimo, modèle AMI310 pour les vitesses de l'air et l'humidité relative, et de marque Exttech modèle HT200 pour la température ambiante et la température du globe noir, avec une prise de mesure tous les deux mètres en longueur et en largeur, ce qui représentait parfois plus de 150 points de mesures par bâtiment. Chaque paramètre a été interpolé de façon linéaire pour obtenir des valeurs tous les 0,50 m. L'humidité relative, la vitesse de l'air et la température du globe noir ont été utilisées pour calculer le HLI.

A plus de 25°C de TGN, la formule de calcul du HLI est : $HLI = 8,62 + (0,38 \times HR) + (1,55 \times TGN) - (0,5 \times VA) + e$ (2,4 - VA)

Les valeurs de HLI furent codées avec une échelle de cinq couleurs représentant cinq niveaux de stress différents (conditions neutres, stress léger, stress modéré, stress sévère et stress extrême). Ensuite, une cartographie « thermique » de chaque bâtiment a été réalisée en utilisant l'outil Excel.

Afin de visualiser le comportement des bâtiments dans des conditions équivalentes des stress modéré (StM) puis sévères (StS), des simulations ont été réalisées en extrapolant les températures et l'humidité à 27 °C et 45 % d'HR puis à 33 °C et 55 % d'HR. La différence entre la température et l'HR moyenne et celles retenues pour la simulation ont été ajoutée ou retranchée à chaque mesure prise dans le bâtiment. Par exemple, pour une extrapolation à 33 °C, si la température moyenne était de 30 °C, on ajoute 3 °C à chaque valeur mesurée de température.

2. RESULTATS

2.1. SCORE DE HALETLEMENT

Le score de halètement moyen était de 1,04±0,27. Nous avons calculé le coefficient de corrélation entre le score de halètement et le THI, puis entre ce même score et le HLI. Il était de 0,31 pour le lien avec le THI contre 0,66 pour le lien avec le HLI.

2.2. VARIABLES CLIMATIQUES

Dans les bâtiments observés, la température moyenne était de 32,7 °C±0,8, et l'HR était en moyenne de 43,8 %±3,1. La vitesse de l'air s'est élevée en moyenne à 0,58 m/s±0,51. Les vitesses d'air moyenne étaient de 0,81 m/s±0,71 dans les étables équipées de ventilateurs et de 0,26 m/s±0,21 dans les étables sans ventilateurs. La température prise au globe noir était de 33,5 °C±1,1 soit 0,8 °C de plus que la température ambiante. Selon les bâtiments, la différence entre la température et la température du globe noir variait de 0,1° jusqu'à un maximum de 1,8 °C (Tableau 1)

TABEAU 2 : moyenne des variables climatiques mesurées

Variabiles climatiques	T°C	TGN en °C	HR en %	VaV en m/s	VsV en m/s
Résultats	32,7°C ±0,8	33,5°C±1,1	43,8 %±3,1	0,81 m/s±0,71	0,26 m/s±0,21

T : Température

TGN : Température du globe noir

HR : Humidité Relative en %

VaV : Vitesses d'air moyennes en présence de ventilateurs

VsV : Vitesses d'air moyennes en l'absence de ventilateurs

2.3. INDICES CLIMATIQUES

Le HLI, intégrant l'humidité relative, la température du globe noir et la vitesse de l'air, était en moyenne de 84,2, avec un écart type de 3,1. La ferme avec l'écart type le moins élevé (1,1) entre les valeurs calculées à l'intérieur du bâtiment était une ferme en ventilation naturelle alors que les plus gros écarts de valeurs ont été observés dans une ferme équipée de ventilateurs (écart-type de 5).

2.4 CARTOGRAPHIE THERMIQUE UTILISANT LE HLI

L'interpolation des données climatiques puis le calcul du HLI tous les 0,50 m nous permet d'élaborer la cartographie thermique du bâtiment. En faisant ensuite varier la température et l'humidité relative, le confort à l'intérieur du bâtiment est jugé dans deux situations différentes de StM et de StS. Dans les figures 1, 2 et 3, l'exemple d'une exploitation fonctionnant en ventilation naturelle est présenté, et dans les figures 4, 5 et 6, le cas d'une exploitation équipée de ventilateurs. A chaque fois, une première image est réalisée avec les données du jour de la visite puis en situation de StM et enfin en situation de StS.

Légende figures 1 à 6 : Valeurs de l'indice HLI et niveau de stress ressenti par les animaux (Gaughan et al. 2010)

Conditions	Valeur du HLI	Code couleur
Pas de stress	<70	bleu clair
Stress léger	70 - 77	jaune
Stress modéré	77 - 86	orange
Stress sévère	86 - 96	rouge
Stress extrême	>96	bleu foncé

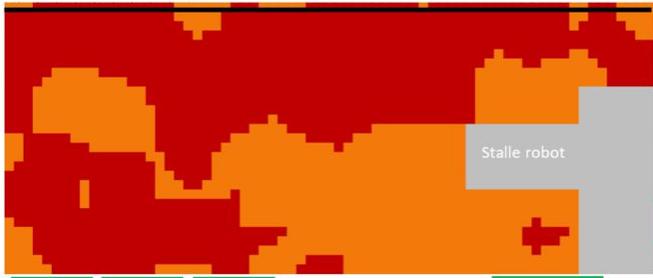


Figure 1 : Exemple de cartographie thermique issue du calcul du HLI dans un des bâtiments en ventilation naturelle avec les variables climatiques du jour (32 °C et 44 % d'HR)

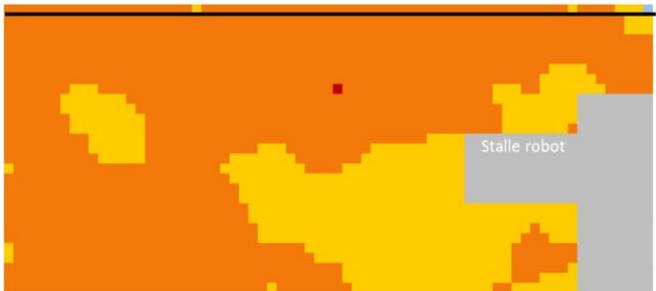


Figure 2 : Exemple de cartographie thermique dans un des bâtiments en ventilation naturelle en ramenant les variables climatiques moyennes à 27 °C et 45 % d'HR (StM)

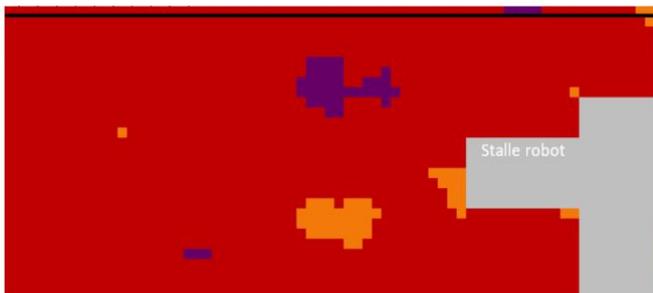


Figure 3 : Exemple de cartographie thermique dans un des bâtiments en ventilation naturelle en ramenant les variables climatiques moyennes à 33 °C et 55 % d'HR (StS)

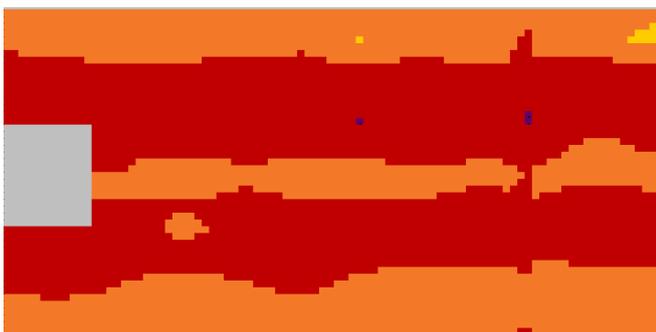


Figure 4 : Exemple de cartographie thermique issue du calcul du HLI dans un des bâtiments équipé de ventilateurs avec les variables climatiques du jour (34 °C et 47 % d'HR)

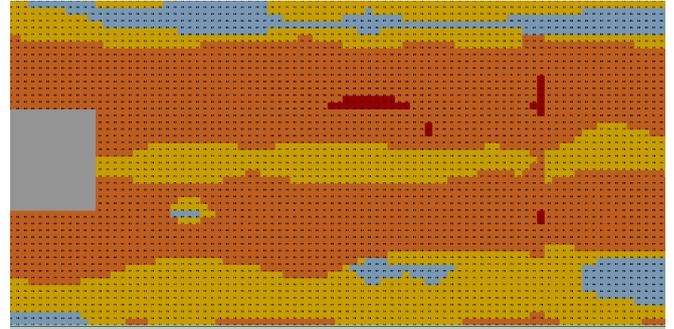


Figure 5 : Exemple de cartographie thermique dans un des bâtiments équipé de ventilateurs en ramenant les variables climatiques moyennes à 27 °C et 45 % d'HR (StM)

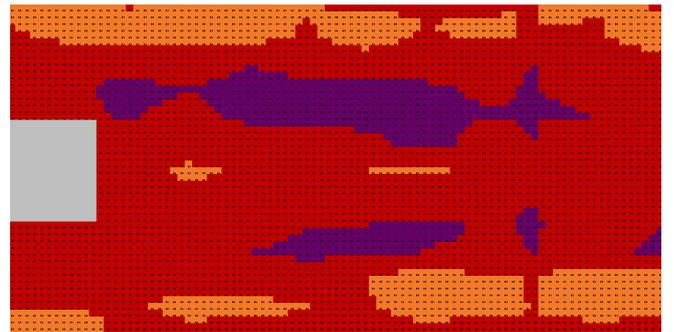


Figure 6 : Exemple de cartographie thermique dans un des bâtiments équipé de ventilateurs en ramenant les variables climatiques moyennes à 33 °C et 55 % d'HR (StS)

3. DISCUSSION

L'observation des animaux dans le bâtiment, à travers leur répartition et leurs postures donne une première indication sur le bien-être des vaches laitières. Le rassemblement d'animaux debout est fréquemment observé en période de stress thermique estival.

Le HLI reflète mieux le niveau de stress des animaux que le THI même si le coefficient de corrélation n'est que de 0,66. Le calcul du HLI a été réalisé à partir de valeurs mesurées à un instant donné mais ne prend pas en compte l'accumulation du stress subi depuis plusieurs heures voire plusieurs jours. Par ailleurs, les vaches désertant les zones les moins favorables du bâtiment lors des fortes situations de stress, la comparaison entre le HLI moyen du bâtiment et le score de halètement est donc faussée.

Les différences observées entre la température ambiante et la température du globe noir s'expliquent par des conceptions différentes, avec plus ou moins d'ombre à l'intérieur du bâtiment et plus ou moins de distance entre les matériaux (selon la hauteur de toiture et la proximité de murs) et les animaux.

Les résultats obtenus visualisés à travers les différentes cartographies donnent une image des zones plus ou moins confortables à l'intérieur des bâtiments, avec un éclairage également sur le confort thermique au sein du bâtiment en période de stress modéré ou sévère.

Dans les étables en ventilation naturelle, avec des températures à l'extérieur de l'ordre de 27 °C, le niveau de stress est léger à modéré. Dès que les conditions deviennent plus stressantes, en l'absence de vent, le bâtiment ne permet pas d'atténuer l'impact de ces conditions climatiques. Quand les journées chaudes s'enchaînent, il faut alors compter sur des conditions plus clémentes la nuit pour réduire la charge thermique dans le bâtiment.

Dans les étables expertisées et équipées de ventilateurs, les vitesses d'air apportées améliorent le confort dans les zones ventilées, y compris en conditions climatiques très stressantes mais augmentent fortement l'hétérogénéité de l'ambiance au sein du bâtiment. Les observations de la répartition des

animaux dans le bâtiment viennent confirmer l'image issue de la cartographie. Les animaux s'agglutinent dans les zones les plus favorables, risquant de gêner l'évacuation de la chaleur, et restent debout pour exposer leurs flans aux vitesses d'air dans les zones davantage ventilées. Dans toutes les étables visitées et équipées de ventilateurs, cette hétérogénéité plus ou moins forte a été observée démontrant une insuffisance en équipements ou en performance des ventilateurs, ce qui ne nous permet pas de juger de l'impact des ventilateurs sur le confort des animaux.

CONCLUSION

Le stress thermique estival a des répercussions sur le bien-être, la santé et la productivité des vaches laitières. L'amélioration des bâtiments est un enjeu de taille pour la filière laitière pour qu'ils soient adaptés aux conditions chaudes estivales en atténuant leur impact.

La méthode de diagnostic développée permet à l'éleveur de visualiser le confort à l'intérieur de son bâtiment, point de départ pour envisager des ajustements en réduisant tout d'abord le rayonnement, l'humidité au sein du bâtiment et en améliorant la ventilation naturelle. La cartographie thermique permet également d'objectiver l'efficacité d'équipements spécifiques (ventilateurs) pour diminuer la température ressentie par les animaux.

Cette méthode pourrait être déployée auprès des consultants en élevage et de spécialistes du bâtiment afin de mieux apprécier le fonctionnement des bâtiments en été, puis de fournir les conseils appropriés, qu'ils concernent l'amélioration de la ventilation naturelle, ou les solutions de ventilation mécanique.

Des travaux complémentaires sont en cours pour mieux évaluer les performances des différents ventilateurs présents sur le marché en réalisant des mesures des vitesses d'air, permettant ainsi une amélioration du conseil pour les agriculteurs souhaitant s'équiper.

Enfin, des investigations complémentaires pourraient être envisagées pour définir les conditions d'utilisation, en complément de la ventilation mécanique, de la brumisation et du douchage.

Les informations contenues dans cette étude ont été obtenues grâce à un programme financé par le CNIEL Ce travail a été rendu possible par l'implication des éleveurs, l'aide des différents organismes de conseil en élevage (Chambre d'Agriculture, BTPL, GDS, France Conseil Elevage) et la contribution de deux stagiaires : Morgane Lambert et Camille Mossler.

Cniel, Inrae, Météo France, Institut de l'élevage, Arvalis, Btpl, et Chambre d'agriculture pays de la Loire. 2018.

« Climalait, un programme concret pour accompagner les éleveurs laitiers dans leur adaptation au changement climatique ». <https://www.produits-laitiers.com/article/climalait-la-filiere-laitiere-anticipe-le-changement-climatique>.

Collier R.J., Zimbelman R.B., Rhoads R.P., Rhoads M.L. et Baumgard L.H. 2011. A Re-evaluation of the Impact of Temperature Humidity Index (THI) and Black Globe Humidity Index (BGHI) on Milk Production in High Producing Dairy Cows. In: Western Dairy, Management Conference, mars 2011, Reno. p. 113-126.

Das R., Sailo L., Verma N., Bharti P., Saikia J., Imtiwati et Kumar R., 2016. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World*, 9, 260-268.

Berman A. 2005. Estimates of heat stress needs for Holstein dairy cows. American Society of Animal Science.

Mader T.L., Davis M.S., Brown-Brandl T.M. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 84, 712-719.

Cook N.B., Mentink R.L., Bennett T.B., Burgi K., 2007. The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90, 1674-1682.

Gaughan J.B., Mader T.L., Holt S.M., Lisle A. 2007. A new heat load index for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 86, 226-234.

Gaughan, J. B., et J.C. Lees. 2010. « Categorising Heat Load on Dairy Cows ». Australian Society of Animal Production, 28th Biennial Conference of the Australian Society of Animal Production, 28 (Juillet): 105.

Morignat E., Perrin J.B., Gay E., Vinard J.L., Calavas D. et Hénaux V. 2014. Assessment of the impact of the 2003 and 2006 heat waves on cattle mortality in France. *PLoS one*, 9, e93176.