

# Utilisation de capteurs commerciaux non invasifs pour le suivi quotidien des bovins laitiers en ferme expérimentale

Matthieu BOUCHON<sup>1</sup>  
Nathalie THOLLON<sup>2</sup>  
Dorothée LEDOUX<sup>2</sup>  
Bernard SEPCHAT<sup>1</sup>

## CORRESPONDANCE

[matthieu.bouchon@inrae.fr](mailto:matthieu.bouchon@inrae.fr)

## RÉSUMÉ

Dans les fermes expérimentales aussi bien que dans les fermes commerciales, le suivi du comportement des animaux est un élément essentiel à la conduite du troupeau. Les personnels des établissements détenteurs et utilisateurs de bovins à des fins scientifiques utilisent l'observation visuelle pour ce suivi et peuvent la compléter par l'utilisation de données issues de capteurs, par exemple, des accéléromètres, développés pour le pilotage de l'élevage de fermes commerciales. Les accéléromètres Axel (Medria, France) sont des dispositifs commerciaux, non invasifs et bon-marché, couramment utilisés à cette fin. Afin de vérifier la qualité des données générées par ces capteurs, nous avons réalisé deux études de validation de données. Ces études montrent que la détection des activités (ingestion, rumination, activité, repos) est fiable ; on peut donc utiliser les données pour suivre les individus au cours de leurs activités journalières, détecter des anomalies de comportement et agir pour les corriger si on considère qu'elles sont susceptibles de relever de problèmes de santé ou de bien-être. Toutefois, les données générées par les capteurs ne sont pas utilisables telles qu'elles et nécessitent d'être retravaillées avant de pouvoir être utilisées pour le suivi du comportement au quotidien. À cet effet, l'interface Farmlife (outil d'aide à la décision développé par ITK/Medria) permet une analyse rapide et facile grâce à des graphiques générés automatiquement, mais les données ne sont pas disponibles sur le long terme. Automne, l'application développée par INRAE, permet, quant à elle, d'obtenir des informations plus fines, disponibles sur le long terme, mais nécessite un travail de mise en forme et d'analyse plus poussé. Dans cet article, nous illustrons l'utilisation des deux outils FarmLife et Automne pour le suivi des activités des animaux et l'analyse de leur comportement en ferme expérimentale.

## MOTS-CLÉS

Bien-être animal, activité quotidienne, capteurs, vaches laitières.

1 INRAE, UE 1414 Herbiopole, Theix, F-63122 Saint-Genes-Champanelle, France.

2 Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genes-Champanelle, France.

# Use of commercial non-invasive sensors for daily monitoring of dairy cattle on experimental farms

Matthieu BOUCHON,  
Nathalie THOLLON<sup>1</sup>  
Dorothée LEDOUX<sup>2</sup>  
Bernard SEPCHAT<sup>1</sup>

## CORRESPONDENCE

[matthieu.bouchon@inrae.fr](mailto:matthieu.bouchon@inrae.fr)

## ABSTRACT

On both experimental and commercial farms, monitoring animal welfare is an essential part of herd management. While human observation remains essential in facilities that keep and use cattle for experimental purposes, it can be supplemented by the use of data from sensors (accelerometers) developed for the management of livestock on commercial farms. Axel accelerometers (Medria, France) are commercial, non-invasive, low-cost accelerometers, widely used for that purpose. We carried on two studies to validate the outputs of these sensors. These studies show that the detection of activities (ingestion, rumination, movements, rest) by the sensors is accurate and thus, the sensors can be used to monitor individuals during their daily activities, detect anomalies in behaviour and eventually implement actions to correct them if we consider that they are likely to impair health or welfare. Nevertheless, sensor generated data are not usable per se and need to be processed before being analysed for daily monitoring. For that purpose, Farmlife (a software developed by ITK/Medria) allows quick and easy analysis thanks to automatically generated graphs, while AUTOMNE (an application developed by INRAE) provides more detailed information, but requires more complex formatting and analysis. We propose to illustrate the use of FarmLife and AUTOMNE tools, to track animals' activities and analyze animal behavior in experimental farms.

## KEYWORDS

Animal welfare, daily activity, sensors, dairy cows, monitoring.

<sup>1</sup> INRAE, UE 1414 Herbipole, Theix, F-63122 Saint-Genes-Champanelle, France.

<sup>2</sup> Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genes-Champanelle, France.

## Introduction

Avec l'accroissement constant de la taille des cheptels bovins, depuis les années 1990, et la réduction de la main d'œuvre, le suivi individualisé des animaux est devenu de plus en plus complexe et chronophage. Les établissements détenteurs et utilisateurs de bovins à des fins scientifiques sont eux aussi soumis à ces contraintes ; ils sont aussi particulièrement attendus sur l'amélioration de leurs pratiques de suivi des animaux, notamment lorsque ceux-ci sont inclus dans des expérimentations.

Simultanément à l'augmentation de la taille des troupeaux, des outils numérisés et connectés (outils d'élevage de précision) ont été développés pour aider au pilotage du troupeau. Ils ont connu un essor fulgurant, depuis les années 2000, permettant de les rendre accessibles. C'est notamment le cas de nombreux capteurs embarqués et non invasifs, tels que les accéléromètres, développés à l'origine pour aider à la détection des chaleurs des bovins. Véritables innovations en élevage, les accéléromètres sont de loin les capteurs les plus répandus, et de ce fait, les plus abordables.

Les firmes commerciales à l'origine de ces innovations ont rendu accessibles et facilement interprétables les données issues de ces capteurs, ne se limitant pas à la détection des chaleurs. Ainsi, sont fournies à l'éleveur des informations sur les activités réalisées par les bovins (ingestion, rumination, station debout ou couchée, déplacement, etc.) et des alertes en temps réel sur les individus constituant les troupeaux (prédiction du vêlage, de troubles sanitaires, etc.). Différentes études ont permis de montrer que ces capteurs présentaient de nombreux avantages, via l'amélioration de la détection des chaleurs (Chanvallon *et al.*, 2012 ; Rutten *et al.*, 2013), le gain de temps et de souplesse de travail (Jago, 2011), ou encore la diminution de la charge mentale de l'éleveur (Hostiou *et al.*, 2014). À l'instar des fermes commerciales, les établissements détenteurs et utilisateurs de bovins à des fins scientifiques ont aussi un intérêt à utiliser les données issues de ces capteurs, afin de suivre précisément les individus au cours de leurs activités journalières, de détecter des anomalies de comportement et d'agir pour les corriger, si elles relèvent de problèmes de santé ou de bien-être.

Cet article s'intéresse en particulier aux accéléromètres commercialisés par Medria, couramment utilisés pour la détection des chaleurs. Nous étudierons dans un premier temps la validité des données d'activité fournies par le capteur. Les données générées n'étant pas utilisables en tant que telles pour le suivi du comportement, différentes applications ont été développées pour y parvenir. FarmiLife, un outil d'aide à la décision proposé par Medria à destination des éleveurs, permet une analyse facile et rapide des données grâce à des graphiques générés automatiquement dans une interface web (graphique représentant notamment le budget-temps des bovins). Cependant, les données chiffrées ne sont pas accessibles dans une base de données et sur la durée. Elles ne sont disponibles qu'en image et sur le dernier mois au mieux. Automne, un outil développé par INRAE, propose quant à lui de générer des données retravaillées, disponibles dans un

tableau de données, mais nécessite un travail de mise en forme et d'analyse plus complexe. Nous illustrerons l'utilisation de ces deux outils d'analyse à des fins de suivi des activités et du comportement grâce à un exemple en ferme expérimentale.

## Présentation du capteur Axel Medria

Le capteur Axel Medria (ITK/Medria, France) est, avant tout, un outil destiné à aider les éleveurs dans le suivi des chaleurs et la prise de décisions liées à la reproduction. Des fonctionnalités lui ont été ajoutées au cours du temps (et sous réserve de souscription à l'option), permettant de suivre les temps de rumination et d'ingestion, afin de détecter des troubles d'ordre alimentaire. C'est un outil d'élevage de précision assez répandu en ferme commerciale

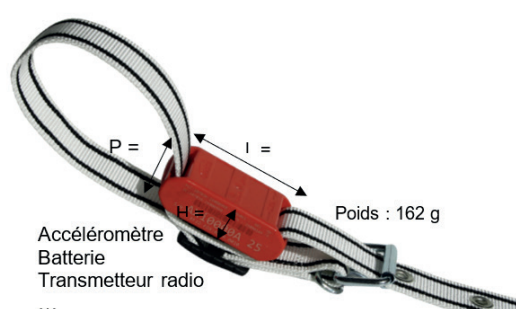


Figure 1. Dimensions (en mm) et poids du capteur Axel Medria, représenté monté sur une sangle (Source photo : Medria)

(6 000 élevages, 300 000 bovins équipés). Le dispositif repose sur l'utilisation d'un accéléromètre triaxial monté sur un collier. Le boîtier, incluant le capteur avec sa batterie et l'électronique servant à la communication des données, mesure 100 x 48 x 30 mm et pèse 162 g (Figure 1). Les données sont transmises de façon automatique par radiofréquence à un récepteur qui peut être situé jusqu'à 1 km de l'animal. Le dispositif est capable de stocker les informations pendant cinq jours. La durée de vie des batteries est estimée à cinq ans en moyenne. Il n'y a, ainsi, aucune manipulation à effectuer auprès des animaux, excepté la pose des colliers, lesquels restent en place plusieurs années. Ainsi, le comportement des animaux n'est pas perturbé par l'outil d'enregistrement des activités.

Les données brutes d'accélérométrie sont collectées par la société Medria : cette dernière en assure le traitement pour les convertir en informations directement interprétables par l'utilisateur, qui accède aux alertes/informations via une interface web (FarmLife). Une étape intermédiaire de traitement de la donnée brute est également disponible, sur demande avec un coût associé, et fournie sous forme de fichier .csv. Ces données prétraitées, dont l'algorithme de traitement n'est pas connu, sont appelées « données normalisées » (Figure 2) et consistent en un jeu de données au pas de temps de 5 min retraçant l'activité majoritaire de l'animal pour chacune de ces périodes de 5 min, à savoir :

- ingère ;
- rumine ;
- se repose ;
- a une autre activité ;
- est en suractivité.

En parallèle de cette information, le jeu de données normalisées indique la posture de l'animal (debout/couché). Les données normalisées sont ainsi analysables sans compétence spécifique en accéléromètres, contrairement aux données brutes qui nécessitent le développement d'algorithmes complexes.

farm_id	animal_id	device	date (UTC)	ingestion_trough_pasture	ruminant	rest	other_activity	over_activity	standing_up
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 13:40	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 13:45	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 13:50	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 13:55	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 14:00	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 14:05	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 14:10	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 14:15	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 14:20	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 14:25	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 14:30	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	1.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 14:35	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	1.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 14:40	0.000000	0.000000	2.000000	0.000000	0.000000	1.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 14:45	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	1.000000	1.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 14:50	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 14:55	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 15:00	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 15:05	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 15:10	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 15:15	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 15:20	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
FR-15114107	FR153600664	AX009P7	01/01/2019 15:25	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000

Figure 2. Extrait d'un jeu de données « normalisées ». En bleu, on lit que l'animal était au repos couché jusqu'à 14 h (rest = 1 ; standing\_up = 0), en vert, qu'il a ruminé en position debout de 14 h 10 à 14 h 30 (ruminant = 1 ; standing\_up = 1) et en rouge, qu'il a ingéré en position debout à partir de 14 h 50 (ingestion = 1 ; standing\_up = 1).

## Validation de la détection des activités par le capteur Axel Medria

Plusieurs études se sont déjà intéressées à la validité des alertes fournies par le système Medria ou de systèmes commerciaux très proches (Chanvallon *et al.*, 2012 ; Delagarde et Lambertson, 2015 ; Philippot *et al.*, 2010 ; Rutten *et al.*, 2013), et montrent globalement de très bons résultats : plus de 90 % de correspondance entre l'alerte « animal en chaleurs » émise par les outils numériques et les observations sur le terrain. À notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressée à la précision/exactitude du capteur et des algorithmes permettant d'établir le jeu de données normalisées pour détecter les activités susmentionnées.

En 2017 et 2018, deux études ont été menées à l'Unité Expérimentale Herbipôle de Marcenat (<https://herbipole.clermont.hub.inrae.fr/>) pour analyser la précision et la fiabilité des capteurs Axel Medria qui équipent l'ensemble des vaches laitières du troupeau. Les tests ont été réalisés lors de leur utilisation en bâtiment ou au pâturage et consistaient à confronter les données issues des capteurs à des données d'observations en direct réalisées par un observateur.

- Les proportions de vrais positifs (VP – Medria et observateur sont d'accord sur la réalisation de l'activité), de vrais négatifs (VN – Medria et observateur sont d'accord sur la non-réalisa-

tion de l'activité), de faux positifs (FP – Medria enregistre une activité que l'observateur n'enregistre pas) et de faux négatifs (FN – L'observateur enregistre une activité que Medria n'enregistre pas) ont été calculées pour chaque activité, et les indicateurs suivants ont été déterminés :

- la sensibilité (Se) : probabilité que l'activité soit détectée par Medria, si l'activité est effectivement réalisée –  $Se = VP/(VP + FN)$  ;
- la spécificité (Sp) : probabilité que la non-détection d'une activité par Medria corresponde effectivement à une activité non réalisée –  $Sp = VN/(VN+FP)$  ;
- la précision (Pr) : probabilité que l'activité soit effectivement réalisée lorsque Medria la détecte –  $Pr = VP/(VP + FP)$  ;
- l'exactitude (Ex) : proportion d'activité bien détectée par Medria sur la somme des activités –  $Ex = (VP + VN)/(VP + VN + FP + FN)$  ;
- le F-score : mesure de la performance globale du capteur Medria combinant sensibilité et précision –  $F\text{-score} = 2 \times ((Pr \times Se)/(Pr + Se))$ .

Nous chercherons principalement à obtenir de bonnes exactitudes, si possible conjuguées à de bons niveaux de précision. Le F-score est particulièrement adapté aux activités qui présentent un fort taux de VN, qui impactent notamment la spécificité.

## Validation en stabulation

En 2017, six vaches, parmi un lot de neuf animaux, trois de race Prim'Holstein (n = 3 ; Poids vif (PV) = 659 ± 59,5 kg ; Jours de lactation (JLac) = 159 ± 28,3 j ; Production laitière (PL) = 28,6 ± 3,33 kg/j) et trois de race Montbéliarde (n = 3 ; PV = 653 ± 58,1 kg ; JLac = 163 ± 15,1 j ; PL = 26,7 ± 2,80 kg/j) ont été observées en bâtiment, où elles disposaient d'un accès à douze logettes et neuf places de cornadis. Elles recevaient une ration constituée de 80 % de fourrage et 20 % de concentrés à l'auge et étaient traitées deux fois par jour (6 h 30 et 16h, salle de traite 2 x 14 en épi [Delaval, Suède]). Les vaches ont été observées en continu, pendant huit jours, par un seul observateur situé en dehors du parc, par groupe de race et par période de 30 min, 1 h ou 2 h (Tableau 1) entre 11 h et 15 h, plage durant laquelle la variation d'activité a été jugée la plus importante (périodes de repas et de repos présentes) et où le moins d'interventions humaines avaient lieu dans le bâtiment. Au total, chaque animal a été observé pendant 12 h. Pour chaque activité, l'observateur notait l'heure précise (à la seconde) du début et de la fin de l'activité. Les activités observées étaient les suivantes :

- ingère : la vache est debout et alterne préhension tête basse et mastication tête haute ;
- rumine : la vache mâche, la tête en haut. La rumination comprend la régurgitation du bol alimentaire. La vache peut être debout ou couchée ;
- se repose : la vache ne montre aucune activité et peut être debout ou couchée.

**Tableau 1.** Plan d'observation des vaches au bâtiment lors de l'essai de validation de données de 2017

J1	30 min - Prim'Holstein	2 h - Montbéliard	1 h - Montbéliard
J2	1 h - Prim'Holstein	30 min - Montbéliard	2 h - Prim'Holstein
J3	2 h - Montbéliard	1 h - Prim'Holstein	30 min - Montbéliard
J4	30 min - Prim'Holstein		
J5	30 min - Montbéliard	2 h - Prim'Holstein	1 h - Prim'Holstein
J6	1 h - Montbéliard	30 min - Prim'Holstein	2 h - Montbéliard
J7	2 h - Prim'Holstein	1 h - Montbéliard	30 min - Prim'Holstein
J8	30 min - Montbéliard		1 h - Prim'Holstein

En parallèle, l'observateur notait également la position debout/couchée de l'animal. L'observateur enregistrait également d'autres activités lorsqu'il estimait qu'elles pouvaient être pertinentes pour une analyse plus approfondie : par exemple, manger du sel ou boire, ce qui pourrait être confondu avec ingérer. Pour chaque période de 5 min, l'activité majoritaire a ensuite été encodée pour pouvoir être comparée aux données normalisées Medria. Ces observations directes ont constitué le *gold standard*.

Les performances du capteur varient selon l'activité concernée, mais toutes les activités présentent une bonne combinaison exactitude-précision, sauf le repos, pour lequel la précision est inférieure (44 % vs 86 % en moyenne) (Tableau 2). Le F-score n'apporte pas d'informations supplémentaires utiles dans ce cas, les activités ayant été observées dans des proportions assez proches. In fine, les performances du capteur en bâtiment sont acceptables, par comparaison avec des observations sur le temps court, notamment du fait d'une bonne exactitude.

**Tableau 2.** Performance du capteur Axel Medria mesurée lors des observations en bâtiment en 2017

Critère	Ingestion	Rumination	Repos	Posture (debout)
Sensibilité (Se)	64,31 %	63,95 %	71,67 %	91,67 %
Spécificité (Sp)	91,63 %	94,52 %	87,56 %	55,74 %
Précision (Pr)	89,13 %	83,19 %	44,33 %	86,33 %
Exactitude (Ex)	77,53 %	85,43 %	85,63 %	82,79 %
F-score	0,74	0,72	0,55	0,89

## Validation au pâturage

En 2018, trois Prim'Holstein (Ho) et trois Montbéliardes (Mo), en fin de première lactation, ont été utilisées (PVHo = 687 ± 79,8 kg, PVMo = 679 ± 60,0 kg; JLacHo = 256 ± 11,7 j, JLacMo = 229 ± 3,1 j; PLHo = 16,5 ± 1,88 kg/j, PLMo = 14,7 ± 1,94 kg/j). Les six vaches étaient en pâture 22 h

par jour à un chargement de 0,25 UGB/ha et étaient rentrées deux fois par jour pour la traite (6 h 30 et 16 h, salle de traite 2x14 en épi). Les vaches ont été observées par groupe de trois par un seul observateur formé, placé à l'extérieur de l'enclos pour ne pas déranger les vaches. Chaque groupe de trois vaches a été observé 5 h par jour (de 9h à 12h et de 13h à 15h) six fois, ce qui représente 30 h par vache et un total de 180 h d'observation. Le protocole de notation des activités est le même que celui utilisé lors de l'essai en stabulation, à la différence de l'activité « ingère » qui devient « pâture » et qui est définie de la façon suivante : la vache est debout, tête baissée, et coupe et/ou mastique l'herbe. Les mêmes indicateurs de performance que pour les observations réalisées en stabulation ont été calculés.

**Tableau 3.** Performance du capteur Axel Medria mesurée lors des observations au pâturage en 2018

Critère	Ingestion	Rumination	Repos	Posture (debout)
Sensibilité (Se)	81,54 %	76,68 %	67,72 %	89,38 %
Spécificité (Sp)	93,26 %	91,86 %	93,03 %	62,46 %
Précision (Pr)	96,32 %	66,06 %	54,29 %	89,28 %
Exactitude (Ex)	85,25 %	89,26 %	89,81 %	83,40 %
F-score	0,88	0,71	0,89	0,89

Les performances du capteur varient d'une activité à l'autre. Tous les comportements montrent une bonne exactitude tandis que la précision reste encore faible pour le repos (55 % vs 85 % en moyenne). Cependant, pour les vaches ayant passé la plupart du temps à manger lors de ces observations, en lien avec le rythme classique d'une vache au pâturage effectuant un gros repas le matin à la mise à l'herbe et un petit repas avant la traite du soir (Sheahan *et al.* 2013), le F-score est plus pertinent pour étudier le repos et la rumination. Il s'élève respectivement à 0,71 et 0,89 pour ces activités. Nous pouvons donc considérer que les performances du capteur, lors de son utilisation au pâturage, sont bonnes à très bonnes pour tous les comportements.

En stabulation comme au pâturage, malgré le faible nombre d'animaux observés et des différences méthodologiques, les résultats sont proches de ce qui est décrit dans la littérature quand il s'agit de développer des algorithmes spécifiques à la détection d'une activité précise à partir de données brutes : Nielsen *et al.* (2013) ont rapporté des niveaux de sensibilité et de spécificité de 85 % et 82 % pour une précision de 78 % dans le cadre de la détection de l'ingestion au pâturage ; Martiskaian *et al.* (2009) ont détecté, avec une exactitude supérieure à 80 %, huit activités différentes à l'aide d'une méthode de « machine learning ». Les résultats obtenus nous permettent donc de considérer les données acquises par les capteurs Medria comme des proxys fiables de l'activité des vaches laitières, tant en stabulation qu'au pâturage.



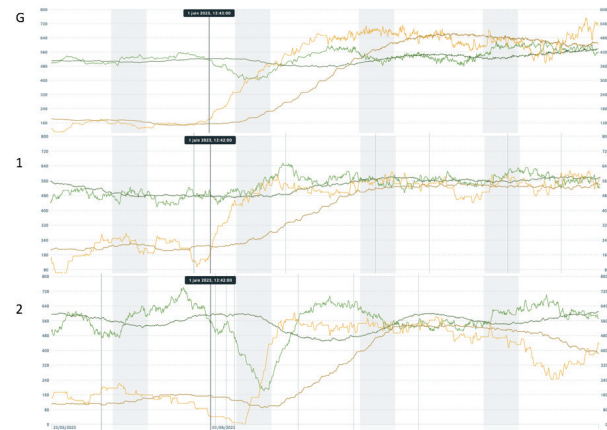
## Utilisation du capteur Axel Medria pour le suivi des animaux en expérimentation

Suivi des activités au quotidien : utilisation de l'interface FarmLife

L'interface utilisateur FarmLife, fournie et développée par Medria pour l'aide au pilotage des bovins en fermes commerciales, peut être aussi utilisée par les personnels des unités expérimentales (UE) hébergeant un troupeau de bovins. Cet outil propose un formatage automatique des données normalisées, sous forme de graphiques notamment, permettant une analyse rapide et simple des informations collectées par les capteurs. Nous illustrerons l'utilisation de l'interface utilisateur FarmLife à travers un exemple de suivi de la transition alimentaire entre une période d'affouragement en vert et la mise à l'herbe au printemps. En effet, le suivi des paramètres liés à l'alimentation peut être particulièrement intéressant pour un suivi de la santé des animaux, lorsqu'ils sont soumis à des variations de régime alimentaire susceptibles d'entraîner des perturbations des processus digestifs (transitions, régimes expérimentaux...).

Au printemps 2023, 28 vaches ont été affouragées en vert en bâtiment dans des auges peseuses (BioControl, Pologne). L'herbe était distribuée deux fois par jour, juste après la coupe. Le ratio vache : auge était de 2:1, créant donc une certaine compétition, inhérente à l'utilisation de ce type de matériel, dans l'accès à l'alimentation. Le comportement alimentaire est alors marqué par des quantités ingérées importantes en peu de temps, notamment juste après la distribution de la ration. Le temps d'ingestion total quotidien était alors de 3 à 4 h par jour pour  $90,0 \pm 17,9$  kg d'herbe ingérée, soit  $15,7 \pm 2,88$  kg de matière sèche. La mise à l'herbe s'est effectuée sans transition le 1<sup>er</sup> juin 2023. La figure 3 décrit l'activité du groupe et de deux animaux autour de cette période. Lors de la mise à l'herbe, le temps d'ingestion a augmenté, en lien avec les modalités d'accès à l'alimentation et au temps inhérent aux processus de prélèvement d'herbe à la pâture et de recherche alimentaire. Le temps d'ingestion est passé ainsi de 3-4 h à plus de 7 h par jour en moyenne, ce qui correspond à un temps d'ingestion « normal » de vaches au pâturage tel qu'il est rapporté dans la littérature. Manzocchi *et al.* (2019) ont rapporté, par exemple, des temps d'ingestion variant de 5 h 30 à 8 h en fonction des modalités d'accès au pâturage. Sur toute cette période, et malgré un changement dans le rythme d'ingestion et les modalités de distribution de l'herbe, le temps de rumination est resté stable, environ 10 h par jour. En revanche, la vache dont la courbe est montrée en 2 sur la figure 3, a présenté des activités alimentaires différentes du groupe et de la vache 1 à la date de la mise à l'herbe : une journée passée sans ingérer ou presque et un temps de rumination fortement affecté le jour suivant. De plus, lors du changement de parc avec de l'herbe très abondante et à un stade phénologique avancé, la vache 2 a présenté des activités alimentaires différentes du reste du groupe : diminution du temps d'ingestion qui pourrait être expliquée par moins de

temps de recherche et une ingestion plus rapide. Ainsi, l'utilisation du capteur et de l'interface utilisateur Medria FarmLife a permis de détecter deux activités alimentaires différentes sur deux vaches placées dans les mêmes conditions, ayant conduit notamment à l'inspection de la vache 1 qui ne présentait finalement aucune anomalie de santé.



**Figure 3.** Évolution de l'activité alimentaire (moyennes glissantes 24 h et 7 j) fournie par l'interface FarmLife (MEDRIA, France) : temps d'ingestion (orange clair et orange foncé) et de rumination (vert clair et vert foncé) du groupe complet de vaches équipées d'un capteur AXEL (N= 28) (G), et de deux vaches (1) et (2) du groupe, au cours d'une période d'affouragement en vert en bâtiment avec compétition à l'auge, puis en pâture (mise à l'herbe : ligne noire pleine ; changement de parcelle : ligne noire tiret).

Au bilan, le suivi régulier des graphiques issus des données générées par le capteur (évolution de l'ingestion, de la rumination...) est un élément aidant au suivi des animaux. Les anomalies visibles sur les courbes doivent être analysées au regard des éléments de la conduite à notre disposition (ex. : changement de lot ou de de conduite alimentaire). Si aucun évènement à l'échelle du troupeau ne permet d'expliquer ces anomalies, elles peuvent être le reflet d'un problème relatif à la dégradation de la santé de la vache (Ledoux *et al.*, 2023). Une diminution du temps de rumination par exemple, notamment sur une période de transition alimentaire, doit alerter sur un possible cas d'acidose ruminale subaiguë (Antanaitis *et al.* 2019) et doit conduire à une inspection de l'animal pour pouvoir agir précocement si besoin.

Raffinement du suivi des activités au quotidien : l'application Automne

L'application R-Shiny Automne (Automatisation du traitement des données MEDRIA normalisées) a été développée par l'Unité Expérimentale Herbipôle (Sepchat *et al.*, 2022). Elle fournit aux utilisateurs des Unités Expérimentales des éléments complémentaires à ce que peut fournir l'interface FarmLife pour le suivi des bovins en expérimentation. En plus de l'information sur les temps passés à réaliser les différentes activités à l'échelle individuelle, l'application permet, en effet, de calculer d'autres indicateurs à partir des données normalisées fournies par Medria, tels que :

- la durée et la chronologie (ie leur enchaînement temporel) des activités,

- le fractionnement des activités : nombre de fois où une activité est réalisée au cours d'une période donnée,
- la synchronisation des animaux : pourcentage d'animaux réalisant la même activité que l'animal étudié au cours d'une période donnée.

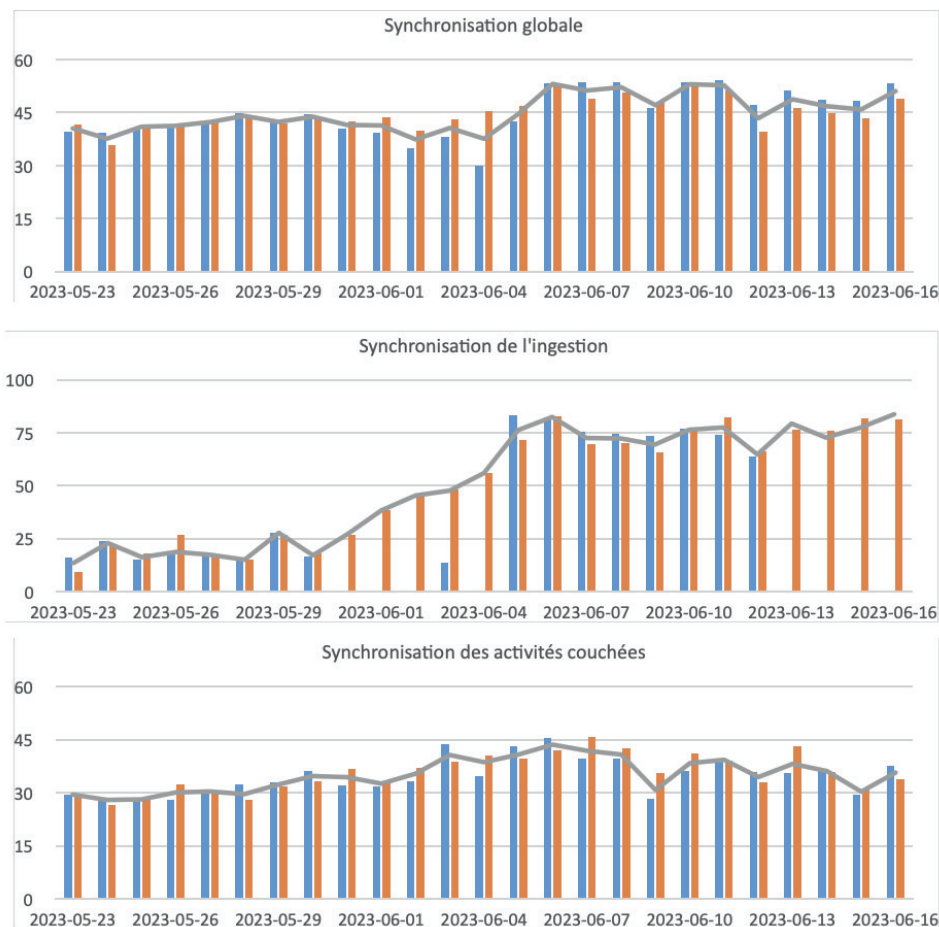
Pour illustrer les possibilités d'Automne, nous utiliserons le même exemple que précédemment. Les représentations proposées ont été réalisées grâce à Excel, à partir des fichiers de données générés par Automne. Nous nous intéresserons plus particulièrement à la synchronisation des activités entre les individus du groupe et au fractionnement de leurs activités. Les bovins sont des animaux grégaires qui synchronisent leur activité. Suivre la synchronisation des activités d'une vache permet d'évaluer une partie de son comportement social, essentiel à son bien-être (Aubé *et al.*, 2022).

Sur les graphiques de la figure 4, l'animal 2 (en bleu) s'est désynchronisé des autres animaux de son lot (courbe grise), contrairement à l'animal 1 (en orange), sur les jours qui ont suivi la mise à l'herbe. C'était en particulier l'activité d'ingestion de l'animal 2 qui n'était plus synchronisée avec celle des autres animaux depuis la veille de la mise à l'herbe, tandis que le temps couché était resté. Le graphique représentant le fractionnement global des activités (Figure 5a) a montré par ailleurs que l'animal 1 avait un fractionnement de ses activités sensiblement moindre par rapport à celui

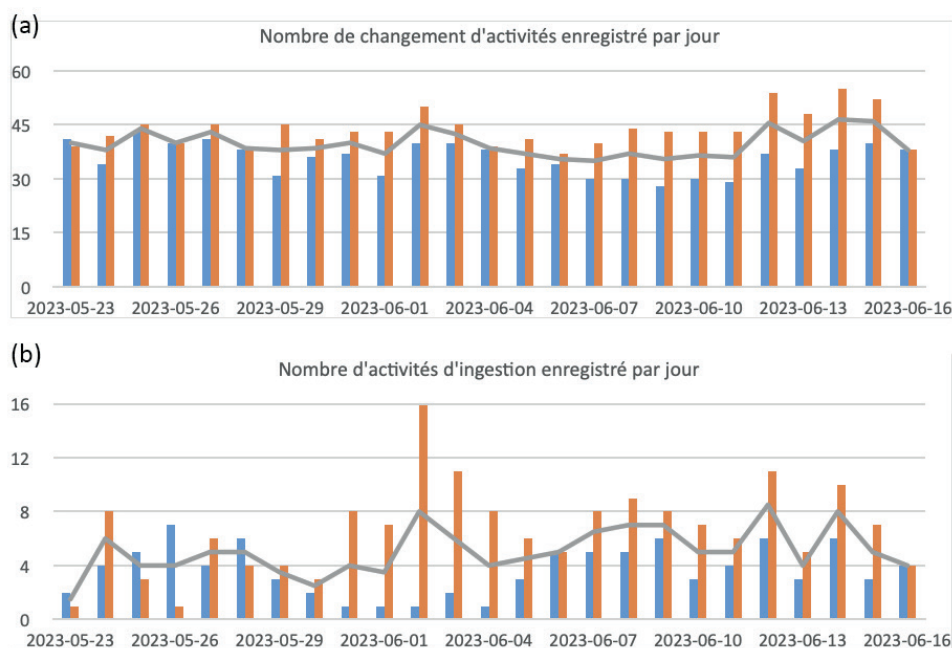
du groupe, tandis que l'animal 2 a montré un fractionnement accru, expliqué par le nombre d'activités d'ingestion à compter de la mise à l'herbe (Figure 5 b). Ainsi, l'animal 2 a probablement peu mangé et à des moments différents des autres; il a effectué très peu de repas dans les jours qui ont suivi la mise à l'herbe, contrairement à l'animal 1 qui a plus que doublé son nombre de repas.

Ces données à l'échelle de la journée, bien que nécessitant un certain travail d'analyse, sont importantes dans le suivi d'un tel protocole, étant donné que ces modifications de comportement (synchronisation et fractionnement des activités) sont difficilement détectables par observation humaine. En effet, les observations humaines en continu 24 h/24 d'un troupeau entier sont impossibles à réaliser, et ces modifications de comportement ne peuvent pas être repérées lors des moments d'observation privilégiés que sont la traite et la distribution de l'alimentation.

L'analyse du comportement en cours d'expérimentation, grâce aux données issues des capteurs, permet donc d'améliorer la détection d'anomalies du comportement et la prise en charge des animaux, en déclenchant une visite de contrôle, une modification de conduite ou encore un soin. L'analyse du comportement peut également permettre d'apporter, dans une analyse rétrospective, des éléments de compréhension pour interpréter des résultats expérimentaux.



**Figure 4.** Synchronisation (% d'animaux réalisant la même activité que l'animal étudié au cours de la journée) issue de l'application AUTOMNE du groupe complet de vaches équipées d'un capteur AXEL (N= 28 (ligne grise) et de deux vaches (animal 1 : barre orange et animal 2 : bleu) du groupe au cours d'une période d'affouragement en vert en bâtiment avec compétition à l'auge, puis en pâture (mise à l'herbe le 01/06/2023).



**Figure 5.** Fractionnement (nombre de fois où une activité est réalisée au cours d'une journée) globale (a) et relatif à l'ingestion (b) issu de l'application AUTOMNE du groupe complet de vaches équipées d'un capteur AXEL (N= 28 (ligne grise) et de deux vaches (animal 1 : barre orange et animal 2 : bleu) du groupe au cours d'une période d'affouragement en vert en bâtiment avec compétition à l'auge, puis en pâture (mise à l'herbe le 01/06/2023).

## Recommandations pour l'utilisation des capteurs (accéléromètres)

Afin de tirer le meilleur parti des informations fournies par les capteurs Axel, quelques recommandations nous semblent de rigueur.

Le matériel n'exige que très peu d'entretien, mais il faut tout de même s'assurer régulièrement de son bon fonctionnement. La première recommandation concerne le placement des colliers sur les animaux. Il convient, chaque fois que cela est possible (chantier de pesée par exemple), de vérifier le bon positionnement des capteurs sur l'encolure de l'animal, mais également de vérifier le bon serrage de la sangle, notamment sur des animaux en croissance chez lesquels il est nécessaire d'agrandir régulièrement la longueur de cette dernière pour éviter toute blessure.

En termes de suivi du bon fonctionnement des dispositifs, l'interface FarmLife permet de voir les dates et heures de dernière lecture de chacun des colliers. Un mauvais déchargement des colliers peut avoir différentes origines :

- la borne n'a pas lu le collier, car la vache n'est pas passée assez proche de la borne radio ou n'est pas restée assez longtemps à proximité. Cela peut notamment être le cas au pâturage, quand les animaux passent un temps court dans le bâtiment. La borne est alors « engorgée » et n'a pas le temps de récupérer les données de tous les colliers ;
- le capteur n'a plus de batterie. Il convient alors de procéder à son remplacement complet, les batteries n'étant pas accessibles dans le boîtier scellé.

Il est également possible de repérer des colliers qui n'enregistrent pas d'activité alors qu'ils sont censés être en place sur des animaux. En général, il s'agit de colliers qui ont été perdus par les animaux. Afin de repositionner le collier concerné ou de procéder à son remplacement rapidement sur le bon animal, il est fortement recommandé de tenir à jour un registre de pose/dépose des colliers. Celui-ci inclut le numéro de série du capteur, l'animal sur lequel il a été posé, la date de pose et la date de dépose, le cas échéant.

Enfin, les activités fournies par FarmLife ou Automne sont des activités prédictives et ne doivent pas remplacer l'observation humaine de routine par des personnes habituées à voir et à manipuler les animaux, mais la compléter. Par exemple, l'œil humain va repérer un animal qui ne vient pas manger quand on le sollicite, un animal qui s'isole ou qui présente un abattement. Ces observations sont généralement réalisées le jour pendant les horaires habituels de travail. Les capteurs permettront d'évaluer des activités en continu jour et nuit. Les erreurs d'interprétation sont inévitables (Cf. la partie « Validation de la détection des activités par le capteur Axel Medria »). C'est le cas, par exemple, lorsque les animaux sont contraints de manger tête haute à l'auge (quand l'auge est très remplie, par exemple), puisque l'algorithme de détection de l'ingestion tient compte de l'inclinaison de la tête de la vache vers le bas.



## Conclusion

L'outil proposé par Medria, de par sa simplicité d'utilisation au quotidien via l'interface utilisateur FarmLife, représente un moyen intéressant pour suivre le comportement des animaux en expérimentation, en permettant notamment d'alerter rapidement les personnes en charge du suivi des animaux. L'outil Automne va plus loin. En plus des activités quotidiennes mesurées en temps réel et rétrospectivement, l'outil Automne précise la synchronisation et le fractionnement de ces activités réalisées par les vaches équipées du capteur Axel. La facilité d'utilisation et d'entretien des capteurs ainsi que leur faible coût en font un allié du quotidien dans le suivi des animaux dans nos unités expérimentales... qu'ils soient en expérimentation ou non.

## Mise à disposition de l'outil Automne

L'outil Automne est en cours de déploiement auprès des utilisateurs des unités expérimentales et des unités de recherche INRAE. Il devrait être intégralement accessible d'ici fin 2024 sur le serveur INRAE d'hébergement d'applications R-Shiny SK8 (<https://sk8.inrae.fr/>). ■

## Références

- Antanaitis R., Juozaitienė V., Malašauskienė D., Televičius M. (2019). Can rumination time and some blood biochemical parameters be used as biomarkers for the diagnosis of subclinical acidosis and subclinical ketosis? *Veterinary and Animal Science*, Volume 8, 2019.
- Aubé L., Mialon M.M., Mollaret E., et al. (2022). Review: Assessment of dairy cow welfare at pasture: measures available, gaps to address, and pathways to development of ad-hoc protocols. *Animal*, 16 (8), 100-597.
- Chanvallon A., Gatien J., Lamy J.M., et al. (2012). Évaluation de la détection automatisée des chaleurs par différents appareils chez la vache laitière. Presented at : 19e Renc. Rech. Ruminant (3R 2012), Paris, France, 2012-12-05 – 2012-12-06.
- Delagarde R., Lamberton P. (2015). Daily grazing time of dairy cows is recorded accurately using the Lifecorder Plus device. *Applied Animal Behaviour Science*, 165, 25-32.
- Hostiou N., Allain C., Chauvat S., et al. (2014). L'élevage de précision : quelles conséquences pour le travail des éleveurs ? *INRA Prod Anim*, 27 (2), 113-122.
- Ledoux D., Veissier I., Meunier B., et al. (2023). Combining accelerometers and direct visual observations to detect sickness and pain in cows of different ages submitted to systemic inflammation. *Scientific Reports*, 13, 1977.
- Manzocchi E., Koczura M., Coppa M., Turille G., Kreuzer M., Berard J. (2019) Grazing on Upland Pastures Part-Time Instead of Full-Time Affects the Feeding Behavior of Dairy Cows and Has Consequences on Milk Fatty Acid Profiles. *Animals*. 2019; 9(11):908. <https://doi.org/10.3390/ani9110908/>
- Martiskainen P., Järvinen M., Skön J.-P., et al. (2009). Cow behaviour pattern recognition using a three-dimensional accelerometer and support vector machines. *Applied Animal Behaviour Science*, 119 (1-2), 32-38.
- Philippot J. M., Krauss D., Trou G., et al. (2010). Essai d'un système novateur de détection des chaleurs des femelles bovines par mesure de l'activité. Presented at : 19e Renc. Rech. Ruminant (3R 2010), Paris, France, 2010-12-09 – 2010-12-10.
- Rayas-Amor A.A., Morales-Almaráz E., Licona-Velázquez G., et al. (2017). Triaxial accelerometers for recording grazing and ruminating time in dairy cows: An alternative to visual observations. *Journal of Veterinary Behavior*, 20, 102-108.
- Rutten C.J., Velthuis A.G.J., Steeneveld W., et al. (2013). Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 96 (4), 1928-1952.
- Sheahan A.J., Boston R.C., Roche J.R. (2013). Diurnal patterns of grazing behavior and humoral factors in supplemented dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96 (5), 3201-3210
- Sepchat B., Thollon N., Bouchon M. (2022). AUTOMNE Automatisation du traitement des données Medria. Journées d'animation scientifique du département PHASE de l'INRAE, Poitiers, France, 2022-05-18 – 2022-05-19.



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-SA), <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « NOV'AE », la date de sa publication et son URL.