

Comment aborder l'élevage de précision dans l'enseignement agricole ? : approche à partir d'exemples

Thibault Maillot, L'Institut Agro Dijon ; Nathalie Quiniou, IFIP ;

Christelle Philippeau, L'Institut Agro Dijon

Données liées aux activités des chèvres :

Christelle Loncke, AgroParisTech ; Ophélie Dhumez, AgroParisTech

CHAPITRE IV - Alimentation des animaux d'élevage

Matériel pédagogique

Corrigés

Objectifs et matériel utilisé

Durant cette séance, vous vous servirez de tableurs recueillant des données issues de capteurs afin de tester leur utilisation et comprendre comment elles peuvent être utilisées pour la gestion et le suivi de l'alimentation des animaux d'élevage.

Les objectifs de la séance sont :

1. Étudier et utiliser le comportement de rumination de caprins pour comprendre le fonctionnement d'outil d'estimation de la durée de rumination.
2. Mettre en place une solution (simplifiée) de calcul de la ration à apporter aux truies gestantes, en utilisant des données issues de capteurs (poids, épaisseur de lard dorsal).

Table des matières

1. Élevage caprin : Lien entre accélération et rumination	2
2. Élevage porcin : Évaluation de la quantité d'aliment à distribuer pour la truie en gestation	4
Annexes	
A. Signification des colonnes du fichier donnees_site_compagnon_chap4.xls	8
Références	11

Remerciements

Les auteurs remercient la chèvrerie expérimentale de l'UMR MoSAR (Modélisation systémique appliquée aux ruminants) pour la fourniture de données, ainsi que O. Dhumez, PE. Robert et M. Taghipoor (UMR MoSAR) pour leur expertise sur les données.

1. Élevage caprin : lien entre accélération et rumination

La mastication chez les ruminants dure entre 900 et 1 000 min/j, soit environ les 2/3 du nycthémère (Sauvant *et al.*, 2018). Elle correspond pour une moitié du temps à l'ingestion et pour la deuxième moitié à l'activité de rumination. Cette grande partie du temps consacré à l'activité masticatoire explique en partie l'aptitude de ces animaux à valoriser des rations riches en fibres. Suite à l'augmentation du potentiel de production de ces animaux sans accroissement proportionnel de la capacité ingestive, les éleveurs peuvent être tentés de distribuer à ces animaux des rations plus ingestibles et énergétiques (c'est-à-dire enrichies en concentrés et plus pauvres en fourrages) afin de couvrir leurs besoins nutritionnels accrus. Ces changements de rations peuvent avoir des conséquences multiples sur l'animal en termes de santé et de bien-être. L'utilisation d'accéléromètres en élevage constitue un moyen de mieux analyser ce comportement masticatoire.

Pour cet exercice, deux fichiers vous sont transmis.

Le premier, ALGZ7580.MP4, est un enregistrement vidéo d'une chèvre, lors de la rumination.

Le second fichier, extract_data_MSR325885_210306_073000.xlsx, contient les enregistrements d'un accéléromètre 3 axes, situé sur l'oreille d'une chèvre. Chaque ligne du fichier correspond à une acquisition du capteur. Les colonnes du fichier sont les suivantes :

- **TIME** La date et l'heure de l'acquisition.
- **TIMESTAMP** L'horodatage de l'acquisition (nombre de secondes écoulées depuis le 1^{er} janvier 1970).
- **ACC x** La valeur d'accélération selon l'axe X du capteur.
- **ACC y** La valeur d'accélération selon l'axe Y du capteur.
- **ACC z** La valeur d'accélération selon l'axe Z du capteur.

L'objectif de l'exercice est, à partir des documents, de comprendre et de mettre en place une méthode permettant de détecter la rumination.

QUESTIONS

Répondez aux questions suivantes :

La correction est fournie dans le fichier [extract_data_MSR325885_210306_073000_corr.xlsx](#).

1. Ouvrez le fichier [extract_data_MSR325885_210306_073000.xlsx](#).

2. Ajoutez une colonne "Temps (sec)" qui correspond au nombre de secondes depuis le début de l'acquisition : valeur du TIMESTAMP de la ligne en cours moins la valeur initiale du TIMESTAMP. Combien de temps dure l'enregistrement ?

L'enregistrement dure 300 secondes.

3. Ajoutez une colonne "ACC" qui contient la norme de l'accélération mesurée par le capteur :

$ACC = (\text{ACC}_x^2 + \text{ACC}_y^2 + \text{ACC}_z^2)^{1/2}$. À quoi correspond cette valeur d'accélération ?

Cette valeur correspond à la norme de l'accélération supportée par le capteur.

4. Calculez la moyenne de la colonne "ACC". En sachant que le capteur exprime l'accélération mesurée en g ($\approx 9,80665 \text{ m/s}^2$), que dire de la valeur moyenne calculée ?

La moyenne de l'accélération, sur la durée de l'enregistrement, est de 1g. Le capteur ne mesure, en moyenne, que l'accélération de pesanteur.

5. Tracez le graphique représentant les valeurs de la colonne "ACC" en fonction de celles de la colonne "Temps (sec)".

6. En analysant le graphique construit à la question précédente, que constatez-vous ? Existe-t-il un phénomène récurrent ? Si oui, lequel ?

Il semble que, périodiquement, la valeur d'accélération mesurée est simplement celle de pesanteur (il n'y a pas de modification de l'accélération à cause du mouvement de l'animal).

7. La vidéo [ALGZ7580.MP4](#) illustre une situation dans laquelle les valeurs d'accélération ont été obtenues. Après avoir visionné la vidéo, notez l'évènement qui pourrait expliquer les conclusions de la question précédente.

Dans la vidéo, on voit une chèvre en train de ruminer. À la 29^e seconde, celle-ci bloque tout mouvement pour réingurgiter le bol ruminé.

Pour de plus amples informations, voir (p. 214) : Marjorie Cellier, « Caractérisation phénotypique du comportement alimentaire chez la chèvre laitière », Science des productions animales, Université Paris-Saclay, 2020. Français. NNT : 2020UPASB019. tel-03181148.

8. Proposez une méthode simple permettant la détection de la rumination, en élevage caprin.

Une méthode simple, pour la détection des moments d'ingurgitation/réingurgitation, serait d'utiliser un seuil pour extraire les moments où l'accélération est proche de l'accélération de pesanteur (blocage du mouvement de l'animal). Une fois ces temps connus, les périodes de mastication peuvent être détectées : la mastication est entrecoupée, toutes les minutes environ, de moments d'ingurgitation/réingurgitation.

Remarque : L'étude de temps de rumination, en élevage bovin, est effectuée dans le matériel du chapitre VI.

2. Élevage porcin : évaluation de la quantité d'aliment à distribuer pour la truie en gestation

La mise en œuvre de l'alimentation de précision chez la truie en gestation consiste à adapter quotidiennement l'apport de nutriments en fonction de l'évolution des besoins nutritionnels de chaque animal au sein du groupe. Pour ces animaux qui sont rationnés, la quantité d'aliment à distribuer à chaque femelle dépend en particulier de l'état initial, au début de la gestation, de ses réserves qui peut être évalué par la pesée et la mesure de l'épaisseur de lard dorsal (ELD).

Le fichier `donnees_site_compagnon_chap4.xls` permet le calcul de la quantité d'énergie à apporter pendant la gestation, en utilisant les données de poids vif et d'ELD. Les informations sur le contenu des colonnes et des calculs effectués dans ce tableur sont données en Annexe A.

Dans le document, des données de poids vif et d'ELD au début de la gestation ont été saisies pour une bande démo de truie (« Bande démo »). Les parties colorées en jaune peuvent être renseignées pour obtenir un plan d'alimentation personnalisé.

QUESTIONS

Répondez aux questions suivantes :

1. En utilisant le fichier de données `donnees_site_compagnon_chap4.xls`, calculez la quantité d'aliment moyenne à apporter aux truies de la bande démo (l'Annexe A donne des indications sur les équations à utiliser) :

La correction est fournie dans le fichier `donnees_site_compagnon_chap4_corr.xls`.

a. En utilisant les données "Nés totaux/portée GTTT" et "Poids moyen de naissance", renseignez les valeurs de la colonne "Poids de portée".

b. Sachant que les besoins totaux en énergie métabolisable (EM) peuvent être calculés par la méthode factorielle c'est-à-dire par la somme des besoins d'entretien, des besoins liés à l'activité physique (si > 4h/j) et des besoins de production liés à la rétention d'énergie dans les réserves corporelles et dans les fœtus, calculez les valeurs de la colonne "Besoin total".

c. La quantité d'aliment à distribuer peut être déduite du besoin total en énergie (exprimé en MJ EM) et de la teneur en énergie nette (EN) de l'aliment de gestation (exprimé en MJ EN). Calculez les quantités d'aliment à distribuer dans la colonne "Ration moyenne à apporter". Pour cela, vous pouvez vous aider du rapport de conversion de l'énergie métabolisable en énergie nette mentionné dans l'Annexe A.

d. Quelles sont les valeurs minimale et maximale de la quantité d'aliment à apporter aux truies de la bande démo, sur toute la période de gestation ?

La valeur minimale de la quantité d'aliment à apporter est de 2.8 kg/j. La quantité maximale est de 4.3 kg/j.

e. Quelle est la quantité moyenne d'aliment (en kg/jour) à apporter aux truies de la bande démo, sur toute la période de la gestation ? La truie gestante ne devrait jamais être alimentée en-dessous de son besoin d'entretien. Est-ce que la valeur de quantité moyenne d'aliment à apporter permet de satisfaire cette condition ?

Sur toute la période de gestation, la quantité moyenne d'aliment à apporter est de 3.6 kg/j. Étant donné que le maximum calculé est de 4.3 kg/j, en ne distribuant que 3.6 kg/j aux truies, certaines seront en carence.

2. Afin de mieux prendre en compte l'hétérogénéité du besoin énergétique du lot témoin et de mieux adapter les apports aux besoins, quel équipement ou dispositif pourriez-vous utiliser ? Ou quelle stratégie pourriez-vous adopter pour homogénéiser la bande en termes d'ELD à la mise-bas ?

Si les truies sont élevées en DAC, on peut paramétrer autant de courbes d'alimentation qu'il y a de truies.

Si elles sont en petits groupes, la taille de la bande et le nombre de cases disponibles conditionnent le niveau de souplesse à accepter pour répartir les truies entre les cases. Avec 6 cases, il peut être envisagé d'avoir :

- un groupe de cochettes ;
- un groupe de truies jeunes pour lesquelles la note d'état corporel doit être améliorée ;
- un groupe de truies jeunes en état ;
- un groupe de multipares pour lesquelles la note d'état corporel doit être améliorée ;
- un groupe de multipares en état ;
- un groupe de truies âgées.

Ainsi, dans le cas où les truies d'une case reçoivent la même ration, les éleveurs définissent une stratégie en fonction du nombre de truies et de cases à disposition. Par exemple, dans notre cas, s'ils doivent loger les 32 truies de la bande en 4 cases de 8, ils vont faire :

- une case de cochettes pour lesquelles les besoins peuvent être couverts avec une ration qui peut varier entre 2,5 et 3,0 kg/j : la ration moyenne peut être fixée à 2,7 kg/j ;
- une case de truies de grands gabarits pour lesquelles les besoins peuvent être couverts avec une ration qui peut varier entre 3,5 et 4,2 kg/j : la ration moyenne peut être fixée à 3,9 kg/j (en vue de couvrir les besoins d'entretien et la croissance fœtale) ;
- une case de truies multipares pour lesquelles leur note d'état corporel doit être améliorée et leurs besoins couverts avec une ration qui peut varier entre 3,5 et 4,2 kg/j : la ration moyenne peut être fixée à 3,9 kg/j pour reconstituer leurs réserves ;
- une case de multipares en état pour lesquelles les besoins peuvent être couverts avec une ration qui peut varier entre 3,0 et 3,7 kg/j : la ration moyenne peut être fixée à 3,4 kg/j.

Les quantités d'aliment distribué peuvent être inférieures aux valeurs recommandées dans les situations suivantes : 1/ un objectif d'ELD à la mise-bas moins élevé ; 2/ une durée de lactation de 3 semaines au lieu de 4 (donc un objectif d'ELD à la mise-bas également moins élevé) ; 3/ un élevage avec des truies avec un gabarit adulte inférieur à celui de la bande démo (330 kg).

Elles peuvent, par contre, être plus élevées si les truies présentent une plus forte activité ou s'il fait froid (moins de 14 °C quand elles sont en groupe, moins de 18 °C quand elles sont bloquées).

Ainsi, apporter 2,0 kg/j d'aliment standard (de 9,0 à 9,6 MJ EN/kg) n'est pas suffisant. Une ration maximale pourrait être de 5,0 kg/j. En théorie, le calcul des besoins en énergie peut conduire à toutes les valeurs intermédiaires. En pratique, il est peu fréquent d'observer des rations supérieures à 3,5 kg/j dès lors que les troupeaux sont conduits assez maigres. Ceci dit, certains éleveurs changent actuellement leur ELD cible à la mise-bas : avec 13-14 porcelets sevrés par portée, ce n'est plus tenable d'avoir des ELD de 16-17 mm à la mise-bas alors qu'on cherche à ce que la truie produise une grande quantité de lait jusqu'au sevrage et qu'elle soit encore en fin de lactation pour un bon retour en chaleur après le sevrage.

ANNEXES

A - Signification des colonnes du fichier donnees_site_compagnon_chap4.xls

Note	Critère	Commentaire
Caractéristiques moyennes du troupeau		
1	Âge 1 ^{re} mise-bas GTTT	Les critères (1), (2) et (3) permettent d'estimer l'âge des truies selon leur rang de portée (1 = 1 ^{re} gestation) quand leur date de naissance ou l'âge à la date d'insémination n'est pas connue. $\text{Âge} = (1) - (3) + (\text{Rang} - 1) \times (2)$
2	Intervalle entre mises-bas GTTT	Voir note 1.
3	Durée gestation GTTT	Certaines composantes du besoin en énergie sont calculées pour l'ensemble de la gestation, telles que le besoin pour la constitution des réserves de la truie et le besoin pour le développement de la portée. Ils sont ramenés par jour en divisant le besoin total par la durée de gestation.
4	Nés totaux/portée GTTT	Le poids de portée à la naissance est calculé en multipliant la taille de portée par le poids moyen de naissance.
5	Poids moyen de naissance	Voir note 4.
6	Nombre d'heures debout	Plus la truie est active plus elle dépense d'énergie pour l'activité. Un besoin énergétique est calculé en fonction du nombre total d'heures passées debout, moins 4 heures déjà comptabilisées dans le calcul du besoin d'entretien.
7	Rapport énergie nette truie/énergie métabolisable truie (ENT/EMt)	Le besoin énergétique de la truie est estimé dans le système « énergie métabolisable truie (EMt) ». L'aliment est formulé dans le système « énergie nette truie (ENT) ». La teneur en ENT représente en moyenne 74 % de la teneur en EMt (cela signifie que l'utilisation métabolique de l'aliment conduit à une perte de 26 % de l'énergie sous forme d'extra-chaaleur). Pour convertir les besoins exprimés en EMt en ENT, il faut multiplier le besoin quotidien en EMt par le rapport ENT/EMt. Puis diviser le besoin en ENT par la teneur en ENT de l'aliment pour exprimer le besoin en kg/j. Le rapport ENT/EMt peut être inférieur à 74 % pour un aliment très fibreux.
8	Teneur en énergie nette truie (ENT) de l'aliment de gestation	Voir note 7.
9	Objectif d'ELD à la mise-bas	Valeur d'épaisseur de lard dorsal (mm) considérée comme l'optimum selon le croisement des truies, les caractéristiques de la conduite et de l'élevage.
Caractéristiques individuelles		
10	Rang	Rang fixé à 1 pour les truies en 1 ^{re} gestation, puis incrémenté de 1 à chaque cycle de reproduction supplémentaire.
11	Poids net de la truie initial	Résultats de la pesée réalisée au début de la gestation.
12	ELD initiale	Résultats de la mesure d'épaisseur de lard dorsal au début de la gestation.
Calculs des composantes du besoin en énergie métabolisable truie		
13	Âge à l'insémination	Âge connu ou calculé à partir du rang de portée et des critères (1), (2) et (3). Voir note 1.
14	Poids net de la truie à la mise-bas	Poids (kg) de la truie estimé à la mise-bas (sans les produits de la conception) en fonction de l'âge à partir de l'équation publiée par <i>Quiniou (2019)</i> : $\text{Poids après mise-bas} = 339,7 * (1 - \text{EXP}(-((2,506/1000 * (\text{Âge à l'insémination} + \text{Durée gestation}))^{0,815})))$

15	Poids de portée	Directement renseigné ou calculé en multipliant la taille de la portée et du poids moyen des porcelets : (4) x (5)
16	Poids brut de la truie avant la mise-bas (portée, placenta, fluides utérins inclus)	Somme du poids net de la truie à la mise-bas, de la portée, du placenta et des liquides utérins : Poids net à la mise-bas + [0,3 + 1,329 x Poids de portée] d'après <i>Dourmad et al. (1997)</i>
17	Besoin en EMt pour l'entretien	Besoin quotidien d'EMt de l'animal à poids stable, dans sa zone de confort thermique et au repos. Pour la truie, les dépenses de 4 h d'activité sont incluses dans ce besoin. Il est calculé en fonction du poids métabolique moyen : Poids métabolique moyen = [[Poids net initial]^0,75 + (Poids brut à la mise-bas)^0,75]/2 Besoin EMt = 0,44 x Poids métabolique moyen (en MJ/j)
18	Durée d'activité au-dessus de 4 h	Temps consacré à l'activité physique pris en compte au-delà de la situation d'entretien pour calculer un besoin spécifique. Ce niveau dépend notamment du mode de logement.
19	Besoin pour l'activité physique si > à 4 h/j	Besoin qui dépend du critère (18) ramené en minutes, à raison de 0,27 kJ/minute d'après <i>Noblet et al. (1993)</i> Exprimé en MJ/j =Poids métabolique moyen x (18) x 60) x 0,27 / 1000
20	Poids vif vide initial	Critère nécessaire pour calculer la quantité d'énergie corporelle de la truie au début de la gestation : Poids vif vide initial = 0,905 x (Poids net initial)^1,013 d'après <i>Dourmad et al. (1997)</i>
21	Poids vif vide à la mise-bas	Critère nécessaire pour calculer la quantité d'énergie corporelle de la truie à la mise-bas : Poids vif vide après mise-bas = 0,905 x (Poids net de la truie à la mise-bas)^1,013 Voir note 20.
22	Énergie corporelle initiale de la truie	Quantité d'énergie corporelle de la truie calculée d'après <i>Dourmad et al. (1997)</i> à partir du poids vif vide et de l'ELD, exprimée en MJ : Énergie corporelle = -1075,8 + 13,68 x Poids vif vide + 46 x ELD
23	Énergie corporelle de la truie à la mise-bas	Voir note 22.
24	Besoin pour la rétention dans les réserves	La rétention d'énergie totale dans les réserves corporelles est calculée par différence entre la quantité d'énergie corporelle de la truie à la mise-bas (23) et la quantité initiale (22). Le besoin en EMt est exprimé par jour en tenant compte de la durée de la gestation (3) et du rendement d'utilisation de l'énergie pour la rétention (77 % d'après <i>Noblet et al. (1987)</i>): Besoin en EMt pour les réserves exprimé en MJ/j = [(23) - (22)] / (3) / 0,77
25	Besoin pour la rétention dans les fœtus	La rétention d'énergie dans les fœtus est proportionnelle au poids de portée à la naissance (15). Le besoin en EMt est exprimé en moyenne par jour en tenant compte de la durée de gestation (3) et du rendement d'utilisation de l'énergie pour la rétention (48 % d'après <i>Noblet et al. (1987)</i>): Besoin en EMt pour la portée exprimé en MJ/j = 5,44 x (15) / (3) / 0,48
26	Besoin total	Besoin en EMt quotidien en moyenne pendant la gestation = entretien + activité + réserves + portée = (17) + (19) + (24) + (25)
Calcul de la ration moyenne à apporter selon les caractéristiques de l'aliment		

27	Ration moyenne à apporter	Besoin total en EMt (26) multiplié par le rapport ENT/EMt dans l'aliment (7), divisé par la teneur en ENT de l'aliment (8) Ration moyenne exprimée en kg/j = $(26) \times (7) / 100 / (8)$
----	---------------------------	--

RÉFÉRENCES

D. Sauvant, S. Giger-Reverdin, M. Boval, « Le comportement masticatoire des ruminants, indice de bien-être et/ou critère de productivité ? », In : *Rencontres Autour Des Recherches Sur Les Ruminants (3R)*, 24, Institut de l'Élevage - Inra, 2018.

J.-Y. Dourmad, M. Étienne, J. Noblet, D. Causeur, « Prédiction de la composition chimique des truies reproductrices à partir du poids vif et de l'épaisseur de lard dorsal : application à la définition des besoins énergétiques. », In : *Journées de la Recherche Porcine*, 29, 255-262, 1997.

J. Noblet, M. Étienne, « Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in pregnant sows », In : *Livestock Production Science*, 16, 243-257, 1987.

N. Quiniou, « Modélisation de l'évolution moyenne du poids vif après la mise bas selon l'âge chez des truies croisées Large White x Landrace. », In : *Journées de la Recherche Porcine*, 51, 123-128.