



HAL
open science

Réactions de stress des bovins dans un abattoir industriel français

Claudia C. Terlouw, Cécile Bourguet, Carole Cohen-Tannugi, Véronique Deiss

► **To cite this version:**

Claudia C. Terlouw, Cécile Bourguet, Carole Cohen-Tannugi, Véronique Deiss. Réactions de stress des bovins dans un abattoir industriel français : Relations avec les procédures d'abattage et les caractéristiques des animaux. La revue française de la recherche en viandes et produits carnés, 2011, pp.1-20. hal-02642546

HAL Id: hal-02642546

<https://hal.inrae.fr/hal-02642546>

Submitted on 28 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Réactions de stress des bovins dans un abattoir industriel français

Relations avec les procédures d'abattage et les caractéristiques des animaux.

Ecrit par : Claudia Terlouw^{1*}, Cécile Bourguet², Carole Cohen-Tannugi³, Véronique Deiss¹.

¹ INRA UR1213 Herbivores, Centre de Clermont-Ferrand/Theix, Adaptation et Comportements Sociaux, F-63122 Saint-Genès Champanelle, France ; Tel: +33 473 62.45.69, Fax: +33 473 62 41 18 ; Mail : claudia.terlouw@clermont.inra.fr

² ETRE - bureau d'Etudes et Travaux de Recherche en Ethologie. Le Colombier, F-63210 Saint Pierre Roche, France

³ 1, rue Chauveau Largaude, 28000 CHARTRES

La présente étude traite des réactions des bovins aux procédures d'abattage d'un abattoir industriel français, depuis l'arrivée des animaux jusqu'à leur abattage. Elle met en évidence des relations directes entre le fonctionnement de l'abattoir, les caractéristiques des bovins et leurs réactions de stress, y compris leur métabolisme *post-mortem*. Cette étude permet également d'envisager des évolutions concrètes et relativement simples liées aux aménagements et à la gestion des animaux visant à améliorer leurs conditions d'abattage.

Afin de comprendre les causes et les conséquences du stress à l'abattage, de nombreuses études visant à évaluer les réactions comportementales et physiologiques des animaux à certaines procédures d'abattage ont été conduites en conditions contrôlées. Par exemple, les effets du type de route empruntée, de la durée du transport, des efforts physiques sur un tapis roulant et de la durée de privation alimentaire sur les réactions des ovins, des porcs et des vaches ont été étudié (Bradshaw et al., 1996; Rosenfold and Andersen, 2003a ; Bourguet et al., 2011).

D'autres études conduites en abattoirs industriels ont quant à elles permis d'évaluer les effets de certaines procédures sur des comportements spécifiques, tels que l'agressivité ou les comportements de repos, sur l'état des animaux, en particulier les lésions, l'état de déshydratation et les

qualités des viandes (Brown et al., 1999; Knowles, 1999; Barton-Gade, 2008).

Ces deux types d'approches sont nécessaires pour comprendre comment les animaux perçoivent les différents aspects des procédures d'abattage et y réagissent en conditions réelles. La présente étude vise à évaluer les réactions des animaux depuis leur arrivée à l'abattoir jusqu'à leur saignée sans interférer avec les procédures habituelles de l'abattoir. Les abattoirs industriels varient considérablement dans leur fonctionnement. La présente étude fournit des informations quantitatives sur les procédures générales d'un abattoir industriel afin de déterminer certaines contraintes pratiques et d'évaluer les relations entre les procédures d'abattage et les réactions comportementales et physiologiques de différents types de bovins.

PROTOCOLE

L'abattoir étudié

Cette étude a été conduite au cours d'abattages de routine dans un abattoir industriel français (figure 1) qui abattait en moyenne 240 bovins adultes, 90 veaux et 300 ovins par semaine. Dans cet abattoir, 56 et 44 % des bovins étaient abattus selon des procédures standards (la saignée est précédée d'un étourdissement) et halal (saignée pratiquée sans étourdissement préalable) respectivement. Les

abattages avaient lieu entre 04h00 et 11h00. Chaque jour, les abattages halal avaient lieu en premier, les mâles puis les femelles, suivis des abattages standards, qui quant à eux concernaient essentiellement des femelles. Les lundis et vendredis, des veaux étaient abattus avant les abattages des bovins adultes. Les mercredis

correspondaient principalement à l'abattage des ovins.

Le sol de l'abattoir était en béton lisse, à l'exception de celui de l'aire de stockage intérieure et des derniers mètres du couloir d'amenée au piège d'étourdissement qui présentait des stries antidérapantes. La partie supérieure (30 cm) des parois verticales des couloirs de l'abattoir était

ajourée, ce qui permettait aux bovins de voir l'environnement extérieur au couloir, en particulier les opérateurs et les autres animaux placés dans les aires de stockage. De la même manière, les animaux placés dans les pièges de contention avaient un contact visuel direct avec l'opérateur chargé de l'étourdissement ou de la saignée halal.

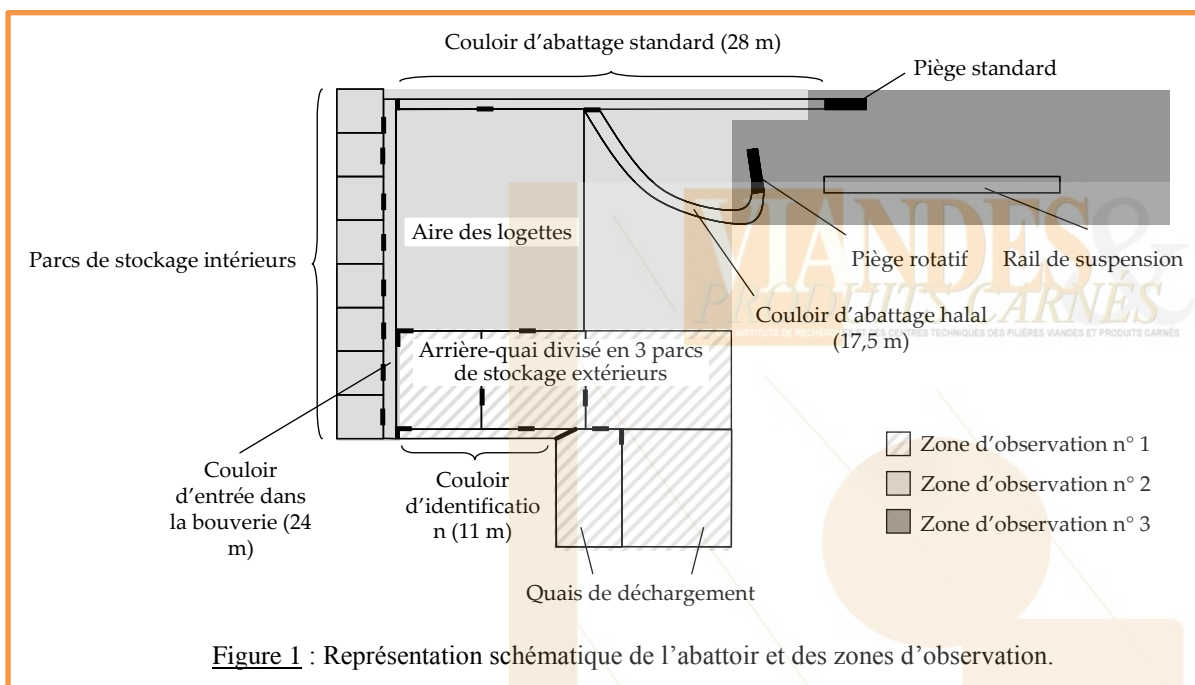


Figure 1 : Représentation schématique de l'abattoir et des zones d'observation.

Gestion des animaux et procédures d'abattage

Les bovins étaient déchargés sur un quai extérieur et rapidement transférés dans le couloir d'identification (figure 1). Ensuite, les animaux étaient transférés dans l'une des aires de stockage intérieures ou extérieures. Aucun des abreuvoirs des aires de stockage n'était fonctionnel. Suite à la période de stockage, les animaux étaient conduits dans un des deux couloirs d'amenée pour être abattus selon la procédure standard ou halal.

L'abattage halal

Les animaux destinés à l'abattage halal étaient placés dans un couloir d'amenée courbe ($17,5 \times 0,8$ m ; figure 1) conduisant au piège de contention rotatif (Facomia rotating box, 3×1 m). Ce piège était équipé d'un système de contention de la tête et du corps de l'animal. Après l'introduction d'un animal dans le piège, celui-ci était retourné de façon à positionner l'animal sur le dos. Ensuite, l'animal était saigné à l'aide d'un couteau muni d'une lame de 33 cm. Le piège était ensuite replacé dans sa position initiale et l'animal était évacué par

le côté du piège (phase d'affalage) pour être enchaîné et hissé par un postérieur sur un rail (phases d'accrochage et de hissage) où l'animal restait suspendu tout au long de la chaîne de dépouille des carcasses (phase de suspension).

L'abattage standard

Les animaux destinés à l'abattage standard étaient placés dans un couloir d'amenée droit ($28 \times 0,8$ m ; figure 1) conduisant au piège d'étourdissement ne contenant pas de système de contention. L'animal était ensuite étourdi à l'aide d'un pistolet à tige perforante à déclenchement manuel (Matador Super Securit 3000), évacué du piège, enchaîné et hissé selon une procédure identique à celle utilisée pour les abattages halal (phases d'affalage, d'accrochage, de hissage puis de suspension). La saignée était effectuée à l'aide d'un couteau muni d'une lame de 15 cm. Elle était pratiquée après le hissage de l'animal sur le rail par une section bilatérale des vaisseaux sanguins du cou. Les opérateurs observés étaient expérimentés.

Principes généraux des observations réalisées

En mai et juin 2009, pendant 2 périodes de 5 jours consécutives chacune, les procédures, les réactions des bovins ainsi que leurs caractéristiques (sexe, âge, race) étaient relevées par 3 expérimentateurs, sans interférer avec les procédures et le fonctionnement habituel de l'abattoir. Chaque expérimentateur était chargé d'observer une zone spécifique de l'abattoir (figure 1). La première zone comprenait le quai de déchargement, le couloir d'identification des bovins et les parcs de stockage extérieurs. La seconde zone correspondait au couloir d'entrée dans l'abattoir, à l'aire de stockage intérieure et aux couloirs d'amenée des bovins aux

Observations comportementales

Observations par groupe (zone 1)

Le déchargement de 50 groupes de bovins (253 animaux au total) a été observé (tableau 1). Le transfert et le passage dans le couloir

Observations individuelles (zone 2 et 3)

Au total, 190 bovins adultes (95 animaux par type d'abattage, tableau 2) ont été individuellement observés au cours de leur progression à travers les couloirs d'amenée, les pièges de contention et les premières minutes de passage sur la chaîne d'abattage.

Dans les couloirs d'amenée et les pièges de contention, des observations directes continues ont été effectuées (tableau 1). Dans les couloirs d'amenée, des scans étaient également effectués toutes les minutes par observations directes afin d'estimer la durée totale des compressions des animaux dans ces couloirs.

Suite à l'étourdissement ou la saignée halal, des scans étaient également réalisés pour étudier les mouvements et les réflexes oculaires, ainsi que la tension de la langue et des oreilles (tableau 3). Pour les abattages halal, les scans étaient effectués 10 s et 30 s après le début de la saignée (PS 10 et PS 30 respectivement), ainsi que 30 s après la suspension de l'animal sur le rail (S30). Pour des raisons techniques, lors des abattages standards, les scans étaient effectués 30 s après le début de la saignée uniquement (PS 30). Pour les mêmes raisons, l'ensemble des signes physiques n'a pu être

Mesures physiologiques

Afin de déterminer le niveau de cortisol plasmatique et le taux d'hématocrite (% du volume cellulaire par rapport au volume sanguin total), un échantillon de sang a été prélevé pendant la saignée (anticoagulant: EDTA) sur 114 des 190 bovins observés individuellement. Les échantillons étaient immédiatement stockés à 4°C puis centrifugés à 3000 x g pendant 10 min. Le taux d'hématocrite était mesuré et le plasma était prélevé et stocké à -20°C jusqu'à la détermination des concentrations en cortisol à l'aide d'une méthode de dosage radio-

pièges de contention. La troisième zone contenait les 2 pièges de contention utilisés pour l'étourdissement ou la saignée halal, ainsi que l'aire de saignée et d'accrochage des bovins.

Dans la première zone de l'abattoir (figure 1), les bovins étaient observés par groupe. Dans la deuxième zone, un bovin sur trois était marqué à l'aide d'une craie pour animaux. Chaque animal était ensuite observé jusqu'à 30 s et 2 min 30 s après l'accrochage pour les abattages standards et halal respectivement. Dans tous les cas, le comportement des animaux ainsi que le type et la durée de chaque intervention étaient relevés.

d'identification a également été étudié sur 106 groupes de bovins (331 animaux au total, tableau 1).

systématiquement vérifiés sur chaque animal (voir résultats).

Entre les scans, des observations continues étaient effectuées pour étudier les mouvements respiratoires, les tremblements musculaires, ainsi que les mouvements des mâchoires, de la tête et du corps des bovins (tableau 3). Pour les abattages halal, trois périodes d'observations continues de 45, 30 et 120 s ont été réalisées. La première période démarrait dès l'affilage de l'animal et comprenait les phases d'accrochage (animal au sol) et de hissage de l'animal sur le rail. La deuxième période correspondait aux 30 premières s de suspension de l'animal sur le rail et la troisième débutait immédiatement après S30. Pour les abattages standards, deux périodes d'observations continues de 60 et 90 s ont été réalisées. La première période démarrait dès l'affilage de l'animal et comprenait les phases d'accrochage (animal au sol) et de hissage de l'animal sur le rail. La seconde période débutait 30 s après le début de la saignée.

Toutes les observations étaient enregistrées à l'aide de dictaphones numériques.

immunologique (Boissy and Bouissou, 1994) utilisant un anticorps produit par Cognié et Poulin (INRA, Tours, France).

Pour 70 des 190 bovins observés individuellement, le pH et la température (T) des muscles *Semitendinosus* (pH_{ST} and T_T) et *Longissimus dorsi* (pH_{LD} and T_{LD}) ont été mesurés directement sur les carcasses une heure (62.4 ± 1.5 min) après le début de la saignée, à l'aide d'une électrode couplée pH et T, reliée à un pH-T mètre (Digi-Sense, IQ, Corte Del Nogal Carlsbad, USA).

Tableau 1 : Description des comportements et des variables liées à la gestion des animaux relevés pendant l'étude.

Variab les	Descriptions	Étapes
Gestion des animaux		
Durée du voyage (min)	Délai entre le départ de l'exploitation et le déchargement à l'abattoir	Transport
Délai avant le déchargement (min)	Délai entre l'arrivée du camion à l'abattoir (garé devant le quai et moteur éteint) et l'ouverture des portes du camion	Transport
Durée du déchargement (min)	Délai entre le premier et le dernier animal déchargé	Déchargement
Temps passé dans l'abattoir (h)	Délai entre le déchargement et la saignée	Abattoir
Utilisation de l'aiguillon électrique ¹	Nombre de décharges reçu par l'animal	Abattoir
Temps passé dans le couloir d'identification (s)	Délai entre l'entrée et la sortie d'un lot d'animaux du couloir d'identification	Couloir d'identification
Temps passé dans un des deux couloirs d'amenée (min)	Délai entre l'entrée et la sortie d'un animal d'un des deux couloirs d'amenée	Couloirs d'amenée (halal et standard)
Délai avant l'étourdissement (s)	Délai entre l'entrée d'un animal dans le piège standard et le 1 ^{er} tir	Piège standard
Délai avant retournement du piège (s)	Délai entre l'entrée d'un animal dans le piège rotatif et le début du retournement du piège	Piège halal
Délai avant la saignée (s)	Délai entre l'entrée d'un animal dans un des deux pièges (halal ou standard) et le début de la saignée	Pièges (halal et standard)
Réactions comportementales		
Glissade	Nombre de fois où un animal a au moins un membre qui glisse	Déchargement, couloir d'identification et couloirs d'amenée (halal et standard)
Chute	Nombre de fois où un animal a au moins un genou au sol suite à une glissade	Déchargement, couloir d'identification et couloirs d'amenée (halal et standard)
Meuglements	Nombre de meuglements volontaires (excluant les gasps, soupîres, gémissements et râles)	Déchargement, couloir d'identification, couloirs d'amenée et pièges (halal et standard)
Compression	Nombre ou durée des compressions, <i>i.e.</i> quand un animal est bloqué entre 2 animaux ou entre un animal et la fin du couloir (ligne du dos courbée)	Couloirs d'amenée (halal et standard)
Recul	Nombre de fois où un animal fait au moins un pas en arrière. Les reculs ne sont ensuite plus comptabilisés jusqu'à ce que l'animal avance à nouveau	Couloirs d'amenée (halal et standard) et piège standard
Se cogne	Nombre de fois où un animal se cogne l'arrière-train contre la porte d'entrée du piège standard suite à un recul	Piège standard
Relève la tête	Nombre de fois où un animal lève la tête (nez au dessus du niveau du dos) dans le piège standard	Piège standard
Coup de pied	Nombre de coups de pied donné sur les parois du piège rotatif	Piège halal

1. Les décharges étaient audibles, permettant de compter le nombre exact de décharges. Lors d'une seule application de l'aiguillon sur l'animal, plusieurs décharges pouvaient être délivrées.

Tableau 2 : Effectifs et âges des animaux observés individuellement.

Race	Abattages standards (n = 95)		Abattages halal (n = 95)		Total (n = 190)
	Femelle (n = 89)	Mâle (n = 6)	Femelle (n = 25)	Mâle (n = 70)	
Blonde d'Aquitaine	22	1	7	11	41
Holstein	22	0	3	2	27
Charolaise	13	0	11	38	62
Limousine	17	1	0	1	19
Normande	11	0	0	3	14
Croisée	2	3	3	8	16
Autre	2	1	1	7	11
Age moyen (mois)	69,5 ± 3,7	41,3 ± 3,2	48,9 ± 6,7	19,2 ± 0,6	

Tableau 3 : Description des réflexes et signes physiques relevés après la saignée des animaux.

Réflexes et signes physiques	Descriptions	Contexte et délais des observations	
		Abattages standards	Abattages halal
<i>Observations en scans</i>			
Réflexe cornéen	Fermeture de la paupière suite à une pression légère sur la cornée à l'aide d'un doigt		
Réflexe palpébral	Fermeture de la paupière suite à l'effleurement de celle-ci à l'aide d'un doigt		
Nystagmus	Mouvements horizontaux rapides des globes oculaires		
Retournement des yeux	Sclère (blanc de l'œil) de l'œil apparente	30 s après le début de la saignée	10 s après le début de la saignée, 30 s après le début de la saignée et 30 s après la suspension
Mouvement oculaire	N'importe quel mouvement du globe oculaire non cités ci-dessus		
Mouvement de paupière	Fermeture et ouverture de la paupière		
Mouvement des oreilles	N'importe quel mouvement des oreilles		
Tension des oreilles	Oreilles rigides non tombantes		
Relâchement de la langue	Langue sortie de la cavité buccale		
<i>Observations continues</i>			
Respiration rythmique	Mouvements réguliers de la cage thoracique		
Respiration arythmique	Mouvements irréguliers de la cage thoracique		Pendant 45 s à partir de l'effondrement de l'animal, pendant 30 s à partir du moment où l'animal est suspendu et pendant 120 s à partir de 30 s après la suspension
Tremblements musculaires	Tremblements des muscles du ventre, du dos ou des membres	Pendant 90 s à partir de 30 s après le début de la saignée	
Redressements de la tête	Mouvement de levage de la tête		
Redressements du corps	Mouvement de levage de la tête et des épaules		
Mouvements de la mâchoire	Ouvertures et fermetures successives de la mâchoire		

Analyses statistiques

Par rapport aux abattages standards des femelles, les abattages standards des mâles ainsi que les abattages halal des mâles et des femelles de certaines races étaient sous-représentés (tableau 2). En conséquence, les effets du type d'abattage et des 5 races principales n'ont été étudiés qu'au sein des femelles. De même, l'effet du sexe a été considéré pour les abattages halal uniquement.

La présence du réflexe cornéen, d'une respiration rythmique, de nystagmus et/ou de la rotation du globe oculaire (cf. tableau 3) sont considérés comme des indicateurs de faible profondeur d'inconscience (Wotton et al., 2000; Grandin, 2002; EFSA, 2004; Gregory et al., 2007). Afin d'explorer les relations entre l'absence du réflexe cornéen et les autres signes physiques, les bovins ont été classés en 3 groupes établis selon le délai de perte du réflexe cornéen après la saignée (groupe 1 : absence du réflexe cornéen 10 et 30 s après le début de la saignée, groupe 2 : réflexe cornéen présent 10 s après le début de la saignée mais pas 30 s après le début de la saignée, groupe 3 : réflexe cornéen encore présent 30 s après le début de la saignée).

Le logiciel SAS (version sasx8, SASTM Inst., Cary, NC USA) a été utilisé pour analyser les données. Les moyennes sont présentées \pm ES, l'erreur standard. Des analyses non paramétriques ont été utilisées car toutes des données recueillies étaient distribuées anormalement et ne pouvaient pas être normalisées. Des tests de Mann-Whitney ont été utilisés pour les comparaisons entre deux échantillons (effets du sexe, du type d'abattage ou de la race dans le cas des abattages halal). Des tests de Kruskal-Wallis ont été employés pour les comparaisons entre multiples (> 2) échantillons (effets du jour, du délai de perte du réflexe cornéen et de la race dans le cas des abattages standards). Lorsque plusieurs tests de comparaisons post-hoc ont été utilisés, la correction de Bonferroni a été utilisée pour corriger pour les effets de comparaisons multiples. Les proportions de races sélectionnées selon le type d'abattage ont été comparées à l'aide d'un test binomial.

RESULTATS ET DISCUSSION

Description générale

Les bovins ont voyagés $30,0 \pm 6,4$ h avant d'arriver à l'abattoir. Ils étaient déchargés par groupe de $5,1 \pm 0,4$ (entre 1 et 10) individus et transférés en $40,7 \pm 6,1$ s dans le couloir d'identification où ils restaient $154,5 \pm 17,4$ s. Les données supplémentaires concernant le déroulement et les réactions des bovins lors du déchargement et de l'identification sont présentées dans le tableau 4. Les animaux sélectionnés pour l'abattage halal étaient principalement des mâles. Ainsi, 92 % des

Les signes physiques observés après l'étourdissement et/ou la saignée étaient exprimés en pourcentage d'animaux présentant le comportement et/ou en fréquences moyennes du comportement. Les données concernant les signes physiques relevés lors des observations continues ne contenaient que peu de valeurs manquantes. Ainsi, des tests conçus pour comparer des échantillons appariés ont été utilisés pour étudier l'effet du temps : des tests de Cochran (valeurs continues) et de Friedman (valeurs discrètes). En revanche, les données concernant les signes physiques relevés lors des scans contenaient de nombreuses valeurs manquantes. De ce fait, les échantillons ont été considérés comme indépendants et des tests exacts de Fisher ont été utilisés (valeurs continues).

Pour tous les résultats présentés dans cette étude, nous nous sommes assurés qu'il n'y avait pas d'interactions entre les facteurs testés et d'éventuels effets du jour d'abattage. De même, les possibilités d'effets confondus entre différents facteurs (types d'abattage, race, sexe, durée de stockage ou de transport) ont été vérifiées. Lorsque plusieurs facteurs semblent impliqués, ils sont mentionnés et discutés.

Pour étudier les relations entre différentes variables, des tests de corrélation de Pearson et de Spearman ont été utilisés. Afin d'assurer la robustesse des liens trouvés, les résultats sont présentés uniquement quand les corrélations de ces deux types de tests étaient significatives. Lorsqu'une variable était corrélée à plusieurs autres variables, elles étaient introduites dans un modèle de régression multiple (modèle optimal selon le % maximal de variabilité expliquée) afin de déterminer la pertinence de chacune de ces variables. Pour les modèles de régressions multiples contenant les valeurs de pH, le délai entre le début de la saignée et la mesure de pH était inclus dans le modèle afin de corriger les variations dans ce délai.

mâles et seulement 22 % des femelles étaient abattus selon la procédure halal (tableau 3). Les femelles abattues selon la procédure halal étaient principalement de race Charolaise ($p < 0,10$, tableau 3). Les délais entre les différentes étapes des procédures d'abattage halal et standards, ainsi que les comportements des bovins dans les couloirs d'amenée et les pièges de contention sont présentés dans les tableaux 5 et 6.

Tableau 4 : Observations réalisées pendant le déchargement et le passage dans le couloir d'identification.

Variables	Déchargement	Couloir d'identification
Délai entre l'arrivée du camion et l'ouverture de ses portes (min)	5,56 ± 0,94	-
Durée du déchargement (min)	0,51 ± 0,05	-
Temps passé dans le couloir d'identification (s)	-	154,45 ± 17,37
Nombre de décharges électriques	0,33 ± 0,08	0,43 ± 0,09
Glissade (nb/animal)	0,47 ± 0,14	0,54 ± 0,08
Chute (nb/animal)	0,09 ± 0,03	0,13 ± 0,04
Meuglements (nb/animal)	0,41 ± 0,21	0,21 ± 0,08

Tableau 5 : Influence du type d'abattage sur la gestion des animaux et leurs réactions comportementales et physiologiques. Seules les variables influencées par le type d'abattage sont présentées.

Variables	Femelles abattues en standards	Femelles abattues en halal	Effets du type d'abattage	
			U	p
Temps passé à l'abattoir (h)	19,6 ± 3,1	47,6 ± 7,8	37,0	< 0,0001
Temps passé dans le couloir d'amenée (min)	21,5 ± 1,3	8,8 ± 1,6	370,5	< 0,0001
Compressions dans le couloir d'amenée (nb/animal)	1,7 ± 0,2	1,3 ± 0,5	772,5	0,03
Nombre de décharges électriques dans le couloir d'amenée	2,4 ± 0,3	6,1 ± 0,8	1519,0	< 0,0001
Nombre de décharges électriques lors de l'entrée dans le piège	3,2 ± 0,3	0,1 ± 0,1	279,0	< 0,0001
pH _{LD}	6,71 ± 0,04	6,10 ± 0,12	142,0	0,001
T _{LD} (°C)	37,2 ± 0,2	35,7 ± 1,0	120,0	0,07
T _{ST} (°C)	37,4 ± 0,3	32,4 ± 1,5	140,0	0,003

Influence des aspects organisationnels et environnementaux sur le déroulement des procédures d'abattage

De nombreux résultats indiquent que le déroulement de certaines procédures d'abattage variait entre les animaux en raison de contraintes organisationnelles.

Premièrement, les animaux passaient en moyenne 20,2 ± 1,9 h dans l'abattoir avant la saignée, mais 13,5 % d'entre eux attendaient plus de 35 h (figure 2). Ces durées d'attente dépendaient en partie du sexe des animaux et du type d'abattage auquel ils étaient destinés. En effet, les femelles des abattages halal passaient significativement plus de temps dans l'abattoir que les femelles des abattages standards (tableau 5) et que les mâles des abattages halal (15,8 ± 1,7 h ; p < 0,0001). Afin de limiter leur attente dans l'abattoir, les mâles des abattages halal étaient abattus en premier, en raison de leur plus forte réactivité perçue par les opérateurs (communication personnelle des opérateurs). En raison de contraintes temporelles, ces abattages

pouvaient être arrêtés pour laisser place aux abattages standards des femelles. Les abattages halal des femelles étaient alors reportés au lendemain, ou au surlendemain puisque les ovins et les veaux étaient prioritaires certains jours.

Deuxièmement, au sein des abattages halal, les mâles (12,7 ± 1,2 min) passaient plus de temps (p = 0,04) dans le couloir d'amenée au piège rotatif que les femelles (8,8 ± 1,6 min). Cette différence s'explique par le plus grand nombre de mâles introduit dans ce couloir en même temps. Les opérateurs ont indiqué que cette plus forte densité vise à limiter les mouvements des mâles, en particulier des taurillons, perçus comme plus réactifs que les femelles, comme précédemment indiqué. De précédentes études sur les procédures d'abattage ont aussi reporté que les mâles sont plus difficiles à manipuler que les femelles (Jarvis et al., 1995; Strappini et al., 2009).

Tableau 6 : Procédures (délais exprimés en s) et comportement des bovins (exprimés en nombre moyen de fois par animal, indiqué le cas échéant) dans les pièges de contention.

Variabes	Piège d'étourdissement	Piège rotatif
<i>Procédures</i>		
Porte du piège refermée sur l'animal (% d'animaux)	21	-
Délai avant l'étourdissement	129,1 ± 17,3	
Nombre moyen de tirs	1,3 ± 0,1	
% d'animaux recevant plusieurs tirs	24,6	
Intervalle entre le dernier tir et la suspension	56,7 ± 2,3	
Intervalle entre la suspension et le début de la saignée	19,9 ± 1,1	
Délai de retournement du piège	-	23,7 ± 1,2
Intervalle entre le retournement du piège et le début de la saignée	-	17,6 ± 2,7
Nombre moyen de passage du couteau ¹	-	1,82 ± 0,11
Intervalle entre le début de la saignée et le retour à la position initiale du piège	-	75,4 ± 8,1
Intervalle entre le retour à la position initiale du piège et l'affalage	-	21,7 ± 1,2
Intervalle entre l'affalage et la suspension	50,1 ± 2,3	63,3 ± 5,0
<i>Comportements (n = 95/type d'abattage)</i>		
Effondrement immédiat (% d'animaux)	79	-
Mouvements en avant et arrière	3,1 ± 0,4	<i>Non observé</i>
Relèvements de tête	5,4 ± 0,4	<i>Non observé</i>
Tremblements	0,96 ± 0,13	<i>Non observé</i>
Glissades ou chutes	0,08 ± 0,03	<i>Non observé</i>
Sauts	0,08 ± 0,05	<i>Non observé</i>
Urination	0,03 ± 0,02	<i>Non observé</i>
Meuglement	0,02 ± 0,02	0,73 ± 0,2
Coups de pieds	-	0,69 ± 0,12

entre 1 et 5

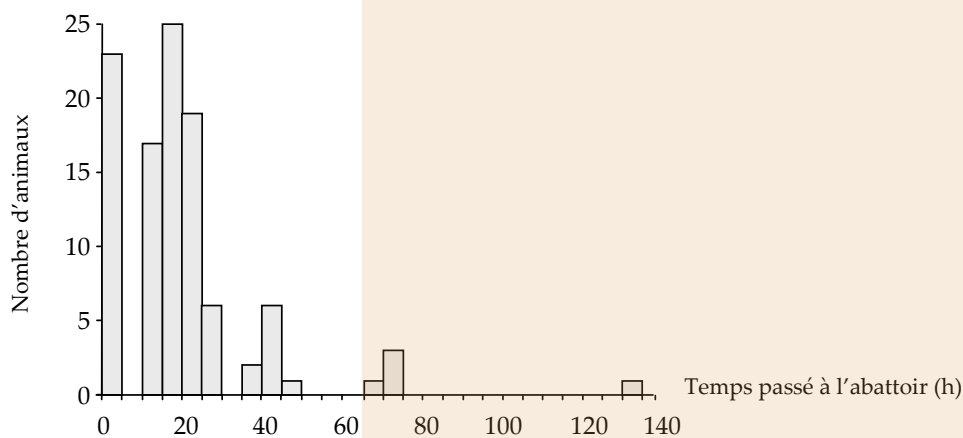


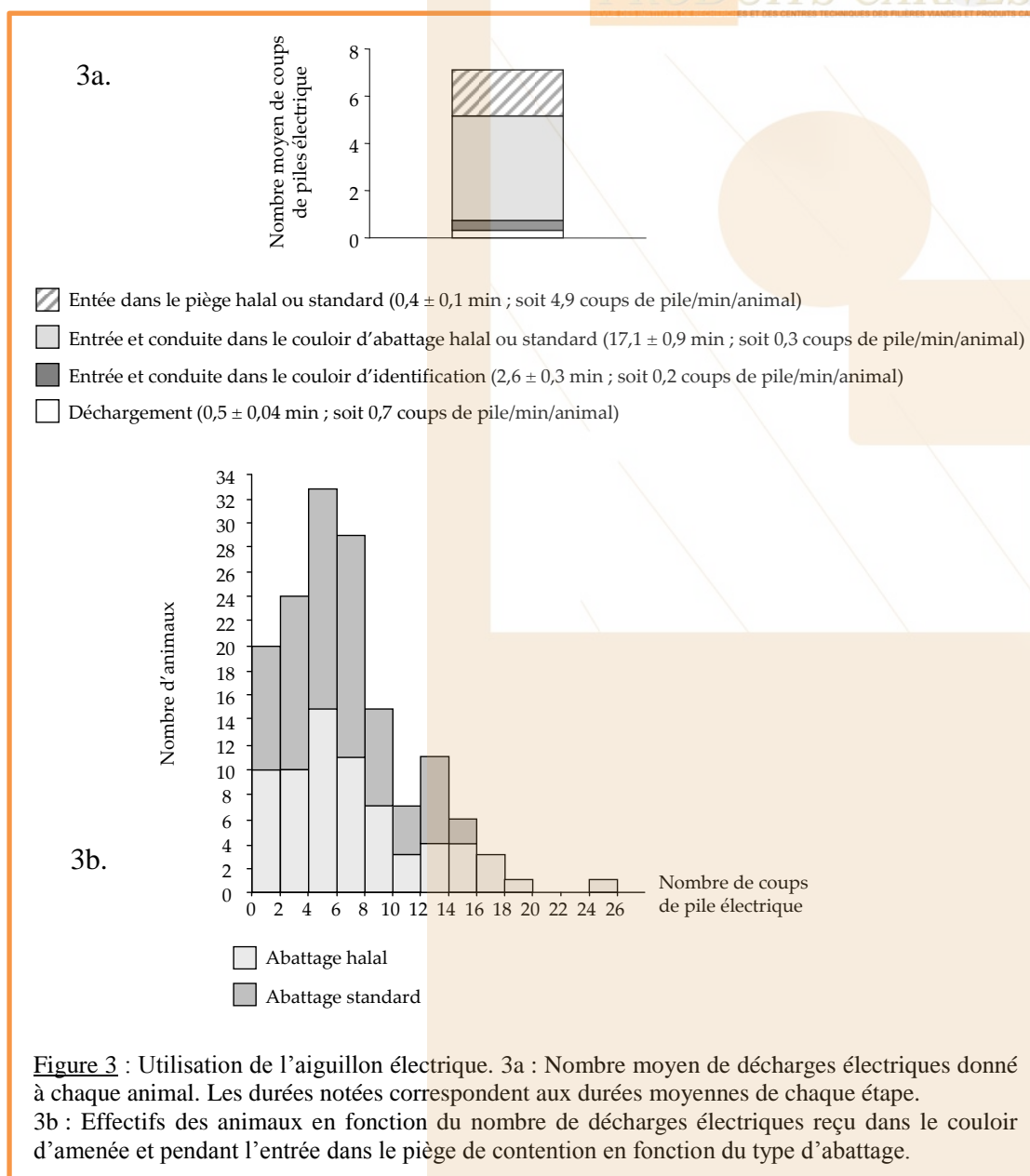
Figure 2 : Effectifs des animaux en fonction du temps passé dans l'abattoir (i.e., délai entre arrivée du camion et saignée).

La manière dont les animaux étaient traités dépendait également des aménagements et des infrastructures de l'abattoir.

Premièrement, le couloir d'amenée au piège d'étourdissement était plus long que celui conduisant au piège rotatif (figure 1). Ainsi, les femelles des abattages standards passaient plus de temps dans le couloir d'amenée que les femelles des abattages halal (tableau 5), ce qui pourrait expliquer la fréquence des compressions plus élevée dans ce couloir.

Deuxièmement, les données obtenues à l'aide des observations par groupe (zone 1) et individuelles (zones 2 et 3) indiquent que les animaux recevaient en moyenne $7,1 \pm 0,2$ décharges électriques (figure 3a). Les données individuelles montrent une

importante variabilité dans les décharges électriques reçues, de 1 à 26 décharges par animal (figure 3b). Cette variabilité semble s'expliquer par une utilisation répétée de l'aiguillon électrique sur un même animal plutôt que d'appliquer une seule décharge. Le nombre de décharges électriques reçu par les animaux était aussi influencé par le type d'abattage. Les femelles des abattages halal recevaient plus de décharges dans le couloir d'amenée que les femelles des abattages standards (tableau 5), reflétant probablement des blocages dans l'avancée des bovins. Bien que le couloir d'amenée des abattages halal était courbe, ce qui facilite l'avancée des bovins (Grandin, 2000b), l'obscurité et le niveau sonore élevé de ce couloir, semblent être à l'origine de cette utilisation plus importante de l'aiguillon électrique en comparaison à celui des abattages standards.



La majorité des décharges électriques étaient associées au passage des animaux dans les couloirs d'amenée. Toutefois, lorsque ces données sont rapportées à une unité de temps, les résultats montrent que c'est l'introduction dans les pièges de contention, en particulier le piège d'étourdissement, qui correspondait à une utilisation intensive de l'aiguillon électrique (figure 3a). Au total, l'aiguillon était utilisé sur 87,7 % des animaux lors de leur introduction dans le piège d'étourdissement contre seulement 9,3 % des animaux dans le cas de l'entrée dans le piège rotatif (tableau 5). Plusieurs aspects liés aux aménagements de l'entrée dans les pièges de contention et aux interventions des opérateurs peuvent expliquer cette différence. Tout d'abord, le sol de l'entrée du piège d'étourdissement n'était pas homogène, ce qui peut être un obstacle pour les bovins (Grandin, 1998b). De plus, la porte d'entrée du piège d'étourdissement était une porte verticale coulissante qui laissait une ouverture d'environ 30 cm au-dessus du sol lorsqu'elle était fermée. Les animaux qui attendaient devant cette porte ont fréquemment été observés en train de regarder à travers cette ouverture et de sursauter suite au bruit provoqué par le tir et l'effondrement d'un congénère dans le piège d'étourdissement (données non présentées). Enfin, parfois deux bovins essayaient d'entrer en même temps dans le piège d'étourdissement. Afin de stopper le second animal, l'opérateur refermait la porte verticale du piège sur le dos de celui-ci jusqu'à ce qu'il recule et ressorte du piège (tableau 6). L'ensemble de ces observations suggère que la procédure d'introduction des bovins dans les pièges de contention, notamment dans le piège d'étourdissement, était une source notable de peur.

Influence des procédures sur le métabolisme musculaire post-mortem

La vitesse du métabolisme musculaire *post-mortem* était influencée par le type d'abattage et l'état physiologique des animaux. Les femelles des abattages halal avaient un pH_{LD} et une T_{ST} inférieurs à ceux des femelles des abattages standards (tableau 5). Une analyse par régression multiple ($p = 0,001$) a montré que la concentration en cortisol ($p = 0,06$; relation négative) et la race ($p = 0,001$) expliquaient 45,4 % de la variabilité du pH_{LD} des femelles des abattages standards. La relation entre l'état physiologique de l'animal *ante-mortem* et le métabolisme musculaire *post-mortem* est bien connue.

Après la mort de l'animal, des réactions anaérobies perdurent un certain temps au sein du muscle et résultent en une accumulation de protons et de lactate responsable de l'acidification progressive du muscle (Bendall, 1973). L'exercice physique et le stress au moment de la mise à mort de l'animal accélèrent cette activité métabolique et conduisent à une diminution plus rapide du pH musculaire. Cette diminution accélérée du pH s'observe par un pH

De plus, l'utilisation de l'aiguillon électrique provoque de la douleur. Il a été suggéré que pour respecter le bien-être animal, les aménagements des abattoirs doivent être conçus de manière à ce que 75 % des animaux entrent dans le piège de contention sans que les opérateurs aient besoin d'utiliser l'aiguillon électrique (Grandin, 1998b; Grandin, 2006). Ces résultats laissent penser en outre que cette procédure était également particulièrement difficile pour les opérateurs.

Avant le retournement du piège rotatif, lorsque les parois de celui-ci sont positionnées contre le corps de l'animal, 20,0 % des animaux meuglaient et 35,1 % donnaient des coups de pieds contre les parois du piège (tableau 6). Après le retournement du piège, le nombre d'animaux qui meuglaient diminuait significativement (10,5 %, $p < 0,05$). Ces comportements observés dans le piège rotatif pourraient être dus à la contention physique spécifique à ce piège. Les meuglements peuvent en effet être interprétés en termes de douleur. De précédents travaux menés dans un abattoir industriel, ont montré qu'à l'exception des meuglements des bovins situés dans les aires d'attente, 98 % des animaux qui meuglaient, le faisaient immédiatement après un événement aversif ou douloureux, y compris une pression trop importante des parois des systèmes de contention (Grandin, 1998a). Dans notre étude, pour au moins un certain nombre de bovins, les parois du piège rotatif semblaient donc exercer une pression trop importante sur le corps des animaux. De plus, le taux d'hématocrite était corrélé au temps passé en contention avant le retournement du piège ($r = 0,55$; $p = 0,008$), suggérant également que la contention était une source de stress notable.

musculaire précoce, c'est à dire mesuré tôt après la mort, plus faible. Ce phénomène est bien connu chez les porcs (Bendall, 1973; D'Souza et al., 1998; Rosenvold and Andersen, 2003b), et depuis récemment chez les bovins également (Bourguet et al., 2010). Le pH précoce plus faible des femelles des abattages halal indique que dans cet abattoir certaines procédures ultimes des abattages halal provoquaient plus de stress psychologique et/ou de réactions physiques que les procédures des abattages standards.

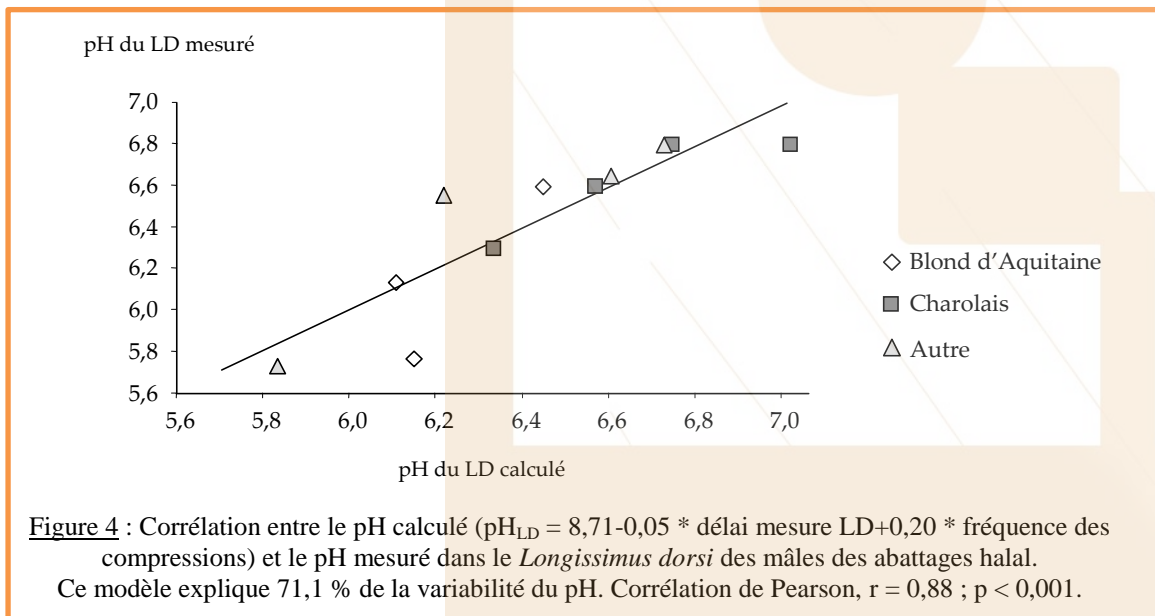
Ce résultat est cohérent avec la corrélation positive entre le taux d'hématocrite et la durée de contention avant le retournement du piège rotatif observée chez les mâles des abattages halal (voir ci-dessus). Une autre explication peut être la durée d'attente plus longue chez certains animaux abattus par la procédure halal. Les animaux n'étaient pas nourris et il a été démontré que les bovins privés d'alimentation depuis plusieurs heures réagissent plus fortement au stress (Bourguet et al., 2011).

Toutefois, les résultats montrant une température musculaire plus faible chez les femelles des abattages halal en comparaison à celles des abattages standards ne sont pas en accord avec une diminution plus rapide du pH. Les réactions métaboliques musculaires post-mortem sont exothermiques et généralement associées à une température musculaire plus élevée (Bendall, 1973; Rosenfold and Andersen, 2003a).

Des réactions de reculs de la part des bovins étaient couramment observées dans les couloirs d'identification et d'amenée. Les reculs dans les couloirs expriment probablement des tentatives de fuites pouvant être interprétées en terme de peur déclenchée par des événements non familiers et/ou soudains, ainsi que par la présence de l'homme (Grandin, 1996).

Les reculs de certains animaux avaient fréquemment pour conséquence de comprimer les autres animaux présents dans le couloir. Dans le couloir d'identification, les compressions et les glissades étaient positivement corrélées ($r = 0,47$; $p < 0,0001$). Une compression ou l'arrêt d'une compression peuvent causer une perte d'équilibre qui peut expliquer la relation avec les glissades. Il est également possible que les réactions de peur causent à la fois des reculs et des glissades.

Dans le couloir d'amenée au piège rotatif, la fréquence des compressions ($r = 0,71$; $p = 0,01$), le temps passé dans ce couloir ($r = 0,65$; $p = 0,02$) et l'âge des animaux ($r = - 0,66$; $p = 0,02$) étaient corrélés au pH_{LD} musculaire des mâles. Une analyse par régression multiple ($p = 0,03$) a montré que la fréquence des compressions dans le couloir d'amenée au piège rotatif ($p = 0,002$) et le délai de mesure du pH ($p = 0,02$) expliquaient 77,1 % de la variabilité du pH_{LD} (figure 4). Dans le muscle ST, des relations similaires ont été observées. Le pH_{ST} était corrélé avec la durée ($r = 0,90$; $p = 0,0009$) et la fréquence ($r = 0,56$, $p = 0,06$) des compressions dans le couloir d'amenée au piège rotatif, le temps passé dans ce couloir ($r = 0,68$; $p = 0,02$) et l'âge des animaux ($r = - 0,63$; $p = 0,03$). La relation positive plutôt que négative entre les compressions et le pH précoce musculaire était inattendue. En effet, les compressions des animaux dans les couloirs sont probablement sources de stress psychologique et/ou d'efforts physiques. Le ralentissement du métabolisme musculaire post-mortem pourrait s'expliquer par les effets mécaniques des compressions sur le fonctionnement du muscle.



Des travaux ont montré que l'induction expérimentale de compressions musculaires peut gêner la circulation sanguine et réduire l'oxygénation des muscles. Il en résulte une modification de l'état métabolique du muscle due à l'accumulation locale de métabolites (O'Leary and Sheriff, 1995; Nishiyasu et al., 1998; Bringard et al., 2006). Il est possible que ces effets conduisent à un ralentissement du métabolisme musculaire *post-mortem*, bien que cette hypothèse nécessite d'être confirmée expérimentalement. En plus de l'inconfort physique et de ses effets sur le métabolisme musculaire *post-mortem*, les compressions musculaires peuvent avoir des effets

systémiques généralisés, y compris sur la pression artérielle, la fréquence cardiaque et la libération de l'hormone (O'Leary and Sheriff, 1995; Nishiyasu et al., 1998). Ces changements physiologiques pourraient aussi influencer le métabolisme musculaire *ante-* et *post-mortem* (Terlouw and Rybarczyk, 2008). Ainsi, des précautions particulières devraient être prises afin d'éviter les compressions des animaux en abattoirs, tant pour l'amélioration du bien-être animal que pour les qualités des viandes. L'installation dans les couloirs des abattoirs de systèmes d'anti-recul des animaux peut limiter ces compressions.

Influence des caractéristiques des animaux sur leurs réactions aux procédures d'abattage

Certaines caractéristiques des bovins influençaient leurs réactions comportementales et/ou physiologiques. Dans la présente étude, les taux cortisol moyens des bovins étaient cohérents avec ceux reportés dans d'autres études menées en abattoirs industriels (Grandin, 1997). Toutefois, au sein des animaux abattus selon la procédure halal, les taux de cortisol des femelles ($68,2 \pm 8,3$ ng/ml) étaient supérieurs ($p = 0,001$) à ceux des mâles ($39,4 \pm 2,7$ ng/ml).

De nombreuses explications peuvent permettre de comprendre cette différence. Premièrement, les femelles étaient plus âgées que les mâles ($p < 0,0001$) et les résultats ont montré une corrélation positive entre l'âge des animaux des abattages halal et leur taux de cortisol ($r = 0,50$; $p = 0,0003$). De plus, cette différence peut être liée au sexe. Une étude antérieure a montré que les taureaux de race Angus avaient des taux de cortisol supérieurs à ceux des femelles et des boeufs de la même race (Welsh et al., 2009). D'autre part, le taux de cortisol élevé des femelles peut traduire un effet du sexe sur la réactivité aux procédures d'abattage (Boissy and Bouissou, 1994; Taylor et al., 2000) et/ou résulter de leur plus longue attente à l'abattoir sans eau ni nourriture (Tennessen et al., 1984; Natelson et al., 1988; Bourguet et al., 2011). Enfin, ce résultat peut traduire un effet de la race sur le taux de cortisol. En effet, la race Normande était plus représentée chez les femelles que chez les mâles et d'autres résultats indiquent que les femelles de race Normande avaient des taux de cortisol ($76,3 \pm 6,5$ ng/ml) supérieurs ($p < 0,01$) à ceux des Charolaises ($49,5 \pm 5,0$ ng/ml). Plusieurs études ont aussi montré un effet de la race sur les taux de cortisol chez les bovins (Venkataseshu and Estergreen, 1970; Ndlovu et al., 2008).

La race influençait également le nombre de coups de pieds sur les parois du piège rotatif ($p = 0,005$)

Relations entre différentes procédures d'abattages

Les résultats indiquent que les réactions à certaines procédures d'abattages peuvent avoir des conséquences sur le déroulement des procédures subséquentes.

Les déplacements en avant et en arrière dans le piège d'étourdissement étaient corrélés à la fréquence des relèvements de tête ($r = 0,30$; $p = 0,004$) ainsi qu'au nombre de fois où les animaux se cognaient contre la porte du piège ($r = 0,49$, $p < 0,0001$). L'ensemble de ces comportements semble traduire une agitation générale des animaux pouvant être interprétée en terme de peur. La prévalence de ces comportements expliquait 7 à 26 % de la variabilité dans le délai d'application de l'étourdissement. Ce résultat suggère que d'autres facteurs indépendants du comportement des bovins

qui était plus fréquent chez les mâles de race Blonde d'Aquitaine ($1,1 \pm 0,3$) que chez les Charolais ($0,2 \pm 0,1$). Deux hypothèses non exclusives peuvent être proposées. Tout d'abord, les mâles de race Blonde d'Aquitaine ont tendance à être plus légers mais plus musclés (Listrat et al., 2001). Ainsi, ils ont pu percevoir plus de pression lors de la contention dans le piège rotatif en raison de leur conformation. De plus, ils peuvent avoir été plus réactifs à cette procédure. Il est bien connu que, comme chez de nombreuses espèces, les bovins de différentes races varient dans leur réactivité au stress, y compris aux procédures d'abattage (Boissy and Le Neindre, 1997; Grandin, 1997). Plus particulièrement, il a été démontré que les taurillons de race Blonde d'Aquitaine ont des réactions plus prononcées à différents événements stressants que les Angus ou les Limousins (Bourguet et al., in prep.).

Dans la présente étude, les mâles de race Blonde d'Aquitaine ($74,7 \pm 4,4$ %) avaient aussi un taux d'hématocrite plus élevé ($p < 0,05$) que les Charolais ($63,5 \pm 2,4$ %). La déshydratation peut accroître le taux d'hématocrite (Mitchell et al., 1988; Jarvis et al., 1996). Cependant, cela ne semble pas expliquer la différence observée dans notre étude puisque les bovins de ces deux races avaient des durées de voyage et d'attente à l'abattoir similaires ($p > 0,72$). L'augmentation du taux d'hématocrite peut aussi être due à la libération d'érythrocytes par la rate dans la circulation sanguine, souvent en réponse à une activité physique ou au stress, comme cela a déjà été observé dans le contexte de l'abattage (Sandler et al., 1984; Knowles, 1999; Liotta et al., 2007). Le taux d'hématocrite et la fréquence des coups de pieds lors de la contention dans le piège rotatif plus élevés chez les mâles de race Blonde d'Aquitaine que chez les Charolais semble donc refléter une réactivité au stress plus prononcée.

influençaient aussi la vitesse de prise en charge des animaux dans le piège d'étourdissement, comme par exemple des facteurs organisationnels.

Au total, 17 animaux sur 69 ont reçu un deuxième tir, le premier ayant été jugé inefficace par l'opérateur. Ce taux relativement élevé de tirs multiples peut être relié à l'absence d'audit interne ou pratique d'auto-évaluation (Grandin, 2000a). A titre de comparaison, dans des abattoirs ayant des pratiques d'auto-évaluation, entre 2 et 4 % des bovins adultes seulement reçoivent des tirs multiples et la prévalence de faible profondeur d'inconscience est évaluée à 6 % des animaux (Grandin, 2006; Gregory et al., 2007). Il est également possible que ce taux élevé traduise les consignes reçues par l'opérateur indiquant de

pratiquer un second tir au moindre doute concernant l'efficacité du premier tir. Enfin, le nombre élevé de double tir peut aussi être lié à la présence des expérimentateurs auprès de l'opérateur chargé de l'étourdissement.

Les résultats montrent que les animaux n'ayant reçu qu'un seul tir ont aussi reçu moins de décharges électriques ($2,8 \pm 0,4$) et moins souvent la porte du piège sur le dos ($0,14 \pm 0,5$) lors de leur introduction dans le piège ($p < 0,001$) que ceux ayant reçu plusieurs tirs ($3,9 \pm 0,9$ et $0,47 \pm 0,13$ respectivement). Ces résultats suggèrent que les

décharges électriques et les impacts de la porte du piège ont augmenté la réactivité ultérieure des animaux dans le piège, avec des conséquences négatives sur la facilité d'appliquer l'étourdissement. Il est aussi envisageable que les animaux plus réactifs lors de leur introduction dans le piège, l'étaient également dans le piège d'étourdissement. L'état de stress des opérateurs peut également avoir joué un rôle puisque la même personne était chargée à la fois d'introduire les bovins dans le piège et de procéder à leur étourdissement.

Signes physiques de conscience et d'inconscience

L'étourdissement et la saignée halal ont influencé divers indicateurs potentiels de conscience ou d'inconscience (tableaux 7 et 8). L'absence du réflexe cornéen, et dans une moindre mesure celle du palpébral, sont considérées comme d'importants indicateurs d'inconscience (Gregory, 1998; Wotton et al., 2000; EFSA, 2004). Ces deux types de stimulations provoquent un réflexe de clignement de la paupière, mais elles sont partiellement basées sur différents circuits neuronaux. Le réflexe palpébral implique des circuits passant par le pont

de Varole et le bulbe rachidien jusqu'au noyau spinal trigeminal (Cruccu et Deuschl, 2000). Le réflexe cornéen est, quand à lui, un réflexe nociceptif impliquant différentes structures, dont le *subnucleuscaudalis* du tronc cérébral (Cruccu et Deuschl, 2000 ; Cruccu et al., 2005). Ce réflexe est particulièrement pertinent puisqu'il peut être présent chez des animaux inconscients, mais son absence est considérée comme un indicateur d'inconscience (Gregory, 1998 ; EFSA, 2004 ; Wotton et al., 2000).

Tableau 7 : Evolution de la présence des réflexes et des signes physiques au cours du temps suite à l'abattage halal. Au sein d'une ligne, les valeurs portant différentes lettres diffèrent significativement (a, b: $p < 0,05$; x, y : $p < 0,01$). L'effectif est indiqué entre parenthèses.

Observations en scan	10 s après le début de la saignée	30 s après le début de la saignée	30 s après la suspension
<i>% d'animaux</i>			
Réflexe cornéen	57,5 ^{ax} (40)	47,2 ^{axy} (53)	13,3 ^{by*} (15)
Réflexe palpébral	16,3 (43)	12,8 (47)	0,0 (13)
Mouvement oculaire	87,2 ^x (47)	43,6 ^y (55)	0,0 ^z (27)
Mouvement de paupière	82,6 ^x (46)	37,3 ^y (51)	0,0 ^z (26)
Tension des oreilles	11,8 (17)	7,9 (38)	0,0 (50)
Mouvement des oreilles	56,5 (23)	43,8 (16)	-
Relâchement de la langue	36,2 ^x (47)	66,1 ^y (62)	78,4 ^z (51)
Nystagmus	6,4 (47)	2,1 (48)	0,0 (26)
Retournement des yeux	0 (46)	2,2 (46)	3,7 (27)
Observations continues	Avant la suspension (pendant 45 s)	Au moment de la suspension (pendant 30 s)	30 s après la suspension (pendant 120 s)
<i>Fréquence</i>			
Redressement de la tête	$0,05 \pm 0,03^a$ (44)	$0,66 \pm 0,10^b$ (44)	$0,34 \pm 0,05^b$ (44)
Redressement du corps	$0,00 \pm 0,00$ (44)	$0,05 \pm 0,05$ (44)	$0,01 \pm 0,01$ (44)
Mouvement de mâchoire	$0,42 \pm 0,10^a$ (44)	$0,18 \pm 0,12^b$ (44)	$0,03 \pm 0,01^b$ (44)
<i>% d'animaux</i>			
Respiration rythmique	69,6 ^x (46)	0,0 ^y (46)	4,3 ^y (46)
Tremblement musculaire	52,2 ^{ax} (46)	21,7 ^{bxy} (46)	17,4 ^{by} (46)

* Pour les deux animaux présentant encore un réflexe cornéen 30 s après la suspension, cela correspondait à 131 et 210 s après le début de la saignée halal.

Tableau 8 : Présence des réflexes et des signes physiques au cours des observations réalisées suite à l'abattage standard. L'effectif est indiqué entre parenthèses.

Observations en scan	30 s après le début de la saignée	
<i>% d'animaux</i>		
Réflexe cornéen	3,1 (32)	
Réflexe palpébral	0,0 (30)	
Mouvement oculaire	0,0 (74)	
Mouvement de paupière	0,0 (74)	
Tension des oreilles	1,3 (78)	
Mouvement des oreilles	<i>non observé</i>	
Relâchement de la langue	71,8 (78)	
Nystagmus	1,4 (73)	
Retournement des yeux	0,0 (74)	
<i>Fréquence</i>	Immédiatement après le tir (pendant 60 s)	30 s après le début de la saignée (pendant 90 s)
Redressement de la tête		
Redressement du corps	0,21 ± 0,06 (95)	0,11 ± 0,05 (95)
Mouvement de mâchoire	0,02 ± 0,02 (95)	0,00 ± 0,00 (95)
<i>% d'animaux</i>	0,00 ± 0,00 (95)	0,00 ± 0,00 (95)
Respiration rythmique		
Tremblement musculaire	1,1 (95)	0,0 (95)
<i>Fréquence</i>	58,9 (95)	2,1 (95)

Abattages halal.

Suite à la saignée halal, l'expression des signes comportementaux a diminué progressivement (tableau 7). Le réflexe palpébral était généralement perdu avant le réflexe cornéen, ce qui est en accord avec de précédents travaux sur la perte de conscience pendant l'anesthésie pharmacologique (Cruccu et al., 1997; Hall et al., 2001). La proportion d'animaux ayant perdu le réflexe cornéen est passée de 17 sur 40 animaux observés 10 s après le début de la saignée à 13 sur 15 30 s après la suspension. Deux animaux présentaient donc encore un réflexe cornéen 30 s après la suspension, soit 131 et 210 s après le début de la saignée halal. Ce délai important avant la perte de conscience peut être la conséquence d'une saignée inefficace, due à la formation de caillots de sang au niveau des extrémités caudales des carotides qui est observée chez 8 à 16 % des bovins (Gregory et al., 2006; Gregory et al., 2010). Par conséquent, la pression sanguine est au moins en partie maintenue et le flux sanguin dans le cerveau est partiellement assuré par les artères vertébrales, ce qui retarde la perte de conscience (Anil et al., 1995).

Par ailleurs, il a été observé que la perte des réflexes oculaires n'était parfois que temporaire. Sur les 6 animaux présentant un réflexe palpébral positif 30 s après le début de la saignée, 4 ne présentaient pas ce réflexe 20 s auparavant. De même, 3 mâles présentaient un réflexe cornéen 30 s

après le début de la saignée alors qu'ils ne le présentaient pas 20 s plus tôt.

Le retour temporaire des réflexes palpébraux ou cornéens suggère que les centres cérébraux inférieurs contrôlant les réflexes ont partiellement retrouvé leur fonctionnement. La perte rapide des réflexes chez certains animaux est probablement expliquée par le changement soudain de pression sanguine suite à la saignée provoquant l'hypoxie des cellules cérébrales impliquées. De même, le retour des réflexes suggère que la pression sanguine augmente temporairement. Ce rétablissement de la pression sanguine ne s'explique pas par des manipulations de l'animal, puisque pendant cette phase, ils étaient maintenus sur le dos dans le piège rotatif. En revanche, il est bien connu que des hémorragies induites expérimentalement provoquent des changements physiologiques, y compris une vasoconstriction et une augmentation de la fréquence cardiaque, qui réduisent la chute de la pression sanguine (Ba et al., 2007). De même, à l'abattage, des études chez les bovins et les ovins montrent que la saignée provoque une hausse de la fréquence cardiaque (Schulze et al., 1978; Newhook and Blackmore, 1982; Vimini et al., 1983). De telles modifications physiologiques pourraient rétablir partiellement et transitoirement le fonctionnement de certaines cellules cérébrales et expliquer le retour temporaire des réflexes

palpébraux ou cornéens. Comme indiqué ci-dessus, le rétablissement des réflexes oculaires n'indique pas nécessairement que l'animal retrouve un certain degré de conscience. Cependant, cela ne peut pas être exclu. Des travaux chez le veau ont montré que suite à la coupe bilatérale des jugulaires et carotides on peut observer des périodes d'activité

cérébrale transitoire, indiquant des retours momentanés de la sensibilité (Newhook and Blackmore, 1982). Une autre étude rapporte que suite à la saignée halal, 14 % des bovins s'effondrent puis se redressent temporairement, ce qui est interprété comme un retour transitoire de sensibilité (Gregory et al., 2010).

Abattages standards.

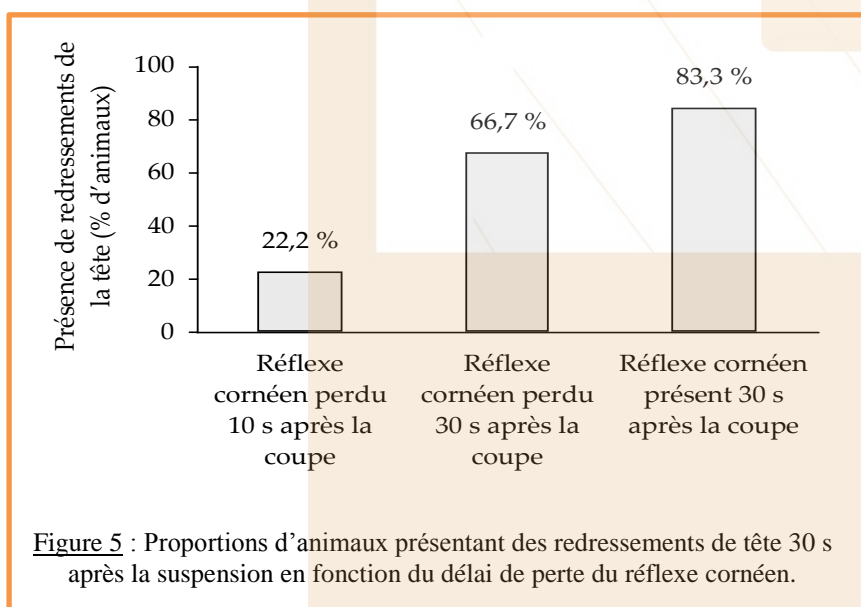
Suite aux abattages standards, peu de signes physiques ont été observés, à l'exception des mouvements de redressement de tête (tableau 8). Le réflexe cornéen a été vérifié chez 32 animaux et n'a été observé que chez un seul animal, une femelle Holstein ayant reçu un seul tir et ne montrant aucun des autres signes comportementaux étudiés. Après l'étourdissement, un mâle avait les oreilles tendues mais ne présentait aucun des autres signes physiques étudiés. Un seul mâle ayant reçu deux tirs lors de son étourdissement présentait un nystagmus. Ce chiffre est en accord avec une étude

antérieure montrant que les nystagmus sont rares (observés chez 3 % des animaux) mais lorsqu'ils sont présents, il y a 1 chance sur 3 pour que la qualité de l'étourdissement ait été insuffisante (Gregory et al., 2007). Immédiatement après l'étourdissement, un animal présentait des mouvements respiratoires rythmiques et exprimait des gémissements en dépit d'un deuxième tir (tableau 8). La respiration rythmique est souvent observée chez des bovins mal étourdis (Gregory, 1998; Gregory et al., 2007; Gouveia et al., 2009).

Pertinence de certains signes physiques

Les observations réalisées sur les bovins des abattages halal ont montré une augmentation des redressements de tête suite à la suspension des animaux (tableau 7). Le pourcentage d'animaux effectuant des redressements (figure 5) ainsi que le nombre de redressements (tableau 7) étaient plus

élevés ($p \leq 0,02$) chez les animaux présentant toujours un réflexe cornéen 30 s après le début de la saignée que chez ceux ayant perdu de manière durable le réflexe cornéen 10 s après le début de la saignée.



Les observations réalisées sur les bovins des abattages standards ont montré que le délai de perte du réflexe cornéen n'était pas lié aux autres signes physiques. Suite à l'étourdissement, des redressements de la tête ont été observés sur 13 animaux. Aucun d'entre eux ne présentait de réflexes oculaires positifs ou de mouvements respiratoires. Toutefois, 2 de ces animaux avaient

reçu 2 tirs et 2 autres ne s'étaient pas effondrés immédiatement après le tir. Lors des observations réalisées 30 secondes après le début de la saignée, 10 autres animaux ont effectué au moins un redressement de la tête. Pour 3 de ces animaux, l'absence du réflexe cornéen a été vérifiée. En revanche, 2 autres présentaient des mouvements respiratoires.

Les redressements de la tête et du corps sont souvent considérés comme des indicateurs comportementaux de conscience (EFSA, 2004). Des travaux montrent que chez les veaux dont l'étourdissement électrique est inefficace, des mouvements respiratoires sont observés en premier, suivis de redressements de la tête et d'un retour du réflexe cornéen (Gregory et al., 1996). Il n'existe pas de donnée permettant de comprendre la relation entre ces signes physiques suite à l'étourdissement au pistolet à tige perforante. Dans la présente étude, les redressements observés chez des animaux ayant perdu leur réflexe cornéen suggèrent que ces mouvements ne sont pas nécessairement des indicateurs de conscience. Cependant, la prévalence des redressements est plus faible chez les animaux ayant perdu le réflexe cornéen depuis longtemps. L'augmentation des redressements suite à la suspension des animaux permet de penser que ces mouvements dépendent en partie de la position de l'animal.

Le pourcentage d'animaux présentant un relâchement de la langue augmentait au cours du temps pour atteindre 78,4 % des bovins des abattages halal 30 s après la suspension (tableau 7) et 71,8 % des bovins des abattages standards 30 s

après le début de la saignée (tableau 8). La prévalence de ce signe physique était indépendante du délai de perte du réflexe cornéen. Le relâchement de la langue est parfois considéré comme le signe de la décontraction des muscles de la mâchoire. Il est cependant également influencé par le sexe et est sans doute un indicateur de l'inconscience assez peu sensible (Gregory et al., 2007).

Au début de la période de suspension des bovins des abattages halal sur le rail, 31,8 % des animaux présentant encore un réflexe cornéen 30 s après le début de la saignée présentaient des tremblements musculaires. De même, 4,5 % d'entre eux présentaient des mouvements de mâchoires. Ces 2 pourcentages tendaient à être respectivement plus élevés ($p = 0,07$) et plus faibles ($p = 0,08$) que chez les animaux ayant perdu le réflexe cornéen précocement (0,0 % et 30,0 % respectivement). Dans le contexte de l'abattage halal, la présence de mouvements de mâchoires et l'absence de tremblement seraient donc des indicateurs de perte de conscience. Cependant, étant donné leur manque de sensibilité, ils ne pourraient être utilisés qu'en tant qu'indicateurs supplémentaires.

En conclusion, cette étude montre que les animaux ne sont pas soumis exactement aux mêmes procédures en raison de contraintes organisationnelles et environnementales liées à l'abattoir. Bien que les résultats de cette étude soient spécifiques à l'abattoir étudié, ils montrent que le mode de gestion des animaux et l'équipement d'un abattoir ont des conséquences directes sur le bien-être animal. Ces différences dans le déroulement des procédures d'abattage peuvent aussi influencer le métabolisme musculaire *post-mortem*. Deuxièmement, les caractéristiques des animaux, en particulier leur race et leur sexe, peuvent influencer leurs réactions comportementales et physiologiques. De plus, certains résultats mettent en évidence la complexité de la période d'abattage en indiquant que les réactions des bovins au cours d'une étape peuvent

avoir des conséquences sur les réactions à l'étape suivante. Cela implique également que l'amélioration du déroulement d'une étape peut avoir des effets positifs sur les étapes ultérieures. Enfin, les observations post-étourdissement et saignée montrent que les redressements de la tête n'indiquent pas forcément un état de conscience. Les relations entre les différents indicateurs potentiels de conscience nécessitent des études supplémentaires. De manière générale, la présente étude montre que la collecte de données quantitatives dans un abattoir industriel permet de produire des connaissances sur ses procédures et leurs conséquences sur le comportement et la physiologie des animaux avec un intérêt direct pour l'abattoir lui-même, mais aussi à des fins scientifiques.

Encadré 1

En pratique : propositions d'amélioration

Afin d'améliorer les conditions d'abattage des bovins, les observations réalisées dans l'abattoir étudié ainsi que les résultats scientifiques de cette étude ont permis de formuler un certain nombre de propositions d'évolution précises et concrètes liées aux aménagements et à la gestion des animaux. Les propositions qui correspondent au respect de la réglementation en vigueur sont indiquées en italique.

Le stockage des animaux

- Placer des abreuvoirs fonctionnels dans les aires de stockages
- Alimenter les animaux gardés plus de 12 h avant leur abattage.
- Pailler les aires de stockage lorsque des animaux doivent y passer la nuit.
- Revoir le planning d'accueil des animaux afin de limiter les durées d'attente, notamment pour les femelles, et le dépassement des capacités de stockage de l'abattoir.
- Eviter de laisser un animal seul dans une aire ou sur le quai et favoriser une conduite d'au moins 2 animaux.
- Améliorer le confort des animaux malades ou blessés (aire paillée de surface suffisante, *présence d'eau*) et augmenter la vitesse de prise de décision d'euthanasie de l'animal afin de limiter sa durée d'attente.

Les couloirs de l'abattoir

- Assurer que le sol soit d'aspect homogène pour faciliter l'avancée des bovins.
- Assurer une luminosité constante dans le couloir d'abattage en plaçant des néons orientés dans le sens du couloir.
- Amener les animaux par plus petits groupes et tenir compte de la disponibilité des opérateurs afin de limiter la durée d'attente dans le couloir d'abattage.
- Lever les aspects provoquant des réactions de peur (blocages, reculs, glissades et compressions des animaux). Notamment, l'installation de parois pleines et d'anti-reculs pourrait améliorer la situation. Attention à tout de même assurer une bonne accessibilité aux animaux, tant pour la conduite que pour l'identification.
- Installer des couloirs à Hommes parallèles aux couloirs à animaux pour faciliter la conduite des animaux et la sécurité du personnel. Perfectionner le système de communication entre les opérateurs par des signaux lumineux et/ou sonores.

L'entrée dans les pièges de contention

- Ajouter une plaque (en caoutchouc par exemple) sur la partie inférieure de la porte d'entrée du piège d'étourdissement pour bloquer la vue.
- Faire le nécessaire pour limiter les nuisances sonores (graissage des roulements lors de la maintenance du piège rotatif).
- S'assurer que la prise en charge sera immédiate avant d'introduire un animal dans le piège de contention et avant de l'étourdir. Affûter les couteaux avant d'introduire un animal dans le piège.
- Préférer un piège avec un système de contention.
- Utiliser une mentonnière adaptée à la taille des animaux pour un bon maintien de la tête.
- Ajuster les paramètres de contention dans le piège halal.

L'utilisation de l'aiguillon électrique

- Utiliser en priorité un bâton ou un drapeau et *seulement l'aiguillon en cas de réel blocage* à raison d'une seule décharge.
- Ne pas utiliser l'aiguillon sur des animaux lorsqu'il est inutile de les faire avancer (par exemple, lorsqu'on doit faire entrer un seul animal dans le piège de contention).
- Ne pas utiliser l'aiguillon sur un animal effondré dans un couloir.
- *Ne pas utiliser l'aiguillon au niveau de la tête et des parties génitales.*
- Une bonne conception des installations dans la bouverie limite l'utilisation de l'aiguillon.

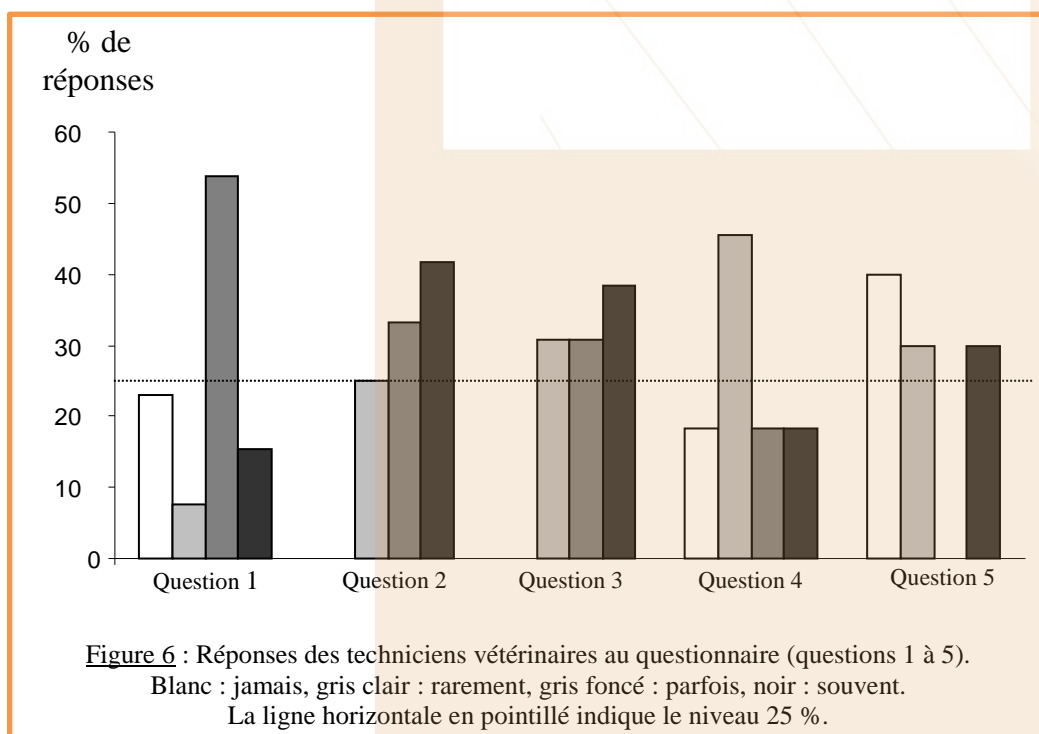
Encadré 2 Représentativité des résultats de la présente étude

Afin de déterminer la représentativité des résultats de la présente étude, un questionnaire envoyé à 35 techniciens vétérinaires travaillant tous dans différents abattoirs français a été établi. Pour les 5 premières questions, il était demandé de répondre jamais, rarement, parfois ou souvent. Pour les 3 autres, le choix de réponse est indiqué entre parenthèses :

1. Observez-vous des bovins laissés seuls sur le quai, dans un parc d'attente ou dans un couloir ?
2. Observez-vous des bovins comprimés dans les couloirs ?
3. Observez-vous des bovins recevant une série de décharges électriques plutôt qu'une seule ?
4. Observez-vous des bovins qui reçoivent la porte du piège de contention au niveau de leur dos, de leurs épaules ou de leur tête lorsqu'ils entrent dans le piège ? (Merci de bien vouloir préciser si le système d'ouverture de la porte est vertical ou horizontal).
5. Est-ce que les animaux qui restent plus de 12 h dans l'abattoir sont nourris ?
6. Le couloir conduisant au poste d'étourdissement ou de saignée est-il **exclusivement** constitué de parois pleines ne permettant pas aux bovins de voir l'environnement extérieur au couloir ? (Oui/Non).
7. Est-ce que le piège d'étourdissement contient un système de contention de la tête et/ou du corps de l'animal qui est utilisé par les opérateurs? (Non/Tête uniquement/Corps uniquement/Tête et corps).
8. Est-ce que les parcs d'attente et les logettes contiennent un point d'eau fonctionnel ?
(Tous : 100 %/La plupart : 50-99 %/Certains : 1-49 %/Aucun : 0 %).

Au total, 13 des personnes interrogées (représentant donc 13 abattoirs différents) ont répondu au questionnaire. Les résultats (figure 6) indiquent que les situations 1 à 3 se vérifient parfois ou souvent dans plus de la moitié des abattoirs. Pour 36 % des abattoirs, les personnes interrogées ont aussi répondu parfois ou souvent à la situation 4 (porte verticale pour 9 abattoirs). Dans 2 abattoirs, les bovins ne restent jamais plus de 12 heures. Cependant dans 7 des 11 abattoirs restant, les bovins ne sont jamais ou rarement alimentés. Pour la situation 6, 7 personnes ont répondu oui. Le piège d'étourdissement ne contient aucun système de contention dans 4 abattoirs. Enfin, 5 abattoirs contiennent des abreuvoirs fonctionnels dans toutes les aires de stockage. Les abattoirs restant en contiennent dans la plupart des zones d'attente des bovins, mais 2 personnes ont indiqué que l'approvisionnement en eau est interrompu en cas de gel.

De manière générale, cette enquête montre qu'à l'exception de l'absence d'eau, le mode de fonctionnement et de gestion des bovins de l'abattoir étudié est cohérent avec celui d'autres abattoirs français.



Remerciements

Nous remercions vivement la direction de l'abattoir de nous avoir accueillis pour réaliser cette étude ainsi que le personnel de l'abattoir pour leur bonne volonté et leur précieuse collaboration dans le recueil des données. Nous remercions toutes ces personnes pour l'intérêt qu'ils ont montré pour cette étude et pour leur motivation à améliorer les conditions d'abattage des animaux. Nous remercions également les techniciens vétérinaires pour leur participation à l'enquête.

Bibliographie

- Anil, M. H., J. L. McKinstry, N. G. Gregory, S. B. Wotton, and H. Symonds. 1995.** Welfare of calves - 2. Increase in vertebral artery blood flow following exsanguination by neck sticking and evaluation of chest sticking as an alternative slaughter method. *Meat Sci.* 41: 113-123.
- Ba, Z. F. et al. 2007.** 17beta-estradiol modulates vasoconstriction induced by endothelin-1 following trauma-hemorrhage. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology* 292: H245-250.
- Barton-Gade, P. 2008.** Effect of rearing system and mixing at loading on transport and lairage behaviour and meat quality: Comparison of outdoor and conventionally raised pigs. *Animal* 2: 902-911.
- Bendall, J. R. 1973.** Post-mortem changes in muscle. Pages 244-309 in *Structure and function of muscle*. 2nd ed. G. H. Bourne, ed. Academic Press, New York.
- Boissy, A., and M. F. Bouissou. 1994.** Effects of androgen treatment on behavioral and physiological responses of heifers to fear-eliciting situations. *Horm. Behav.* 28: 66-83.
- Boissy, A., and P. Le Neindre. 1997.** Behavioral, cardiac and cortisol responses to brief peer separation and reunion in cattle. *Physiol. Behav.* 61: 693-699.
- Bourguet, C., V. Deiss, A. Boissy, S. Andanson, and E. M. C. Terlouw. 2011.** Effects of food deprivation on behavioral reactivity and physiological status in holstein cattle. *J. Anim. Sci.* accepted.
- Bourguet, C., V. Deiss, A. Boissy, and E. C. M. Terlouw.** Young blond d'aquitaine, angus and limousin bulls differ in emotional reactivity during tests: Relationships with animal traits, stress reactions at slaughter and post-mortem muscle metabolism. *Animal in preparation*.
- Bourguet, C. et al. 2010.** Characterising the emotional reactivity of cows to understand and predict their stress reactions to the slaughter procedure. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 125: 9-21.
- Bradshaw, R. H. et al. 1996.** Behavioural and hormonal responses of pigs during transport: Effect of mixing and duration of journey. *Anim. Sci.* 62: 547-554.
- Bringard, A., R. Denis, N. Belluye, and S. Perrey. 2006.** Effects of compression tightness on calf muscle oxygenation and venous pooling during quiet resting in supine and standing positions. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 46: 548-554.
- Brown, S. N., T. G. Knowles, J. E. Edwards, and P. D. Warriss. 1999.** Relationship between food deprivation before transport and aggression in pig held in lairage before slaughter. *Vet. Rec.* 145: 630-634.
- Crucchi, G., M. G. Leardi, S. Ferracuti, and M. Manfredi. 1997.** Corneal reflex responses to mechanical and electrical stimuli in coma and narcotic analgesia in humans. *Neuroscience Letters* 222: 33-36.
- D'Souza, D. N., R. D. Warner, F. R. Dunshea, and B. J. Leury. 1998.** Effect of on-farm and pre-slaughter handling of pigs on meat quality. *Aust. J. Agric. Res.* 49: 1021-1025.
- EFSA. 2004.** Welfare aspects of animal stunning and killing methods. Scientific report of the scientific panel on animal health and welfare (ahaw) on a request from the commission related to welfare aspects of the main systems of stunning and killing the main commercial species of animals. Accepted in June 2004 by the European Food Safety Authority.
- Gouveia, K. G., P. G. Ferreira, J. C. R. da Costa, P. Vaz-Pires, and P. M. da Costa. 2009.** Assessment of the efficiency of captive-bolt stunning in cattle and feasibility of associated behavioural signs. *Anim. Welfare* 18: 171-175.
- Grandin, T. 1996.** Factors that impede animal movement at slaughter plants. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 209: 757-759.
- Grandin, T. 1997.** Assessment of stress during handling and transport. *J. Anim. Sci.* 75: 249-257.
- Grandin, T. 1998a.** The feasibility of using vocalization scoring as an indicator of poor welfare during cattle slaughter. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 56: 121-128.
- Grandin, T. 1998b.** Objective scoring of animal handling and stunning practices at slaughter plants. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 212: 36-39.
- Grandin, T. 2000a.** Effect of animal welfare audits of slaughter plants by a major fast food company on cattle handling and stunning practices. *Journal American Veterinary Medical Association* 216: 848-851.
- Grandin, T. 2000b.** *Livestock handling and transport* (2nd edition). CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Grandin, T. 2002.** Return-to-sensibility problems after penetrating captive bolt stunning of cattle in commercial beef slaughter plants. *Journal American Veterinary Medical Association* 221: 1258-1261.
- Grandin, T. 2006.** Progress and challenges in animal handling and slaughter in the U.S.: Sentience in animals. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 100: 129-139.
- Gregory, N. G. 1998.** *Animal welfare and meat science*. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Gregory, N. G., M. H. Anil, J. L. McKinstry, and C. C. Daly. 1996.** Prevalence and duration of insensibility following electrical stunning in calves. *New Zealand Veterinary Journal* 44: 1-3.

- Gregory, N. G., H. R. Fielding, M. von Wenzlawowicz, and K. von Holleben. 2010.** Time to collapse following slaughter without stunning in cattle. *Meat Sci.* 85: 66-69.
- Gregory, N. G., C. J. Lee, and J. P. Widdicombe. 2007.** Depth of concussion in cattle shot by penetrating captive bolt. *Meat Sci.* 77: 499-503.
- Gregory, N. G., F. D. Shaw, J. C. Whitford, and J. C. Patterson-Kane. 2006.** Prevalence of ballooning of the severed carotid arteries at slaughter in cattle, calves and sheep. *Meat Sci.* 74: 655-657.
- Hall, L. W., K. W. Clarke, and C. M. Trim. 2001.** Veterinary anaesthesia. WB Saunders, London, UK.
- Jarvis, A. M., M. S. Cockram, and I. M. Mcgilp. 1996.** Bruising and biochemical measures of stress dehydration and injury determined at slaughter in sheep transported from farms or markets. *Brit. Vet. J.* 152: 719-722.
- Jarvis, A. M., L. Selkirk, and M. S. Cockram. 1995.** The influence of source, sex class and pre-slaughter handling on the bruising of cattle at two slaughterhouses. *Livestock Production Science* 43: 215-224.
- Knowles, T. G. 1999.** A review of the road transport of cattle. *Vet. Rec.* 144: 197-201.
- Liotta, L., L. N. Costa, B. Chiofalo, L. Ravarotto, and V. Chiofalo. 2007.** Effect of lairage duration on some blood constituents and beef quality in bulls after long journey. *Italian Journal of Animal Science* 6: 375-384.
- Listrat, A. et al. 2001.** Grass valorisation and muscular characteristics of blonde d'aquitaine steers. *Animal Research* 50: 105-118.
- Mitchell, G., J. Hattingh, and M. Ganhao. 1988.** Stress in cattle assessed after handling, after transport and after slaughter. *The Veterinary Record* 123: 201-205.
- Natelson, B. H. et al. 1988.** Effect of stressor intensity on habituation of the adrenocortical stress response. *Physiology & Behavior* 43: 41-46.
- Ndlovu, T., M. Chimonyo, A. I. Okoh, and V. Muchenje. 2008.** A comparison of stress hormone concentrations at slaughter in nguni, bonsmara and angus steers. *African Journal of Agricultural Research* 3: 96-100.
- Newhook, J. C., and D. K. Blackmore. 1982.** Electroencephalographic studies of stunning and slaughter of sheep and calves-part 2: The onset of permanent insensibility in calves during slaughter. *Meat Sci.* 6: 295-300.
- Nishiyasu, T., N. Tan, K. Morimoto, R. Sone, and N. Murakami. 1998.** Cardiovascular and humoral responses to sustained muscle metaboreflex activation in humans. *J. Appl. Physiol.* 84: 116-122.
- O'Leary, D. S., and D. D. Sheriff. 1995.** Is the muscle metaboreflex important in control of blood-flow to ischemic active skeletal-muscle in dogs. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology* 268: 980-986.
- Rosenvold, K., and H. J. Andersen. 2003a.** Factors of significance for pork quality - a review. *Meat Sci.* 64: 219-237.
- Rosenvold, K., and H. J. Andersen. 2003b.** The significance of pre-slaughter stress and diet on colour and colour stability of pork. *Meat Sci.* 63: 199-209.
- Sandler, M. P. et al. 1984.** Dynamic fluctuations in blood and spleen radioactivity: Splenic contraction and relation to clinical radionuclide volume calculations. *Journal of the American College of Cardiology* 3: 1205-1211.
- Schulze, W., H. Schutlze-Petzold, A. S. Hazem, and R. Gross. 1978.** Experiments for the objectification of pain and consciousness during conventional (captive bolt stunning) and religiously mandated ("Ritual cutting") slaughter procedures for sheep and calves. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift (German veterinary weekly)* 85: 62-66.
- Strappini, A. C., J. H. M. Metz, C. B. Gallo, and B. Kemp. 2009.** Origin and assessment of bruises in beef cattle at slaughter. *Animal* 3: 728-736.
- Taylor, S. E. et al. 2000.** Biobehavioral responses to stress in females: Tend-and-befriend, not fight-or-flight. *Psychological Review* 107: 411-429.
- Tennessen, T., M. A. Price, and R. T. Berg. 1984.** Comparative responses of bulls and steers to transportation. *Canadian Journal of Animal Science* 64: 333-338.
- Terlouw, E. M. C., and P. Rybarczyk. 2008.** Explaining and predicting differences in meat quality through stress reactions at slaughter: The case of large white and duroc pigs. *Meat Sci.* 79: 795-805.
- Venkateshu, G. K., and V. L. J. Estergreen. 1970.** Cortisol and corticosterone in bovine plasma and the effect of adrenocorticotropin. *J. Dairy Sci.* 53: 480-483.
- Vimini, R. J., R. A. Field, M. L. Riley, and T. R. Varnell. 1983.** Effect of delayed bleeding after captive bolt stunning on heart activity and blood removal in beef cattle. *J. Anim Sci.* 57: 628-631.
- Welsh, J. T. et al. 2009.** Influence of gender and breed type on basal and induced secretion of cortisol in cattle. Conference at the 91st Annual Meeting of the Endocrine Society, Washington, D.C., P2-640.
- Wotton, S. B., N. G. Gregory, P. E. Whittington, and I. D. Parkman. 2000.** Electrical stunning of cattle. *Vet. Rec.* 147: 681-684.