Adaptation des chevrettes au sevrage (changement d'alimentation et d'environnement) : réponses physiologiques et comportementales

BERTHELOT M. (1), ANDRADE A. (1), MIALON M.M. (2), GAUSSERES B. (3), FOUCRAS G. (3), BOISSY A. (2), MICHEL V. (4), LOLLIVIER V. (5) (6), MERLOT E. (5)

(1) ANSES – Unité Pathologie et Bien-être des Ruminants (PBER), Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, 60 Rue Pied de fond, 79024, Niort.
(2) INRAE – Unité Mixte de Recherche sur les Herbivores (UMRH), Université Clermont Auvergne, 63122, Saint-Gènes-Champanelle.
(3) ENVT – Unité Mixte de Recherche Interactions hôtes-agents pathogènes (UMR IHAP), Ecole nationale vétérinaire de Toulouse, 23 Chemin des Capelles, 31300, Toulouse.
(4) ANSES – Direction de la Stratégie et des Programmes et Pôle Recherche et Référence du travail (DSP), Laboratoire de Maisons-Alfort, 14 Rue Pierre et Marie Curie, 94701, Maisons-Alfort Cedex.
(5) INRAE – Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Elevages (PEGASE), Institut Agro, 16 le Clos, 35590, Saint Gilles.
(6) Institut Agro – Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Elevages (PEGASE), 65 rue de Saint Brieuc, 35042, Rennes.

RESUME - La période de sevrage est une étape stressante pour les jeunes animaux d'élevage. Nous avons comparé les réponses physiologiques et comportementales de chevrettes au sevrage (défini ici comme l'arrêt de l'alimentation lactée associée à un changement de bâtiment) à celles de chevrettes non sevrées. Cinquante-deux chevrettes réparties en deux groupes (2x26), selon des critères d'âge et de poids, ont été conduites dans deux enclos de la nurserie de l'installation expérimentale INRAE PEGASE-IEPL et alimentées avec du lait distribué à la louve, de la paille et des concentrés. A J0, les chevrettes de l'un des enclos ont été chargées dans une fourgonnette, transportées 5 minutes puis déchargées dans un enclos de la chèvrerie où elles ne recevaient plus de lait (lot SEV), tandis que les chevrettes de l'autre enclos restaient dans la nurserie et continuaient de recevoir du lait (lot T). Un sous-effectif de 15 chevrettes par lot a été sélectionné sur des critères d'âge et de poids, sur lequel des prises de sang ont été faites à J-1, J0 (1h après sevrage du lot SEV), J+1 et J+7. Leur comportement a été enregistré via des caméras pendant 3h (14-17h), à 3 reprises avant (J-4, J-2 et J-1) et après J0 (J+1, J+2 et J+6). Le cortisol sanguin était supérieur dans le lot T par rapport au lot SEV à J+1 (P<0,05). Les indicateurs de stress oxydant ont été affectés par le jour (P<0,05), mais de façon identique dans les deux lots. A J0, le pourcentage de lymphocytes tendait à diminuer (P=0,053) et celui de neutrophiles était accru (P<0,05) en comparaison de J-1 dans le lot SEV, tandis qu'il était stable au cours du temps dans le lot T. La réponse de prolifération des lymphocytes était comparable à J-1, tendait à être accrue à J+1 (P=0,08) et était significativement plus importante à J+7 (P<0,05) dans le lot SEV par rapport au lot T. Après J0, les chevrettes du lot SEV se couchaient moins fréquemment par rapport au lot T à J+1 et J+2 (P<0,001). Dans le lot SEV, les comportements d'alimentation et d'abreuvement étaient plus fréquents à J+1, J+2 et J+6 par rapport au lot T (P<0,01), et ceux d'exploration étaient plus fréquents à J+1 et J+2 (P<0,05). Le poids des chevrettes n'était pas significativement différent entre les deux lots à J+7 (lot T : 21,2 ± 2,6 kg ; lot SEV : 20,2 ± 1,9 kg) malgré un gain moyen quotidien des chevrettes du lot T supérieur entre J-9 et J+7 à celui des chevrettes du lot SEV (256,2 ± 52,1 g/j vs 205,1 ± 63,3 g/j, P<0,05). En conclusion, le sevrage, effectué dans les conditions de l'expérimentation (arrêt de l'alimentation lactée associé à un changement de bâtiment) ont induit des variations physiologiques précoces et d'autres plus tardives jusqu'à une semaine après le sevrage, alors que l'impact sur le comportement des chevrettes était modéré, témoignant d'un processus d'adaptation à ces événements.

Goat kid's adaptation to weaning (feed and environment change): physiological and behavioural responses

BERTHELOT M. (1), ANDRADE A. (1), MIALON M.M. (2), GAUSSERES B. (3), FOUCRAS G. (3), BOISSY A. (2), MICHEL V. (4), LOLLIVIER V. (5) (6), MERLOT E. (5)

(1) ANSES – Unité Pathologie et Bien-être des Ruminants (PBER), Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, 60 Rue Pied de fond, 79024, Niort.

SUMMARY - The weaning period is a stressful time for young farm animals. We compared the physiological and behavioural responses of weaned (defined here as the cessation of milk feeding associated with a change of environment) goat kids to un-weaned ones. Fifty-two kids, distributed in two groups (2x26) according to age and weight criteria, were reared in two pens in the experimental station INRAE PEGASE-IEPL's nursery and fed with milk, straw and concentrated feed. At D0, the goat kids from one of the pen was loaded into a van, driven for 5 minutes and then unloaded in a different pen in the goat stable where they did not receive milk (SEV treatment), while the other group stayed in the nursery and still received milk (T treatment). Fifteen individuals were selected in each groups according to age and weight criteria, upon which blood samples were taken on D-1, D0 (1h after weaning), D+1 and D+7. Their behaviour was recorded on camera for 3h (from 2 to 5 P.M.), 3 times before (D-4, D-2 and D-1) and after D0 (D+1, D+2 and D+6). Blood cortisol was higher in T treatment compared to SEV treatment at D+1 (P<0.05). Indicators of oxidative stress were affected by day (P<0.05), but identically in both groups. At D0, the percentage of lymphocytes tended to decrease (P=0.053) and of neutrophils was increased (P<0.05) compared

to D-1 in SEV, while it was stable over time in T. The lymphocyte proliferation response was comparable to D-1, tended to be increased at D+1 (P=0.08) and was significantly greater at D+7 (P<0.05) in SEV compared to T. After D0, kids of the SEV treatment were less frequently lying down compared to the T treatment at D+1 and D+2 (P<0.001). The feeding and drinking behaviours were more frequent for the SEV treatment than the T treatment at D+1, D+2 and D+6 (P<0.01). Exploration was more frequent for the SEV treatment than the T treatment at D+1 and D+2 (P<0.05). The weight of the goat kids was not significantly different between the 2 groups at D+7 (treatment T: 21,2 ± 2,6 kg ; treatment SEV: 20,2 ± 1,9 kg). despite a higher average daily gain (ADG) of kids in the T treatment between D-9 and D+7 than kids in the SEV treatment (256,2 ± 52,1 g/j vs 205,1 ± 63,3 g/j, P<0,05). In conclusion, the weaning carried out under the conditions of the experiment (cessation of milk feeding associated with a change of environment) induced early physiological variations and others later, up to a week after D0 and also affected the goat kids' behaviour moderately, revealing a process of adaptation to weaning and change of environment.

INTRODUCTION

La période de sevrage se caractérise pour le chevreau par l'arrêt de l'alimentation lactée et peut être accompagnée d'un changement d'environnement. Cette période de transition est reconnue comme une étape stressante de la vie des jeunes animaux de rente, durant laquelle leur santé et leur bien-être peuvent être altérés plus ou moins durablement (Zobel et al., 2020). Au-delà d'indicateurs cliniques de détérioration de l'état sanitaire, différents indicateurs physiologiques et comportementaux ont été étudiés, chez les caprins ou dans d'autres espèces, pour démontrer l'existence de réponses d'adaptation des animaux à des changements (Koolhaas et al., 1999). L'amplitude et la durée de ces réponses contribuent à déterminer dans quelle mesure le bien-être des animaux est compromis par la situation étudiée. L'objectif de cette expérimentation était d'étudier l'évolution d'indicateurs comportementaux et physiologiques au moment du sevrage afin de voir si les indicateurs identifiés mettent en évidence ou non un stress lié au sevrage. Le terme « sevrage » utilisé ici et dans la suite de l'article regroupe le changement alimentaire (arrêt de l'alimentation lactée) et le changement d'environnement qui ont eu lieu de façon simultanée.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. INSTALLATION ET ANIMAUX

L'essai a été conduit à la station expérimentale de INRAE PEGASE-IEPL(https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68). Un mois avant le sevrage du lot concerné (lot SEV), l'ensemble des jeunes (48 femelles et 4 mâles) nés dans la station en janvier 2021 et gardés pour le renouvellement ont été répartis en deux groupes de tailles égales (n=26/groupe), sur des critères d'âge, de poids et de sexe, et logés dans deux enclos contigus en nurserie (Lot Témoin (T) : 14,4 m², Lot SEV : 13,3 m²). La configuration des lots était telle que les chevrettes des deux lots pouvaient avoir des contacts tactiles, visuels et olfactifs. Neuf jours avant la date choisie pour le sevrage (J-9), tous les chevreaux ont été pesés. Un sous-effectif de 15 chevrettes par lot a été sélectionné sur des critères d'âge (lot T : 52 ± 4 jours ; lot SEV : 53 ± 4 jours à J-9) et de poids (lot T : 17,1 ± 2,4 kg ; lot SEV : 16,9 ± 2,1 kg). A J0 (jour du sevrage pour le lot SEV), alors que les chevrettes étaient âgées en moyenne de 62 ± 4 jours, le lot SEV a été chargé dans une fourgonnette, transporté 5 minutes, puis déchargé dans un enclos de la chèvrerie (12,8 m²), bâtiment à proximité de la nurserie mais complétement séparé, et ne recevait plus de lait, tandis que l'autre lot est resté dans la nurserie jusqu'à la fin de l'étude avec toujours un accès à l'alimentation lactée. Les deux lots étaient ainsi complétement séparés.

Durant leur phase d'élevage en nurserie, toutes les chevrettes ont reçu une alimentation lactée (lait artificiel à la louve). Chacun des deux lots en nurserie disposait de deux râteliers avec de la paille, une auge en dessous de chaque râtelier et une 3ème auge opposée aux deux râteliers dans lesquelles étaient mis les concentrés ainsi que d'un abreuvoir. A partir de J0, le lot SEV recevait les concentrés à l'aire d'alimentation du nouveau bâtiment et disposait de deux râteliers de paille en hauteur et d'un abreuvoir alors que les conditions d'alimentation du lot T non sevré demeuraient inchangées. Tout au long de l'essai, les deux lots ont reçu des fourrages et concentrés une fois par jour. Le paillage était réalisé une fois par jour. Les quantités d'aliments consommées n'ont pas été évaluées. Les chevrettes ont été pesées à J+7.

1.2. REPONSES PHYSIOLOGIQUES

Pour étudier l'évolution des indicateurs physiologiques, des prises de sang à la jugulaire ont été faites à J-1, J0 (1h après sevrage du lot SEV), J+1 et J+7. Les prélèvements étaient systématiquement réalisés entre 10h et 11h.

Le cortisol sanguin a été mesuré par un immunoessai enzymatique compétitif (kit ST-AIA, Tosoh Europe, Tessenderlo, Belgique). Les hydroperoxides sanguins et la capacité antioxydante totale du sang ont été mesurés avec des kits commerciaux (dROM and BAP tests, Diacron, Grosseto, Italy). La formule sanguine a été déterminée sur sang total à l'aide d'un automate calibré pour les analyses hématologiques de chèvre (MS9R, Melet Schloesing laboratories, Osny, France).

Les cellules mononucléées du sang (lymphocytes et monocytes) ont été isolées sur gradient de ficol, puis mises en culture pendant 48h (2,5.10^5 cellules par puits), en présence d'un mitogène spécifique des lymphocytes T (la concanavaline A ou ConA, 5 µg/mL). La réponse de prolifération des lymphocytes à la ConA a été mesurée par incorporation de BrDU (kit Roche, Sigma-Aldrich). Les cellules ont aussi été cultivées 48 heures (5.10^6 cellules par puits), dans du milieu de culture simple ou additionné de lipopolysaccharide bactérien (LPS, O55 : B5, 10 µg/mL), qui active les monocytes, les polynucléaires et les lymphocytes B. La production de 14 cytokines a été dosée dans le surnageant de culture (Milliplex® Bovine Cytokine/Chemokine Magnetic Bead Panel 1, Merck, Darmstadt, Germany). Une pesée en fin d'essai (J+7) a été faite pour les deux lots.

1.3. REPONSES COMPORTEMENTALES

Les quinze chevrettes par lot ont été identifiées par des colliers de couleur différente. Leur comportement a été enregistré par des caméras (HIKVISION), de 6h à 18h tous les jours de J-4 à J+6. Le matériel d'enregistrement a été installé au plafond, au milieu des enclos. Le comportement des chevrettes a été analysé 3 jours avant (J-4, J-2 et J-1) ainsi que trois jours après le sevrage du lot SEV (J+1, J+2 et J+6). La plage horaire d'analyse de 14h-17h a été choisie car elle correspond à une période de la journée présentant un minimum d'interventions humaines dans la chèvrerie, à distance des interventions ponctuelles (prises de sang) et de la distribution d'aliment qui était le matin. De plus, les râteliers de paille d'un lot pouvaient être vides avant le remplissage du matin, ce qui pouvait empêcher ces matins-là l'expression du comportement « mange de la paille ».

Les comportements de chaque chevrette ont été relevés par scan toutes les 2 minutes sur 3h de vidéo par jour. Les comportements suivants ont été relevés : Couché, Debout (D) Mange Paille (D_Mange Paille), D_Tête sous Râtelier, D_Tête dans Auge (ou Cornadis), D_Boit Lait, D_Boit Eau, D_Inactif, D_Explore, D_Interaction, D_Jeu, D_Toilette, D_Tête non

visible (ce comportement représentant 5,5 % ou moins des comportements Debout, il n'a pas été pris en compte dans l'analyse) et D_Autres (comportements non décrits dans l'éthogramme). La fréquence des comportements a été calculée par jour d'observation et par chevrette. Deux comportements peu observés (Jeu et Interaction) ont été regroupés pour l'analyse. L'hypothèse a été faite que le comportement « D_Tête sous Râtelier » en nurserie était un comportement alimentaire car l'auge se trouvait dessous. Une fois le lot SEV sevré et déplacé en chèvrerie, ce comportement ne pouvait pas être comparé avec le lot T car les concentrés ne se trouvaient plus dans une auge sous les râteliers mais à l'aire d'alimentation. Pour limiter les biais, le comportement d'alimentation solide a été étudié en regroupant les 3 comportements suivants : D_Mange Paille, D_Tête sous Râtelier et D_Tête dans Auge (ou Cornadis) en un seul comportement nommé Alimentation.

1.3. ANALYSES STATISTIQUES

Les données ont été analysées sur le logiciel RStudio© (version 2021.09.0) avec la fonction lmer du package lme4. En utilisant des modèles mixtes généralisés, les effets fixes du jour du traitement (SEV et T) et leur interaction, ainsi que l'effet aléatoire des chevrettes, ont été testés. La p-value a été considérée comme significative quand P<0,05.

2. RESULTATS

Le poids des chevrettes n'a pas différé entre les deux lots à J+7 (lot T : 21,2 ± 2,6 kg et lot SEV : 20,2 ± 1,9 kg) malgré un gain moyen quotidien supérieur pour le lot T par rapport au lot SEV (256,2 ± 52,1 g/j vs 205,1 ± 63,3 g/j, P<0,05).

2.1. REPONSES PHYSIOLOGIQUES

Le cortisol sanguin dans le groupe T a augmenté entre J0 et J+1, et était plus élevé que dans le lot SEV à J+1 (42 vs 22 ± 5 ng/mL, P<0,05). Les indicateurs de stress oxydant ont été affectés par le jour (P<0,05), mais de façon identique dans les deux lots (augmentation des hydropéroxides et diminution de la capacité anti-oxydante totale du sang entre J-1 et J+7). A J0, le pourcentage de lymphocytes tendait à être diminué (57 vs. 60 ±2 %, P=0,053) et celui de neutrophiles était accru (43 vs. 38 ±2 %, P<0,05) en comparaison de J-1 chez les chevrettes du lot SEV, tandis qu'ils étaient stables au cours du temps chez les chevrettes du lot T. Le pourcentage d'éosinophiles a augmenté entre J-1 et J+7 (0.31 vs 0.81 ± 0.04%, P<0,001), avec des valeurs significativement plus élevées quel que soit le jour dans le lot SEV en comparaison du lot T (0.52 vs. 0.35 ± 0.07 %, P<0.05).

La réponse de prolifération des lymphocytes était comparable à J-1, tendait à être accrue à J+1 (P=0,08) et était significativement plus importante à J+7 (P<0,05) dans le lot SEV par rapport au lot T. Parmi les 14 cytokines dosées, seule la production de Vascular Endothelial Growth Factor A (VEGF-A) dans le milieu sans LPS a été influencée par le traitement : à J+1, les cellules des chevrettes du lot SEV produisaient plus de VEGF-A que celles des chevrettes du lot T (25 vs 13 ± 3 pg/mL, P<0.05).

2.2. REPONSES COMPORTEMENTALES

La fréquence des positions (Debout/Couché) et des activités en position Debout (Exploration ; Toilette ; Jeu-Interaction) des deux lots étaient similaires avant J0 sauf pour les activités « Inactif », « Alim » et « Boit eau ». En effet, les chevrettes du lot T étaient plus fréquemment « debout inactives » que celles du lot SEV à J-4 (P<0,01) et J-1 (P<0,05). Les comportements « Alim » et « Boit eau » étaient différents uniquement à J-2, avec les chevrettes du lot SEV moins fréquemment observées en train de s'alimenter (P<0,05) et plus fréquemment observées en train de boire que celles du lot T ce jour (P<0,01). Après J0, les chevrettes du lot SEV étaient moins fréquemment couchées par rapport au lot T à J+1 (P<0,001 ; 44,1 ± 10,7 vs 69,1 ± 8,8 scans 'couché') et J+2 (P<0,001), mais cette différence n'était plus observée à J+6. Les comportements « alimentation » et « boit eau » étaient plus fréquents pour le lot SEV par rapport au lot T à J+1 (P<0,01 ; 21,7 ± 6,9 vs 8,3 ± 3,8 scans 'alimentation' et 7,2 ± 4,9 vs 1,1 ± 1,1 scans 'boit eau'), à J+2 (P<0,01) et à J+6 (P<0,01). Les comportements d'exploration étaient plus fréquents chez les chevrettes du lot SEV que chez les chevrettes du lot T à J+1 (P<0,05 ; 4,8 ± 3,2 vs 2,9 ± 2,9 scans 'explore') et J+2 (P<0,05) mais cette différence n'était plus observée à J+6. Les chevrettes du lot SEV ont présenté des phases d'inactivité en étant debout et inactive d'abord plus fréquentes que celles du lot T à J+1 (P<0,05) et J+2 (P<0,05) puis moins fréquentes à J+6 (P<0,01). Aucune différence n'a été relevée entre les deux lots pour « Toilettage » « Jeu-interaction » à J+1, J+2 et J+6.

3. DISCUSSION

3.1. REPONSES PHYSIOLOGIQUES

Le suivi de la sécrétion de cortisol permet d'appréhender la réponse émotionnelle à des facteurs de stress (Mormède et al, 2007). La mesure d'une augmentation des concentrations de cortisol chez les chevrettes du lot T à J+1 en comparaison de J0 serait le témoin d'un stress chez ces animaux. La seule hypothèse que nous pouvons faire est que ce stress serait lié au départ du lot SEV, et donc à la rupture d'interactions avec les animaux de ce lot, car aucun autre évènement n'a été noté ce matin-là. L'absence de différence du taux de cortisol mesuré chez les chevrettes du lot SEV après le sevrage suggère que le changement d'alimentation et d'environnement n'auraient pas déclenché un état de stress mesurable par cet indicateur. Néanmoins, l'augmentation du pourcentage de neutrophiles sanguins et la diminution du pourcentage de lymphocytes, observables une heure après le sevrage chez le lot SEV et en voie de retour à la normale le lendemain, sont des indicateurs classiques d'une situation de stress aigu (Kannan et al, 2000). De plus, l'augmentation de la production spontanée de VEGF, une cytokine pro-inflammatoire, par les cellules immunitaires prélevées 24h après le sevrage et le changement d'environnement chez le lot SEV témoigne d'un effet précoce du sevrage. A notre connaissance, l'effet du stress, quelle que soit l'espèce de mammifère, sur cette cytokine n'avait jamais été étudié.

Le changement d'alimentation et d'environnement ont induit des effets sur la fonction immunitaire, qui ont continué à se développer pendant la semaine suivant l'événement. Ainsi, le sevrage a accru la réponse proliférative des lymphocytes sanguins, et cet effet était plus marqué à J+7 comparé à J+1. Cet effet d'un stress sur la prolifération des lymphocytes n'avait pas été montré chez la chèvre, mais il est connu chez le porc que les stress sociaux peuvent, selon le type de situation, accroitre ou diminuer la capacité des lymphocytes à proliférer (Sutherland et al., 2006).

3.2. REPONSES COMPORTEMENTALES

Suite à l'arrêt de l'alimentation lactée et au transfert en chèvrerie, les chevrettes ont présenté un niveau d'activité (fréquence de position debout) plus important que celui du lot non sevré. Cela peut s'expliquer par le fait que les chevrettes sevrées se retrouvaient dans un milieu inconnu avec de nouveaux bruits, odeurs et habitudes, associé à une modification de l'alimentation, ce qui a pu provoquer un stress. De nombreuses études ont montré que le niveau d'activité général de l'animal augmente avec son état de stress (Koolhaas et al., 1999 ; Patt et al., 2013). Cependant il n'est pas possible de dire qui du changement d'alimentation ou d'environnement a provoqué le stress le plus important. Les fréquences d'alimentation et de buvée les premiers jours après sevrage sont plus élevées chez les chevrettes du lot SEV que du lot T. Cette augmentation est cohérente avec les résultats d'Atasoglu et al. (2008) : l'arrêt de l'alimentation lactée se traduit par une augmentation du temps passé à boire de l'eau. Suite au sevrage, le comportement d'exploration des chevrettes du lot SEV a augmenté durant les 2 premiers jours. Par la suite, les chevrettes semblent d'être habituées à leur

nouvel environnement puisqu'après six jours, il n'y a plus de différence entre lots. Cette modification du comportement semble être liée au changement d'environnement plutôt qu'au changement d'alimentation. Quant au comportement de « Jeu-Interaction » qui est connu pour être un indicateur pertinent de bien-être chez le jeune mammifère, il a été trop peu observé pour émettre des conclusions.

CONCLUSION

Le sevrage tel que mis en œuvre dans cette étude (arrêt de l'alimentation lactée associée à un changement d'environnement, à environ 2 mois et 19 kg) ont induit chez les chevrettes des effets physiologiques modérés juste après ces événements mais qui persistent jusqu'à une semaine après. Le sevrage a eu un impact modéré sur le comportement des chevrettes. Il serait intéressant de poursuivre des travaux sur l'impact du poids au sevrage, qui n'a pas pu être investigué ici. Alors que ces quelques modifications comportementales révèleraient un processus d'adaptation progressif au sevrage qui a pu être facilité par le poids assez élevé des chevrettes au moment du sevrage, les indicateurs physiologiques indiquent que cette adaptation s'est faite au prix modifications physiologiques, notamment immunitaires, qui persistent pendant au minimum une semaine après le sevrage. Les conséquences potentielles en terme de santé à moyen-long terme n'ont pas été évaluées dans cette étude.

Nous remercions l'ensemble du personnel de l'IEPL et de Saint-Gilles pour la réalisation de cet essai ainsi que la région Nouvelle-Aquitaine, l'ANICAP et la DGAL pour avoir financé ce projet.

Atasoglu C., Yurtman I.Y., Savas T., Gultepe M., Özcan O., 2008. Animal Science Journal, 79, 435-442.
Kannan G., Terrill T.H., Kouakou B., Gazal O.S., Gelaye S., Amoah E.A., Samaké S., 2000. J Anim Sci, 78, 1450-1457.
Koolhaas, J.M., Korte, S.M., De Boer, S.F., Van Der Vegt, B.J., Van Reenen, C.G., Hopster, H., De Jong, I.C., Ruis, M.A.W., Blokhuis, H.J., 1999. Neurosci Biobehav Rev, 23, 925-935.
Mormède P., Andanson S., Aupérin B., Beerda B., Guémené D., Malmkvist J., Manteca X., Manteuffel G., Prunet P., van Reenen C.G., Richard S., Veissier I., 2007. Physiol Behav, 92, 317-339.
Patt, A., Gygax, L., Wechsler, B., Hillmann, E., Palme, R., Keil, N.M., 2013. Applied Anim Behav Sci, 146, 56-65.
Sutherland M.A., Niekamp S.R., Rodriguez-Zas L., Salak-Johnson L., 2006. J Anim Sci, 84, 588-596.