

Mesure automatique des mouvements de rumination par capteur de pression

Franz Nydegger¹, Lorenz Gygax² et Wendelin Egli³

¹Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8356 Ettenhausen

²Centre spécialisé dans la détention convenable des ruminants et des porcs, Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8356 Ettenhausen

³MSR Electronics GmbH, 8444 Henggart

Renseignements: Franz Nydegger, e-mail: franz.nydegger@art.admin.ch, tél. +41 52 368 33 16



Mesurer l'activité de rumination permet un dépistage précoce des problèmes de métabolisme.

Introduction

L'augmentation du rendement dans les troupeaux de vaches laitières se traduit par un recours accru à des aliments concentrés. Dans la conservation du fourrage de base, l'ensilage est broyé très finement dans le but d'obtenir une meilleure densification. Ce procédé peut entraîner une baisse des composants structurels de la ration et par conséquent, une réduction de l'activité de mastication et de rumination. Une part élevée d'hydrates de carbone fermentescibles peut conduire à des

troubles du métabolisme comme l'acidose de la panse aiguë ou subaiguë en cas de réduction des temps de mastication et de rumination. L'activité de mastication, de rumination et d'alimentation est un paramètre important de la digestion et du métabolisme dont la valeur est hautement significative. C'est pourquoi l'enregistrement automatique de l'activité de mastication et de rumination peut indiquer très tôt des erreurs d'alimentation chez les ruminants et faciliter l'adaptation de la ration. Les appareils disponibles sur le marché ne conviennent pas pour l'utilisation dans des stabulations libres avec cornadis autobloquants ou ne permettent pas de saisir les mouvements individuels de mastication. C'est la raison pour laquelle ART a développé un nouveau capteur de mastication en collaboration avec l'entreprise MSR Electronics, la Haute école zurichoise de sciences appliquées (ZHAW) et la station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP.

Matériel et méthodes

Description et fonctionnement

Le nouveau capteur de mastication permet de mesurer l'activité de mastication sur l'animal sans gêner le comportement naturel de ce dernier (fig. 1). L'unité de mesure est intégrée dans un licol. Elle se compose d'une sonde placée dans une bride nasale (SBN) et d'un enregistreur MSR 145. La SBN comporte un tuyau en silicone rempli d'huile végétale et un capteur de pression intégré. Elle est placée dans une enveloppe protectrice au-dessus du nez de la vache. La cambrure de la bride nasale varie en fonction des mouvements de la mâchoire de la vache, ce qui entraîne une modification de la pression dans le tuyau en silicone. Le capteur de pression est relié à l'enregistreur MSR par un câble. L'enregistreur se trouve dans la poche protectrice sur le côté gauche du licol. Il enregistre la pression dans la SBN à une fréquence de 10 Hertz. L'enregistreur utilisé peut sauvegarder environ 2 millions de mesures, ce qui suffit pour une durée d'enregistrement



Figure 1 | Le set de mesure se compose d'un capteur de pression et d'un enregistreur de données (MSR145) placés dans une doublure et une poche sur la bride nasale du licol. (Photos: ART)

d'environ 40 heures. Le début et la fin de l'enregistrement peuvent être programmés avec le logiciel de liaison dans l'enregistreur. La transmission des données au PC se fait par liaison USB avec le logiciel MSR Reader.

Mise en valeur des données

Pour les besoins de l'évaluation, un logiciel d'analyse des enregistrements a été développé par Andreas Scheidegger (ZHAW). Le comportement de la vache est divisé en quatre groupes sur la base des données de pression mesurées: «Rumination», «Alimentation dans l'étable», «Pâturer» et «Autres activités».

Création de fichiers de référence

Le logiciel MSR-Viewer permet un premier repérage des courbes de pression. Optiquement, les courbes de pression des différentes activités se distinguent bien à l'écran. La personne qui procède à l'évaluation crée des fichiers de lecture des quatre activités (d'une durée d'environ dix minutes) pour chaque dossier. Elle les enregistre et inscrit les noms des dossiers dans un tableau de commande, auquel le logiciel aura accès pour l'évaluation.

Classement des données de pression

Comme les données de pression forment une série temporelle, il faut d'abord réunir les «objets» appropriés pour le classement et les décrire à l'aide de variables. Les objets sont d'abord classés qualitativement selon les différents mouvements de mastication. Puis la classification peut être étendue aux séquences correspondant aux mouvements de mastication identifiés.

L'évaluation identifie d'abord le mouvement de mastication concerné. Dans la présente étude, un mouvement de mastication se comprend comme un mouvement net de la mâchoire, qui apparaît sous la forme d'un pic dans la courbe de pression. L'identification se fait

Résumé ■ L'activité de rumination est considérée comme un paramètre important, non invasif, pour l'identification précoce des problèmes de métabolisme chez les ruminants. Les capteurs de rumination traditionnels présentent des inconvénients notamment en cas d'utilisation à l'intérieur de l'étable. Le nouveau capteur de rumination développé par ART comprend une sonde placée dans une bride nasale composée d'un tuyau rempli de liquide et d'un capteur de pression, un enregistreur de données et le logiciel nécessaire à la mise en valeur. Les données sont transmises au PC par une interface USB. A partir de fichiers de référence, le logiciel d'analyse des résultats attribue les mouvements de mastication aux différentes activités «Rumination», «Alimentation» et «Autres activités». La validation a montré que les appareils fonctionnaient de manière fiable et que le niveau de concordance entre l'évaluation optique et l'évaluation automatique était très élevé. Le capteur de rumination ART convient pour la recherche et la vulgarisation. Des développements supplémentaires sont en cours de réalisation afin de pouvoir l'utiliser plus largement dans la pratique.

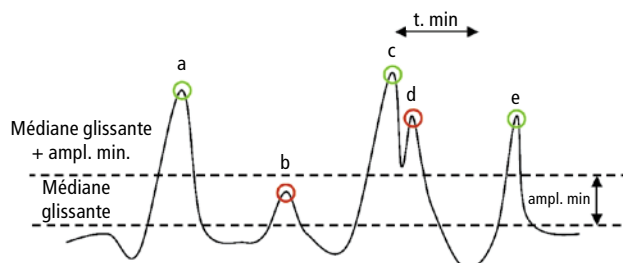


Figure 2 | Détermination des mouvements de mastication. Selon le premier critère de l'amplitude minimale (ampl.min), le pic b ne peut pas être considéré comme un mouvement de mastication. Comme l'intervalle temporel entre les pics c et d est inférieur à l'intervalle minimal (t.min), seul le pic le plus important est reconnu comme mouvement de mastication. Pour le pic e, c'est la distance par rapport au pic c qui est déterminante.

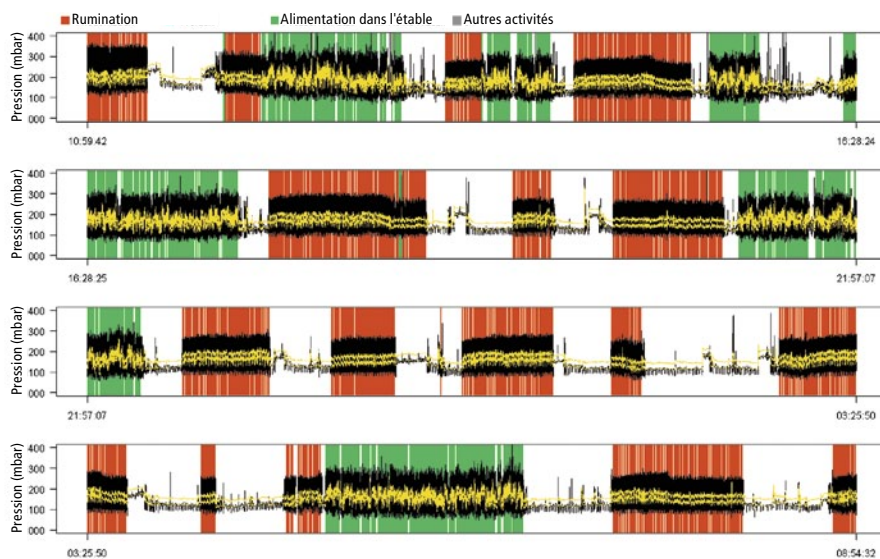


Figure 3 | Enregistrement et analyse de l'activité de rumination et d'alimentation d'une vache pendant 22 heures.

comme l'a décrit Rutter (1997) pour le logiciel Graze 0,8. Pour qu'un pic soit reconnu comme mouvement de mastication dans la courbe de pression, deux conditions doivent être remplies (fig. 2) :

1. *L'amplitude du pic doit être suffisamment grande.* Une médiane glissante est posée à travers les données de pression. Pour ce faire, on prend pour chaque point la médiane des 101 points voisins comme valeur de lissage (sur les bords, la largeur est de plus en plus réduite, afin qu'une valeur puisse être calculée là aussi). Tous les pics isolés doivent se situer au moins 25 millibars au-dessus de la médiane glissante, pour pouvoir être reconnus comme mouvement de mastication.

2. *L'intervalle entre deux pics ne doit pas être inférieur à 0,6 secondes.* Lorsque deux pics remplissent la condition 1, mais sont trop proches l'un de l'autre, seul le plus grand des deux est reconnu comme mouvement de mastication. Les mouvements de mastication consécutifs forment un bloc. On part du principe qu'une vache ne peut pas exercer différentes activités pendant un bloc. Lors de la rumination, les mouvements de mastication d'un bolus forment chacun un bloc qui se délimite selon les règles suivantes (fig. 2): 1. Tous les mouvements de mastication qui se suivent à moins de 0,3 secondes d'intervalles font partie du même bloc.

2. Un bloc doit comprendre au moins 10 mouvements de mastication. Lorsqu'un bloc présente moins de mouvements de mastication, ces derniers ne sont attribués à aucun bloc.

Pour pouvoir classer les mouvements de mastication, leur environnement est décrit à l'aide de treize variables. Il s'agit par exemple de l'amplitude de variation des vingt mouvements de mastication précédents et des vingt suivants, de la variabilité de la courbe de pression dix secondes avant et dix secondes après le mouvement de mastication, de la régularité de fréquence de mastication, etc.

Validation du logiciel d'évaluation

Afin de contrôler l'évaluation des activités à l'aide du logiciel, des mesures ont été effectuées avec quatre rations et deux groupes d'animaux de 12 à 15 vaches laitières.

Fichiers de référence

Dans un premier temps, nous avons vérifié si un fichier de référence pouvait être utilisé à plusieurs reprises. Pour ce faire, nous avons comparé une courbe de pression quotidienne, classée par différents fichiers de référence pour les cas suivants:

- Deux fichiers de référence différents d'un même animal pour un même jour.

Tableau 1 | Exemple de résultats de l'activité de mastication

Groupe	Vache Nr.	Date	Fourrage	Rumination			Alimentation	
				Durée (min)	Boli (nbre)	Mouvements de mastication (nbre)	Durée (min)	Mouvements de mastication (nbre)
G2	2	23.03.09	Maïs	447,1	476	28 127	307,6	18 812

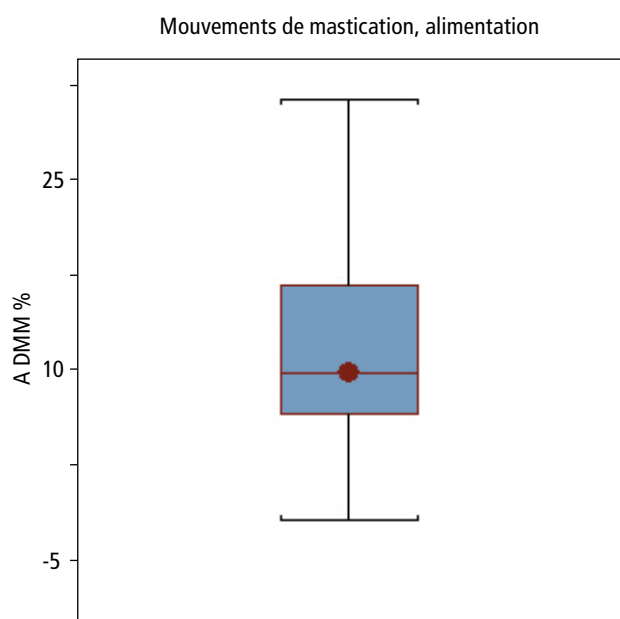


Figure 4 | Pourcentage d'écart des mouvements de mastication évalués automatiquement (A DMM %) par rapport à la valeur saisie optiquement pour l'alimentation dans l'étable.

- Deux fichiers de référence différents d'un même animal pour deux jours différents.
- Deux fichiers de référence différents de deux animaux différents avec la même ration de fourrage.
- Deux fichiers de référence différents de deux animaux différents avec une ration de fourrage différente.
- Utilisation d'un fichier de référence standard pour les autres activités.

Comparaison entre l'évaluation optique et automatique

Sur 145 fichiers de mesure, 60 échantillons de cinq minutes chacun ont été prélevés au hasard. Les échantillons ont ensuite été soumis à une évaluation optique à l'aide du MSR-Viewer et à une évaluation automatique. Les paramètres évalués sont les suivants: concordance de l'attribution des activités, mouvements de mastication dans l'échantillon pour l'activité «Affouragement à l'étable» et nombre de mouvements de mastication par bolus lors de la rumination.

Résultats

Mesure de l'activité de mastication

Les résultats d'une phase de mesure sont restitués dans un fichier texte et sous forme graphique. Les résultats reflètent les mouvements de mastication et leur attribution aux activités «Rumination», «Alimentation» et «Autres activités». La durée de rumination, le nombre de boli, la durée d'alimentation et le nombre de mouvements de mastication pendant l'alimentation sont également calculés.

Ces données permettent d'obtenir le nombre moyen de mouvements de mastication par bolus (tabl. 1). Les résultats sont aussi présentés sous forme graphique (fig. 3).

Validation de l'évaluation

Afin de contrôler l'évaluation des activités à l'aide du logiciel, des mesures ont été effectuées avec quatre rations sur deux groupes d'animaux de 12 à 15 vaches laitières.

Dans un premier temps, la possibilité d'utiliser un fichier de référence à plusieurs reprises a été vérifiée. Pour ce faire, une courbe de pression quotidienne, classée par différents fichiers de référence a été comparée. Les résultats ont montré que tous les individus peuvent être classés avec un seul fichier de référence pour les «autres activités». Il n'est toutefois pas possible d'évaluer tous les individus différents à l'aide d'un seul jeu des données de référence. A chaque mesure, il faut donc créer des fichiers de référence pour identifier l'alimentation et la rumination de chaque individu.

Dans un deuxième temps, une comparaison a été faite entre évaluation optique et évaluation automatique.

Le premier critère était la correspondance entre le classement des comportements par évaluation automatique et le classement par évaluation optique. L'attribution des activités à l'aide de l'évaluation automatique était correcte dans tous les cas (tabl. 2).

Le deuxième critère était la différence entre les mouvements de mastication (MM) comptés optiquement et ceux comptés automatiquement. La différence est indiquée en pourcentage de la valeur saisie de manière optique.

Différence en pourcentage (A DMM %) = $\frac{MM \text{ opt.} - MM \text{ aut.}}{MM \text{ opt.}} \times 100$

Pour l'alimentation dans l'étable, la moyenne des écarts est de 12,0% sur une plage de +31,4 à -1,91% avec un écart-type de 9,0% (fig. 4), la surestimation étant indépendante de la valeur absolue (fig. 5).

La moyenne des écarts entre le décompte optique et le décompte automatique du nombre de mouvements de mastication par bolus est de -0,24%, dans une plage de +1,09 à -2,36% (fig. 6) avec une bonne concordance des deux méthodes (fig. 7).

Tableau 2 | Comparaison du classement des activités par évaluation optique et automatique dans l'échantillon (environ 5 minutes).

	Activité	Saisie automatique		
		Alimentation	Rumination	Autre activité
Saisie optique	Alimentation	18	0	0
	Rumination	0	16	0
	Autre activité	0	0	26
	Correct %	100	100	100

La concordance des mouvements de mastication lors de l'alimentation peut être considérée comme suffisante, d'autant qu'il est encore possible d'affiner les paramètres de réglage dans le logiciel d'évaluation.

Discussion

Des appareils de mesure de la rumination de type IGER (Institute of Grassland and Environmental Research) ont été utilisés pour les besoins de la recherche dans différents essais en Suisse comme à l'étranger (Rutter, 1997). Ces appareils étaient souvent endommagés lorsque les vaches séjournèrent dans l'étable, gênaient les vaches à l'entrée et à la sortie du cornadis et la durée d'enregistrement était limitée à 24 heures. D'autres systèmes existent tels que le Vocal-Tag pour saisir la durée et le rythme de rumination (Ungar, 2005; Schirmann, 2009) et le système WAS décrit par Scheibe (2006) qui peut saisir différents comportements d'animaux en liberté (que l'animal soit debout, en marche, ou en train de paître ou de ruminer) et transmettre les données sans fil jusqu'à 200 mètres. Toutefois, ces deux systèmes ne peuvent pas fournir d'informations sur le nombre de mouvements de mastication par bolus ou pendant l'alimentation. Ils ne conviennent donc pas pour l'analyse détaillée du comportement de mastication.

Conclusions

Le capteur de rumination développé par ART présente de nets avantages par rapport aux appareils IGER sur le plan du confort pour l'animal et de la manipulation pour l'opérateur. Les appareils ART ont fonctionné de manière fiable et sans panne pendant toute la durée de l'essai à raison d'environ 25 mesures pendant 24 heures par

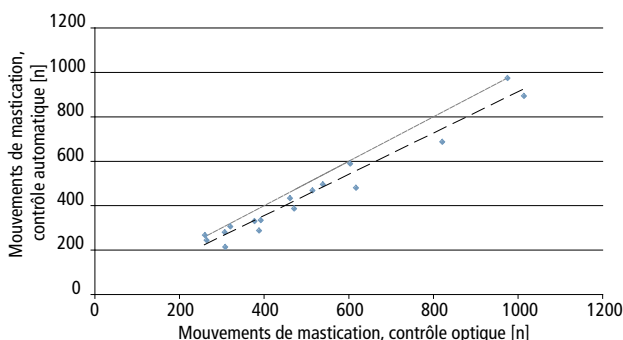


Figure 5 | Relation entre le décompte optique (axe des x) et le décompte automatique (axe des y) pour le nombre de mouvements de mastication par échantillon lors de l'alimentation (points, ligne en pointillés) par rapport à la droite $y = x$ (en points grisés).

Mouvements de mastication par bolus, rumination

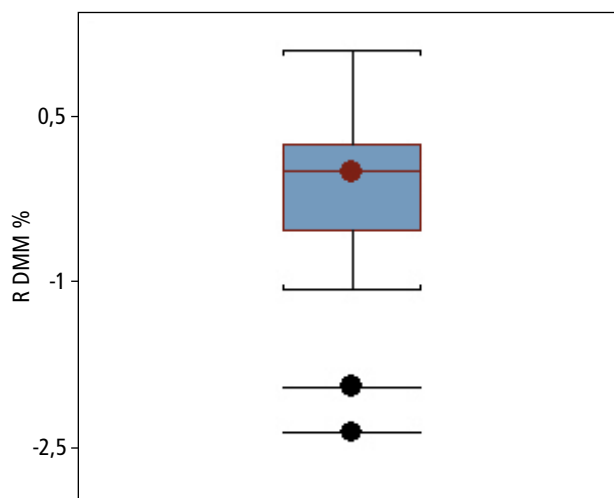


Figure 6 | Pourcentage d'écart entre les mouvements de mastication par bolus évalués automatiquement par rapport à la valeur saisie optiquement (R DMM %).

appareil. La capacité de sauvegarde des enregistreurs MSR 145 suffit pour environ 40 heures et convient donc parfaitement pour les mesures sur toute une journée d'affouragement. Les enregistreurs plus récents du même fabricant (MSR) avec carte-mémoire ont une capacité nettement plus importante et permettent des enregistrements sur plusieurs jours.

La validation a montré que la concordance entre l'évaluation automatique de l'activité de mastication notamment lors de la rumination (mouvements de mastication par bolus) répondait à des exigences élevées. La concordance est un peu moins bonne pour l'évaluation des mouvements de mastication lors de l'alimentation, mais elle peut être considérée comme suffisante, d'autant qu'il est encore possible d'affiner les paramètres de

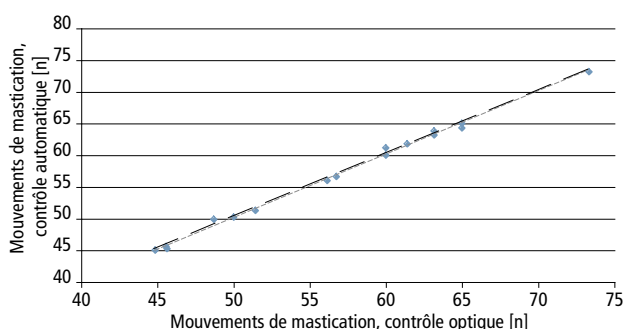


Figure 7 | Relation entre le décompte optique (axe des x) et le décompte automatique (axe des y) pour le nombre de mouvements de mastication par bolus (points, ligne en pointillés) par rapport à la droite $y = x$ (en points grisés).

réglage dans le logiciel d'évaluation. Les résultats laissent apparaître un décalage systématique, qui devrait pouvoir être corrigé en adaptant les paramètres d'évaluation. Cette modification sera apportée dans une étape ultérieure. Les appareils conviennent d'ores et déjà pour la recherche et la vulgarisation. Avant de passer à une utilisation plus large dans la pratique, des

développements supplémentaires sont nécessaires, notamment pour améliorer la maniabilité du dispositif et le transfert des données au programme de management du troupeau. ■

Riassunto

Misurazione automatica della masticazione nei ruminanti con l'ausilio di un sensore di pressione

La ruminazione è considerata un parametro importante, misurabile in modo non invasivo, per la diagnosi precoce di problemi del metabolismo nei ruminanti. I sensori tradizionali presentano degli svantaggi soprattutto se utilizzati nella stalla. Il nuovo sensore sviluppato da ART per misurare la masticazione consta di un sensore da applicare sul naso composto da un tubo riempito di liquido e da un sensore di pressione, un datalogger e il software per l'analisi dei dati. I dati vengono trasferiti al PC mediante un'interfaccia USB. Sulla scorta di dati predefiniti, il software basato su R associa i movimenti della bocca alle attività «ruminare», «mangiare» e «altre attività». Dalla validazione è emerso che gli apparecchi sono affidabili e che la valutazione automatica corrisponde quasi sempre a quella visiva. Il sensore di ART si presta ad essere impiegato nei settori della ricerca e della consulenza. Per l'utilizzo nella pratica sono necessari ulteriori aggiustamenti, peraltro già in fase di sviluppo.

Summary

Automatic measurement of jaw movements in ruminants by means of a pressure sensor

Ruminant activity is considered an important non-invasive measurable parameter for the early identification of metabolic problems in ruminants. Traditional rumination sensors have drawbacks, particularly when used in the cowshed area. The newly developed ART rumination sensor incorporates a noseband sensor comprising a fluid-filled tube and pressure sensor, a data logger, and the evaluation software. The data are transmitted to the PC via a USB interface. The R-based software allocates individual jaw movements to «rumination», «eating» and «other activities» on the basis of learned data. Validation has shown that the equipment works reliably, and that visual and automatic evaluation are extremely consistent with one another. The ART rumination sensor is suitable for research and advisory purposes. It will need to go through further stages of development – already in progress – before becoming widely used in practice.

Key words: jaw movement, ruminating, feeding, grazing, pressure sensor.

Bibliographie

- Rutter S.M., Champion R.A. et Penning P.D., 1997. An automatic system to record foraging behaviour in free-ranging ruminants. *Applied animal behaviour science*, Vol. 54, 185–195.
- Ungar E.D., Rutter S.M., 2005. Classifying cattle jaw movements: Comparing IGER Behaviour Recorder and acoustic techniques. *Applied animal behaviour science*, Vol. 98, 11–27.
- Scheibe K.S., Gromann C., 2006. Application testing of a new three-dimensional acceleration measuring system with wireless data transfer (WAS) for behavior analysis. *Behavior Research Methods*, Vol. 38, 427–433.
- Scheidegger A., 2008. Klassifikation des Fressverhaltens von Kühen. *Diplomarbeit, Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaft, Winterthur*.