

# Techniques de géolocalisation et mesure du comportement animal : quel outil pour quel phénotype ?

Edmond Ricard<sup>1</sup>, Marie-Madeleine Mialon<sup>2</sup>, Dominique Hazard<sup>1</sup>, Bruno Meunier<sup>2</sup>

**Résumé.** L'apparition de nouveaux outils pour suivre le déplacement d'un animal et enregistrer son activité va permettre de mesurer de nouveaux phénotypes. De même, l'étude des interactions entre les différentes fonctions physiologiques et comportementales de l'animal sera grandement améliorée. De nouvelles utilisations du comportement comme indicateur précoce de mal-être, voire de maladie, seront possibles et pourront contribuer à l'amélioration de la robustesse des animaux.

**Mots clés :** géolocalisation, bien-être et comportement animal, élevage de précision, phénotypage haut débit

## Introduction

L'accroissement de la taille des troupeaux, la réduction de la main d'œuvre, la volonté de valoriser des milieux difficiles sont les principales causes d'évolution des systèmes d'élevage qui sollicitent de plus en plus les capacités d'adaptation des animaux au milieu, au risque parfois de compromettre leur bien-être. Pour les espèces grégaires et sociales tels que les ovins, la diversité des comportements relationnels participe à cette adaptation au travers entre autres des relations mère-jeune, entre congénères et avec l'homme. Des variations de ces comportements sociaux peuvent affecter la survie et la croissance des jeunes, la transmission sociale des apprentissages, la cohésion, l'apaisement et la protection sociale dans le troupeau, le travail de l'éleveur, le bien-être animal.

Le comportement des animaux d'élevage, et notamment l'organisation de leurs activités, s'avère très sensible à leur état physiologique ou pathologique. Des études ont montré que l'activité ou la cohésion sociale au sein d'un groupe peuvent être modifiées par des événements stressants tels que des mélanges d'animaux, des régimes alimentaires à risques ou des problèmes sanitaires (Commun et al., 2012 ; Veissier et al., 1989). Ainsi, la prise en compte des comportements constitue un moyen d'action pour favoriser l'adaptation des animaux aux conditions d'élevage, améliorer leur robustesse, leur bien-être et également faciliter le travail des éleveurs et assurer la durabilité des systèmes d'élevage (Boissy et al., 2001). La sélection génétique pour une plus forte sociabilité entre mère-agneau, entre congénères et une plus faible réactivité à l'homme devrait permettre d'améliorer l'adaptation des ovins aux évolutions des systèmes d'élevage. Les recherches en génétique montrent que les comportements sociaux sont transmissibles entre générations et pourraient être inclus dans les programmes de sélection des filières ovines (Hazard et al., 2012). En effet, en génétique animale, les travaux de recherche et l'amélioration des caractères d'intérêt reposent sur l'acquisition de mesures individuelles, respectivement à grande et très grande échelles (plusieurs milliers d'animaux), en conditions expérimentales et en élevages de sélection. Or les mesures individuelles actuelles de comportement sont obtenues soit par des observations/notations directes, soit par des analyses d'enregistrements vidéo (Ligout et al., 2011). Dans les deux cas, la collecte et le dépouillement de ces mesures sont lourds, chronophages et partiellement subjectifs.

Des essais de dispositifs embarqués sur quelques animaux au pâturage (caméra miniature, microphone, collier GPS (global positioning system), accéléromètre), ont été réalisés mais sont restés au stade de prototype compte tenu de la lourdeur et du coût unitaire de ces équipements. De plus, ces prototypes embarqués

1 UMR GenPhySE, Inra, 31326 Castanet-Tolosan, France

2 UMRH, Inra, 63122 Saint-Genès-Champagnelle, France  
edmond.ricard@inra.fr

sont incompatibles avec le phénotypage haut débit (grand nombre d'animaux) nécessaire en génétique animale. Même si les techniques d'analyse d'images ont favorablement évolué (prix de la caméra, puissance de calcul compatible avec un PC) elles restent difficilement utilisables dans les conditions d'un bâtiment d'élevage. Le développement rapide des technologies (capteurs, imagerie...) dans le contexte de l'élevage de précision pourrait offrir de nouvelles possibilités pour appréhender le comportement animal et permettre à terme, d'une part, d'améliorer des caractères d'adaptation par la voie génétique et, d'autre part, optimiser la conduite d'élevage par une détection plus précoce de situations de mal-être voire de pathologies chez les animaux en ferme.

Enregistrer de façon automatique le déplacement d'un animal et son activité pour mesurer de nouveaux phénotypes liés au comportement devient un vrai challenge pour la recherche (phénotypage d'individus robustes, systèmes d'élevage innovants et durables...) mais aussi l'élevage (bien-être animal, animal facile à manipuler, détection précoce de trouble de santé ou de changement d'état physiologique...).

## Géolocalisation de vaches laitières en stabulation libre et mesure automatique en temps réel du budget temps

Une stabulation libre moderne est partitionnée en aires de repos, d'alimentation, de déplacement, de traite, dans lesquelles les vaches se déplacent librement. Par conséquent, une géolocalisation fine et continue de chaque individu permet de mesurer son activité et donc son budget temps journalier, soit le temps passé à se reposer, manger, boire, se déplacer... Dans l'étable de Marcenat (Unité Expérimentale (UE) Herbipole), le dispositif d'élevage de précision CowView (GEA Farm Technologies) permet, grâce à la technologie Real-time locating system, de géo localiser (x, y) chacune des 168 vaches laitières à raison d'un point par seconde. Un tag actif (6 GHz) maintenu en position haute du collier de chaque vache, émet un identifiant unique potentiellement reçu par au moins 3 des 18 antennes fixées au plafond de l'étable et reliées en réseau power over ethernet (POE) à une unité centrale chargée de réaliser la triangulation (sur la base du temps de vol). Cette unité centrale configurée avec un plan virtuel de l'étable, déduit l'activité de chaque vache à partir de sa position (**Figure 1**).

Une collaboration entre l'Inra et la société GEA nous permet de récupérer en local et en temps réel l'ensemble des données brutes (1 position/vache/seconde) et celles synthétisées (budget temps) à raison de quatre fichiers CSV journaliers (1.2 Go/jour). L'exploration de ce gros jeu de données brutes grâce à des méthodes d'analyse d'image nous a permis d'affiner le budget temps. Ainsi, dans les allées, les vaches pouvaient être immobiles mais en train de passer du temps près de la pierre à sel ou de la brosse (Meunier et al., 2017) ce qui pour un éthologiste n'a pas la même signification. De même, ces données fines de positionnement pourraient également nous donner accès à une liste enrichie de comportements tels que ceux liés aux interactions sociales.

Les vaches passant 6 mois de l'année dans la stabulation et le système CowView étant stable (précision constante) et fiable (peu de valeurs manquantes), les données disponibles en temps réel pourraient faire l'objet d'une organisation dans des bases de données brutes et phénotypiques pour un enregistrement systématique. Retraiter automatiquement et en temps réel ces données pour établir un budget temps enrichi semble également intéressant pour les biologistes et modélisateurs souhaitant relier des traits comportementaux, par exemple la durée ou la fréquence d'utilisation de la brosse, à un état de santé ou de bien-être, un niveau de production...



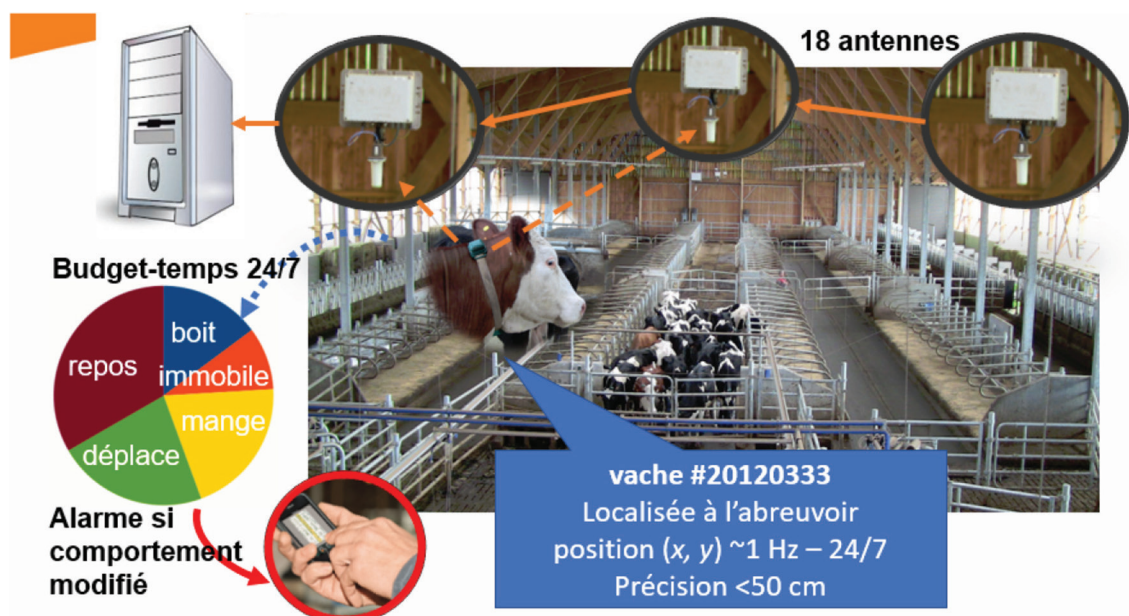


Figure 1. Le système CowView permet de calculer en temps réel l'activité de chaque vache (photos : Inra Marcenat).

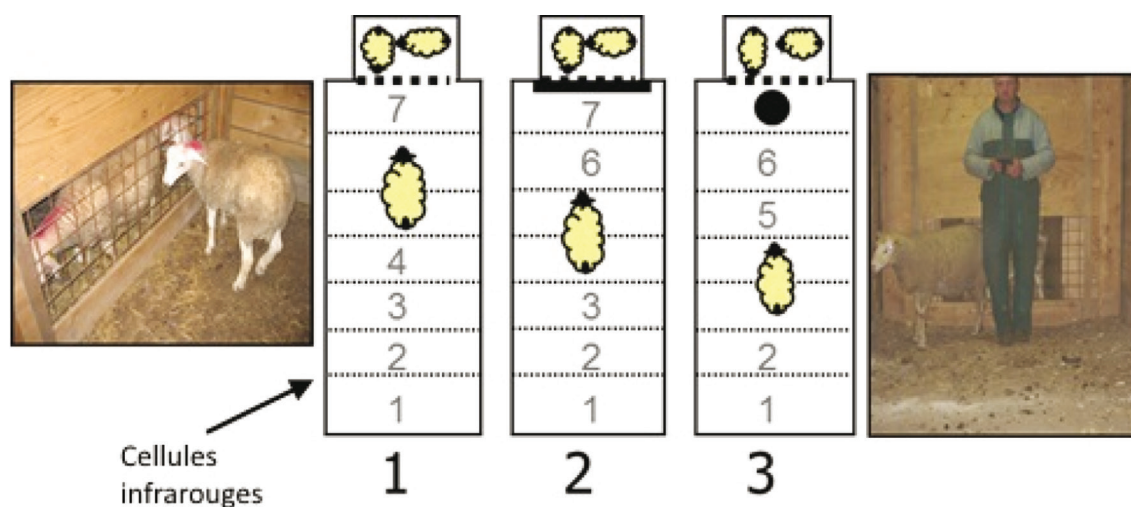
## Automatisation de la mesure du déplacement d'un animal dans un couloir

Un dispositif de test comportemental, appelé test du couloir, utilisé en routine sur les Unités Expérimentales de la Fage (Aveyron) et la Sapinière (Cher), dans le cadre d'une collaboration avec les éthologues de l'Unité Mixte de Recherches-Herbivores, a été retenu pour le développement d'un outil de phénotypage. Ce couloir est divisé en plusieurs zones virtuelles (Figure 2) et est polarisé, à une extrémité : présence de congénères et/ou de l'homme immobile, à l'extrémité opposée : porte d'entrée de l'animal testé. Ce système permet l'évaluation de la réactivité comportementale des ovins en mesurant différents caractères comportementaux dans les trois phases du test (présence de congénères ; isolement social ; présence d'un homme). Ce dispositif a été équipé avec des cellules infrarouges qui permettent la mesure automatisée des déplacements d'un animal isolé (Bompa et al., 2013). Le principe repose sur l'enregistrement du changement d'état de la cellule (activée ou non) au passage d'un animal. Les essais de l'outil électronique ont été combinés à des observations vidéo pour la validation des tests. Le couloir a été équipé de 12 cellules infrarouges permettant de délimiter sept zones virtuelles. Chaque zone est délimitée par deux cellules infrarouges distantes de 10 cm pour déterminer le sens de déplacement de l'animal. Le système développé est composé :

- ✓ d'un automate industriel qui gère les cellules infrarouges ;
- ✓ d'un PC qui, relié à l'automate, enregistre la chronologie du changement d'état des cellules ;
- ✓ d'un PDA (personal digital assistant) qui permet à l'utilisateur de se déplacer, selon les besoins des tests, pour identifier les animaux par RFID (radio frequency identification) et enregistrer manuellement d'autres caractères comportementaux (vocalisations...).

Les données sont transférées en temps réel, grâce à une liaison sans fil Wi-Fi, sur une base de données distante hébergée par un serveur situé sur l'UE. Le système est paramétrable au niveau du nombre de séparations des zones, du nombre et de la durée des phases du test. Un programme fortran et un script R ont également été développés pour la lecture du fichier de sortie de l'outil électronique et le calcul des durées, des fréquences et des latences de passage dans les zones virtuelles. La validation finale de l'outil électronique a été réalisée sur 100 animaux. Les corrélations entre les mêmes observations issues de l'outil

électronique et celles issues de l'analyse vidéo sont comprises entre 0,8 et 1 pour 80 à 90% des observations (selon les phases de test). À partir des mesures chronologiques de ces déplacements, d'autres variables comportementales d'intérêt tel que le score de proximité vis-à-vis des congénères, de la portée ou d'un homme pourront être construites pour analyser les différentes interactions sociales.




**Figure 2.** Dispositif et phases du test du couloir (photos : Inra la Fage).  
 Phase 1 : union avec les congénères ; phase 2 : réactivité à l'isolement social ;  
 phase 3 : conflit entre approche des congénères et évitement d'un homme immobile.

## Conclusion

Si l'automatisation du test du couloir grâce à des cellules infrarouges donne satisfaction, elle devient inappropriée dans des dispositifs de tests comportementaux plus complexes par leur structure, leur déroulement (présence d'un homme en déplacement...) ou lorsqu'il s'agit de suivre simultanément plusieurs individus. Pour d'autres espèces comme le porc, les bases génétiques du comportement social ont été mises en évidence (Canario et al., 2014) mais peu de résultats existent sur son évaluation à l'échelle nationale, faute de dispositifs de mesures adéquats et automatisés. Néanmoins selon les espèces animales, les constantes évolutions des objets connectés (accéléromètres, cardiomètres...), de l'identification généralisée des animaux d'élevage (RFID active ou passive), de la géolocalisation (GPS, OpenRTK, RTLS...) et d'autres technologies qui sont en train d'émerger (Radar), offriront aux scientifiques autant de possibilités de générer d'autres données de phénotypage et de caractériser les individus sur leur niveau d'activité, leur comportement alimentaire ou social. L'approche et les outils automatisés envisagés doivent être robustes, économiques et simples d'utilisation pour un usage en routine sur les Unités et Installations Expérimentales Inra et leur transfert vers les organismes de sélection. En collaboration avec le Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes (LAAS-CNRS), des essais ont été réalisés en utilisant un radar microondes à modulation de fréquence (24, 77 et 120GHz) pour mesurer le déplacement en 2D d'un animal dans un couloir. Le résultat encourageant des premiers tests permet d'envisager d'utiliser cet outil non invasif pour réaliser le suivi automatisé du déplacement individuel de plusieurs animaux au sein d'un même groupe, à l'intérieur d'un bâtiment ou à l'extérieur.





L'importante masse de données générée par ces nouveaux outils va nécessiter de déployer de nouvelles bases de données et de s'orienter vers des technologies « BigData » pour avoir des temps de réponses corrects. Les compétences des différents intervenants vont devoir évoluer. Sur le terrain, les animaliers vont devoir faire preuve de plus de technicité pour utiliser des outils de plus en plus connectés et plus précis pour l'aide à la gestion technique de l'élevage. De même, les informaticiens devront libérer du temps pour l'installation, la prise en main et le suivi de ces outils. Idem pour les scientifiques qui devront traiter un volume important et périodique de données brutes et interpréter les données calculées et l'historique du budget temps.

### **Témoignage de Marie-Madeleine Mialon**

La demande sociétale en produits issus d'élevages respectant le bien-être animal est devenue de plus en plus forte et les éleveurs sont fréquemment questionnés sur l'état de bien-être de leurs animaux en situation d'accroissement de la taille des troupeaux. La détection précoce d'états de mal-être ou de maladies afin de limiter la souffrance animale, les pertes de production et de réduire les traitements médicamenteux (antibiotiques...) constitue un domaine de recherches prioritaire pour l'Inra. En situation de mal-être, le comportement des animaux est le premier indicateur qui est dégradé avant que les indicateurs de productions et sanitaires ne soient touchés d'où un intérêt majeur de détecter ces modifications. Par ailleurs, les ruminants d'élevage sont des animaux sociaux créant des liens privilégiés (relation mère-jeune, relation d'affinité) qui doivent être pris en compte dans l'organisation de l'élevage (exemple l'importante synchronisation des activités telles que l'ingestion et le repos conditionne le nombre de places à l'auge et de couchage). Seulement, suivre le comportement des animaux est couteux en temps au niveau expérimental et apparaissait, jusqu'à très récemment, difficilement envisageable en ferme et d'autant plus si on imaginait un suivi en continu. De plus, les modifications comportementales sont parfois subtiles ce qui les rend difficiles à détecter. Conscients que certains outils d'élevage de précision offrent un large éventail de possibilités d'utiliser des signes de comportement pour aider à assurer le bien-être des animaux, le choix a été fait d'équiper l'étable expérimentale de Marcenat avec l'outil de localisation CowView. Cet outil fonctionnant en continu pourrait élargir les possibilités de nos recherches en comportement et bien-être animal mais également en conduite d'élevage car il permet de connaître, pour chaque animal, pendant toute la période en bâtiment (6 mois/an), le temps passé dans différentes activités et l'organisation de ces activités entre elles. À partir de données collectées avec cet outil, nous avons déjà pu montrer qu'il est possible de décrire le rythme circadien d'activité des vaches et mettre en évidence des modifications en lien avec certains événements sanitaires fréquents dans les élevages (Veissier et al ; 2017). Nous avons également pu définir de nouvelles zones de l'étable associées à des comportements d'intérêt tels que le léchage de la pierre à sel en lien avec l'acidose ruminale ou l'utilisation de la brosse automatique. Nous souhaitons également vérifier si cet outil peut être une aide pour décrire le fonctionnement social d'un groupe par exploration des distances entre animaux et ainsi repérer des animaux isolés. De même nous devons tester si la précision de cet outil peut permettre d'automatiser l'appréciation des distances lors de tests tels que le test de rencontre sociale (distance entre 2 animaux) ou le test à l'homme (distance homme-animal) sans avoir recours au dépouillement de vidéos. Ce type de données nous demande d'adapter nos méthodes de travail pour le stockage et l'analyse de gros volumes de données enregistrées en continu. Nos premiers résultats sont encourageants pour continuer à explorer l'utilisation de certaines données issues de l'élevage de précision dans nos recherches pour améliorer le bien-être des animaux.

## Références bibliographiques

Boissy A, Nowak R, Orgeur P, Veissier I (2001) Social relationships in domestic ruminants : constraints and means for the integration of the animal into its environment. *INRA Prod Anim* **14** : 79-90.

Bompa J, Ricard E, Bodin L (2013) Automatismes for phenotyping data gathering in animal farms. In : EAAP 64th Annual Meeting, Nantes.

Canario L, Turner SP, Roehe R, Lundeheim N, D'Eath RB, Lawrence AB, Knol E, Bergsma R, Rydhmer L (2012) Genetic associations between behavioral traits and direct-social effects of growth rate in pigs. *J Anim Sci.* **90** : 4706-4715.

Commun L, Silberberg M, Mialon MM, Martin C, Veissier I (2012) Behavioural adaptations of sheep to repeated acidosis challenges and effect of yeast supplementation. *Animal* **12** : 2011-2022.

Hazard D, Foulquie D, Delval E, François D, Bouix J, Sallé G, Moreno C, Boissy A (2012) Identification de QTL pour la réactivité comportementale chez les ovins allaitants : une nouvelle piste pour faciliter la conduite des troupeaux. In : 19è 3R, Paris.

Ligout S, Foulquie D, Sebe F, Bouix J, Boissy A (2011) Assessment of sociability in farm animals: the use of arena test in lambs. *Appl Anim Behav Sci* **135** : 57-62.

Meunier B, Pradel P, Sloth KH, Cirié C, Delval E, Richard MM, Veissier I (2017) Image analysis to refine measurements of dairy cow behaviour from a RTLS. *Biosystems Eng* 1-13, doi:10.1016/j.biosystemeng.2017.08.019

Veissier I, Le Neindre P, Trillat G (1989) The use of circadian behaviour to measure adaptation of calves to changes in their environment. *Appl Anim Behav Sci* **22** : 1-12. s

Veissier I, Mialon MM, Sloth KH (2017) Short communication : Early modification of the circadian organization of cows' activity in relation to disease or estrus. *J Dairy Sci* **100** : 3969-3974.



