

# Description de trois systèmes d'acquisition automatique de données innovants

David Maupetit<sup>1</sup>, Didier Crochet<sup>2</sup>, Eric Bobillier<sup>3</sup>

**Résumé.** Dans le cadre des systèmes automatiques d'acquisition de données sur les animaux, des évolutions techniques importantes sont présentes dans plusieurs espèces. Trois de ces évolutions vont être décrites en bovin, poisson et multi-espèce. En bovin, un appareil de mesure de gaz à effet de serre (GES) appelé Greenfeed permet en temps réel de récolter des données sur la production de méthane et de dioxyde de carbone sur les Charolaises. Sur les poissons, une table numérique de mesure multi-paramètre permet d'acquérir des données pour la mise au point de modèles ou de protocoles qui aideront à la prise de décision pour la protection de ces espèces. Enfin, un dispositif de mesure en continu par télémétrie de la température corporelle est développé pour une surveillance à distance afin d'apporter une aide à l'éleveur dans la gestion de son troupeau.

**Mots clés :** gaz à effets de serre, mesures en continu, télémétrie, température, table de biométrie, poissons.

## Introduction

Plusieurs pays, comme la France, participent à des projets qui visent à trouver des leviers pour limiter la production des GES (gaz à effet de serre) par l'élevage. À l'Inra, dans les différents Centres, des expérimentations ont été lancées afin de déterminer et de quantifier les rejets de méthane par les bovins en particuliers en race Charolaise. L'étude menée par Gilles Renand, chercheur à l'Inra, a démarré en septembre 2012 et a duré plus de 4 ans. Des taurillons, puis des génisses se sont succédés dans une station de contrôle individuel pendant des périodes de 15 semaines dont 12 en contrôle dans ces Greenfeeds (GFs). Il est montré que l'alimentation, le poids et le gain moyen quotidien (GMQ) ont un rôle clé dans la production de méthane par éructation chez les bovins allaitants. D'autres critères physiologiques tels que la mesure de température corporelle sont liés à un grand nombre de fonctions de l'organisme. Grâce à l'évolution de technologies, la télémétrie permet une surveillance à distance de la température corporelle en continu et constitue une source d'information pour aider l'éleveur dans la gestion de son troupeau. Également, au niveau des poissons, lors de leur capture, l'acquisition de données d'abondance, de traits biologiques ainsi que le marquage individuel est un besoin essentiel. Ces données permettent de constituer des séries chronologiques nécessaires à la mise au point de modèles et de protocoles pour aider à la gestion des milieux aquatiques. L'augmentation du nombre de paramètres mesurés ainsi que les nombreux écarts de transcription ont montré la nécessité de mettre en place un nouveau processus d'acquisition afin de réduire les erreurs et d'avoir un gain de temps dans la manipulation des poissons.

## Greenfeed, un appareil de mesure de gaz à effets de serre sur bovins

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont, depuis quelques années très liées au réchauffement climatique. L'élevage, en particulier des ruminants (bovins viande) a une influence sur le climat. Les GES émis par ce type d'élevage sont essentiellement du méthane (CH<sub>4</sub>) par éructation. L'appareil Greenfeed est un outil pratique pour mesurer ces rejets. Sur le site de Bourges, un investissement a été réalisé conjointement avec la région Centre pour l'acquisition de trois appareils Greenfeeds chez C-Lock aux Etats-Unis (**Figure 1**) ; le Greenfeed est un distributeur de concentrés couplé à un analyseur de gaz qui permet de mesurer le méthane éructé sur un grand nombre d'animaux.

1 UE Bourges, Inra, Domaine de la Sapinière, 18390 Osmoy, France

2 UE PFIE, Inra, 37380, Nouzilly, France

3 UMR NuMeCan, Inra, 16, le Clos, 35590 St Gilles, France  
david.maupetit@inra.fr



*Figure 1. La mise en place en bâtiment (photo : Inra, Bourges).*

Pour réussir à mesurer sur quatre campagnes, 300 génisses et leurs demi-frères, les systèmes Greenfeeds semblaient être les plus adaptés. Toutefois, une modification a été nécessaire au sein des bâtiments de la station de contrôle individuelle (SCI). Chaque appareil peut ainsi mesurer 12 animaux par case, soit 36 par cohorte. La priorité des mesures a été donnée aux femelles et seulement sur une moitié des cohortes de mâles. Et dans les GFs, ces génisses disposaient de 500 g par jour de concentré. Les mâles avaient une ration sèche, à base de concentré et de paille à volonté.

### Méthode

Il a fallu, en tout premier lieu, commencer par boucler l'ensemble du troupeau électroniquement. Pourquoi le bouclage électronique ? Pour permettre aux animaux sélectionnés de pouvoir être reconnus électroniquement dans ces Greenfeeds. À chaque visite dans le GF, on mesure la quantité d'aliment, le temps passé à manger ainsi que la quantité de méthane érucité pour un animal. (Figure 2).

### Principe de fonctionnement du Greenfeed

Un système envoie un flux d'air homogène en continu qui démarre depuis l'auge en inox insérée dans la partie orange pour monter vers le haut de la colonne (Figure 1). Régulièrement, l'appareil relâche de fines quantités de propane pour tester le capteur et ainsi contrôler s'il y a dérive ou non. Avec une mesure journalière de la concentration



*Figure 2. Un animal en pleine mesure (photo : Inra, Bourges).*

de la colonne en méthane et dioxyde de carbone, lorsqu'un animal rentre et consomme de l'aliment, il est simple de mesurer pendant cette période, les rejets de  $\text{CH}_4$  et  $\text{CO}_2$ . Pour inciter les animaux à rentrer dans la partie orange, le Greenfeed distribue du concentré. Une trémie est installée sur la partie haute de l'appareil et ainsi à chaque visite d'un animal, une petite quantité de granulés descend dans l'auge inox. À

ce moment précis, les capteurs se mettent en route et calculent en temps réel, le méthane érucé pendant le temps de présence. Avec des algorithmes, la quantité journalière de méthane rejetée en fonction de la quantité d'aliment consommée et du temps de rumination est calculée.

Toutes les informations brutes recueillies seconde par seconde, sont envoyées toutes les heures directement aux Etats-Unis sur le site de la société C-Lock. Elles reviennent disponibles dans l'heure suivante. Un système d'alerte est mis en place et nous informe en temps réel pour toutes anomalies sur les GFs. Il est possible de consulter directement sur le site internet de la société l'interface pour obtenir toutes ces données ainsi que l'état de fonctionnement de l'appareil. Le suivi quotidien de ces appareils est relativement simple mais assez chronophage. Une très bonne réactivité de nos collaborateurs américains est à souligner pour le suivi et l'entretien de ces appareils.

## Mesure par télémétrie de la température corporelle chez l'animal

Parmi les données physiologiques mesurables chez les animaux, la température corporelle est liée à un grand nombre de fonctions de l'organisme. La télémétrie permet une surveillance à distance de la température corporelle et constitue une source d'information pour l'éleveur afin de mieux gérer son troupeau.

Dans le cadre des activités de recherche, la télémétrie présente un intérêt scientifique et éthique. La température corporelle est une variable physiologique relativement constante nommée thermorégulation, modulée par deux processus. Le premier est la production de chaleur due à l'activité des organes internes et définit ainsi la température centrale du corps.

Le second processus, qui caractérise la température périphérique, est un équilibre complexe de production de chaleur, en particulier par les muscles, associé à une activité de dispersion et d'élimination de la chaleur centrale. De nombreux facteurs influencent la température corporelle, par exemple les conditions environnementales, la santé. Différents dispositifs de mesure de la température corporelle permettent une évaluation de la température centrale ou périphérique. Aujourd'hui la méthode de référence pour la température corporelle est la mesure ponctuelle de la température rectale avec la contrainte d'immobilisation de l'animal.

### La mesure de la température par la Plateforme d'Infectiologie Expérimentale (PFIE)

#### *Principe de fonctionnement des dispositifs*

Les dispositifs de télémétrie regroupent un capteur de mesures de température couplé à un émetteur radio et un système d'antenne couplé à un récepteur. La mesure de la température est basée sur le principe de la thermistance avec un semi-conducteur à base d'oxydes métalliques dont la résistance varie avec la température. La durée de vie du capteur est fonction de la capacité de la batterie et de la fréquence de collecte des données. Les données de températures mesurées et enregistrées par le capteur sont transmises par signaux radiofréquences vers l'antenne du récepteur.

*Figure 3 à 6. Photos des différents capteurs (photo : Inra, Nouzilly).*



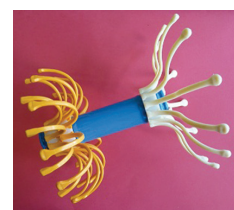
*Figure 3. Velphone*



*Figure 4. Thermo Bolus*



*Figure 5. Termolplant*



*Figure 6. Anipill*

### Évaluation des dispositifs

Pour répondre au besoin multi-espèce de suivi en continu de la température corporelle au cours de protocoles infectieux, la PFIE utilise des dispositifs commerciaux ou développés en collaboration avec les fabricants. Pour chaque type de capteur de mesure de la température corporelle, utilisé à la PFIE, le **Tableau 1** regroupe la synthèse des résultats d'évaluation des dispositifs de télémétrie à savoir :

- ✓ les voies d'implantation selon les espèces animales ;
- ✓ la relation au cours d'un épisode infectieux entre la mesure de température corporelle du capteur et la température rectale ;
- ✓ les limites du dispositif de télémétrie.

**Tableau 1.** Dispositifs commercialisés ou développés en collaboration avec la société Médria

Capteurs	Vel'phone®	Thermo Bolus Tall®	Thermo Bolus Small®	Thermo Implant®
Espèces cibles	Vache et génisses > 2 ans, <u>voie vaginale</u> Truie, <u>voie vaginale</u> : Vel'phone®modifié	Bovins adultes <u>voie orale</u> ( <i>réticulum</i> )	<u>voie orale</u> ( <i>rumen</i> ) Veaux > 15 j Ovins, caprins > 6 mois Poney <u>voie vaginale</u>	Porcs âgés de 60 j <u>voie intrapéritonéale</u> ● <u>voie sous plan musculaire</u> ●
Relation avec T° rectale au cours d'un épisode infectieux	<i>Forte</i>	<i>Forte</i> (après correction des effets buvée)	Ruminants : <i>Forte</i> Equins : <i>Forte</i>	<u>voie intrapéritonéale</u> : <i>Faible</i> <u>voie sous plan musculaire</u> : <i>Forte</i>
Limites	Durée d'implantation limitée	Capteur non réutilisable	Ruminants : non adapté veau naissant, ovins et caprins d'âge < 6 mois. Equins : durée d'implantation limitée	Implantation invasive avec anesthésie générale.

● = Méthode d'implantation invasive.

**Tableau 2.** Dispositifs commercialisés ou développés en collaboration avec la société Bodycap

Capteurs	Anipill®
Espèces cibles	Agneaux naissants, par <u>voie orale</u> ( <i>caillette</i> ) Porcs âgés de 120 j par <u>voie sous-cutanée</u> ● ( <i>cou et flanc</i> ) Clochettes pubères, <u>voie vaginale</u> ( <i>cervix</i> ) Poney adulte, <u>voie orale</u> ( <i>estomac</i> ) et <u>voie sous-cutanée</u> ● ( <i>encolure, vulve</i> ) Lapins âgés de 35 j, <u>voie orale</u> : ( <i>estomac</i> ) et <u>voie sous-cutanée</u> ● Poulets âgés de 23 j, <u>voie orale</u> ( <i>gésier</i> ) et <u>voie sous-cutanée</u> ●
Relation avec température rectale au cours d'un épisode infectieux	Ruminants : <i>Forte</i> Porcins, <u>voie vaginale</u> : ND ; <u>voie sous-cutanée</u> : <i>Forte</i> Equins, <u>voie orale</u> : ND ; <u>voie sous-cutanée</u> : <i>Moyenne</i> pour une implantation à l'encolure et <i>Faible</i> pour une implantation à la vulve Lapins, <u>voie orale</u> : <i>Forte</i> ; <u>voie sous-cutanée</u> : <i>Forte</i> Poulets, <u>voie orale</u> : <i>Forte</i> ; <u>voie sous-cutanée</u> : <i>Faible</i>
Limites	Multi-espèces : Nécessite le téléchargement périodique des données Porcins, <u>voie vaginale</u> : Expulsion rapide du capteur après implantation ; <u>voie sous-cutanée</u> : perte partielle du capteur implanté au niveau du flanc. Equins, <u>voie orale</u> : Difficulté de transmission des données entre le capteur et le récepteur. Après implantation expulsion du capteur sous quelques jours. Lapins, <u>voie orale</u> : Non adapté chez le jeune lapin dont le poids est < à 1,2 Kg. Poulets, <u>voie orale</u> : Non adapté chez le jeune, quelques expulsions de capteur; <u>voie sous-cutanée</u> : Migration du capteur au niveau du bréchet.

● = Méthode d'implantation invasive – ND=Non Déterminé.

## Table de biométrie pour poissons

Dans le cadre de l'Observatoire de recherche en environnement sur les poissons diadromes (ORE Dia PFC) et du Pôle AFB-Inra, l'acquisition de données d'abondances, de traits biologiques (croissance, poids, taille, coefficient de condition ...) et de marquage individuel par Pit Tag RFID (radio frequency identification) lors des captures de poissons est un besoin essentiel. Ces données permettent de constituer des séries chronologiques à long terme pour aider les gestionnaires des milieux aquatiques à décider des mesures à prendre pour la protection de ces espèces (définition de quotas, périodes d'ouverture de pêche, etc.) Auparavant, ces données étaient saisies sur papier pour être ensuite enregistrées sur des logiciels de traitement de données. L'augmentation du nombre de paramètres mesurés a montré la nécessité de mettre en place un nouveau processus d'acquisition sur les poissons.

### Description du matériel ou de la méthode

La première démarche de l'Unité Expérimentale d'Écologie et Écotoxicologie Aquatique U3E ayant la charge de cet ORE, a donc été de développer en interne, un logiciel fusionnant l'intégralité des paramètres et options possibles. Utilisable facilement sur le terrain, ce programme a permis de limiter les erreurs de saisie et de gagner un temps précieux lors de leur transfert dans le système d'informations. Ce logiciel, développé par Nadine Herrard, ingénieure travaillant à l'Unité de Rennes, était tout d'abord alimenté par différents appareils (balance, lecteur RFID portable, règle électronique) relié à un PC.

La mise en œuvre sur le terrain de ces différents matériels, s'est rapidement avérée compliquée et source de nombreux soucis (problèmes connectiques, autonomie, mise en veille automatique, perte de communication, et présence de nombreux fils).

De plus, le grand nombre de poissons pêchés lors des comptages (jusqu'à 1000 dans une même journée), implique que chaque opération de mesure soit effectuée le plus rapidement possible, afin ne pas induire un stress trop élevé chez les poissons et de ne pas rendre l'ensemble trop chronophage.

Contacté par le responsable de l'U3E, par le biais du Cati Diisco<sup>4</sup>, pour apporter mon expertise en instrumentation, j'ai proposé de remettre à plat le dispositif existant, et de concevoir une nouvelle table de biométrie intégrant les trois mesures principales (poids, longueur, lecture tag RFID). Cette table est équipée d'une règle électronique permettant une lecture au millimètre de la taille du poisson. J'ai en fait conçu deux modèles de table (50 cm et 1 m) permettant de couvrir l'ensemble des besoins liés aux différentes familles de poissons mesurés. La règle, intégralement amovible, est positionnée manuellement par l'opérateur, précisément à l'origine de la queue. Il ne reste plus qu'à appuyer sur le bouton situé sur la règle pour lancer les mesures.

La table intègre dans sa base, une antenne RFID qui permet une lecture des tags d'identification. Cette lecture est effectuée de manière synchrone à la mesure de longueur, ce qui limite le temps d'intervention et de manipulation du poisson. Une balance externe reliée et pilotée par la table, permet la collecte du poids.

L'ensemble des données obtenues, est visualisable par le biais d'un afficheur situé sur la table, et transmis au PC par le biais d'une liaison bluetooth. Ce type de liaison limite fortement les problèmes de connectique. De plus, afin de répondre au mieux aux contraintes de mise en œuvre, j'ai conçu un boîtier intégralement étanche et facilement nettoyable. La table peut être alimentée soit par le secteur lorsqu'elle est en poste fixe, soit par batterie lors des campagnes de mesure en milieu naturel.



4. *Développements Informatiques pour l'Instrumentation (Suivi et Contrôle des propriétés et des processus appliqués aux produits issus de l'agriculture, intégration de l'ensemble des données produites dans ces contextes)*

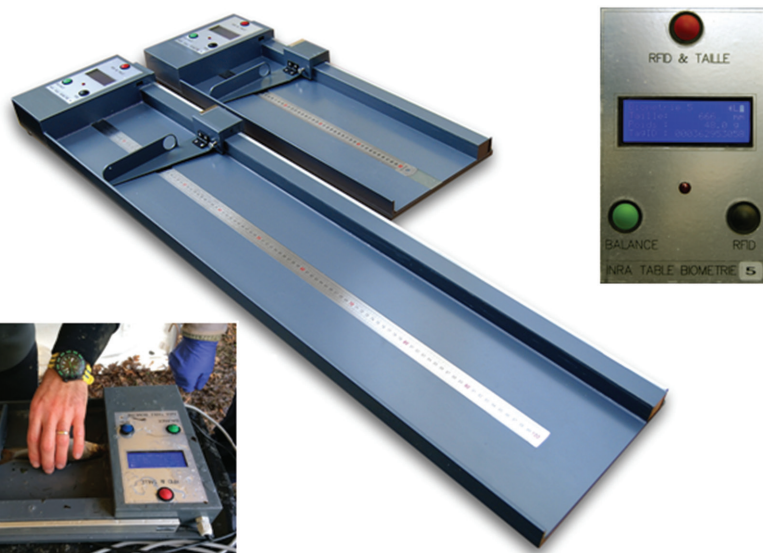


Figure 7. Table biométrique pour poissons, Inra, Rennes (photos : Nadine Herrard, Henri Flageul, Eric Bobillier).

## Conclusion

Les évolutions techniques au niveau des systèmes automatiques d'acquisition facilitent le quotidien des utilisateurs par leur simplicité d'utilisation et leur rapidité d'exécution. Ces nouvelles techniques permettent de mesurer un grand nombre d'animaux et d'assurer la répétabilité. Elles permettent aux chercheurs de collecter des informations et d'alimenter des bases de données, dans un premier temps, pour assimiler et publier ces résultats afin de les interpréter et dans un deuxième temps, pour comprendre le mécanisme des animaux étudiés dans le but d'améliorer la collecte de ces données. Au niveau des appareils Greenfeeds, après 4 ans d'utilisation, ces systèmes permettent d'étudier un grand nombre d'animaux sur de longues périodes. Toutes les données à ce jour n'ont pas été exploitées mais il est possible d'affirmer que pour la catégorie d'animaux étudiée, l'alimentation distribuée et le poids, ont un rôle important dans la quantité de méthane produit. Pour la température, l'utilisation de capteurs implantables sur l'animal permet de mesurer en continu et de manière précise la température corporelle des animaux. Les différents dispositifs de mesure en continu de la température corporelle ont été évalués à la PFIE au cours de protocoles infectieux selon des conditions expérimentales spécifiques : âge des animaux, durée de l'expérimentation... Des évaluations complémentaires sont nécessaires pour adapter et développer les dispositifs selon les objectifs de mesures de température, les espèces et le stade physiologique des animaux. Au niveau poisson, des tests préliminaires lors des inventaires piscicoles ont été réalisés sur le site atelier de l'Oir en 2016 ainsi que pendant le suivi des migrations sur trois stations de contrôle depuis le début 2017. Après une saison de recul d'utilisation sur le terrain, nous avons pu éprouver la robustesse du matériel et son ergonomie. Afin d'équiper l'ensemble des sites de l'ORE, huit tables supplémentaires ont été réalisées. Ce nouveau matériel semble satisfaire pleinement les utilisateurs, tant au niveau de la simplicité de sa mise en œuvre, qu'au niveau du temps gagné lors des mesures. Si ce type de matériel venait à être utilisé à une grande échelle géographique, l'intégration de la détection et la lecture automatisée de puce électronique permettraient d'obtenir de nouvelles données de dispersion actuellement observées uniquement à l'échelle des bassins versants des sites ateliers de l'ORE.