

RÉSUMÉ Le monitoring de la température à l'aide d'outils embarqués sur les bovins se démocratise. Initialement, les outils visaient à détecter les baisses de température précédant le vêlage. Aujourd'hui ce sont des systèmes enregistrant en continu les courbes de température de l'animal ce qui ouvre un champ d'application bien plus grand (santé, stress thermique entre autre). L'objectif de cet article est de faire un état des lieux des outils et dispositifs disponibles pour monitorer la température chez les bovins).

Le monitoring de la température chez les bovins : applications et perspectives

Le monitoring de la température chez les bovins : de l'utilisation pour la prédiction des vêlages à la détection des troubles de santé.

Par **Raphaël GUATTEO**^{1,2},
Anne RELUN^{1,2}, **Christophe CHARTIER**^{1,2}, **Alain DOUART**^{1,2}
& **Sébastien ASSIÉ**^{1,2}

1 - BIOEPAR, INRA, Oniris, 44307, Nantes, France

2 - Département Santé des animaux d'élevage et santé publique, Oniris, Atlanpole La chanterie, CS40706, 44307 Nantes Cedex 3

raphael.guatteo@oniris-nantes.fr

De nombreux outils embarqués sur l'animal permettent de monitorer la température de l'animal ou en tout cas permettent de détecter des variations de température annonciatrices d'évènements d'intérêt. Aussi si le monitoring de la fièvre pour la détection et la prise en charge des problèmes de santé fait sens en soi et n'a pas besoin d'être plus argumenté, il convient de garder à l'esprit que les premiers outils de monitoring de la température visaient plutôt à détecter des baisses et non des augmentations de température. En effet il s'agissait alors de détecter les vêlages, la température diminuant légèrement puis plus fortement à l'approche du part et ce d'autant plus que le dispositif est mis « in vaca » et est expulsé *in fine*.

Une certaine confusion peut régner sur le terrain sur le pourquoi du monitoring de la température, notamment chez les éleveurs, confusion qui vient en grande partie du fait que certains outils ne mesurent pas uniquement la température mais également d'autres paramètres tels que l'activité (permettant ainsi de

détecter les chaleurs) ou le pH (dans le rumen).

Avec des dispositifs permettant d'accéder à distance à la visualisation des courbes de température individuelles de chaque bovin, le suivi thérapeutique d'un animal (par l'éleveur ou le vétérinaire) peut s'envisager par le suivi de la température.

En Amérique du Nord, le monitoring de la température des animaux (notamment à la décharge du camion via une caméra infra-rouge) est une pratique fréquente afin de déterminer la nature du traitement de pré-conditioning (traitement à l'arrivée pouvant combiner antibiotiques, antiparasitaires..).

De façon plus récente que la détection des vêlages ou des troubles hyperthermisants, le monitoring de la température des bovins est également utilisé en pays/régions chauds pour le pilotage intelligent du bâtiment afin de modifier en temps utile la ventilation et de déclencher l'aspersion des animaux afin de les rafraîchir.

On retiendra ainsi qu'aujourd'hui les principales indications sont la détection des vêlages et la détection de troubles de santé hyperthermisants.

Panorama des outils disponibles

La liste des dispositifs connus actuellement par les auteurs embarquables sur les animaux (hors caméra thermique infra-rouge) est disponible dans le **Tableau 1**. Une liste régulièrement mise à jour des outils de monitoring est disponible sur le site du consortium 4D4F (*Data Driven Dairy Decisions for Farmers*) (<https://www.4d4f.eu/>). A titre d'information, on notera aussi que la mesure de la température peut s'effectuer par des systèmes de mesure infra-rouge à distance, ce système étant très utilisé dans certains pays (**Encadré** ci-contre).

Les thermobolus et les mesures tympaniques sont des alternatives à la prise de température rectale, chronophage et peu applicable en continu. Toutefois, les sondes externes sont très sensibles à la qualité de leur mise en place et aux conditions ambiantes à l'inverse du thermobolus ruminal. Les données du thermobolus doivent toutefois être traitées avant interprétation, les ingestions d'eau par exemple entraînant des chutes brutales et intenses de la température l'algorithme ne déclenche une alerte que si la température n'est pas revenue à la normale 60

Figure 1.

Illustration de la concomitance des hyperthermies et des traitements pour troubles respiratoires chez des jeunes bovins. D'après Timsit et al., 2011 (7).

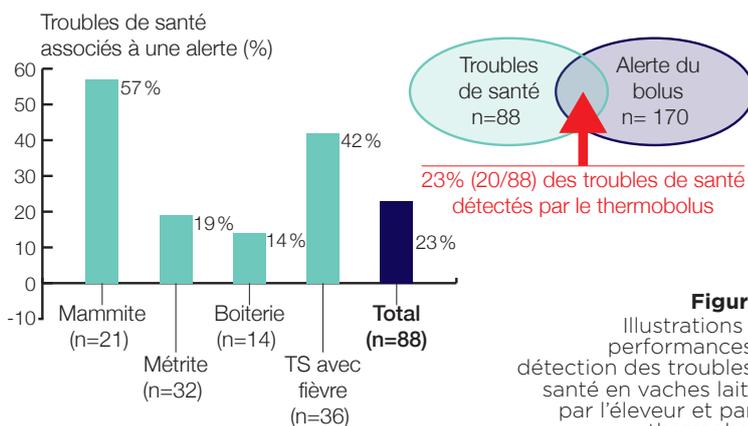
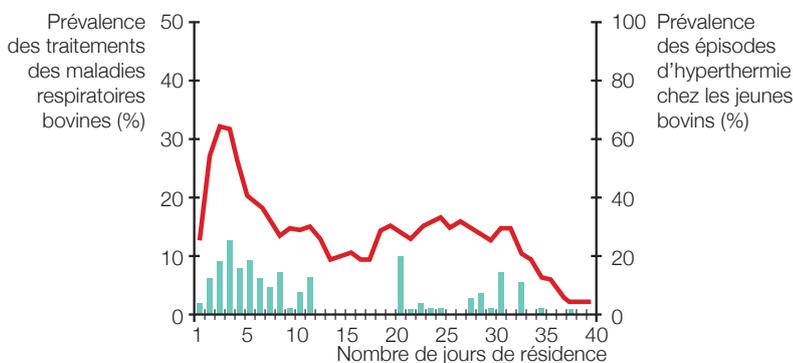


Figure 2.

Illustrations des performances de détection des troubles de santé en vaches laitière par l'éleveur et par un thermobolus. D'après Bareille et al., 2014 (1).

à 90 minutes après la buvée) ; de même que les fermentations ruminales peuvent augmenter cette température. Ainsi les corrélations température rectale vs ruminale ne sont pas parfaites mais c'est l'intensité d'une augmentation ou l'amplitude (durée et/ou intensité) de la montée de température qui nous intéresse.

Performances des dispositifs

On dispose toutefois de peu de données sur les performances de ces outils, ou alors les performances annoncées concernent la détection de l'évènement (vêlages quasi exclusivement) mais sans différencier ce qui vient de la modification de température de ce qui vient de la modification d'activité (souvent combinés pour générer les alertes). En l'absence d'informations sur les sensibilités et spécificités (notamment pour les alertes de santé), les outils ayant été exposés à des études courent le risque d'être pointés du doigt. C'est le cas par exemple du dispositif Fever tag (**Tableau 1**). Cet appareil ne fait ainsi pas consensus. Une étude rapporte ainsi qu'un traitement précoce des jeunes bovins basé sur une détection d'hyperthermie via une température tympanique supérieure à 39,8°C permet, d'une part, une réduction du nombre de traitements, et d'autre part, des performances de croissance équivalentes à celles obtenues lorsque des jeunes bovins sont traités sur la base de la présence d'au moins deux signes respiratoires et d'une température rectale supérieure à 39,8°C (5). Inversement, dans une seconde étude, le thermomètre tympanique est apparu avoir une mauvaise fiabilité due à un seuil d'activation trop élevé et à la difficulté de placement de la sonde (3). La nécessité de conduire des études indépendantes sur les outils est indispensable mais encore trop peu/pas pratiquées pour que les différents dispositifs disponibles puissent être comparés entre eux.

Une utilisation qui doit être réfléchié selon le contexte

Si certaines modifications telles que celle de la conductivité du lait se rapportent spécifiquement à la détection d'une mammite ou si une hyperactivité est très évocatrice de chaleurs, de nombreux autres signaux (rumination, température, fréquentation du robot) sont non spécifiques d'un trouble de santé particulier. A titre d'exemple, tout animal développant un processus infectieux voire un simple phénomène inflammatoire peut

avoir une hyperthermie. Si on utilise, un dispositif de mesure de la température (comme un thermobolus par exemple) pour détecter une maladie particulière, il ne faut pas perdre de vue que lorsqu'une alerte est émise pour un animal équipé, rien ne prouve qu'il soit effectivement atteint de cette maladie. L'alerte générée par le système doit donc déclencher la réalisation d'un examen clinique ou entraîner une surveillance accrue de l'animal.

Tout dépend du contexte d'élevage et de la prévalence attendue de la maladie, qui lorsqu'elle augmente, maximise la valeur prédictive des alertes. Ainsi, les résultats obtenus dans une étude (7) menée en élevage de jeunes bovins a abouti à des valeurs prédictives positives d'un thermobolus plutôt élevées (73%) bien qu'avec un lot de grande taille, le nombre de fausses alertes soit non négligeable (puisque 27% des alertes correspondent à des animaux sains ?) pouvant amener à une perte de confiance de l'éleveur et une charge mentale trop importante pour lui, génératrice de stress. Des éleveurs ayant équipé leurs jeunes bovins du dispositif Fever tag indiquaient ainsi parfois redouter d'ouvrir la porte du bâtiment et de voir « tous les animaux clignoter comme un sapin de Noël », de peur de ne pas savoir quelle conduite adopter en cas d'alerte. Néanmoins, s'il y a bien un système où le monitoring de la température pour la détection des troubles de santé est pertinent, c'est bien le système « jeunes bovins ». En effet dans ce système, les maladies respiratoires sont fréquentes (prévalence élevée à un instant, favorable à une bonne valeur prédictive positive) et une hyperthermie intense et durable a de grandes chances d'être attribuable à des troubles respiratoires (Figure 1).

A l'inverse, une étude menée chez des vaches laitières avec un bolus du même fabricant (mais avec des algorithmes de détection sans doute différents) a abouti à une valeur prédictive positive située entre 24 et 50% selon la prévalence des troubles de santé (1) (Figure 2).

Là encore, le résultat est attendu car la prévalence des maladies est faible en troupeaux bovins laitiers à un instant t (favorable à une bonne valeur prédictive négative mais défavorable à une bonne valeur prédictive positive)

Photos 2A, 2B, 2C et 2D.

Utilisations de la thermographie infra-rouge pour la détection d'affections podales ou l'estimation de la qualité du sperme.
D'après Montanholi et al., 2015 (4).

Encadré : Quid de la mesure infrarouge ?

La mesure de la température infrarouge est une mesure rapide, non invasive, non traumatique, potentiellement automatisable.

Les caméras thermiques de dernière génération sont plus faciles à utiliser, plus compactes et moins coûteuses. Elles permettent le stockage d'images et de vidéos infrarouges, pouvant être analysées par informatique.

Les images infrarouges ont déjà utilisées dans le cadre d'études évaluant le stress lié à une chirurgie, ou la thermorégulation des animaux dans certaines conditions d'ambiance. L'interprétation des images infra-rouges (dénommées thermogrammes) repose sur les connaissances relatives à la physiologie de la thermorégulation. Cette dernière est contrôlée physiologiquement par la vasoconstriction et la vasodilatation des vaisseaux cutanés. Les oreilles semblent ainsi être la partie du corps la plus adaptée pour la mesure de cette thermorégulation chez les bovins. S'il s'agit de la zone la plus sensible, elle n'est toutefois pas la plus spécifique car de nombreuses variations sont plus le fait des conditions extérieures. Parmi ces nombreuses applications, la thermographie infrarouge peut aussi être utilisée pour détecter la fièvre. Aussi, est-elle utilisée chez l'homme dans les aéroports pour surveiller la pandémie de SARS.

A ce jour, la principale contrainte à l'utilisation et la démocratisation de ce type d'appareillage et de données réside dans la difficulté de standardisation des mesures. De nombreux paramètres d'ambiance tels que l'hygrométrie, l'ensoleillement, la température extérieure, la vitesse du vent, la distance caméra-bovin ou l'angulation de la prise de vue font varier les thermogrammes de façon importante. Des variations individuelles importantes existent aussi entre animaux (influence de la couleur du pelage, variations inter-individuelles). Ce système n'est ainsi que peu voire pas utilisée à ce jour en France chez les bovins. Pourtant elle semble prometteuse pour la détection des nombreux troubles (troubles respiratoires, détection des mammites en robot, détection des boiteries/lésions podales avec des systèmes embarquées sur robot ou pédiluve automatique).

De nombreux travaux de recherche actuels travaillent à identifier les intérêts potentiels de cette mesure. On retiendra par exemple :

- La mesure de la température à distance des animaux pour piloter la ventilation et le rafraîchissement du bâtiment
- La détection des affections podales (cf image ci-dessous), notamment via des caméras embarquées sur le robot ou les pédiluves automatiques
- D'autres utilisations plus accessoires comme à l'évaluation à distance de la fertilité des reproducteurs via une estimation de la qualité du sperme (Photos 2A, 2B, 2C et 2D).

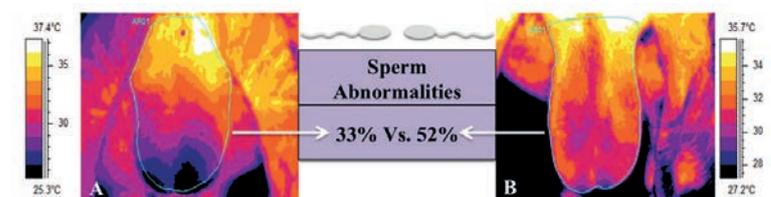
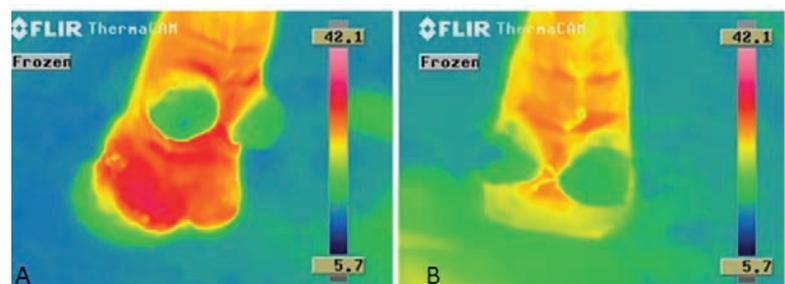


Tableau 1. Panorama des outils de monitoring de la température chez les bovins

Outil	Entreprise Site web	Localisation sur l'animal et utilisation	Nature de l'alerte
Fever Tag	FeverTags LLC https://fevertagsnew.godaddysites.com/	Oreille, sonde sur le tympan Santé	Flash clignotant
TekVet System	TekVet Technologies http://www.tekvet.com/low/_mgxroot/page_10734.html	Oreille, sonde sur le tympan Santé	Alerte via un système web
Sensor	CowManager https://www.cowmanager.com/en-us/	Oreille Santé et détection des chaleurs	Alerte via un système web et application smartphone
Temperature bolus	Phase IV Engineering https://www.phaseivengr.com	Thermobolus ruminal Santé	Sur l'Ordinateur
Herdstrong	DVM Systems LLC https://herdstrong.com/	Thermobolus ruminal Santé	Smartphone et ordinateur
Sanphone	Medria http://www.medria.fr/en/solutions/sanphone/	Thermobolus ruminal Santé	Smartphone et ordinateur
Bella Temperature bolus	BellaAg http://www.bellaag.com/	Thermobolus ruminal Santé	Sur l'Ordinateur
Farmbolus	eCow Limited https://www.ecow.co.uk/	Thermobolus ruminal Température et pH ruminal	Via le logiciel sur l'interface informatique
Wellcow bolus	Well Cow http://wellcow.co.uk/	Thermobolus ruminal Température et pH ruminal	Ordinateur
Smaxtec basic/premium bolus	smaXtec animal care GmbH https://www.smaxtec.com/en/	Thermobolus ruminal Température et pH ruminal. Prédiction du moment du vêlage. Détection des chaleurs	Application ou email
Cowsonweb	Cowsonweb http://www.cowsonweb.net/	Vagin Prédiction du moment du vêlage	Sms ou courriel
Vel'phone	Medria http://www.medria.fr/en/solutions/velphone/	Vagin Prédiction du moment du vêlage	Sms Alerte par SMS
iVet	iVET https://www.youtube.com/watch?v=KNh_yW1r_wg	Vagin Prédiction du moment du vêlage	Smartphone ou ordinateur
Anemon system	Anemon http://www.anemon-sa.ch/index.php?page=pages/activities&lg=en	Vagin	Smartphone ou ordinateur

D'après : <https://4d4f.eu/content/technology-warehouse>



◀ Fever Tag

TekVet System ▶



◀ Sensor

Temperature bolus ▶



◀ Herdstrong

Sanphone ▶



◀ BellaAg

Farmbolus ▶



◀ Wellcow bolus

Smaxtec bolus ▶



◀ Cowsonweb

Vel'phone ▶



◀ iVet

et lorsqu'une vache laitière déclenche une hyperthermie, l'éventail des troubles de santé associés potentiels est large ; de plus, certains troubles peuvent être difficiles à diagnostiquer, aboutissant à considérer certains signaux comme de faux positifs et de nombreux troubles (métaboliques par exemple) fréquents ne sont pas associés à de l'hyperthermie, impactant de fait la sensibilité de la détection des malades.

Ainsi, le monitoring de la température peut s'avérer fiable et pertinent dans un système/contexte donné et à l'inverse être inutile ou moins pertinent ailleurs. L'objectif et le système sont donc intimement liés.

Quid de l'innocuité ?

De la même manière que l'innocuité des médicaments est testée au-delà de leur efficacité (efficacy and safety), on pourrait se poser la question de l'évaluation de l'innocuité de dispositifs parfois embarqués sur ou dans les animaux (nombre de bolus administrables, interaction avec un aimant, lésions du vagin, lésion du tympan...), sans oublier la problématique environnementale liée à leur durée de vie et à leur éventuelle récupération à l'abattoir par exemple en vue d'une réutilisation. Ce processus de récupération, souhaitable d'un point de vue environnemental, est très compliqué à mettre en œuvre en pratique.

Les dispositifs intra-vaginaux ont notamment été modifiés ces dernières années afin de réduire les lésions du vagin (et les infections consécutives du tractus génital).

Une étude récente qui visait à investiguer l'impact positif sur la mortalité des veaux aux vêlages d'un dispositif intra-vaginal permettant via la température d'alerter sur l'imminence des vêlages a conduit à observer à l'inverse un taux de dystocies plus important chez les animaux équipés (58% vs 41%) du fait de la constriction vulvaire qu'il provoquait (dispositif iVet birth) (2).

Le dispositif Fever tag a également été rapporté comme pouvant être responsable d'otites dues au placement prolongé de la sonde dans le conduit auditif (6).

Tout comme ce qui concerne les performances des dispositifs, on ne dispose d'aucune donnée d'innocuité pour la grande majorité des dispositifs de monitoring en général et de mesure de la température en particulier.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - BAREILLE N, VIDECOQ L, DAVIÈRE JB, JOHAN M, GODIN S, LEYRAT-BOUSQUET E, LEMONNIER JP, LAMY JM, CHANVALLON A. Détection des troubles de santé des vaches laitières par la mesure de leur température ruminale. Rencontres Recherche Ruminants. 2014;21:15-18.
- 2 - HENNINGSSEN G, MARIEN H, HASSELER W, FELDMANN M, SCHOON H-A, HOEDMAKER M, HERZOG K. Evaluation of the iVET birth monitoring system in primiparous dairy heifers. Theriogenology. 2017;102:44-47.
- 3 - McCORKELL R, WYNNE-EDWARDS K, WINDEYER C & SCHAEFER A. Limited efficacy of Fever Tag® temperature sensing ear tags in calves with naturally occurring bovine respiratory disease or induced bovine viral diarrhoea virus infection. The Canadian Veterinary Journal. 2014;55:7:688-690.
- 4 - MONTANHOLI YR. 2015. Using infrared radiation to detect local inflammation in cattle. Vet Rec. 2015;176(12):306-7.
- 5 - RICHESON JT, POWELL JG, KEGLEY EB, HORNSBY JA. Evaluation of an ear-mounted tympanic thermometer device for bovine respiratory disease diagnosis. AAES Research Series. 2011;597:40-44.
- 6 - THEURER, ME, ANDERSON DE, WHITE BJ, MIESNER MD, MOSIER DA, COETZEE JF, LAKRITZ J & AMRINE DE. Effect of *Mannheimia haemolytica pneumonia* on behavior and physiologic responses of calves during high ambient environmental temperatures. Journal of animal science. 2013;91(8):3917-3929.
- 7 - TIMSIT E, ASSIÉ S, QUINIOU R, SEEGER S, BAREILLE N. Early detection of bovine respiratory disease in young bulls using reticulo-rumen temperature boluses. Vet J. 2011;190(1):136-42.

Conclusion

Au final de nombreux dispositifs existent déjà pour mesurer la température des bovins. Si leur utilisation se heurte au contexte de leur mise en place, ils ouvrent des perspectives en matière de médecine de précision, c'est-à-dire adaptée à chaque patient/animal compte-tenu de ses caractéristiques propres (ex du traitement précoce lors d'atteinte respiratoire ou de règles de mise en œuvre d'une métaphylaxie). Des travaux de recherche sont d'ailleurs en cours sur ce sujet.

Les JNGTV, rendez-vous le 16 mai : Ateliers Équins.



JNGTV

JOURNÉES NATIONALES
DES GROUPEMENTS TECHNIQUES VÉTÉRINAIRES

NANTES 15, 16 ET 17 MAI 2019

Retrouvez le congrès 2018 sur internet : www.sngtv.org