

intérêt d'une analgésie multimodale pour réduire la douleur lors de la castration chez l'ovine

mise en évidence par une approche originale

Marion Faure
Denys Durand
Agnès Thomas
Anne-Sophie Bage
Stéphane Andanson
Christine Ravel
Hervé Chandeze
Eric Delval
Anne de la Foye
Alice de Boyer des Roches

Université Clermont Auvergne, INRA
VetAgro Sup, UMR Herbivores
63122 Saint-Genès-Champagnelle
France

Voici les tableaux 1 (A, B, C), 2 et 3 ainsi que la figure 2 pour les résultats statistiques détaillés de cette étude.

RÉSULTATS

Variations des indicateurs physiologiques et comportementaux au cours du temps

● Les données relatives à tous les indicateurs sont détaillées dans le **tableau 1 (A, B, C) ci-après**.

Analyse discriminante sur tous les indicateurs physiologiques et comportementaux

● La discrimination des 12 groupes (quatre périodes sur trois traitements) a été testée (**figure 2 ci-après**).

● Après validation croisée, les moutons ont été correctement affectés à leur période et à leur traitement d'origine (coefficient Kappa de 0,85), conduisant à une Se comprise entre 62,5 p. cent et 100 p. cent et une Sp allant de 96,5 p. cent à 100 p. cent (**tableau 2) pour une représentation graphique) ci-après**. □



1 Suivre la réponse comportementale et physiologique à la douleur induite par une castration à la pince Burdizzo chez des ovins : tel était le but de cette étude (photo UMR Herbivore-équipe Caraïbe).

Objectifs pédagogiques

■ Connaître la réponse comportementale et physiologique à la douleur induite par une castration à la pince Burdizzo chez des ovins.

■ Savoir évaluer l'efficacité de différents protocoles médicamenteux : avec anesthésie locale seule, ou anesthésie locale plus AINS.

Essentiel

■ Les résultats indiquent que les moutons castrés à la pince Burdizzo sans antalgique ni anesthésie (Cast) ont ressenti de la douleur jusqu'à 32 h après l'intervention.

RUMINANTS

■ Crédit Formation Continue :
0,05 CFC par article

Encadré 1 - Matériels et méthodes

Animaux, logement et alimentation

Vingt-quatre moutons Texel mâles âgés de 12 mois ($54,2 \pm 0,35$ kg de poids vif) ont été utilisés. Ces animaux étaient castrés tardivement afin de répondre à des exigences expérimentales, elles-mêmes validées par le CEMEEA. Les moutons ont été logés par groupes de trois individus dans des box sur paille de 3 m x 5 m. Les moutons ont reçu de l'eau à volonté et une alimentation à base de foin (80 p. cent) et de concentré (20 p. cent) correspondant à leur besoin d'entretien.

Traitements et schéma expérimental (figure 1)

Les 24 moutons ont été castrés sans anesthésie (injection de sérum physiologique) (lot "Cast", n=8) ou après une anesthésie locale (lot "Cast + AL", n = 8), ou après une combinaison d'anesthésie locale et d'AINS (lot "Cast + AL + AINS", n = 8) (voir ci-dessous pour plus de détails).

Les moutons ont été répartis de façon aléatoire dans un des huit blocs de trois moutons, puis à l'intérieur de chaque bloc, les traitements ont été attribués de façon aléatoire aux 3 moutons.

Au cours des 2 semaines précédant la castration, les moutons ont été habitués aux conditions de logement, au prélèvement

de sang et à la contention en position assise nécessaire pour la castration.

Protocole analgésique et procédure de castration

La castration a été effectuée dans les box. Le scrotum de chaque mouton a été nettoyé, puis désinfecté à la bétadine.

- Les moutons des lots Cast + AL et Cast + AL + AINS ont ensuite reçu une injection de 2,5 ml de chlorhydrate de lidocaïne (Lidocaïne HCl 2%, 20 mg / mL, BIMEDA) dans chaque cordon spermatique (juste au-dessus du scrotum), et une injection de 5 mL par voie sous-cutanée tout autour du scrotum.

- Les moutons du lot Cast ont reçu, selon la même procédure, des injections de 10 mL de solution saline physiologique (0,9% de NaCl) ;

juste après les injections, les moutons étaient remis en position debout, sans contention;

10 min après les injections, les moutons ont été replacés en position assise pour effectuer la castration.

- Les moutons Cast + AL + AINS ont reçu 2 mL d'AINS (flunixin meglumine, FINADYNE®, 50 mg / mL, INTERVET) par injection intramusculaire dans le cou (musculus trapezius), tandis que les moutons Cast et Cast + AL ont reçu 2 mL de sérum physio-

logique. Tous les moutons ont été castrés par écrasement pendant 1 min à la pince Burdizzo (50 cm, Provet AG) de chaque cordon spermatique (et du tissu scrotal associé).

Enregistrement des données

Les observations comportementales et les mesures physiologiques ont été effectuées à intervalles réguliers, de 24 h avant la castration à 80 h après la castration (figure 1).

Grille d'observation du comportement

La grille d'évaluation du comportement était basée sur l'observation de comportements de douleur décrits dans la littérature scientifique (tableau 1). Les comportements ont été pondérés ; certains comportements étant considérés comme plus spécifiques de la douleur que d'autres.

Les observations comportementales ont été effectuées par un seul observateur à la fois à chacun des 26 points d'observation (figure 1).

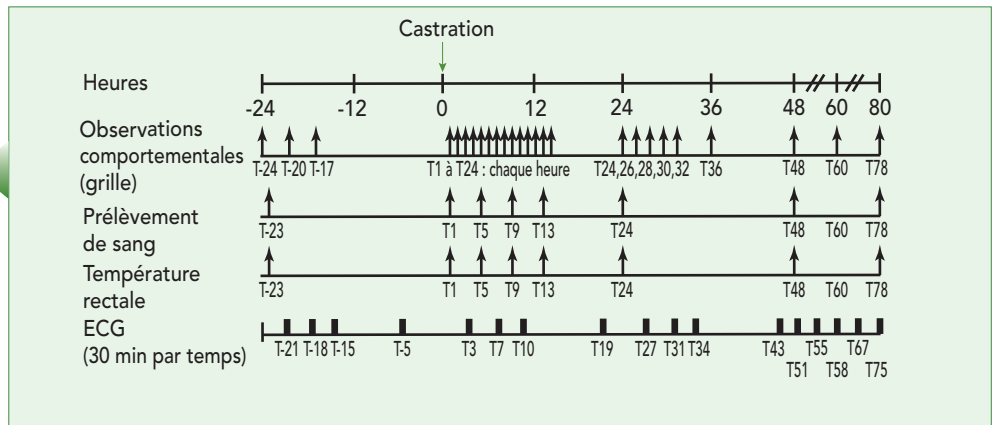
À chaque fois, la présence/absence de chaque comportement défini dans le tableau 1 était notée sur une tablette (ASUS France) grâce à une application "EvaDoul" développée par notre équipe de recherche.

Mesures physiologiques

➤ Suite p. 39

- La période 0 était comprise entre T -24 h et T -1 h (c'est-à-dire pré-castration).
- La période 1 (P1) était comprise entre T0 et T + 2 h après la castration (c'est-à-dire durant la durée d'action de l'anesthésie locale).
- La période 2 (P2) était comprise entre T +3 h à T +32 h après la castration (c'est-à-dire durant la durée d'action des AINS).
- La période 3 (P3) était comprise entre T +36 h à T +78 h après la castration (après l'action des médicaments).

Figure 1 - Mesures physiologiques et comportementales avant et après la castration de 24 moutons Texel



Encadré 1 - Matériels et méthodes (suite)

Mesures physiologiques

Pour chaque animal, huit échantillons de sang ont été prélevés au niveau de la veine jugulaire, avant et après la castration, en vue des analyses des paramètres physiologiques (figure 1) : haptoglobine, SAA (amyloïde sérique A), cortisol, acides gras non estérifiés (NEFA), glucose, glutathion (formes réduites, GSH (forme réduite du glutathion) et formes oxydées, GSSG (forme oxydée du glutathion), vitamines A, vitamine E, et oxyde nitrique (NO).

La température rectale a été mesurée à 8 moments avant et après la castration (figure 1).

La variabilité de la fréquence cardiaque (HRV) a été enregistrée en continu par un système de télémétrie (emkaPACK4G) à 17 moments différents avant et après la castration (figure 1). L'analyse HRV a permis de calculer les durées entre deux battements R – R (SDNN), la moyenne quadratique des différences successives (RMSSD) [15, 20], et le ratio basse fréquence / hautes fréquences (LF/HF).

Analyses statistiques

Pour tous les indicateurs, la valeur moyenne a été calculée pour chaque phase et pour chaque mouton, cette valeur ayant ensuite été utilisée pour les analyses ultérieures.

Pour comparer les réponses les moutons des lots Cast, Cast + AL et Cast + AL + AINS avant castration (P0), un test non paramétrique de Kruskal-Wallis suivi d'un test post-hoc de Dunn ont été utilisés. Ensuite, pour chaque traitement, les réponses des moutons ont été comparées entre périodes (P0, P1, P2, P3) à l'aide de tests non paramétriques de Friedman et de Nemenyi.

Une analyse discriminante visant à distinguer statistiquement les trois traitements au cours de la période pré castration (P0) et des trois périodes post-castration (P1, P2, P3) a été utilisée.

L'analyse, effectuée sur toutes les mesures comportementales et physiologiques, met en évidence les variables sur lesquelles les groupes diffèrent et identifie les combinaisons linéaires de variables qui distinguent le mieux ces groupes [7 bis].

Pour interpréter les composantes discriminantes de l'analyse factorielle discriminante, nous avons retenu les variables ayant un coefficient de corrélation absolu supérieur à 0,4. L'analyse discriminante a été suivie d'une validation croisée pour estimer la performance du modèle. La validation croisée sert à calculer la probabilité que chaque animal soit correctement affecté au groupe (traitement) initial.

La performance de l'analyse multiparamétrique a été évaluée sur la base de son coefficient Kappa, de sa sensibilité (pourcentage d'animaux correctement prédit comme appartenant à un traitement ; $Se = \text{vrai positif} / \text{vrai positif} + \text{faux négatif}$) et de sa spécificité (pourcentage de moutons correctement prédit comme ne faisant pas partie du traitement; $Sp = \text{vrai négatif} / \text{vrai négatif} + \text{faux positif}$).

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide de R 3.3.2 avec le package ade4 pour l'analyse discriminante [17].

Le seuil de signification a été fixé à $p = 0,05$.



2 Le mouton A* (non douloureux sans signes de douleurs) est attentif et actif, les oreilles orientées vers l'avant.

- Le mouton C* (douloureux avec signes de douleurs) est apathique, la tête orientée vers une paroi du box et les oreilles orientées vers le sol.
- Les boitiers comportent le dispositif pour l'enregistrement de l'activité cardiaque ; ils sont maintenus à l'aide d'une ceinture.
- L'habituation pour ce dispositif a été d'une semaine.



3 Le mouton C (non douloureux) est actif.
 - Le mouton A (douloureux) est apathique, la tête orientée vers une paroi du box et les oreilles orientées vers le sol.
 - Ses membres postérieurs sont étirés vers l'arrière et écartés.
 - Les boitiers comportent le dispositif pour l'enregistrement de l'activité cardiaque ; ils sont maintenus à l'aide d'une ceinture sur le dos.
 - L'habituation pour ce dispositif a été d'une semaine (photos UMR Herbivore-équipe Caraïbe).

*Les lettres sont attribuées au hasard

Tableau 1 - Grille d'évaluation du comportement utilisée chez les moutons (adaptée de Faure [4])

Item	Critère	Score	Score max
● Attitude générale [16]	Le mouton est actif ou attentif et a la tête au niveau ou au-dessus de la colonne vertébrale	0	4
	Isolé : mouton situé à un mètre de son voisin le plus proche	1	
	Apathique : le mouton ne répond à aucun stimulus environnemental	1	
	La tête dans un coin : un mouton est debout et sa tête est orientée vers un coin du box	1	
	La tête du mouton se situe sous la ligne de la colonne vertébrale	1	
● Position des oreilles [5, 8]	Oreilles en avant : les deux oreilles sont placées en avant de la perpendiculaire avec la tête, souvent aussi avec le pavillon orienté vers l'avant	0	1
	Oreilles en arrière : les deux oreilles sont positionnées en arrière de la perpendiculaire avec la tête. La face interne du pavillon n'est pas visible de l'avant	0,5	
	Oreilles dans le plan : les deux oreilles sont perpendiculaires à l'axe tête-croupe, souvent aussi avec les oreilles orientées vers le bas	1	
● Position de la paupière [8]	Ouvert	0	1
	Semi-ouvert	0,5	
	Fermé	1	
● Autres expressions faciales [8, 11, 12]	Lèvre supérieure retroussée	1	2
	Mufle retroussé	1	
● Posture debout [9, 13]	Posture normale : debout, marche, mange ou explore sans anomalie apparente	0	2
	Posture debout instable, parfois le corps appuyé contre un mur	1	
	Dos voussé : debout immobile avec le dos voussé	1	
● Posture couché [11, 12, 13, 14]	Décubitus sternal avec les membres repliés et la tête basse, ou repliée sur le côté ou posée au sol	0	1
	Décubitus sternal avec les membres postérieurs partiellement ou totalement étendus	0,5	
	Décubitus latéral avec une épaule au sol, avec extension des membres postérieurs	1	
● Posture des membres [18]	Posture normale des membres	0	1
	Debout, une patte suspendue	1	
	Debout, les pattes arrière tendues vers l'arrière	1	
	Debout, membres antérieurs ou postérieurs étendus	1	
● Signes cliniques [4]	Yeux enfoncés dans leurs orbites	1	3
	Laine piquée : la laine piquée sur la tête	1	
	Halètement	1	
● Activités anormales [4]	Grincement de dents	1	4
	Vocalisation	1	
	Piétinement	1	
	Stéréotypie	1	

Tableau 1A

	Cast				Friedman Q - P
	P0	P1	P2	P3	
<u>Attitude générale</u>	10.5 ^a [0-16.7]	18.7 ^a [9.40-40.6]	18.4 ^a [16.7-18.4]	6.25 ^a [0-12.5]	Q = 9.527 P = 0.0023
<u>Position des oreilles</u>	16.7 [0.0-37.5]	25 [0.00 - 50.0]	32.9 [27.3-37.0]	25 [9.40 - 25.0]	Q = 3.960 P = 0.266
<u>Position de la paupière</u>	0 [0.0-4.2]	25 [0.00-31.2]	17.6 [14.4-21.7]	0 [0-12.5]	Q = 07.029 P = 0.071
<u>Autres expressions faciales</u>	0.0 ^a [0.0-0.0]	0.0 ^{ab} [0.0-12.5]	5.6 ^b [5.2-11.3]	0.0 ^{ab} [0.0 - 0.0]	Q = 13.898 P = 0.003
<u>Posture couchée</u>	0.0 ^a [0.0-4.2]	12.5 ^a [0.0-31.2]	17.9 ^a [5.8-22.6]	0.0 ^a [0.0-3.1]	Q = 9.610 P = 0.022
<u>Posture debout</u>	0 [0.0-0.0]	0 [0.00 - 0.00]	0 [0-2.6]	0 [0.0-3.1]	Q = 6.250 P = 0.100
<u>Postures des pattes</u>	0.0 ^a [0.0-0.0]	25.0 ^{ab} [0.0-62.5]	31.3 ^b [9.6-50.6]	0.0 ^{ab} [0.0 - 25]	Q = 10.831 P = 0.013
<u>Signes cliniques</u>	0.0 ^a [0.0-0.0]	8.3 ^a [0.0-16.7]	1.9 ^a [1.3-7.3]	0.0 ^a [0.0 - 0.0]	Q = 11.824 P = 0.008
<u>Activités anormales</u>	0.0 ^a [0.0-0.0]	0.0 ^a [0.0-12.5]	1.4 ^a [0-3.0]	0.0 ^a [0.0 - 0.0]	Q = 9.923 P = 0.019
<u>Haptoglobine (mg/mL)</u>	0.00 ^{ab} [0.00-0.001]	0.00 ^a [0.00 - 0.00]	0.02 ^{ab} [0.00-0.04]	0.30 ^b [0.21-0.49]	Q = 13.900 P = 0.003
<u>SAA (µg/mL)</u>	8.8 ^a [3.1-25.1]	2.5 ^a [0.00-11.4]	26.7 ^{ab} [17.3-65.1]	226.3 ^b [204.3-320.5]	Q = 20.772 P = 0.0001
<u>Temperature (°C)</u>	39.0 ^a [38.8-39.0]	38.9 ^a [38.7-39.0]	39.2 ^a [39.2-39.4]	39.6 ^a [39.4-39.8]	Q = 9.692 P = 0.021
<u>Glucose (g/L)</u>	0.62 ^a [0.57-0.63]	0.77 ^c [0.67-0.85]	0.75 ^{bc} [0.67-0.78]	0.64 ^{ab} [0.62-0.69]	Q = 18.750 P = 0.0003
<u>NEFA (mmol/L)</u>	0.13 [0.07-0.22]	0.17 [0.12-0.28]	0.11 [0.09-0.14]	0.12 [0.09-0.20]	Q = 3.380 P = 0.337
<u>Cortisol (ng/mL)</u>	9.8 ^a [9.1-11.8]	35.3 ^b [26.3-57.9]	12.9 ^{ab} [11.8-20.8]	12.3 ^{ab} [7.30-17.8]	Q = 15.450 P = 0.001
<u>Fréquence cardiaque (bpm)</u>	86 ^a [81-95]	100 ^b [94.0 - 113]	98 ^{ab} [92 - 103]	99 ^{ab} [96 - 101]	Q = 14.657 P = 0.002
<u>LF/HF²</u>	0.85 ^{ab} [0.74-1.31]	2.36 ^a [1.44-3.17]	1.44 ^a [0.93-2.25]	0.70 ^b [0.58-0.92]	Q = 18.771 P = 0.0003
<u>RMSSD (s)</u>	75.8 ^a [43.5-89.2]	52.2 ^b [21.0-70.2]	56.8 ^{ab} [40.0-84.8]	50.9 ^{ab} [42.4-79.9]	Q = 10.543 P = 0.014
<u>SDNN</u>	74.6 ^a [54.6-86.2]	56.6 ^b [31.4-67.2]	57.7 ^{ab} [56.5-73.8]	54.0 ^{ab} [48.5-73.3]	Q = 7.971 P = 0.047
<u>GSH/GSSG</u>	0.37 ^a [0.34-0.48]	0.38 ^a [0.29-0.42]	0.28 ^{ab} [0.23-0.36]	0.21 ^b [0.13-0.24]	Q = 17.25 P = 0.001
<u>Vitamine E (µg/mL)</u>	0.95 ^a [0.73-11.25]	0.83 ^{ab} [0.66-0.97]	0.79 ^{ab} [0.68-0.99]	0.78 ^b [0.61-0.87]	Q = 11.06 P = 0.011
<u>Vitamine A (µg/mL)</u>	0.28 ^a [0.23-0.28]	0.26 ^{ab} [0.23-0.27]	0.25 ^{ab} [0.21-0.29]	0.20 ^b [0.18-0.20]	Q = 13.18 P = 0.004

Valeur mediane¹ [min-max] des indicateurs des 8 moutons Texel castrés à la pince Burdizzo sans traitement analgésique (Cast) en période 0 (24 h à 1 h pré-castration), période 1 (0 h à 2 h post-castra-

tion), période 2 (3 h à 36 h post-castration) et période 3 (48 h à 80 h post-castration). les scores de comportement sont exprimés sur une échelle de 0 à 100.



4 Deux moutons (dououreux) apathiques, celui ci-dessus est en décubitus sternal avec les membres postérieurs allongés, la tête posée au sol ; celui du haut est debout, mais s'appuie sur la paroi du box, porte la tête basse. Les oreilles sont orientées vers le sol (photos UMR Herbivore-équipe Caraïbe).

RUMINANTS

Références

- Coetzee JF. A review of pain assessment techniques and pharmacological approaches to pain relief after bovine castration: practical implications for cattle production within the United States. *Applied Animal Behaviour Science* 2011;135:192-213.
- Coetzee JF. Assessment and management of pain associated with castration in cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food animal practice* 2013;29:75-101.
- Eckersall PD, Young FJ, Mc Comb C, coll. Acute phase proteins in serum and milk from dairy cows with clinical mastitis. *Veterinary Record* 2001;148:35-41.
- Faure M, Paulmier V, Boissy A, coll. A multiparametric approach to discriminate the impacts of different levels of invasiveness of surgical procedures in sheep animal, 2017;1-10.
- Guesgen MJ, Beausoleil NJ, Minot EO, coll. Lambs show changes in ear posture when experiencing pain. *Animal Welfare*. 2016;25:171-7.
- Häger C, Biernot S, Buettner M, coll. The Sheep Grimace Scale as an indicator of post-operative distress and pain in laboratory sheep. *PLOS ONE* 2017;12:1-15.
- Kent JE, Molony V, Robertson IS.. Changes in plasma cortisol concentration in lambs of three ages after three methods of castration and tail docking. *Research in Veterinary Science* 1993;55: 246-51.
- bis. Lebart L, Piron M and Morineau A Statistique exploratoire multidimensionnelle. ed Dunod, Paris, 1995, 439.
- Mc Lennan KM, Rebelo CJB, Corke MJ, coll. Development of a facial expression scale using footrot and mastitis as models of pain in sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 2016;176:19-26.
- Melches S, Mellema SC, Doherr MG, coll. Castration of lambs: A welfare comparison of different castration techniques in lambs over 10 weeks of age. *The Veterinary Journal* 2007;173:554-63.
- Mellema SC, Doherr MG, Wechsler B, coll. Influence of local anaesthesia on pain and distress induced by two bloodless castration methods in young lambs. *The Veterinary Journal* 2006;172: 274-83.
- Molony V, Kent JE. Assessment of acute pain in farm animals using behavioral and physiological measurements. *Journal of Animal Science* 1997;75:266-72.
- Molony V, Kent JE, Hosie BD, coll. Reduction in pain suffered by lambs at castration. *The Veterinary Journal* 1997;153:205-13.
- Molony V, Kent JE, Mc Kendrick IJ. Validation of a method for assessment of an acute pain in lambs. *Applied Animal Behaviour Science* 2002;76:215-38.
- Molony V, Kent JE, Robertson IS. Behavioural responses of lambs of three ages in the first three hours after three methods of castration and tail docking. *Research in Veterinary Science* 1993;55:236-45.
- Pieler D, Peinhopf W, Becher AC, coll. Physiological and behavioral stress parameters in calves in response to partial scrotal resection, orchidectomy, and Castizzo castration. *Journal of Dairy Science* 2013;96:6378-89.
- Prunier A, Mounier L, Le Neindre P, coll. Identifying and monitoring pain in farm animals: a review. *animal* 2013;7:998-1010.

➤ Suite p. 43

Tableau 1B

	Cast+LA				Friedman Q-P value
	P0	P1	P2	P3	
Attitude générale	0 [0.0–10.4]	25 [12.5 - 25.0]	20.1 [16.5–23.5]	12.5 [10.9–14.1]	Q = 9.513 P = 0.023
Position des oreilles	16.7 [16.7–25.0]	0 [0.0–31.2]	36.4 [29.8–46.5]	25 [12.5–31.2]	Q = 5.800 P = 0.122
Position de la paupière	0.0 ^a [0.0–4.2]	25.0 ^{ab} [0.0 - 50.0]	25.7 ^b [16.0–36.2]	12.5 ^{ab} [9.40–28.1]	Q = 8.600 P = 0.035
Autres expressions faciales	0.0 ^a [0.0–0.0]	0.0 ^{ab} [0.0–12.5]	11.8 ^b [5.6–24.6]	0.0 ^{ab} [0.0 - 0.0]	Q = 16.063 P = 0.001
Posture couchée	0 [0.0–4.2]	0 [0.0 - 25.0]	13.6 [10.2–23.2]	12.5 [9.4–12.5]	Q = 7.476 P = 0.058
Posture debout	0 [0.0–0.0]	0 [0.0 - 0.0]	0 [0.0–0.7]	0 [0.0–12.5]	Q = 6.556 P = 0.087
Postures des pattes	0 [0.0–8.3]	25 [0.0 - 50.0]	17.7 [12.1–31.3]	0 [0.0–6.20]	Q = 6.714 P = 0.082
Signes cliniques	0.0 ^a [0.0–0.0]	0.0 ^{ab} [0.0 - 0.0]	1.8 ^b [1.8–8.0]	0.0 ^a [0.0 - 0.0]	Q = 16.600 P = 0.001
Activités anormales	0.0 ^a [0.0–0.0]	0.0 ^a [0.0 - 0.0]	3.5 ^b [2.5–4.4]	0.0 ^{ab} [0.0–7.8]	Q = 14.647 P = 0.002
Haptoglobine (mg/mL)	0.00 ^a [0.00–0.07]	0.00 ^a [0.00–0.02]	0.01 ^{ab} [0.01–0.03]	0.46 ^b [0.28–0.48]	Q = 15.727 P = 0.001
SAA (µg/mL)	2.1 ^a [0.9–8.9]	0.6 ^a [0.0–6.8]	28.8 ^{ab} [18.2–34.4]	232.6 ^b [175.0–315.0]	Q = 19.500 P = 0.0001
Temperature (°C)	38.9 ^a [38.8–39.0]	38.8 ^a [38.8–38.9]	39.1 ^{ab} [39.0–39.2]	39.4 ^b [39.3–39.5]	Q = 17.354 P = 0.001
Glucose (g/L)	0.65 ^a [0.58–0.71]	0.71 ^{ab} [0.64–0.74]	0.74 ^b [0.68–0.82]	0.69 ^{ab} [0.63–0.75]	Q = 10.367 P = 0.016
NEFA (mmol/L)	0.18 [0.09–0.31]	0.24 [0.19–0.34]	0.17 [0.12–0.23]	0.1 [0.08–0.31]	Q = 1.800 P = 0.615
Cortisol (ng/mL)	12.0 ^a [9.6–14.4]	26.9 ^b [23.1–53.8]	16.7 ^{ab} [14.2–20.3]	10.5 ^a [9.70–15.9]	Q = 13.200 P = 0.004
Fréquence cardiaque (bpm)	87 ^a [86–97]	105 ^b [100 - 113]	99 ^{ab} [95 - 106]	103 ^{ab} [99 - 105]	Q = 10.543 P = 0.014
LF/HF²	0.80 ^a [0.60–1.64]	3.25 ^b [1.37–5.10]	1.68 ^{ab} [1.09–1.94]	0.73 ^a [0.48–1.26]	Q = 12.771 P = 0.005
RMSSD (s)	58.5 ^a [47.4–63.7]	31.3 ^b [21.7–42.4]	43.9 ^{ab} [42.1–56.2]	53.1 ^{ab} [29.8–67.1]	Q = 9.686 P = 0.021
SDNN	61.4 ^a [56.5–80.9]	48.7 ^a [45.3–52.2]	52.3 ^{ab} [5.6–57.4]	60.7 ^{ab} [43.7–66.5]	Q = 10.543 P = 0.014
GSH/GSSG	0.33 ^a [0.30–0.42]	0.31 ^{ab} [0.27–0.37]	0.25 ^{ab} [0.24–0.37]	0.19 ^b [0.19–0.25]	Q = 14.550 P = 0.002
Vitamine E (µg/mL)	0.59 [0.42–0.87]	0.59 [0.47–0.90]	0.7 [0.62–1.01]	0.77 [0.58–1.01]	Q = 2.829 P = 0.419
Vitamine A (µg/mL)	0.31 ^{ab} [0.26–0.34]	0.31 ^b [0.26–0.32]	0.27 ^{ab} [0.23–0.30]	0.21 ^a [0.20–0.26]	Q = 9.000 P = 0.029

Valeur mediane1 [min–max] des indicateurs des 8 moutons Texel castrés à la pince Burdizzo avec anesthésie locale (Cast+LA) en période 0 (24 h à 1 h pré-castration), période 1 (0 h à 2 h post-castration), période 2 (3 h à 36 h post-castration) et période 3 (48 h à 80 h post-castration). les scores de comportement sont exprimés sur une échelle de 0 à 100.

Tableau 1C

	Cast +AL + NSAID				Friedman Q-P value
	P0	P1	P2	P3	
<u>Attitude générale</u>	0.0 ^a [0.0–10.4]	12.5 ^{ab} [9.4–28.1]	15.7 ^b [11.7–18.3]	12.5 ^{ab} [6.2–14.1]	Q = 7.776 P = 0.051
<u>Position des oreilles</u>	16.7 [12.5–20.8]	0 [0.0 - 25]	30.7 [20.4–44.2]	25 [9.4 - 25]	Q = 3.896 P = 0.273
<u>Position de la paupière</u>	0 [0.0–4.2]	12.5 [0.0–31.2]	21.6 [7.7–25.3]	0 [0–31.2]	Q = 4.078 P = 0.253
<u>Autres expressions faciales</u>	0 [0.0–0.0]	0 [0.0 - 0.0]	5.9 [0.0–12.7]	0 [0.0 - 0.0]	Q = 11.000 P = 0.012
<u>Posture couchée</u>	0 [0.0–0.0]	0 [0–6.2]	8.2 [4.6–14.9]	6.2 [0–15.6]	Q = 6.318 P = 0.097
<u>Posture debout</u>	0 [0.0–0.0]	0 [0.0 - 0.0]	0 [0.0–2.7]	0 [0.0 - 0.0]	Q = 3.444 P = 0.328
<u>Postures des pattes</u>	0 [0.0–8.3]	25 [0.0 - 50]	13.4 [6.1–22.0]	0 [0.0 - 0.0]	Q = 8.169 P = 0.043
<u>Signes cliniques</u>	0 [0.0–0.0]	0 [0.0 - 0.0]	0.9 [0–2.4]	0 [0.0 - 0.0]	Q = 8.333 P = 0.040
<u>Activités anormales</u>	0 [0.0–0.0]	0 [0.0 - 0.0]	0 [0.0–0.4]	0 [0.0 - 0.0]	Q = 0.333 P = 0.954
<u>Haptoglobine (mg/mL)</u>	0 [0.00–0.00]	0 [0.00–0.00]	0 [0.00–0.00]	0.01 [0.00–0.06]	Q = 11.000 P = 0.012
<u>SAA (µg/mL)</u>	0.2 ^a [0.0–2.9]	0.0 ^a [0.0–1.2]	3.9 ^a [2.9–30.9]	130.5 ^b [77.3–167.8]	Q = 15.987 P = 0.001
<u>Temperature (°C)</u>	38.9 ^a [38.8–39.0]	39.1 ^{ab} [38.9–39.2]	39.3 ^b [39.1–39.5]	39.3 ^{ab} [39.1–39.6]	Q = 14.11 P = 0.003
<u>Glucose (g/L)</u>	0.61 [0.56–0.63]	0.63 [0.59–0.67]	0.62 [0.59–0.67]	0.64 [0.59–0.66]	Q = 3.150 P = 0.369
<u>NEFA (mmol/L)</u>	0.13 [0.10–0.17]	0.08 [0.05–0.11]	0.1 [0.08–0.13]	0.12 [0.11–0.16]	Q = 5.550 P = 0.136
<u>Cortisol (ng/mL)</u>	12.6 [9.9–18.3]	16.4 [9.3–19.0]	13.7 [12.1–17.1]	16 [10.7–18.8]	Q = 3.750 P = 0.290
<u>Fréquence cardiaque (bpm)</u>	85 ^a [82–91]	103 ^b [92.0 - 107]	98.0 ^{ab} [94.0 - 100]	90.0 ^{ab} [88.0 - 97.0]	Q = 14.657 P = 0.002
<u>LF/HF²</u>	0.94 ^{ab} [0.69–1.42]	2.43 ^c [1.35–4.68]	2.02 ^{bc} [1.35–3.34]	0.60 ^a [0.53–0.91]	Q = 18.257 P = 0.0001
<u>RMSSD (s)</u>	65.7 ^c [46.4–73.7]	40.8 ^a [37.8–58.4]	55.0 ^{ab} [43.5–67.5]	61.7 ^{bc} [51.9–73.9]	Q = 18.257 P = 0.0001
<u>SDNN</u>	62.5 [56.1–70.3]	53.2 [48.3–62.3]	54.7 [51.9–59.9]	62.3 [56.6–68.8]	Q = 3.000 P = 0.392
<u>GSH/GSSG</u>	0.41 ^a [0.29–0.48]	0.38 ^{ab} [0.34–0.42]	0.31 ^{ab} [0.22–0.37]	0.26 ^b [0.18–0.33]	Q = 13.350 P = 0.004
<u>Vitamine E (µg/mL)</u>	0.8 [0.60–1.09]	0.78 [0.65–1.03]	0.65 [0.57–0.81]	0.59 [0.49–0.79]	Q = 4.543 P = 0.208
<u>Vitamine A (µg/mL)</u>	0.26 ^{ab} [0.25–0.30]	0.26 ^{ab} [0.25–0.31]	0.29 ^a [0.24–0.38]	0.24 ^b [0.21–0.32]	Q = 8.486 P = 0.037

Valeur médiane [min–max] des indicateurs des 8 moutons Texel castrés à la pince Burdizzo avec anesthésie locale et anti-inflammatoires (Cast + AL + AINS) en période 0 (24 h à 1 h pré-castration),

période 1 (0 h à 2 h post-castration), période 2 (3 h à 36 h post-castration) et période 3 (48 h à 80 h post-castration). Les scores de comportement sont exprimés sur une échelle de 0 à 100.

Références (suite)

17. R Core Team, R Version 3.3.2.: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016. <http://www.R-project.org>.

18. Robertson IS, Kent JE, Molony V. Effect of different methods of castration on behaviour and plasma cortisol in calves of three ages. *Research in Veterinary Science* 1994;56:8-17.

18 bis. Stafford KJ, Mellor DJ. Dehorning and disbudding distress and its alleviation in calves. *The Veterinary Journal* 2005;169, 337-49.

19. Stilwell G, Lima MS, Broom DM. Effects of non-steroidal anti-inflammatory drugs on long-term pain in calves castrated by use of an external clamping technique following epidural anesthesia. *American Journal of Veterinary Research* 2008; 69:744-750.

20. Stubbsjøen SM, Knappe-Poindecker M, Langbein, coll. Assessment of chronic stress in sheep (part II): Exploring heart rate variability as a non-invasive measure to evaluate cardiac regulation. *Small Ruminant Research* 2015;133:30-5.

21. Ting STL, Earley B, Hughes JML, coll. Effect of ketoprofen, lidocaine local anesthesia, and combined xylazine and lidocaine caudal epidural anesthesia during castration of beef cattle on stress responses, immunity, growth, and behavior. *Journal of Animal Science* 2003;81:1281-93.

22. von Borell E, Langbein J, Després G, coll. Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals A review. *Physiology & Behavior* 2007;9:293-316.

Tableau 2

Analyse factorielle discriminante	Composante1	Composante 2
Proportion de la variance totale expliquée par la composante (%)	51%	22%
Contribution de chaque variable aux composantes :		
<u>Comportement</u>		
Attention et position de la tête (%)	0.41	-0.25
Position des oreilles (%)	0.11	-0.17
Position de la paupière (%)	0.24	-0.21
Autres expressions faciales (%)	0.26	-0.18
Posture couchée (%)	0.27	-0.30
Posture debout (%)	-0.23	-0.18
Posture des pattes (%)	0.35	-0.14
Signes cliniques (%)	0.46	-0.26
Autres activités anormales (%)	0.18	-0.38
<u>Inflammation</u>		
Haptoglobine (mg/mL)	-0.60	-0.61
SAA (µg/mL)	-0.67	-0.59
Température (°C)	-0.50	-0.34
<u>Axe HPA</u>		
Glucose (g/L)	0.37	-0.48
NEFAs (mmol/L)	0.12	-0.19
Cortisol (ng/mL)	0.58	-0.27
<u>SNA</u>		
Fréquence cardiaque (bpm)	0.22	-0.31
Ratio LF/HF ²	0.45	0.02
RMSSD (s)	-0.23	0.08
SDNN	-0.22	0.17
Ratio RMSSD/SDNN	-0.23	0.07
<u>Stress oxydant</u>		
Ratio GSH/GSSG ²	0.28	0.21
Vitamine E (µg/mL)	0.06	-0.05
Vitamine A (µg/mL)	0.13	0.26

Analyse factorielle discriminante sur les indicateurs physiologiques et comportementaux chez 24 moutons castrés avec la pince Burdizzo : sans traitement anti-douleur (Cast), sous anesthésie locale (Cast + AL) ou sous anesthésie locale plus AINS (Cast + AL + AINS) à la période 0 (Pré-castration de

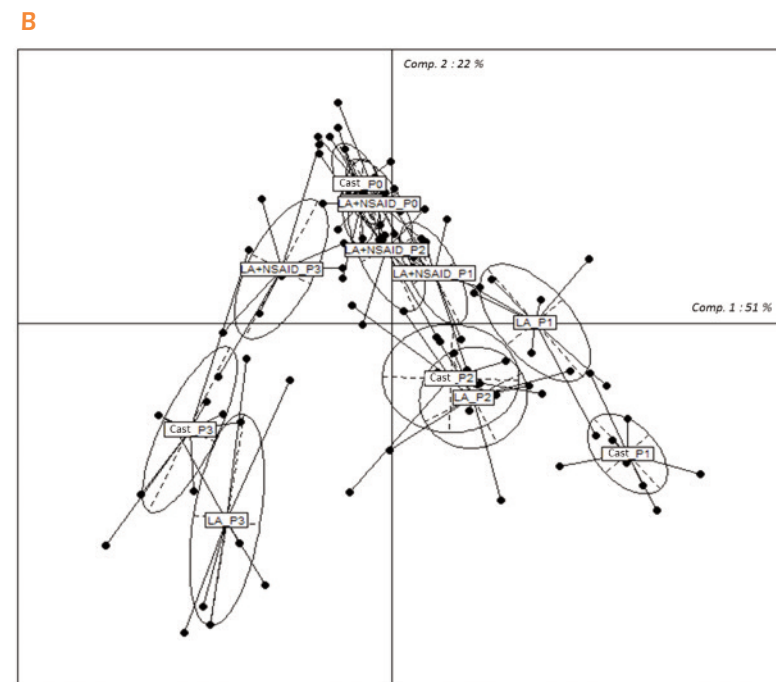
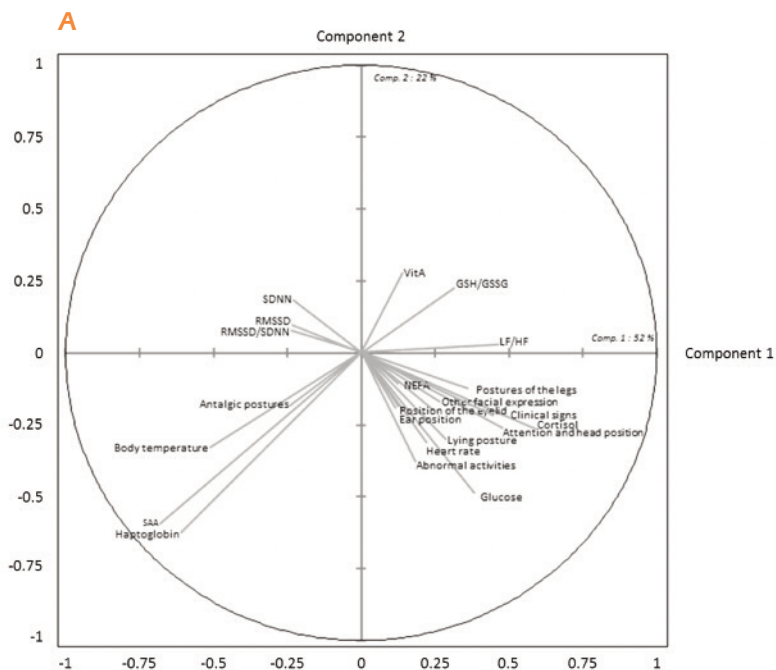
-24 h à -1 h), période 1 (de 0 h à 2 h après la castration), période 2 (de 3 h à 36 h après la castration) et période 3 (de 48 h à 80 h après la castration); proportion de variance expliquée par chaque composante et corrélation de chaque variable à chaque composante¹.

Tableau 3

de \ vers	Cast				Cast+AL				Cast+AL+AINS				Se (%)	Sp (%)	
	P0	P1	P2	P3	P0	P1	P2	P3	P0	P1	P2	P3			
Cast	P0	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	87.5	98.9
	P1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0	98.9
	P2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0	100.0
	P3	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	1	87.5	100.0
Cast +AL	P0	1	0	0	0	5	0	0	0	2	0	0	0	62.5	96.6
	P1	0	1	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	75.0	100.0
	P2	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	100.0	98.9
	P3	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	100.0	100.0
Cast +AL +AINS	P0	0	0	0	0	1	0	0	0	6	1	0	0	75.0	96.5
	P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	87.5	97.7
	P2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7	0	87.5	98.9
	P3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	6	75.0	98.9

Validation croisée, sensibilité (Se) et spécificité (Sp) de l'analyse factorielle discriminante sur les indicateurs physiologiques et comportementaux de 24 moutons Texel castrés avec une pince Burdizzo : sans soulagement de la douleur (Cast), sous anesthésie locale (Cast + AL) ou sous anesthésique local et AINS (distribution + AL + AINS) à la période P0 (-24 heures à -1 heure avant la castration), P1 (0 à 2 heures après la castration), P2 (3 à 36 heures après la castration) et P3 (48 h à 80 h après la castration).

Figure 2



Carte factorielle de l'analyse discriminante sur les indicateurs comportementaux et physiologiques de 24 moutons Texel castrés à la pince Burdizzo: sans soulagement de la douleur (Cast, n = 8), sous anesthésie locale (Cast + AL, n = 8), ou sous anesthésique local plus AINS (Cast + AL + AINS, n = 8), durant la période 0 (24 heures à 1 heure avant la castration), la période 1 (0 à 2 heures après la castration), la période 2 (3 à 36 heures après la castration) et la période 3 (48 h à 80 h post-castration)^{1,2,3}: (A) plan factoriel des variables et (B) des individus sur les axes 1 et 2 de l'analyse factorielle discriminante.

¹En raison de limitations de taille de tracé, les étiquettes ont été simplifiées sur le tracé : "Cast_P3" correspond aux moutons Cast en période 3, etc.

²Voir le **tableau 2** pour la définition des abréviations.

³Voir le **tableau 2** pour obtenir des détails sur toutes les corrélations des variables à chaque composante.