

Les dispositifs de mesures individuelles de la consommation d'aliments

Jean-Louis Weisbecker¹, Michel Lagüe², Didier Marcon³, Christophe Huau¹, Claude Trainini⁴, Julien Ruesche¹, Frédéric Débat⁵, David Portes⁶, Emilie Cobo¹

Résumé. Dans cet article, nous décrivons les contextes de développement, la conception, et le mode de fonctionnement de cinq modèles de distributeur automatique d'aliments (concentré, fourrage, eau, lait, ration mélangée). Ces distributeurs permettent de mesurer l'ingestion et le comportement alimentaire individuel d'animaux élevés en lot pour les palmipèdes et les petits ruminants. La conception de chaque dispositif a tenu compte des réactions et des facultés d'adaptation des animaux tout en répondant à des questions intéressantes aussi bien pour les scientifiques que les éleveurs telles que l'efficacité alimentaire et le bien-être animal. La mise au point de ces distributeurs a mobilisé des compétences particulières à tous les niveaux et résulte d'étroites collaborations entre les automaticiens et informaticiens du Cati Sicpa, les techniciens animaliers des Unités Expérimentales et les agents pivots rattachés aux équipes palmipèdes et petits ruminants de l'UMR GenPhySE (Unité Mixte de Recherche Génétique Physiologie et Systèmes d'Élevage) du Centre Inra Occitanie -Toulouse. Les développements des logiciels retenus sont communs à tous les dispositifs et permettent de visualiser les cinétiques d'ingestion de chaque type d'aliment sur une interface unique.

Mots clés : palmipèdes, ovins, caprins, distributeur automatique d'aliment, portillon, consommation individuelle, efficacité alimentaire, comportement alimentaire, concentré, fourrage, eau, lait

Introduction

Contexte général

Pour répondre aux enjeux des productions animales, et plus particulièrement à l'amélioration de la robustesse et de l'efficacité des animaux, des équipes de l'Inra développent des outils de phénotypage fin pour permettre des productions animales de qualité à moindres impacts économique et environnemental (Phocas et al., 2014). À ce titre, le thème de l'amélioration génétique de l'efficacité alimentaire participe au développement de systèmes alimentaires sains et durables et devient une préoccupation majeure des filières puisque l'alimentation des animaux est le poste le plus important relativement aux autres coûts d'élevage (Riffard et al., 2011).

Ainsi, des outils permettant de mesurer la consommation et le comportement alimentaire individuel des animaux élevés en lot ont été développés en interne pour les palmipèdes (canards et oies) et les petits ruminants (ovins et caprins) : deux espèces pour lesquelles il est difficile de trouver des solutions commerciales adaptées à l'animal répondant à moindre coût aux exigences expérimentales en matière de précision et de fiabilité des données produites.

Dans les paragraphes suivants, nous présentons cinq dispositifs de mesure de la consommation individuelle de cinq aliments différents :

- ✓ pour les palmipèdes, il s'agit du DAC (distributeur automatique de concentré) développé à l'UE PFG (Unité Expérimentale Palmipèdes à Foie Gras) (40). Ce DAC est à l'origine de la mise au point du logiciel DaaMiC (distribution automatique d'aliments et mesures individuelles de consommation) et de l'interface WebDistri (Heirman et al., 2018) ;
- ✓ pour les petits ruminants, sont présentés, le DAF (distributeur automatique de fourrage), le DH2O (distributeur automatique d'eau) et le DAL (distributeur automatique de lait) initiés à l'IE (Installation Expérimentale) de Langlade (31) et déployés sur l'UE (Unité Expérimentale) de Bourges (18) et, les portillons de l'UE de La Fage (12) développés pour mesurer la consommation individuelle de la ration totale mélangée (RTM).

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

2 UE PFG, Inra, Domaine d'Artigüères, 40280 Benquet, France

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

4 UE PECTOUL, Inra, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

5 UMR GenPhySE, IE Langlade, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

6 UE La Fage, Inra, 12250 Saint-Jean-et-Saint-Paul, France

jean-louis.weisbecker@inra.fr

Description sommaire des méthodes et des matériels communs aux différents dispositifs

Les équipements de base

- ✓ Pour accéder à l'aliment

Le fonctionnement de la plupart des dispositifs de mesure de la consommation individuelle des aliments repose sur des éléments de base : la puce d'identification électronique RFID (radio frequency identification) et son antenne de lecture, une semi-contention de type couloir associée à une porte pour isoler l'individu qui s'alimente, un détecteur de présence, une mangeoire équipée de capteur et une trémie de stockage adaptée à chaque type d'aliment. Sur chaque distributeur, il est possible de rajouter la pesée animale et une caméra IP si besoin.

- ✓ Pour la gestion électro-informatique (DAC-DAF-DH2O)

Chaque distributeur est équipé d'un coffret contenant les parties électroniques et informatiques. Un mini PC durci ou un Raspberry PI assure la gestion de tous les périphériques grâce au logiciel spécifique, le DaaMiC. Ce logiciel permet de piloter les distributeurs en toute autonomie en fonction du type d'aliment, des animaux, du mode de fonctionnement choisi (apprentissage, *ad libitum* ou rationné) et d'enregistrer, de visualiser et de transférer les données générées. Les variables de base, appelées « événements », permettant de reconstituer la visite d'un animal sont : l'identification du distributeur, la date et l'heure (en millisecondes), le numéro de puce, l'état des capteurs des pesées de l'animal et de la mangeoire, les remplissages de la mangeoire et les interventions de nettoyage ou de maintenance. Avec les applications PC comme TeamViewer et VNC, il est possible d'accéder au DaaMiC à distance pour vérifier ou intervenir à tout moment sur le fonctionnement et les réglages de chaque distributeur.

Les données issues des applications DaaMiC

Le DaaMiC génère et transfère deux types de données : les données brutes et les données calculées à la visite. Les données brutes correspondent à l'ensemble des événements codifiés par le DaaMiC. Leur fréquence d'enregistrement est paramétrable avec un maximum de neuf enregistrements par seconde. Les événements codifiant le début et la fin de visite vont permettre d'établir les données calculées à la visite. En mode rationné, ces deux types de données sont immédiatement transférés sur WebDistri.

Pour les animaux qui ont accès à plusieurs distributeurs, WebDistri centralise les données provenant de tous les DaaMiC ce qui permet de visualiser en direct le cumul des consommations à l'animal et par type d'aliment. Via le réseau Ethernet Inra, WebDistri transfère les données brutes sur Sicpa Expérimentations. Le chercheur a donc accès aux données brutes avec un décalage maximal d'une journée. En perspective, nous avons retenu le principe de transférer les données calculées sur Sicpa Alimentation.

Les logiciels DaaMiC et WebDistri sont déployés et utilisés en routine sur les DAC, les DAF, les DH2O, et en cours de validation sur le prototype de DAC en mode rationné. Ces logiciels ont été interfacés avec le dispositif commercial du DAL et peuvent servir de support à l'automatisation de l'enregistrement des données du système des portillons dont l'évolution est envisagée au domaine Inra de La Fage.

Le distributeur automatique de concentrés (DAC) développé à l'UE PFG : focus sur le dispositif dédié aux palmipèdes

En 2012, un dispositif, adapté aux canards, a été développé en étroite collaboration avec l'UE PFG, située dans les Landes, l'UMR GenPhySE de l'Inra de Toulouse et le Cati Sicpa.

Les étapes clés de développement pour un dispositif adapté

L'identification électronique des animaux, indispensable pour l'utilisation d'outils de phénotypage, n'était pas encore développée chez les palmipèdes. D'abord posée en externe, la puce est désormais implantée en sous cutanée pour un meilleur bien-être des animaux. Dès le premier prototype DAC, il est apparu que cet outil allait devoir séparer les canards devant la mangeoire pour obtenir des mesures de consommation précises face à des animaux grégaires se déplaçant en groupe pour aller s'alimenter. Devant la difficulté d'isoler un canard malgré un couloir adapté à son format, deux portes en plexiglass, actionnées par un dispositif pneumatique, ont été disposées à l'entrée du couloir du DAC. La réaction et l'adaptation des animaux nous ont conduits à utiliser ces portes afin d'assurer l'accès d'un seul animal à la mangeoire en l'isolant de ses congénères tout en conservant un contact visuel. Cette séparation avait été perçue par les scientifiques comme un emprisonnement des animaux, mais les capacités d'adaptation des canards ont montré qu'ils étaient capables de s'isoler du lot au moment de la prise alimentaire, sans engendrer de stress, grâce à une phase d'habituation de 15 jours dès l'éclosion. Cette nouvelle configuration assure également plus de confort pour les animaux car ils ont désormais la possibilité de se retourner dans un couloir plus large alors qu'ils devaient faire marche arrière, en se frottant aux parois du couloir dans les prototypes précédents. Aux portes se sont même ajoutés récemment, deux vérins servant de régulateurs de flux à l'entrée/sortie du DAC et une cellule IR (infrarouge) accélérant la fermeture des portes pour disposer d'un outil de consommation individuel fiable et précis. En parallèle, le passage de tête, pour accéder à la mangeoire, a lui aussi évolué puisqu'il est passé d'une forme circulaire à une forme rectangulaire plus adaptée au mouvement de préhension de l'aliment par les palmipèdes et permettant ainsi de limiter le gaspillage. D'autre part, la pesée de l'aliment faite par une mangeoire suspendue, s'est révélée peu précise du fait des vibrations, elle a donc été embarquée sur un châssis au sol. Finalement, un plateau de pesée a été installé sous le couloir du DAC pour mesurer le poids du canard et gérer les visites des animaux.

Fonctionnement et utilisation du DAC par les animaux

Pour accéder au DAC, l'animal avance sur le plan incliné jusqu'à l'entrée d'un couloir (**Figure 1**). En haut de ce plan incliné, les deux portes en plexiglass ouvertes permettent à l'animal d'entrer dans ce couloir. Une fois à l'intérieur, les portes en plexiglass se referment derrière lui : c'est le début de la visite. La fermeture de ces portes est gérée par la cellule IR, le système de pesée de l'animal disposé sous le couloir du DAC prenant le relais pour le reste de la visite. Dans le DAC, l'animal est identifié grâce à une puce électronique lue par un panneau de lecture servant de passage de tête derrière lequel est positionnée la mangeoire.

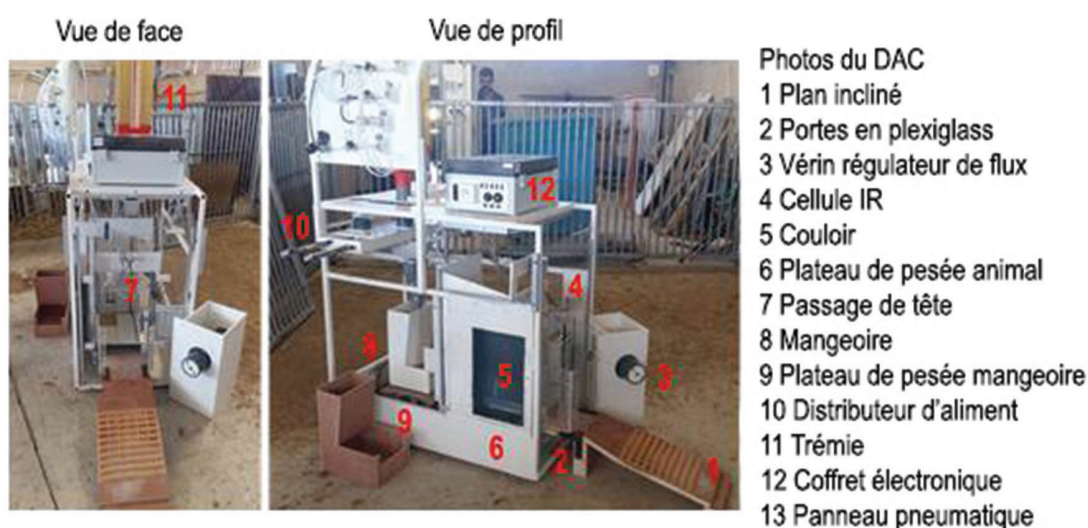



Figure 1. Distributeur automatique de concentré dédié aux canards (photos : Inra).



Sous cette mangeoire, un système de pesée permet de mesurer le poids de l'aliment et une grille disposée au sol devant la mangeoire recueille le gaspillage. Pour sortir, l'animal se retourne dans le couloir, descend du plateau de pesée déclenchant l'ouverture des portes, c'est la fin de la visite. L'animal peut alors descendre le plan incliné et rejoindre ses congénères. Le remplissage de la mangeoire est paramétrable (début et durée) et se fait automatiquement, si c'est nécessaire, à la fin d'une visite par l'intermédiaire d'une réserve d'aliment située au-dessus du DAC. Pendant un remplissage, la mangeoire est condamnée grâce à une porte actionnée par un vérin pneumatique.

Validation de l'outil pour le calcul des phénotypes de l'ingestion des palmipèdes

L'ingestion et la croissance de lot au DAC vs lot témoin (mangeoire linéaire) ont été comparées pour les trois types génétiques de canards d'élevage (canard de Barbarie, Pékin et mulard). Avec des performances d'ingérés et de croissance proches indépendamment du mode d'alimentation pour les trois espèces de canards d'élevage, le DAC peut être considéré comme un outil de phénotypage prometteur. De plus, après le traitement statistique des données brutes, des variables individuelles fiables de consommation, de croissance et de comportement peuvent être estimées et ce à différentes échelles de temps à savoir à la visite, la journée, la semaine et au test.

Perspectives

Avec pour l'instant un coût matériel de 5 500 €, le DAC (brevet Inra n° 1260972) est adapté aux trois types génétiques de canards d'élevage en mode *ad libitum* pendant la phase de croissance avec une densité de 40 canards/DAC. Un travail est en cours pour développer un mode rationné qu'il est envisagé d'utiliser en routine dans la conduite des palmipèdes à foie gras au moment de la préparation au gavage ou de l'élevage des reproducteurs. Depuis 2016, le dispositif est en cours d'adaptation aux oies.

Le distributeur automatique de fourrage (DAF) développé à l'UE de Bourges

Contexte de mise en œuvre du dispositif

L'adaptation d'un DAC commercial en 1997, à l'espèce ovine sur l'UE de Bourges, a permis d'estimer les paramètres génétiques de l'efficacité alimentaire des jeunes reproducteurs pendant leur phase d'engraissement réalisée à partir d'un aliment concentré riche en céréales. Suite aux expérimentations de sélection sur l'efficacité alimentaire, il s'agit aujourd'hui de vérifier si les animaux économes ou gaspilleurs, sur des rations à base de céréales, sont les mêmes sur des rations à base de fourrage grossier. En 2013, aucune solution commerciale n'était satisfaisante, le Département de Génétique Animale (GA) a alors accordé des crédits incitatifs pour initier la mise au point d'un premier prototype de distributeur automatique de fourrage appelé DAF (**Figure 2 et 3**).

Le DAF a été conçu afin de pouvoir mesurer avec fiabilité la consommation individuelle de foin haché pour des animaux élevés en lot. Souhaitant pouvoir mesurer le maximum d'animaux par distributeur en condition *ad libitum*, sa conception a nécessité d'élaborer une mangeoire de grande capacité afin de limiter les interventions manuelles ; approvisionnements et accessibilité au fourrage en continu.



Figure 2. Vue arrière de l'accès au DAF (photo : Inra, Bourges).



Figure 3. DAF équipé de la pesée animale avec vue sur la trappe d'accès au fourrage (Photo : Inra, Bourges).

Fonctionnement et utilisation du DAF par les animaux

En entrant dans le couloir du DAF, l'animal active le dispositif de détection de présence qui déclenche les enregistrements de début de la visite. Le bout de ce couloir est fermé par un panneau de bois dans lequel la découpe d'un trou permet le passage de la tête de l'animal pour accéder à la mangeoire. Cette mangeoire, constituée d'un fond d'auge et d'un râtelier, est posée sur un capteur de pesée et dispose d'une antenne de lecture RFID qui récupère l'identification de l'animal pendant sa visite. Lorsque l'animal a fini de s'alimenter et sort du couloir, le détecteur de présence condamne l'accès au DAF le temps de stabiliser et de fiabiliser la pesée de la mangeoire. La comparaison des éléments de début et de fin de visite permet ainsi de calculer la consommation, la durée et la vitesse d'ingestion de chaque visite.

L'UE de Bourges dispose actuellement de quatre DAF qui permettent d'alimenter quotidiennement 30 à 40 jeunes reproducteurs (soit 8 à 10 ovins par DAF). Les animaux sont répartis en deux lots selon leur format et peuvent accéder chacun à deux DAF. Ce dispositif est utilisé en routine depuis 3 ans en ciblant prioritairement la mesure des animaux issus d'une sélection divergente sur l'efficacité alimentaire préalablement estimée au DAC. La durée de chaque protocole de mesure s'organise généralement sur 2 semaines d'adaptation suivies de 6 semaines en contrôle individuel.

La validation et le traitement des données de consommation

Étant donné le volume des données brutes recueillies (jusqu'à 100 Mo/jour pour quatre DAF occupés pendant 20 h), un traitement avec l'outil SAS (statistical analysis system) permet de vérifier la validité des événements récoltés et d'établir les statistiques descriptives des phénotypes observés. Le cumul des consommations journalières obtenues doit être en cohérence avec la capacité d'ingestion théorique des animaux. La comparaison des performances zootechniques obtenues sur lots témoins conduits à l'auge collective et une bande de jeunes béliers alimentés au DAF a permis de valider l'outil. Les premiers résultats sont cohérents et très encourageants pour les quatre bandes de jeunes mâles qui ont été suivis (120 animaux) mais ont mis en évidence des comportements plus grégaires pour les jeunes femelles.



Perspectives

Une deuxième génération de DAF multi-formats (de 20 à 100 kg de poids vif) et multi-espèces (ovins et caprins) est en cours de test à l'IE de Langlade. Sur le même principe, on y développe un DAC en version rationnée avec pesée de l'aliment proposé et refusé. Avec le DH2O (distributeur automatique d'eau) et le DAL (présentés dans les paragraphes suivants), ces quatre types de distributeurs doivent équiper la future halle de phénotypage de l'UE de Bourges dont le projet est dimensionné pour mesurer en simultanément les cinétiques d'ingestion et le comportement alimentaire individuel de 200 petits ruminants.

Le distributeur automatique d'eau (DH2O) développé à l'IE de Langlade : mise au point d'un abreuvoir automatique mobile pour ovins

Contexte de mise en œuvre du dispositif

Pour améliorer le suivi physiologique des animaux, les scientifiques ont besoin, entre autres, de données sur la consommation d'eau. L'objectif est de surveiller le changement de comportement de l'animal pour détecter une éventuelle maladie et ainsi pouvoir la traiter le plus tôt possible. Si les premières applications concernaient les bovins et les porcins, rien n'avait été entrepris pour les ovins. En 2008, des informaticiens du Cati Sicpa, basés sur le Centre Inra de Toulouse ont sollicité l'équipe technique de l'IE de Langlade, pour mettre au point un outil qui mesure la consommation individuelle d'eau pour les brebis. Après une recherche sur l'existant, a eu lieu l'adaptation aux ovins, de l'abreuvoir automatique pour bovins mis à disposition par l'UMR MoSAR (Modélisation Systémique Appliquée aux Ruminants) de Grignon.

Fonctionnement et utilisation du DH2O par les animaux

Il a fallu adapter la taille et la capacité de la buvette aux besoins des brebis, puis intégrer de nouveaux détecteurs de niveaux plus précis. Pour lire la boucle électronique de l'animal l'antenne RFID a été positionnée à l'intérieur d'un couloir d'isolement qui assure l'unicité de l'animal pendant sa présence à l'abreuvoir (**Figure 4**).

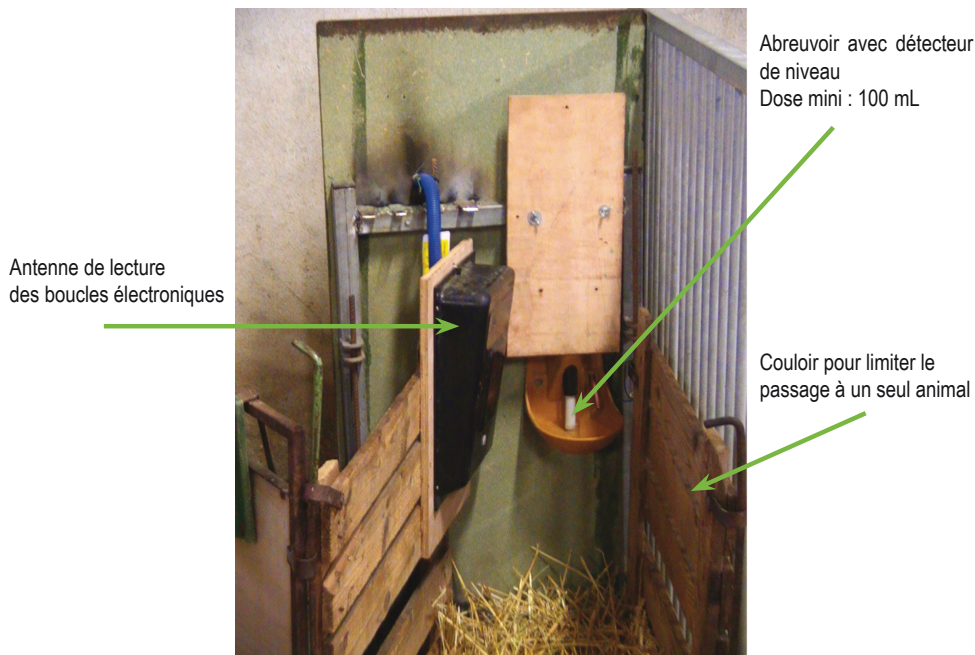


Figure 4. Dispositif complet pour l'abreuvoir automatisé (photo : Inra, Langlade).

Pour éliminer au maximum les erreurs de mesure dues aux variations importantes de la pression sur le réseau d'eau potable de l'élevage, un réseau d'eau basse pression (0,5 bar) a été créé sur lequel est incorporé un compteur indépendant. Ce moyen simple permet de faire, en fin de journée, la somme des mesures individuelles issues de l'abreuvoir et de la comparer à la valeur du compteur indépendant. Un détecteur de niveau, associé à une électrovanne, permet de maintenir un volume d'eau constant dans la buvette. C'est le temps d'ouverture de l'électrovanne de remplissage qui permet de mesurer la quantité consommée par l'animal. Le système est piloté par un mini PC qui enregistre le détail des visites et permet de suivre l'évolution de la consommation journalière d'eau pour chaque animal, sur une période donnée.

Les premières mesures ont servi à étalonner le système de distribution d'eau sans animaux. Des tests ont été réalisés à l'aide d'une seringue de 50 mL et d'une balance de précision pour comparer les doses distribuées aux données enregistrées par le logiciel gérant la machine ; les mesures obtenues avaient au départ une précision de 100 mL par buvée.

Pour les essais qui ont consisté à suivre six brebis pendant 2 mois, un parc a été aménagé à l'intérieur d'un bâtiment. En ce qui concerne le bon positionnement de la machine dans le bâtiment, plusieurs critères sont à considérer : il est indispensable d'installer la machine dans un endroit calme, semblable aux conditions d'élevage des animaux, et sans changer leurs habitudes ou modifier leur comportement.

Le logiciel calcule la durée des visites de la brebis, il permet également d'avoir la consommation totale sur 24 h et le nombre de visites, de repérer facilement les animaux en baisse de consommation ou qui ont cessé de s'abreuver.

Validation et perspectives

Les premiers résultats obtenus font état de grands écarts entre les animaux, de 3 à 12 visites/jour ainsi que des consommations journalières différentes entre individus (de 3 à 4,3 litres/jour). Ces résultats montrent qu'il est possible d'enregistrer la consommation individuelle d'eau en utilisant l'identification électronique. En créant des profils de consommation d'eau, la détection des animaux qui modifient leurs habitudes de consommation ou qui cessent de s'abreuver est possible ; ceci permet de diagnostiquer deux cas :

- ✓ soit un problème sanitaire au stade subclinique et donc de pouvoir anticiper le traitement ;
- ✓ soit un changement d'état physiologique de l'animal (chaleurs, mise-bas...).

La décision a été prise de développer un abreuvoir électronique dédié aux petits ruminants, en éliminant les problèmes de débit d'eau et en améliorant la précision de la mesure à 20 mL par buvée. L'abreuvoir pour ovins reste toujours une référence pour différents types de distributeurs de liquides comme le lait (DAL, allaitement artificiel pour les agneaux). L'étape en cours consiste à le transposer au format du programme DaaMiC utilisé pour l'ensemble des distributeurs.

Le distributeur automatique de lait (DAL) développé à l'IE de Langlade

Sur le site expérimental de Langlade nous avons développé un DAL qui est un outil pour connaître de façon précise les consommations individuelles de lait et les comportements des petits ruminants à l'allaitement artificiel.

Contexte de réalisation du dispositif

L'allaitement, maternel ou artificiel via un distributeur de lait, est une phase importante de la croissance du jeune ruminant. C'est pourquoi, depuis 2007, les généticiens de l'IE ovine de Langlade ont



décidé de mesurer la consommation individuelle de lait des agneaux et des chevreaux afin de savoir s'il existait une variabilité entre les individus ; c'est une des conditions impératives à la sélection. Un programme de recherche a été mis en place afin de décrire les interactions entre les effets directs et les effets maternels sur la croissance des agneaux avant sevrage. Afin de dissocier ces deux effets, il était impératif de connaître la consommation individuelle de lait, qu'il soit maternel ou artificiel. Le seul matériel spécialisé disponible existait pour les veaux. Nous avons donc décidé d'adapter cet outil aux agneaux en y ajoutant un dispositif de pesée et de présence animale.

Nous décrivons dans ce paragraphe la mise au point du DAL pour petits ruminants ainsi que les aménagements de la nurserie et l'apprentissage approprié aux agneaux et aux chevreaux qui en découlent. Mais avant, quelques explications sur le principe de fonctionnement d'un DAL (**Figure 5**).

Fonctionnement et utilisation du DAL par les animaux

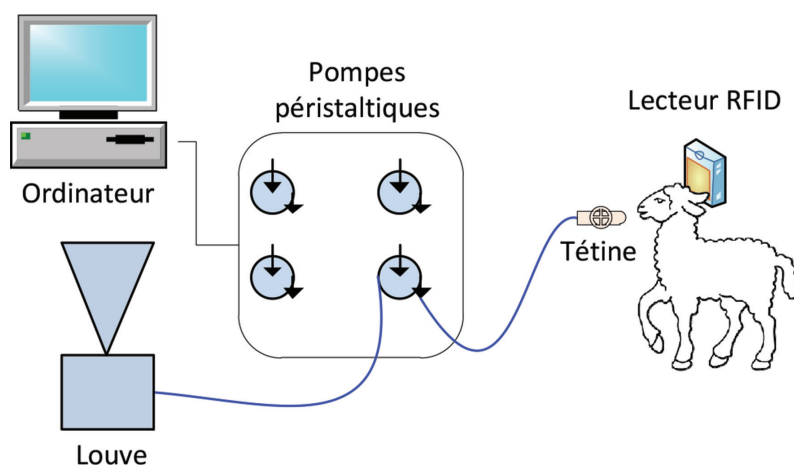


Figure 5. Schéma décrivant le fonctionnement du DAL.

Le dispositif d'allaitement, nommé aussi louve, distribue le lait à l'agneau identifié grâce à une pompe. La louve fabrique et maintient en température le lait liquide distribué aux agneaux à partir de poudre de lait. Le logiciel sur le PC gère l'identification d'un animal et pilote les pompes qui assurent la distribution du lait en fonction des droits à consommer d'un animal. Les données sont enregistrées par le logiciel, qui est aussi accessible à distance via le réseau. Le contrôle journalier se fait directement sur l'ordinateur à travers le logiciel commercial Vealer 2000.

Au départ, nous avons choisi une louve Foerster (Foerster Technik®) destinée aux veaux déjà utilisée sur l'UE Inra de Carmaux. Pour répondre à la demande scientifique, il a fallu adapter les éléments matériels suivants (**Figure 6**) :

- ✓ un environnement sur caillebotis intégral : pour être sûr que l'agneau ne consomme que du lait, nous avons décidé de loger les animaux sur caillebotis intégral. La litière aurait pu biaiser les consommations ;
- ✓ les bas flancs réglables embarqués sur le plateau de pesée animal : le couloir d'accès devait être réglable en fonction de la croissance des agneaux afin qu'un seul animal à la fois puisse accéder à la tétine ;
- ✓ le support des tétines : un passage de tête a été installé à la hauteur de chaque tétine, pour ne tolérer qu'un seul agneau à la fois ;
- ✓ des anti-retours sur le circuit de lait : ce matériel est indispensable lors de la première semaine d'adaptation de l'agneau car sa capacité de succion à cet âge ne lui permet pas d'activer la distribution du lait ;

- ✓ les antennes de lecture de puce RFID : pour être sûr de n'identifier que l'agneau qui boit, l'antenne ne devait lire qu'à l'intérieur du couloir. Les matériaux de proximité ne devaient pas être métalliques pour ne pas perturber le champ de lecture.

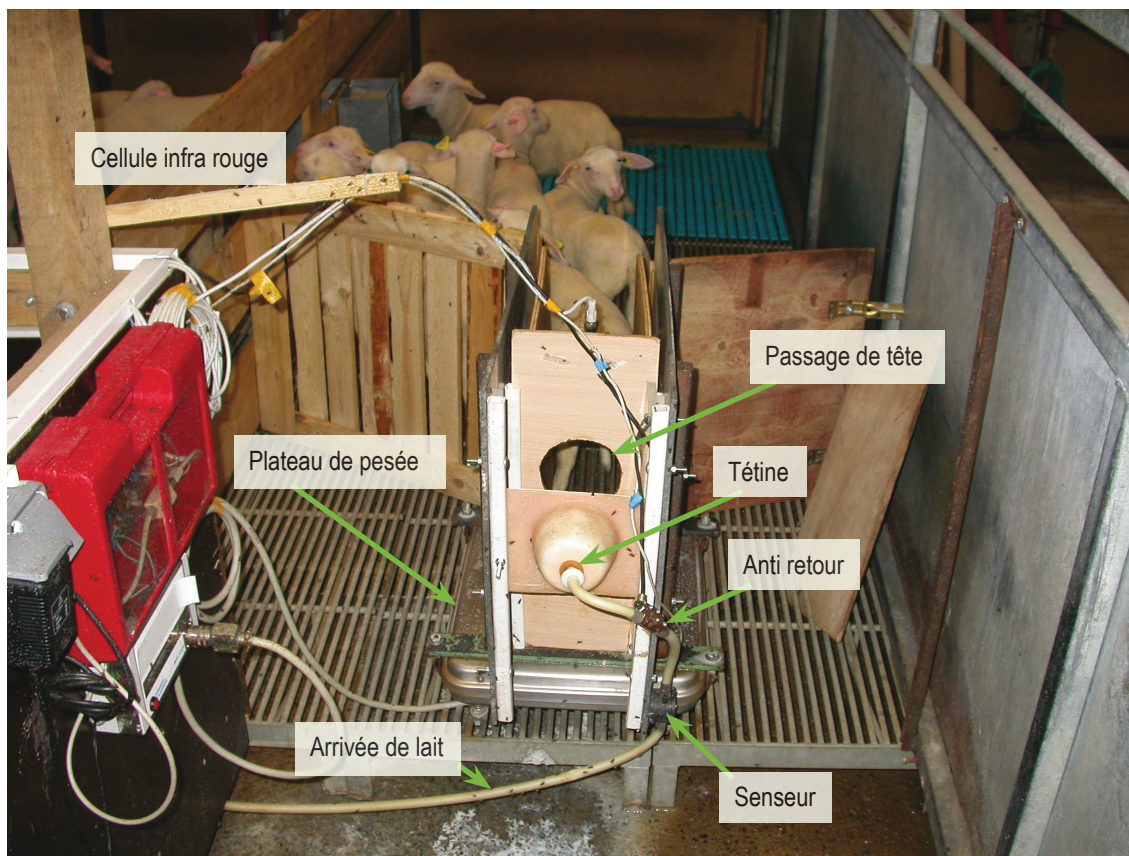


Figure 6. Prototype d'un DAL équipé de la pesée animale (photo Inra, Langlade).

Par rapport à une louve classique, un apprentissage spécifique est indispensable. L'agneau est laissé avec sa mère les 24 premières heures de sa vie pour la prise de colostrum. Il faut au moins 48 h pour l'habituer à l'allaitement artificiel. Une fois accoutumé à cette louve, l'apprentissage au DAL est alors possible. En effet, le DAL nécessite que le jeune aspire suffisamment fort pour activer le senseur qui déclenche la distribution de lait ; la pompe péristaltique se met alors en route.

La mise au DAL du jeune comporte deux phases successives. La première consiste à relever les consommations individuelles dans le lot d'adaptation au moins 4 fois par jour. Si les consommations sont insuffisantes (<400 mL /jour), on entraîne les agneaux à boire. Durant la deuxième phase les agneaux passent dans un lot de croissance où on suivra chaque jour les quantités bues. Nous avons noté que certaines races ovines, telles que la Lacaune, s'adaptaient moins facilement que d'autres, la Romane par exemple. Quant aux jeunes caprins, curieux par nature, ils ont beaucoup moins de difficulté à s'adapter au DAL.

Validation et perspectives

Une cinquantaine d'agneaux a été nécessaire pour valider la dernière version de l'outil. Les dispositifs ajoutés comme la pesée animale, la détection de présence et l'enregistrement de l'état de la pompe et du capteur



de succion nous ont permis d'ajuster la durée de visites des animaux et de calculer les débits d'ingestion. La première valorisation scientifique du DAL a eu lieu en 2010 via le programme « action innovante » DIREMAT porté par Inra GenPhySE. Nous avons aussi été sollicités pour effectuer une installation similaire à la ferme expérimentale d'Agroparistech à Grignon, dédiée au caprin. L'UE de Bourges utilise également ce dispositif pour des chevreaux depuis début 2017.

Les portillons automatiques développés à l'UE de La Fage

Contexte de réalisation du dispositif

La brebis laitière, sur le rayon de Roquefort, a connu, dans les années 80 à 90, une progression rapide de sa production notamment grâce aux progrès de la sélection génétique. Au centre de ces progrès deux enjeux : maîtriser l'alimentation, mais surtout comprendre comment l'animal l'utilise. Des outils dédiés existaient déjà mais trop contraignants pour les animaux. La démarche a donc été de créer un nouveau système pour contrôler individuellement l'alimentation des animaux tout en conservant le principe d'évoluer en lot.

C'est ainsi, qu'en 1993, le concept des portillons automatiques pour les ovins a été mis en place sur le Domaine de La Fage.

Fonctionnement et utilisation des portillons par les animaux

Les portillons sont disposés sur une surface totale de 135 m² dont 80 m² sont utilisés comme aire de détente et de couchage des animaux. Le reste de la surface comprend l'ensemble des 48 portillons et le couloir d'alimentation. Chaque portillon est équipé d'une antenne de lecture (Allflex®), d'une cellule infrarouge, d'un distributeur pneumatique alimenté en 24 volts actionnant le vérin de la porte d'accès à la mangeoire et d'une carte électronique alimentée en 12 volts qui gère l'identification et pilote la porte. La conception est identique pour l'ensemble des portillons.

Le dispositif est modulable en nombres d'animaux. Les 48 brebis peuvent être réparties en deux ou quatre lots d'effectif égaux. En dehors des périodes de mesure de l'ingestion individuelle, l'outil s'adapte aussi à l'alimentation collective en lot grâce à un tapis à fond mouvant placé sous l'emplacement des auges individuelles.

Les portillons fonctionnent grâce à l'identification électronique de chaque brebis. Une fois le numéro programmé sur la carte du portillon, l'animal conditionné pourra grâce au système de lecture (antenne, cellule infrarouge...) faire ouvrir le portillon et uniquement le sien pour avoir accès à son alimentation (**Figure 7 a et b**).



Figure 7. Les portillons automatiques ; a) Vue côté « animal » ; b) Vue côté « intervention » (photo : Inra, La Fage).

Il faut au moins trois semaines de dressage pour un lot de 48 brebis en protocoles. Le lot est divisé en quatre sous lots pouvant accueillir 12 brebis chacun. Le dressage commence avec 2 brebis dans chaque sous lot. Dès que les 2 brebis sont dressées on rajoute une brebis supplémentaire et ainsi de suite pour les 12 brebis du sous lot.

Collecte des données brutes de consommation

L'alimentation est gérée par un logiciel « PESALIM ». Ce logiciel calcule les quantités à distribuer par animal suivant un paramétrage bien défini. Le logiciel a été développé en interne ce qui en fait sa force : on peut ainsi le faire évoluer suivant la demande. Il offre, de plus, l'avantage d'être paramétrable aussi bien au lot qu'à l'individu.

Les données sont ensuite transférées sur un automate de pesée (BALEA®) qui pilotera les chantiers de pesée des refus et de distribution de l'aliment. PESALIM réceptionne les données récoltées par l'automate et, après vérification des données brutes, un programme de calcul permet d'obtenir des données individuelles fiables de consommation.

Validation et perspectives

L'utilisation, l'évolution et les collaborations qui se sont formées autour des portillons ont été très enrichissantes pour l'équipe du Domaine et plus particulièrement pour les personnes directement impliquées. Les contacts fréquents avec les équipes techniques et scientifiques ont fait évoluer le travail de l'animalier. L'approche de ce dispositif est utilisée sur des thématiques d'efficacité alimentaire.

À ce jour, cet outil constitue un atout indispensable pour travailler à l'échelle de l'individu. Mais il a besoin d'évoluer et de se moderniser pour pouvoir travailler sur des mesures plus fines d'ingestion et de comportement alimentaire individuel. Cette évolution s'inscrit dans un projet à plus ou moyen terme.

Conclusion


Les préoccupations majeures qui ont motivé la réalisation des quatre types de distributeurs (DAC, DAF, DH2O, DAL) sont : i) la vérification de la fiabilité de la prise de mesures automatisées en détectant les erreurs comme le vol ou les visites à identifications multiples, ii) l'observation des comportements et la facilité d'adaptation des animaux, iii) le contrôle et la prise en main à distance du pilotage des automatismes, iiiii) l'accessibilité et la gestion de données transparentes et sécurisées.

Ces dispositifs ont été entièrement conçus et réalisés par des agents Inra du Département GA pour les petits ruminants et GA-Phase pour les palmipèdes. L'avantage de pouvoir maîtriser en interne toutes les étapes allant de la semi-contention animale à la production de données valorisables permet d'ajuster les outils et les programmes en fonction de la demande des scientifiques et des stratégies comportementales de contournement que les animaux sont capables de développer.

D'autre part, la fiabilité des mesures calculées par les distributeurs « élevage » proposés dans le commerce ne répond pas forcément aux exigences des expérimentateurs qui souhaitent accéder aux données brutes à des fins d'analyses expérimentales, non conventionnelles pour les filières d'élevages. Ainsi, le DAL qui s'appuie sur un distributeur commercialisé pour les éleveurs a dû être équipé de capteurs supplémentaires pour avoir la précision nécessaire demandée à un outil utilisé pour de l'expérimentation en élevage.

Parmi les distributeurs présentés, le DAC en mode *ad libitum*, élaboré pour les palmipèdes, est au stade de développement le plus abouti. Il a fait l'objet d'un dépôt de brevet et son utilisation a été le support de





la publication de nombreux articles (contact : Emilie Cobo). Il est équipé du dispositif électro-informatique unique dont le paramétrage s'adapte au pilotage des autres distributeurs cités ci-dessus. Le DAF élaboré à Bourges en est la première déclinaison.

Les distributeurs présentés pour les petits ruminants (DAF, DH2O, DAL) sont encore à un stade de prototype plus ou moins avancé. Le DAF, tel qu'il est conçu, doit permettre d'estimer les paramètres génétiques de l'efficacité alimentaire obtenue à partir de fourrages en mesurant la variabilité individuelle sur des effectifs d'animaux importants (une centaine par bande). C'est aussi pour réduire les coûts expérimentaux que nous optimisons le nombre d'animaux qu'il est possible d'alimenter par outil. Cette pratique a pour conséquence de placer les animaux dans un système plus contraignant que le principe de l'auge dédiée à un seul animal comme les portillons de La Fage. Ces dispositifs sont néanmoins complémentaires et offrent des possibilités de comparaisons intéressantes pour les scientifiques.

Les informaticiens du Cati Sicpa basés à l'UMR GenPhySE disposent d'une IE de proximité (Langlade), permettant d'initier, de tester et de perfectionner l'ensemble des prototypes qui demain seront multi-espèces. Cet outil expérimental est l'incubateur vital pour répondre aux besoins des scientifiques en matière de phénotypage avant tout déploiement vers les autres UE de l'Inra.

Afin de répondre aux projets de recherche des Départements GA et Phase, nous avons entamé les démarches visant l'industrialisation nécessaire au déploiement de nos différents distributeurs. Les besoins prévus pour les palmipèdes sont de 12 DAC canards et de 12 DAC oies pour l'UE PFG. Pour les petits ruminants de l'UE de Bourges, les besoins annoncés dans la future halle de phénotypage sont de 8 DAC, de 8 DH2O équipés de l'auto-pesée animale et de 24 DAF. Au Domaine de La Fage nous étudions la possibilité de passer de 48 à 96 nouveaux portillons avec des DH2O. Ces deux UE devraient également équiper leur salle d'allaitement artificiel de DAL.

Références bibliographiques

Heirman T, Weisbecker JL, Cobo E (2018) WebDistri, interface web de supervision des distributeurs d'aliments. *Le Cahier des Techniques de l'Inra*, N° spécial phénotypage animal, pp. 107-110.

Phocas F, Bobe J, Bodin L, Charley B, Dourmad J-Y, Friggens NC, Hocquette J-F, Le Bail P-Y, Le Bihan-Duval E, Mormède P, Quéré P, Schelcher F (2014) Des animaux plus robustes : un enjeu majeur pour le développement durable des productions animales nécessitant l'essor du phénotypage fin et à haut débit. *INRA Prod Anim*, **27** : 181-194.

Riffard C, Gallot S, Magdelaine P (2011) Performances techniques et coûts de production en volailles de chair, poulettes et pondeuses. *ITAVI Rapport technique : résultats 2010*, 57 p.