

Automates de mesure : auto-conception ou issus du commerce, la problématique de l'adéquation aux besoins

Gaëlle Mandrile¹, Benoît Blanchet², Benoît Ranger³, Bernard Sepchat⁴, Hervé Tournadre⁴, Hervé Lagant⁵

Résumé. Les automatismes commerciaux dans les élevages de l'Inra représentent bon nombre de matériels, utilisés notamment pour des mesures sur l'animal ; quelques automatismes d'auto-conception viennent compléter ces dispositifs. Les données collectées automatiquement peuvent alors être utilisées à la fois pour de la gestion d'élevage, mais aussi pour des recherches scientifiques. Cet article présente cinq de ces automatismes, qui permettent de contrôler l'alimentation des bovins et des porcs, de réaliser le contrôle laitier des chèvres et des vaches allaitantes, et d'avoir un suivi continu du poids des vaches laitières.

Mots clés : automate, auge, contrôle laitier, distributeur automatique de concentré, pesée, production laitière

Introduction

Les Unités et Installations Expérimentales (UE/IE) des productions animales de l'Inra ont été amenées à mettre en place dans leur structure un certain nombre de matériels pour répondre aux mesures phénotypiques réalisées sur les animaux. Les recherches d'aujourd'hui sont demandeuses de mesures répétées dans le temps, en grand nombre, et de plus en plus fines. De plus, la volonté de réduire les tâches répétitives et parfois dangereuses pour les animaliers conduit à s'orienter vers des automatismes pour répondre aux attentes.

Le choix de matériels d'automatismes issus de sociétés commerciales est avant tout lié au fait que ceux-ci sont souvent déjà utilisés par les éleveurs à des fins de gestion fine de leurs troupeaux. Nos élevages de l'Inra, en plus d'utiliser les fonctionnalités proposées par les systèmes commerciaux pour les mêmes raisons, ont la nécessité de pouvoir accéder aux données qui en sont issues, permettant des recherches avec des matériels proches de ceux qui existent en élevage conventionnel. Dans d'autres cas, notamment lorsque ces outils n'existent pas, des besoins spécifiques ont justifié une auto-conception de matériels qui génèrent des données à intégrer dans les systèmes d'informations.

Comment sont gérées les pesées automatiques bovines à l'UMR Pegase ?

À la ferme expérimentale de Méjusseume, nous disposons d'un système automatique qui nous permet de peser nos 160 vaches laitières, deux fois par jour, à la sortie de la salle de traite. Nous traitons ainsi par jour 320 pesées exploitables, soit plus de 2 200 par semaine. Au vu du grand nombre de données générées, il fallait trouver une solution cohérente et accessible pour les gérer.

En attendant l'adaptation de Sicpa Bovins, nous nous appuyons sur un tableur et le logiciel Chaîne VL pour traiter la masse de données issues des pesées, de la collecte jusqu'à l'extraction.

Le système de pesée de marque Welvaarts® (W-2000) a été mis en place en 2008 par la société Delaval, dans le couloir de sortie de la salle de traite rotative. Le couloir se resserre sur la cage de contention contenant la balance, ainsi, chaque vache passe obligatoirement par celle-ci avant de rejoindre l'étable.

1 UMR Pegase, Inra, Domaine de la Prise, 35590 Saint Gilles, France

2 UE Porcs Rennes, Inra, 16 Le Clos, 35590 Saint Gilles, France

3 UE Ferlus, Inra, 150 route le Chêne, 86600 Lusignan, France

4 UE Herbipôle, Inra, Site Intrabois, 63122 Saint-Genès Champanelle, France

5 UMR GenPhySE, Inra, 24 chemin de Borde-Rouge, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France
sicpa-contact@inra.fr



Les vaches sont identifiées grâce à un collier électronique lu par une antenne, elle-même reliée à la balance et à un ordinateur qui génère un fichier Excel journalier regroupant tous les poids. Chaque semaine, on récupère ces données via une clé USB. Pour pouvoir exploiter le fichier, on doit y apporter des modifications. En effet, dans le document brut, sur chaque ligne de pesée, on peut lire la date, l'heure de passage, le numéro de la vache et son poids, mais on n'y trouve pas la correspondance du moment de traite : matin ou soir, base actuelle du traitement informatique de nos données lait.

Une fois les données complétées, on les met en forme dans un tableau croisé dynamique, afin de repérer les éventuelles incohérences : absence de données, poids très bas ou au contraire très élevé. Si les valeurs sont en nombre suffisant, on calcule l'écart type des valeurs de chaque animal sur la semaine afin de vérifier qu'il n'y ait pas de valeur aberrante ; si l'écart est supérieur à un certain seuil, on revérifie les données brutes et si besoin on ne valide pas les mesures.

Ensuite, on importe les données sur un logiciel développé en interne à l'Unité : Chaîne VL, dont la première version a été mise en production en 1985. Lors de l'analyse initiale du projet, on n'imaginait pas faire plus d'une pesée par jour et par animal et on ne peut encore aujourd'hui, par ce programme, stocker qu'un seul poids par jour. En accord avec les chercheurs, nous avons convenu de saisir les poids de trois matins par semaine. Cette étape est particulièrement chronophage : avec une moyenne de 2,5 poids par vache par semaine, on rentre manuellement plus de 400 poids par semaine. La totalité des pesées vérifiées est archivée sur une feuille de calcul et pourra à terme être intégrée au nouveau système d'information. Le logiciel comporte des modules d'extraction des données selon plusieurs modes (vêlage ou calendrier). L'extraction des données par jour de vêlage est un module important car il permet d'éviter des calculs et manipulations de données répétitifs sur une feuille de calcul classique et de limiter les risques d'erreurs liés à ces traitements. L'export des poids est réalisé à la demande des chercheurs. Dans quelques mois, la mise à jour de la base de données Sicpa Bovins nous permettra de traiter les poids de tous les animaux de l'Installation Expérimentale (IE) par intégration directe sans protocole indépendant de tri ou vérification. Toutes ces étapes seront réalisées sur la même application et chercheurs et techniciens seront plus autonomes puisqu'ils pourront, s'ils y sont autorisés, faire leur recherche de données par eux-mêmes.

Mise au point d'un dispositif d'automatisation de la mesure de la production laitière des vaches allaitantes

L'élevage bovin allaitant vise à la production de veaux nourris sous la mère appelés broutards, qui, jusqu'à leur sevrage, entre sept et dix mois, ingèrent de l'herbe en complément du lait.

En plus de son faible coût, la consommation de lait améliore sensiblement les performances zootechniques des broutards avec un gain de poids de 60 à 80 g/kg de lait ingéré en plus. Ainsi, il est indispensable de caractériser la production laitière des vaches allaitantes puis de chercher à l'optimiser.

L'estimation de la production laitière des vaches allaitantes utilise une méthode de mesure indirecte : la pesée des veaux avant et après tétée. Cette méthode nécessite une Installation Expérimentale (IE) et du temps. Elle devient moins précise avec l'avancement en âge des veaux. C'est aujourd'hui la méthode de référence mais sa mise en place est limitée à deux stations expérimentales de l'Inra. Cependant, son utilisation étendue à d'autres stations expérimentales reste difficilement envisageable par l'organisation du travail et l'importante manipulation des animaux qu'elle requiert. Dans ce contexte, il apparaît souhaitable d'établir une méthode de mesure nécessitant moins de temps et de travail.

C'est dans ce contexte que l'Inra a mis en place, depuis 2014, le programme 3M (mesurer, moduler, modéliser la production laitière des vaches allaitantes), porté par l'UE Herbipôle, dans le cadre de l'UMT (Unité Mixte

Technologique) Safe (systèmes allaitants fourrages et environnement). Ce programme a pour double objectif d'élaborer un modèle prédisant la PL (production laitière) des races allaitantes au cours des neuf mois de lactation, tout en développant un système de pesée automatique des veaux.

Pour aller têter, le veau doit impérativement passer par un dispositif de pesée automatique. Il se présente devant celui-ci, qui, grâce à un capteur, ouvre un premier volet. Alors, le veau s'avance jusqu'à la première porte où il est de nouveau détecté par un capteur. À l'ouverture de celle-ci, le veau pénètre à l'intérieur de l'aire de pesée dans laquelle il est identifié par sa boucle électronique puis, cent pesées sont réalisées. Les valeurs s'écartant de plus de deux écarts-types de la moyenne sont éliminées. La valeur moyenne retenue est alors enregistrée et transmise à l'ordinateur. Après cette pesée (environ dix secondes), la seconde porte s'ouvre et le veau est orienté vers la sortie grâce au second volet. Les données de pesées sont récupérées au quotidien sous la forme de fichiers Excel sur lesquels figurent le numéro du veau, l'heure de pesée, son poids et son sens de passage : du parc des veaux à celui des mères (noté « repos-tétée » ou RT) ou l'inverse (« tétée-repos » ou TR).

Le mode de calcul de la production laitière

Les deux premières années d'expérimentation nous ont permis de mettre en évidence une perte de poids du veau linéaire entre deux tétées.

À partir de cela, un veau arrivant dans le parc des mères est pesé avec un poids RT à une heure H et en ressort avec un poids TR à une heure H + x. L'intersection, calculée par régression linéaire, a permis d'obtenir un poids estimé T1 reflétant le poids du veau juste après sa tétée. La somme des passages permet d'obtenir la PL de la journée.

Automatisation du contrôle laitier en élevage caprin : le Lactocorder

La filière caprine française est riche en diversité, avec des systèmes alimentaires allant du pastoralisme à des conduites hors sol. Seuls 55% des élevages français ont une autonomie alimentaire, ce qui les pénalise dans un contexte économique difficile.

Pour concevoir et évaluer des conduites autonomes utilisatrices de l'herbe, l'Inra a mis en place en 2012, sur son site de Lusignan, le dispositif Patuchev composé de trois troupeaux de 60 chèvres laitières.

L'évaluation de ces troupeaux est pluriannuelle et multicritère : agronomique, économique et zootechnique, en particulier pour les contrôles laitiers. En effet, ce sont des milliers de données à enregistrer en continu.

Pour le contrôle laitier, notre choix s'est porté sur l'acquisition du Lactocorder ; ce choix répond à plusieurs objectifs :

- ✓ récolter le maximum d'informations sur la traite : quantité et qualité du lait produit ;
- ✓ faciliter les chantiers de contrôle laitier ;
- ✓ minimiser le nombre d'intervenants (baisser la charge de travail) ;
- ✓ minimiser le temps de préparation des échantillons (identification anonyme) ;
- ✓ fiabiliser la traçabilité des échantillons : les flacons de lait sont identifiés avec une boucle RFID (radio frequency identification). Avec cette organisation, il n'est plus nécessaire de ranger les flacons à une place précise dans le panier. Les tubes sont collectés en vrac, rangés dans les paniers et ainsi prêts pour partir au laboratoire ;
- ✓ automatiser l'identification des chèvres par la lecture de leur numéro officiel RFID pouvant être lu à distance sans contact. À l'origine du projet, afin d'optimiser les chantiers de contrôle laitier, nous avons fait le choix d'une lecture de la boucle électronique (à l'oreille) avec une antenne reliée via une passerelle





informatique au Lactocorder. Après 5 ans d'utilisation, nous avons équipé les chèvres d'une bague au paturon et abandonné la lecture par antenne. Nous avons un taux d'identification trop faible et des problèmes de mise à jour du logiciel.

En plus de prélever un échantillon et de mesurer la quantité de lait, le Lactocorder mesure un grand nombre de données : température, conductivité, vitesse de traite..., ce qui permet d'avoir la cinétique de traite de chaque animal. Branché pendant le nettoyage, le compteur à lait enregistre aussi des données sur la durée et la température de lavage. Après chaque contrôle, les données sont déchargées sur un ordinateur équipé du logiciel approprié : Lactopro. Les données sont vérifiées afin de repérer les éventuels dysfonctionnements ou incohérences : absence de quantité, quantité trop basse ou trop élevée, plusieurs passages d'une même chèvre sur une traite... L'archivage des données se fait sous la base de données Sicpa Ovins/Caprins. Après chaque contrôle laitier, un bilan individuel et par lot est effectué : production maxi/mini, taux et cellules afin de permettre une aide au pilotage : éventuel changement de ration ou encore le choix des réformes. Un bilan annuel de la campagne laitière de chacun des lots est réalisé ; ainsi, il est possible d'évaluer les différents systèmes de production et de voir leur évolution sur plusieurs années. Pour conclure, nous avons gagné en temps, la traçabilité des échantillons est assurée, les contrôles laitiers sont faits avec plus de sérénité et la préparation d'échantillons (étiquetage) a été supprimée. Enfin, les informations ne sont plus perdues et sont plus fiables grâce à la diminution des interventions manuelles.

Le cœur de la station porcine de phénotypage : le DAC Genstar v3 Acemo

L'Unité Expérimentale Porcs de Rennes (UEPR), par sa station porcine de contrôle de performances du Rheu, est une composante majeure du dispositif français d'amélioration génétique du porc. Elle est en capacité d'assurer un phénotypage précis d'apparentés aux futurs verrats d'insémination artificielle et d'estimer l'effet de gènes connus. Les nouveaux outils apportés par la génomique peuvent permettre d'accroître l'efficacité des schémas d'amélioration génétique. Leur efficacité dépend toutefois de la capacité à collecter les données nécessaires et d'une meilleure connaissance de la relation entre les marqueurs génétiques et les performances des animaux. C'est dans ce contexte que les professionnels de la génétique porcine, l'Ifip Institut du porc, regroupés au sein de FG Porc (France Génétique Porc), et l'Inra, ont décidé de mettre en œuvre les moyens nécessaires pour faire face aux nouveaux enjeux de la génétique porcine par la construction d'une nouvelle station de contrôle de 1008 places engraissement. FG Porc a financé la structure et l'Inra gère l'exploitation. Ce bâtiment d'élevage porcin dispose d'équipements de phénotypage pour la mesure d'ingestion et de croissance de type DAC (distributeur automatique de concentrés) intégrant la pesée de l'animal.

Le choix s'est porté vers le fournisseur français historique Acemo® qui équipait la station depuis 2002 de DAC Acema 64, matériel ayant fait ses preuves et disposant d'une technologie révolue. Un prototype de la nouvelle génération de DAC, la Genstar a été testé pendant 15 mois avant sa phase d'industrialisation pour 72 DAC. Le concept technique est basé sur une stalle de contention à bat-flancs réglables pour s'adapter à l'évolution morphologique du porc à laquelle est ajouté un module alimentation. Un module arrière de porte isolant l'animal peut aussi être lié mais n'a pas été retenu pour conserver des conditions de compétitions à l'auge proches de ce qui existent en élevage. Le module d'alimentation est constitué d'une trémie de réception de l'aliment, d'un dispositif d'alimentation de la trémie vers une auge montée sur capteur de poids d'une portée de 10 kg avec une précision de 1 g, d'un mécanisme de blocage de ce système protégeant le capteur pendant le repas de l'animal, d'une antenne d'identification et d'une trappe d'accès à l'auge. La stalle comporte aussi un plateau de pesée monté sur quatre capteurs de poids pour une portée de 300 kg et une précision de 1 kg. Cet ensemble est piloté par deux cartes électroniques dédiées à l'acquisition et

au stockage de l'identification, de la pesée animale et de l'aliment ainsi qu'à la gestion des mécanismes ouverture d'accès, remplissage de l'auge trémie et transmission d'alerte si défaut mécanique.

Cet ensemble est géré par un logiciel propriétaire développé pour la conduite d'élevage. Sa fonction première est le paramétrage des composants du DAC, la gestion et l'avertissement d'anomalies sur le matériel et en dernier lieu l'acquisition des données alimentation et croissance.

Un traitement des données journalières permet d'avoir les informations d'ingestion et de croissance avec une mise en avant des alertes sur individu en fonction de critères prédéfinis : seuil de consommation et perte de poids. Si cet outil informatique par ses algorithmes répond à la problématique de suivi et conduite d'élevage, il n'apporte pas la précision attendue en termes de mesures expérimentales. Une démarche d'accès à la donnée brute a été négociée auprès du constructeur, un accès à un fichier CSV (comma-separated values) a été créé par le développeur informatique. Ce fichier (12 000 mesures) est intégré quotidiennement vers la base de données Porsta et exploité pour isoler avec plus de pertinence les individus à surveiller et établir sous le programme SAS (statistical analysis system) les courbes de croissance, le calcul de l'indice de masse corporelle et du GMQ (gain moyen quotidien) et le calcul d'évaluation génétique.

Témoignage d'Hervé Tournadre

Acquisition et mise en service d'auges automatisées pour la mesure des quantités ingérées chez les bovins

Des systèmes de mesure automatisée des quantités individuelles ingérées pour les bovins sont proposés depuis quelques années par des constructeurs privés. L'Unité Herbipôle a fait le choix d'une acquisition par cette voie pour répondre à un besoin important en capacité de mesure (pour 100 à 150 bovins). Sur les bases d'un cahier des charges établi, plusieurs constructeurs ont été comparés, notamment sur les critères suivants : fiabilité du système de mesure, types et fréquences des données recueillies, adéquation du volume des auges aux rations à base de fourrages secs, capacité du constructeur à la maintenance de l'équipement et à faire évoluer l'outil et l'acquisition des données. Le constructeur retenu a satisfait à l'essentiel des critères. Les difficultés principales rencontrées (mais résolues avec lui !) ont été : les problèmes de reconnaissance de certaines boucles d'identification électronique des animaux, une formation insuffisante des utilisateurs et une documentation en français arrivée tardivement.

Pour vérifier l'adéquation du dispositif aux exigences et besoins expérimentaux, des protocoles de validation ont été mis en place. Ces tests montrent que i : la précision de pesée est conforme aux exigences expérimentales (inférieure à 1%) ; ii : la fréquence de calibrage des capteurs de pesée doit être faite chaque semaine au lieu de chaque mois comme préconisé par le constructeur ; iii : la fréquence de distribution des rations (1 vs 2 jours) ou le nombre d'animaux par auge (1 vs 2) n'affectent ni les quantités ingérées par animal ni ses performances.

« Quand j'ai plusieurs taurillons par auge, pour savoir s'ils mangent bien, je ne le vois plus dans l'auge, je dois consulter le fichier » ; « les capteurs de pesée sont fragiles, les cellules photoélectriques se salissent vite, il faut nettoyer souvent et pas au jet d'eau ». « Plus de balance à trimbaler, ni de papiers, ni de crayon ». Ces témoignages illustrent des changements induits par le dispositif. Celui-ci a permis une mécanisation/automatisation poussée des tâches liées au contrôle d'ingestion : préparation et distribution des rations, pesée des offerts et refus, saisie et enregistrement des données. Et il mesure en continu les accès de l'animal à l'auge et les quantités ingérées, donc aussi le comportement d'ingestion. Cependant, d'autres activités sont apparues ou s'accroissent : programmation du logiciel de pilotage des auges, vérification métrologique, consultation et validation quotidienne de fichiers de données.

Si le modèle d'auges acquis à l'Herbipôle convient bien aux vaches laitières ou allaitantes (conçu pour elles), il est mal adapté aux bovins mâles que l'on reçoit à 300 kg (il leur faut des échasses...) et que l'on garde jusqu'à 800 kg (morphologie différente : largeur de l'encolure, de la tête) ... et d'autant plus s'ils ne sont pas écornés ! Ceci génère quelques problèmes (quantité de ration accessible à l'animal) et risques (pendaison). Le dispositif ne prévoit pas non plus la contention de l'animal (pas de cornadis), ce qui réduit les possibilités de mesure (prise de sang, collecte d'urine) sans déplacement de l'animal en dehors de son lot. Bref des adaptations sont nécessaires et le constructeur les a prises en compte pour équiper d'autres stations expérimentales.



Témoignage d'Hervé Tournadre

Acquisition et mise en service d'auges automatisées pour la mesure des quantités ingérées chez les bovins (suite)

Et si c'était à refaire ?

Banco ! Avec un cahier des charges amélioré : accessibilité pour bovins mâles, forme de l'auge, facilitation au retrait des refus restant dans l'auge par exemple. Ceci dit, nous avons cité précédemment quelques limites associées à ce dispositif automatisé : il ne faudrait peut-être pas mettre tous les bœufs dans les mêmes auges ?

Conclusion

Les exemples et témoignages décrits dans cet article ne sont que quelques exemples des automatismes qui existent dans les élevages expérimentaux de l'Inra. Ceux-ci fournissent aux scientifiques des jeux de données conséquents, de qualité tout à fait exemplaire et la plupart du temps uniques en France. La difficulté quant à ces automatismes reste parfois d'avoir la possibilité de les faire évoluer, en concertation avec le fabricant, afin de corriger leurs défauts ou d'étendre certaines de leurs fonctionnalités. Ils sont au final de formidables outils de mesures qui ont l'avantage de ne demander que très peu de temps de mise en fonction. Par contre, l'accès aux données est difficile voire impossible dans certains cas et nécessite un développement caractéristique à chaque outil. Pour équiper en grand nombre d'équipements DAC la Station porcine du Rheu, le choix a été spontanément vers du matériel développé commercialement en élevage. Si l'outil est adapté pour l'élevage conventionnel, il nécessite une définition très fine du cahier des charges techniques pour le transposer en milieu expérimental. La phase de développement prototype ne prévoit pas exhaustivement toutes les difficultés de mise en service. Il convient de bien appréhender le prestataire sous l'angle qualité de service, réactivité et réponse aux problématiques rencontrées. Pour le système de mesure de production laitière par pesée des veaux, l'objectif aujourd'hui est d'associer un partenaire commercial (fabricant de matériel de pesage automatique) afin de partager nos expériences pour améliorer et finaliser notre prototype pour *in fine* le multiplier.