



HAL
open science

Abattage des bovins adultes sans étourdissement en France : principes, description pratique, perspectives d'évolution et relations avec la qualité de la viande

Thibault Dujardin

► To cite this version:

Thibault Dujardin. Abattage des bovins adultes sans étourdissement en France : principes, description pratique, perspectives d'évolution et relations avec la qualité de la viande. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04231332

HAL Id: dumas-04231332

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04231332v1>

Submitted on 6 Oct 2023

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.

ANNEE 2023 - Thèse n° 34

**ABATTAGE DES BOVINS ADULTES SANS
ETOURDISSEMENT EN FRANCE : PRINCIPES,
DESCRIPTION PRATIQUE, PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION
ET RELATIONS AVEC LA QUALITÉ DE LA VIANDE**

THÈSE

pour l'obtention du diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

l'UFR de Médecine de l'Université de Nantes

le 17/07/2023

par

Thibault, Jérôme, Christophe DUJARDIN

Sous la direction de

Jean-Michel CAPPELIER

Président du jury : Madame Nathalie RUVOEN-CLOUET, Professeur en Infectiologie
Oniris, Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

Membres du jury : Monsieur Jean-Michel CAPPELIER, Professeur en Hygiène et qualité des aliments
Oniris Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

Madame Sofia STRUBBIA, Maître de Conférences en Hygiène et qualité des aliments
Oniris, Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

ANNEE 2023 - Thèse n° 34

**ABATTAGE DES BOVINS ADULTES SANS
ETOURDISSEMENT EN FRANCE : PRINCIPES,
DESCRIPTION PRATIQUE, PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION
ET RELATIONS AVEC LA QUALITÉ DE LA VIANDE**

THÈSE

pour l'obtention du diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

l'UFR de Médecine de l'Université de Nantes

le 17/07/2023

par

Thibault, Jérôme, Christophe DUJARDIN

Sous la direction de

Jean-Michel CAPPELIER

Président du jury : Madame Nathalie RUVOEN-CLOUET, Professeur en Infectiologie
Oniris, Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

Membres du jury : Monsieur Jean-Michel CAPPELIER, Professeur en Hygiène et qualité des aliments
Oniris Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

Madame Sofia STRUBBIA, Maître de Conférences en Hygiène et qualité des aliments
Oniris, Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation

Département BPSA Biologie, Pathologie et Sciences de l'Aliment

Responsable : **Emmanuel JAFFRES** – Adjointe : **Frédérique NGUYEN**

Nutrition et Endocrinologie		
Pharmacologie et Toxicologie	Jean-Claude DESFONTIS (Pr) Yassine MALLEM (Pr) Hervé POULIQUEN (Pr)	Antoine ROSTANG (MC) Meg-Anne MORICEAU (CERC) Martine KAMMERER (PR émérite)
Physiologie fonctionnelle, cellulaire et moléculaire	Jean-Marie BACH (Pr) Lionel MARTIGNAT (Pr) Julie HERVE (MC HDR) Grégoire MIGNOT (MC)	Solenn GAVAUD (CERC)
Histologie et anatomie pathologique	Marie-Anne COLLE (Pr) Jérôme ABADIE (MC)	Laetitia JAILLARDON (MC) Frédérique NGUYEN (MC)
Pathologie générale, microbiologie et immunologie		
Biochimie alimentaire industrielle	Carole PROST (Pr) Joëlle GRUA (MC)	Clément CATANEO (MC) Alix KHALIL (CERC) Laurent LE THUAUT (MC)
Microbiotech	Hervé PREVOST (Pr) Géraldine BOUE (MC) Nabila HADDAD (MC) Emmanuel JAFFRES (MC)	Mathilde MOSSER (MC) Boris MISERY (MC) Raouf TAREB (MC) Quentin PRUVOST (CEC)
PACENV = VET1	Eléonore BOUGUYON (PRAG) Nicolas BROSSAUD (PRAG)	

Département SAESP Santé des Animaux d'Élevage et Santé Publique

Responsable : **Raphaël GUATTEO** – Adjoint : **Jean-Michel CAPPELIER**

Élevage, nutrition et santé des animaux domestiques	Nathalie BAREILLE (Pr) François BEAUDEAU (Pr) Christine FOURICHON (Pr) Lucile MARTIN (Pr)	Juan Manuel ARIZA CHACON (MC) Ségolène CALVEZ (MC HDR) Aurélien MADOUASSE (MC) Nora NAVARRO-GONZALES (MC)
Infectiologie	Alain CHAUVIN (Pr) François MEURENS (Pr) Emmanuelle MOREAU (Pr) Nathalie RUVOEN-CLOUET (Pr)	Albert AGOULON (MC) Suzanne BASTIAN (MC) Léa LOISEL (AERC) Kenny OBERLE (MC) Nadine RAVINET (MC)
Médecine des animaux d'élevage	Catherine BELLOC (Pr) Christophe CHARTIER (Pr) Raphaël GUATTEO (Pr) Anne RELUN (MC)	Sébastien ASSIE (MC) Isabelle BREYTON (MC) Mily LEBLANC MARIDOR (MC) Maud ROUAULT (AERC)
Hygiène et qualité des aliments	Jean-Michel CAPPELIER (Pr) Louis DELAUNAY (CERC) Bruno LE BIZEC (Pr) Marie-France PILET (Pr)	Fanny RENOIS-MEURENS (MC HDR) Sofia STRUBBIA (MC)

Département **DSC** Sciences cliniques

Responsable : **Catherine IBISCH** – Adjointe : **Marion FUSELLIER-TESSON**

Anatomie comparée	Eric BETTI (MC) Claude GUINTARD (MC) Margarida RIBEIRO DA SILVA NEUNLIST (MC)	
Pathologie chirurgicale et anesthésiologie	Eric AGUADO (Pr) Olivier GAUTHIER (Pr) Eric GOYENVALLE (MC HDR)	Pierre MAITRE (MC) Caroline TESSIER (MC) Gwénola TOUZOT-JOURDE (MC) Claire DE FOURMESTRAUX (MC)
Dermatologie, parasitologie des carnivores et des équidés, mycologie	Jacques GUILLOT (Pr) Emmanuel BENSIGNOR (Pr Ass) Sabrina VIEU (AERC)	
Médecine interne, imagerie médicale et législation professionnelle vétérinaire	Anne COUROUCE (Pr) Jack-Yves DESCHAMPS (Pr) Françoise ROUX (Pr) Juan HERNANDEZ-RODRIGUEZ (Pr Ass) Nora BOUHSINA (MC)	Nicolas CHOUIN (MC) Amandine DRUT (MC) Marion FUSELLIER-TESSON (MC HDR) Catherine IBISCH (MC) Aurélia LEROUX (MC) Odile SENECAT (MC)
Biotechnologies et pathologie de la reproduction	Jean-François BRUYAS (Pr) Francis FIENI (Pr)	Djemil BENCHARIF (MC HDR) Lamia BRIAND (Pr)

Département **GPA** Génie des procédés alimentaires

Responsable : **Sébastien CURET-PLOQUIN** – Adjointe : **Vanessa JURY**

Lionel BOILLEREAUX (Pr) Sébastien CURET-PLOQUIN (Pr) Marie DE LAMBALLERIE (Pr) Francine FAYOLLE (Pr) Michel HAVET (Pr)	Alain LEBAIL (Pr) Olivier ROUAUD (Pr) Kévin CROUVISIER-URION (MC) Vanessa JURY (MC HDR) Emilie KORBEL (MC)	Jean-Yves MONTEAU (MC HDR) Eve-Anne NORWOOD (MC) Raphaël PORYLES (MC) Laurence POTTIER (MC) Cyril TOUBLANC (MC)
PAC-ING	Cyril GAILLARD (PCEA)	

Département **MSC** Management, statistiques et communication

Responsable : **Samira ROUSSELIERE** – Adjointe : **Véronique CARIOU**

Mathématiques, statistiques, informatique	El Mostafa QANNARI (Pr émérite) Chantal THORIN (Pr Ag) Evelyne VIGNEAU (Pr)	Véronique CARIOU (MC HDR) Benjamin MAHIEU (MC) Michel SEMENOU (MC)
Economie, gestion, législation	Jean-Marc FERRANDI (Pr) Pascal BARILLOT (MC) Ibrahima BARRY (MC) Florence BEAUGRAND (MC)	Sibylle DUCHAINE (MC) Sonia MAHJOUB (MC) Samira ROUSSELIERE (MC) Christophe PAPINEAU (Ens. Cont.)
Langues et communication	Marc BRIDOU (PLPA) David GOYLER (Ens. Cont.) Nathalie GOODENOUGH (PCEA) Patricia JOSSE (Ens. Cont.)	Shaun MEEHAN (Ens. Cont.) Linda MORRIS (PCEA) Ian NICHOLSON (Ens. Cont.)

Pr Ag : Professeur Agrégé, Pr : Professeur, MC : Maître de Conférences, MCC : MC contractuel,
PLPA : Professeur Lycée Professionnel Agricole, PCEA : Professeur Certifié Enseignement Agricole,
HDR : Habilité à Diriger des Recherches, CERC : Chargé d'Enseignement et de Recherche Contractuel,
Ens. Cont. : Enseignant Contractuel

La reproduction d'extraits est autorisée avec mention de la source. Toute reproduction partielle doit être fidèle au texte utilisé. Cette thèse devra donc être citée en incluant les éléments bibliographiques suivants :

- **Nom et prénom de l'auteur : Dujardin, Thibault**
- **Année de soutenance : 2023**
- **Titre de la thèse : Abattage des bovins adultes sans étourdissement en France : principes, description pratique, perspectives d'évolution et relations avec la qualité de la viande**
- **Intitulé du diplôme : Thèse de doctorat vétérinaire**
- **Université de soutenance : Faculté de médecine de Nantes**
- **Ecole de soutenance : Oniris, Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation**
- **Nombre de pages : 166**

Le défaut de citation est considéré comme du plagiat. Ce dernier est puni par la loi française et passible de sanctions allant jusqu'à 3 ans d'emprisonnement et 300 000 € d'amende.

REMERCIEMENTS

A Madame Nathalie RUVOEN-CLOUET,

Docteure Vétérinaire, HDR, Diplomate du Collège Européen Vétérinaire de Santé Publique (ECVPH)

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse, et pour votre implication pédagogique pendant ma formation,

Remerciements distingués.

A Madame Sofia STRUBBIA,

Docteure Vétérinaire, PhD, Diplômée en Santé Publique

Pour m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury de thèse, et pour votre bienveillance,

Remerciements respectueux.

A Monsieur Jean-Michel CAPPELIER,

Docteur Vétérinaire, HDR, Diplomate du Collège Européen Vétérinaire de Santé Publique (ECVPH)

Pour avoir accepté de m'encadrer dans ce travail, pour votre disponibilité et votre sympathie sans faille, votre présence attentive et votre âme musicale,

Sincères remerciements.

Aux professionnels et interlocuteurs rencontrés au cours de l'élaboration de ce travail,

Chercheurs, Sociologues, Industriels, Administratifs ou encore en Protection Animale,

Remerciements cordiaux.

« Il m'a expliqué en souriant que rien n'est blanc ou noir et que le blanc, c'est souvent le noir qui se cache et le noir, c'est parfois le blanc qui s'est fait avoir. »

« Je ne suis sûr d'absolument rien, nous ne sommes pas mis au monde pour être sûrs. »

*La Vie devant soi*¹

Romain Gary.

¹ Histoire de Mohammed, recueilli chez Madame Rosa, vieille femme juive rescapée d'Auschwitz, évoluant et grandissant dans un quartier multiculturel de Belleville.

TABLE DES MATIERES

Liste des figures	17
Liste des tableaux	19
Liste des abréviations et sigles	20
Définitions	21
Introduction	22
PREMIERE PARTIE	23
L'abattage sans étourdissement : fondements religieux, contexte règlementaire, efficacité des pratiques d'induction de l'inconscience	23
I. L'abattage conventionnel, le cas général se pratique avec étourdissement	24
A. Contexte règlementaire de l'abattage	24
1. Dispositions générales	24
2. Formation du personnel	24
3. Protection animale et obligation d'étourdissement des animaux	25
B. Fonctionnement de la chaîne d'abattage avec étourdissement	26
1. L'immobilisation : un prérequis nécessaire	27
2. L'étourdissement par tige perforante	28
3. Saignée	30
II. L'abattage rituel, prescriptions religieuses et dérogation règlementaire	34
A. Fondements religieux qui le requièrent	34
1. L'abattage rituel dans la religion juive	34
a. La place de l'animal dans la religion juive	35
b. La Cacherout	35
c. L'abattage rituel juif : la <i>shehita</i>	36
2. L'abattage rituel dans la religion musulmane	37
a. La place de l'animal dans la religion musulmane	37
b. L'alimentation halal	38
c. L'abattage rituel musulman : le <i>dhabh</i>	39
B. Règlementation autorisant l'abattage sans étourdissement	41
1. Dérogation à l'obligation d'étourdissement en abattoir	41
2. Obligation d'une immobilisation spécifique	41
3. Obligation de contrôle systématique de la mort des animaux	42
4. Habilitation religieuse du sacrificateur et obligation de compétences techniques spécifiques	42

C.	Fonctionnement de la chaîne d'abattage sans étourdissement	43
1.	Inspection des animaux vivants.....	43
2.	Immobilisation spécifique	43
3.	Saignée	45
4.	Certification.....	48
III.	Méthodes alternatives de contention et d'induction d'inconscience et compatibilités avec l'abattage rituel.....	49
A.	Présentation de pratiques alternatives décrites d'induction de l'inconscience	49
1.	Pistolet à tige non perforante	49
2.	Electronarcose	50
3.	Soulagement	52
4.	DTS: Diathermic Syncope®.....	53
B.	Variations des méthodes de contention	54
C.	Qualité spirituelle, attentes des communautés religieuses et variabilité des certifications ...	55
1.	Qualité spirituelle et importance de la protection animale dans les textes religieux	55
2.	Interprétations et différences d'acceptation selon les courants religieux	56
3.	Evaluation de la qualité spirituelle par les agences de certification et d'accréditation	59
IV.	Survenue de l'inconscience et perception du stress selon la méthode utilisée	62
A.	Processus physiologiques au cours de l'abattage sans étourdissement et difficultés à la perte de conscience.....	62
1.	Mécanismes physiologiques suite à l'égorgeage sans étourdissement	62
2.	Indicateurs de conscience, inconscience, risque de conscience ou de retour de conscience	64
a.	Dans le cadre d'un abattage avec étourdissement	65
b.	En abattage sans étourdissement	67
3.	Difficultés à la perte de conscience par saignée sans étourdissement préalable chez l'espèce bovine	68
B.	Comparaison de l'efficacité des pratiques sur la survenue et la persistance de l'inconscience	72
1.	Comparaison entre pistolet à tige perforante et pistolet à tige non perforante	73
2.	Intervalles recommandés entre l'étourdissement et la saignée.....	76
3.	Rapidité de la saignée en abattage sans étourdissement, survenue et maintien de l'inconscience	77
4.	Apport des techniques d'électroencéphalographie dans l'étude de la survenue de l'inconscience.....	80
C.	Comparaison de l'efficacité des pratiques sur la bien-être et la perception du stress	83
1.	Evaluations biochimiques du stress et de la douleur lors de l'abattage avec étourdissement	84
2.	Observations de manifestations de stress lors de l'abattage sans étourdissement préalable	85

3.	Evaluations biochimiques du stress lors de l'abattage sans étourdissement préalable	87
	DEUXIEME PARTIE	91
	Attentes et enjeux du débat public français sur la bientraitance à l'abattage rituel des gros bovins, réflexions et perspectives d'évolution	91
I.	Situation de l'abattage rituel en France	92
A.	Contexte de la production de viande rituelle en France	92
1.	Eléments d'appréciation des volumes de production française de viande rituelle	92
2.	Modalités technico-économiques de la production française de viande rituelle	94
B.	Polémiques et questionnements publics relatifs à la protection animale.....	96
1.	Une société de plus en plus attentive au bien-être des animaux d'élevage	96
2.	Protection animale au moment de la mise à mort.....	98
3.	Implication des associations de défense de la cause animale en faveur de l'étourdissement	100
C.	Le positionnement de la France au sein de l'Union Européenne	101
II.	Préconisations pratiques et perspectives d'évolution réglementaire en France.....	105
A.	« <i>Humane slaughter</i> » et préconisations scientifiques en accord avec la bientraitance	105
1.	Présentation de la démarche de Temple Grandin et évolution des conditions d'abattage aux USA	105
2.	Recommandations scientifiques des pratiques pour l'abattage rituel sans étourdissement	106
a.	Manipulation douce du bétail	107
b.	Contention en <i>ASPCA pen</i> modifié	107
c.	Caractéristiques du couteau utilisé	108
d.	Position et orientation rostrale de l'incision	108
3.	Innovation et optimisation des méthodes d'induction de l'inconscience	109
B.	Avis sur l'étiquetage obligatoire, conséquences et répercussions possibles	110
C.	Accompagnement réglementaire et recommandations institutionnelles sur l'évolution des pratiques	112
1.	Mesures gouvernementales et parlementaires françaises récentes	112
2.	Emission d'avis et préconisations sur la réglementation française	114
	TROISIEME PARTIE.....	116
	Qualité de la viande bovine abattue selon le mode d'étourdissement : propriétés intrinsèques, physico-chimiques, hygiène et sécurité.....	116
I.	Influence du stress lors du pré-abattage sur la qualité de la viande.....	117
II.	Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques.....	120
A.	pH.....	120
B.	Température.....	123
C.	Caractéristiques organoleptiques.....	124

1.	Tendreté.....	125
2.	Couleur	127
3.	Jutosité.....	128
D.	Résultats préliminaires relatifs à la qualité des carcasses produites par le DTS: Diathermic Syncope®	131
E.	Effet de la cashérisation.....	132
III.	Hygiène et sécurité pour le consommateur	135
A.	Sécurité microbiologique.....	135
1.	Qualité de la saignée.....	135
2.	Charge microbienne.....	137
B.	Anomalies macroscopiques de la viande réputées associées.....	141
1.	Tiquetage musculaire.....	141
2.	Fractures et fragments osseux liés à l'électronarcose.....	144
3.	Anomalies de la transformation du muscle en viande : Viandes DFD et PSE	144
	Conclusion.....	147
	Bibliographie	149
	Annexes	159

Liste des figures

Figure 1 : Exemple d'un box de contention avec mentonnière, compatible avec un étourdissement par tige perforante, crédits photos : OrdaSoft.com 2023, issu de mecanova.es	27
Figure 2 : Point d'impact (cercle rouge) et repères de position du tir frontal par un dispositif d'étourdissement à tige perforante, d'après Interbev	28
Figure 3 : Tir frontal lors d'un étourdissement par dispositif à tige perforante, crédits photos : C. Mallet et C. Terlouw, issu de Terlouw, Ducreux, Bourguet 2021	29
Figure 4 : Saignée pré-thoracique et section des vaisseaux à proximité du cœur, adapté d'après Interbev.....	32
Figure 5 : Incision latérale pour saignée rétro-maxillaire, adapté d'après Interbev	33
Figure 6 : Box rotatif de contention avec immobilisation de la tête, utilisé en abattage rituel, issu de jwebanss.de	44
Figure 7 : Contention mobile, accompagnant le basculement de l'animal au cours de la rotation du box, issu de jwebanss.de.....	45
Figure 8 : Repères anatomiques de position et d'inclinaison de section lors d'un égorgement correct (A), inclinaison incorrecte (B), position et inclinaison incorrectes (C), adapté d'après Interbev	46
Figure 9 : De haut en bas et de gauche à droite, succession des étapes d'affûtage des couteaux pour l'abattage rituel, du meulage grossier à l'affilage, et deux exemples d'appareil Anago Ltd. pour mesurer quantitativement l'affûtage des couteaux, d'après Farouk, Pufpaff, Amir 2016	47
Figure 10 : Animal égorgé lors d'un abattage rituel en box rotatif et berce d'affalage, crédits photos : OrdaSoft.com 2023, issu de mecanova.es	47
Figure 11 : Mentonnière permettant l'électronarcose en deux points (électrodes en avant et arrière de la tête), issu de jwebanss.de	50
Figure 12 : Box rotatif d'électronarcose permettant une présentation du cou compatible avec une saignée consécutive à l'étourdissement, issu de jwebanss.de	51
Figure 13 : Soulagement, ou étourdissement post-égorgement, d'après Allmendinger 2008	52
Figure 14 : Schéma de fonctionnement du dispositif d'étourdissement électromagnétique DTS: Diathermic Syncope®	53
Figure 15 : Box rotatif de contention avec immobilisation de la tête, crédits photos : OrdaSoft.com 2023, issu de mecanova.es	54
Figure 16 : Conception et caractéristiques des dispositifs composant l'ASPCA <i>pen</i> modifié, d'après Grandin 1994.....	55
Figure 17 : Diversité des agences de certification halal à travers le monde, d'après Farouk 2013	59
Figure 18 : Artères de l'encolure et la tête du Bœuf, d'après la Planche 53 du Tome V – Angiologie, Barone, 1965	70

Figure 19 : Fréquence de distribution des délais d'effondrement des bovins après un abattage halal sans étourdissement, d'après Gregory <i>et al.</i> 2010.....	71
Figure 20 : Radiographie numérique et photographie du crâne associé, gradé 1 selon le protocole MS 1500:2009, d'après Bouzraa <i>et al.</i> 2023.....	75
Figure 21 : Radiographie numérique et photographie du crâne associé, gradé 3 selon le protocole MS 1500:2009, d'après Bouzraa <i>et al.</i> 2023.....	75
Figure 22 : Influence de la position de contention sur les délais de perte de posture survenant après un égorgement halal, sans étourdissement préalable, d'après Velarde <i>et al.</i> 2014.....	80
Figure 23 : Influence de la position de contention sur le nombre d'incisions nécessité lors d'un égorgement halal sans étourdissement préalable, d'après Velarde <i>et al.</i> 2014.....	80
Figure 24 : Pourcentage d'animaux exprimant des signes de lutte (à gauche) et de vocalisations (à droite) en fonction de la contention, après égorgement halal sans étourdissement préalable, d'après Velarde <i>et al.</i> 2014.....	86
Figure 25 : Evolution des paramètres colorimétriques (valeurs MINOLTA de luminance L*, d'indice de rouge a* et d'indice de jaune b*) des filets de génisses abattues selon le rituel casher (sans cashérisation) ou non, d'après Hayes <i>et al.</i> 2015.....	128
Figure 26 : Echantillons de viandes prélevées sur des carcasses étourdies par ondes électromagnétiques, d'après Small 2021.....	131
Figure 27 : Comptages microbiologiques des viandes issues de trente taurillons Limousins suite à abattage halal traditionnel (sans étourdissement), abattage conventionnel et abattage halal avec étourdissement réversible par pistolet à tige non perforante, d'après Bouzraa <i>et al.</i> 2023.....	139
Figure 28 : Tiquetage musculaire (flèche jaune) observé sur la coupe du faux-filet du haut, le faux-filet du bas étant non affecté par cette anomalie, d'après <i>Food Safety Agency</i> , Afrique du Sud.....	141

Liste des tableaux

Tableau I : Délais mis en œuvre lors de l'abattage rituel juif, de l'entrée de l'animal dans le box, son immobilisation, son égorgement et la survenue de l'inconscience. Résultats observés entre décembre 2010 et décembre 2014 sur 1 810 gros bovins dans un abattoir commercial casher, d'après T. Grandin 2017.....	78
Tableau II : Nombre d'abattoirs halal visités et d'animaux inspectés selon la méthode de contention et l'utilisation ou non d'un étourdissement préalable, d'après Velarde <i>et al.</i> 2014	79
Tableau III : Concentrations plasmatiques en cortisol et catécholamines entre un abattage par <i>shehita</i> ou un abattage conventionnel. Les échantillons ont été prélevés au cours de la saignée. D'après Bozzo <i>et al.</i> 2018.....	89
Tableau IV : Cortisolémies en élevage et au cours de la saignée sur des individus en abattage halal (décubitus dorsal) ou en abattage conventionnel, d'après Barrasso <i>et al.</i> 2020.....	89
Tableau V : Volumes produits par abattage rituel en France dans les 255 abattoirs de boucherie en activité en 2010, d'après Le Neindre <i>et al.</i> 2009.....	93
Tableau VI : Valeurs de pH <i>post mortem</i> mesurées sur deux types de muscles lors de l'abattage conventionnel ou casher de 40 taurillons et 40 génisses, d'après Żurek <i>et al.</i> 2022.	122
Tableau VII : Mesures relatives à la tendreté de la viande sur des génisses abattues en abattage casher ou conventionnel, d'après Hayes <i>et al.</i> 2015.....	126
Tableau VIII : Teneurs en potassium, phosphore et sodium comparées entre abattage conventionnel et abattage casher suivi de cashérisation par bains de saumure (en mg/100g), d'après Rudy <i>et al.</i> 2019	133
Tableau IX : Synthèse de l'influence du mode d'abattage sur les critères étudiés de qualité de la viande.	146

Liste des abréviations et sigles

ACTH : Hormone adrénocorticotrope

AESA : Autorité Européenne de la Sécurité des Aliments (EFSA : *European Food Safety Authority*)

ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail

ASACE : Appareil Soumettant l'Animal à un Choc Electrique

CCPA : Certificat de Compétence Protection Animale

CE : Conseil de l'Union Européenne

CGAAER : Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux

CNA : Conseil National de l'Alimentation

CNEAb : Comité national d'éthique des abattoirs

DGAL : Direction Générale de l'Alimentation

DFD : *Dark Firm Dry = Dark-cutting beef*. Une viande DFD est une viande Sombre, Dure et Sèche, sa coupe est sombre.

EEG : électroencéphalogramme

GBP : Guide de Bonnes Pratiques

HACCP : *Hazard Analysis Critical Control Point*, Système d'analyse des risques et de maîtrise des points critiques.

INRAE : Institut national de la recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (anciennement INRA)

MON : Mode Opérateur Normalisé

OABA, FDA, CIWF, FBB ...

OMSA : Organisation Mondiale de la Santé Animale, anciennement OIE (WOAH : *World Organisation for Animal Health*)

pH : potentiel hydrogène

PRE : Pouvoir de rétention d'eau

PSE : *Pale Soft Exsudative*. Une viande PSE est une viande Pâle, Molle et Exsudative.

RPA : Responsable Protection Animale

tec : tonne équivalent carcasse

UE : Union Européenne

Définitions

Abattage rituel traditionnel : abattage selon un rite prescrit et sans étourdissement, conformément à la pratique traditionnelle.

Abattage conventionnel : abattage avec étourdissement préalable par pistolet à tige perforante.

Bien-être animal : « Le bien-être d'un animal est l'état mental et physique positif lié à la satisfaction de ses besoins physiologiques et comportementaux, ainsi que de ses attentes. Cet état varie en fonction de la perception de la situation par l'animal. » (Anses 2018)

Bienveillance : moyens mis en place par l'humain eu égard de l'animal considéré, visant à satisfaire ses besoins physiologiques, comportementaux et à l'éviction des paramètres susceptibles d'engendrer un mal-être. (Mounier *et al.* 2021)

Conscience : l'expérience subjective, ou phénoménale, que l'animal a de son environnement, de son propre corps et/ou de ses propres connaissances (Le Neindre *et al.* 2009)

Douleur : Expérience sensorielle et émotionnelle aversive, associée à une lésion tissulaire (Inrae).

Chez l'homme, « expérience sensorielle et émotionnelle désagréable associée à des dommages tissulaires réels ou potentiels, ou décrite en termes de tels dommages » (Association internationale pour l'étude de la douleur)

Egorgement : Section de l'encolure concernant les deux artères carotides, les deux veines jugulaires, la trachée, l'œsophage ainsi que les tissus adjacents, « jugulation ».

Emotions : réaction affective intense, mais courte, en réponse à un événement et qui est associée à des modifications physiques et physiologiques spécifiques. (Mounier *et al.* 2021)

Étourdissement : « tout procédé appliqué intentionnellement qui provoque une perte de conscience et de sensibilité sans douleur, y compris tout procédé entraînant une mort immédiate. » (Règlement (CE) N°1099/2009) Il peut être réversible ou irréversible selon les lésions engendrées.

Inconscience : « incapacité d'un animal à ressentir de la douleur et des émotions négatives » (Anses 2018).

Souffrance : état émotionnel de détresse associé à une menace physique ou psychique (Inrae)

Soulagement : étourdissement post-égorgement

Stress : Réaction non spécifique de l'organisme à tous types d'agressions (froid, maladie, menace,...) (Inrae)

Introduction

En tant qu'Etat laïque, la Constitution de 1958 précise en son article premier que la France « assure l'égalité devant la loi de tous les citoyens sans distinction d'origine, de race ou de religion. Elle respecte toutes les croyances » (République Française 1958). La liberté du culte religieux est également affirmée par la loi de 1905 concernant la séparation des Eglises et de l'Etat où, dès l'article 1^{er}, la République « garantit le libre exercice des cultes » (République Française 1905). Ainsi, par ses textes juridiques fondamentaux, la France assure aux citoyens la liberté religieuse et, régulièrement, le législateur la décline en diverses dispositions légales et réglementaires.

Au sein de la population française, les communautés religieuses juive et musulmane peuvent consommer les denrées alimentaires conformément à leurs prescriptions idéologiques. C'est en particulier le cas des produits carnés pour lesquels un rituel sacrificiel est requis lors de l'abattage des bovins. Une viande sera considérée « casher » si elle provient d'un animal abattu selon le rite juif, ou « halal » si elle provient d'un animal abattu selon le rite musulman, conformément aux textes religieux.

La viande bovine est un aliment important pour le consommateur français, qui en consomme chaque année plus de 22 kg (Agreste 2022). Le consommateur de viande, de plus en plus exigeant, demande des garanties quant à la qualité de la viande qu'il acquiert. Parmi les critères qu'il juge importants, se trouvent les éléments de la qualité organoleptique de la viande, la sécurité sanitaire mais également la protection animale des animaux de production. La question de l'abattage rituel interroge donc le consommateur. Quelles-en sont concrètement les pratiques techniques et les enjeux ? Dans quelles mesures et sur quels aspects la qualité de la viande ainsi produite peut-elle varier ?

Cette étude vise tout d'abord à établir un état des lieux de la situation en France sur l'abattage sans étourdissement des bovins. Pour cela elle abordera les fondements religieux et réglementaires qui la régissent, les principes de fonctionnement de la chaîne d'abattage ainsi que les aspects de protection animale impliqués. Une réflexion sera ensuite menée sur les aspects économiques et les polémiques sociétales qui en découlent, associant aussi les attentes du consommateur. Elle envisagera enfin des perspectives d'évolution dans les pratiques actuelles et dans la réglementation française. Dans un troisième temps et par une revue bibliographique, la qualité de la viande rituelle, en tant que capacité de la denrée à être conforme à sa nature et aux attentes souhaitées par le consommateur, sera déclinée sur ses différents domaines. Ainsi seront développées les caractéristiques physico-chimiques intrinsèques et organoleptiques de la viande, de même que la sécurité sanitaire et les motifs de saisie réputés associés.

PREMIERE PARTIE

L'abattage sans étourdissement : fondements religieux, contexte réglementaire, efficacité des pratiques d'induction de l'inconscience

I. L'abattage conventionnel, le cas général se pratique avec étourdissement

A. Contexte réglementaire de l'abattage

1. Dispositions générales

Sauf exception (abattage d'urgence par exemple), tout bovin doit être abattu dans un abattoir agréé par les pouvoirs publics. Ces établissements sont régis notamment par le règlement du Conseil européen (CE) N°853/2004 fixant des règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale, et en France par l'arrêté du 8 juin 2006 relatif à l'agrément des établissements mettant sur le marché des produits d'origine animale ou des denrées contenant des produits d'origine animale. Ces textes imposent et garantissent le respect de la maîtrise sanitaire et de la traçabilité au cours de la production en abattoir.

En France, selon l'article R. 214-64 du code rural et de la pêche maritime, un abattoir est défini comme « *tout établissement ou installation, agréé ou recensé par les services vétérinaires, y compris les installations destinées au déchargement, à l'acheminement ou à l'hébergement des animaux, utilisé pour l'abattage ou, exceptionnellement, la mise à mort sans saignée, des animaux des espèces bovine, ovine, caprine, porcine, des équidés, des volailles, des lapins domestiques et du gibier d'élevage* » (République Française 2003). Les abattoirs suivent les obligations relatives à l'agrément sanitaire communautaire, aux installations classées et à l'identification des animaux entrant dans ces locaux.

2. Formation du personnel

Les établissements d'abattage doivent se conformer à plusieurs exigences en matière de formation du personnel. En effet, la protection animale occupant une importance croissante au sein de la société, la législation a dû accompagner ce changement. C'est ainsi que le règlement du Conseil européen N°1099/2009 instaurant une obligation de formation et de certification des personnels en protection animale a été décliné en France par l'Arrêté du 31 juillet 2012 (République Française 2012a). Cet arrêté impose à chaque établissement de désigner un responsable en protection animale (RPA), qui sera chargé de mettre en place et coordonner les mesures relatives au bien-être animal dans l'établissement ainsi que d'accompagner et conseiller les personnels opérateurs. En outre, toute personne étant susceptible d'être en contact avec des animaux vivants au sein de l'établissement doit être titulaire du Certificat de Compétence Protection Animale (CCPA). Cela concerne donc les personnels présents à partir du déchargement du bétail et jusqu'au poste d'habillage. Ce certificat est délivré à la suite d'une formation initiale par un formateur habilité et d'une évaluation consécutive.

D'autre part, les opérateurs en abattoir doivent être formés sur l'hygiène et les mesures préventives des risques, conformément au règlement (CE) N°852/2004 (Conseil de l'Union Européenne 2004). Cette formation vise à garantir l'application des bonnes pratiques d'hygiène générales et spécifiques à chaque poste de travail, notamment sur la base d'une approche de prévention des risques par la méthode HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*). Des recommandations et consignes écrites peuvent à cette fin être utilisées dans les locaux. Cette formation comporte notamment des recommandations en matière de sécurité sanitaire des aliments, par exemple sur le changement de couteaux, le nettoyage et la désinfection des outils, l'hygiène vestimentaire et corporelle, etc.

3. Protection animale et obligation d'étourdissement des animaux

Le règlement du Conseil Européen N° 1099/2009 sur la protection des animaux au moment de leur mise à mort impose une obligation de résultats aux exploitants d'abattoir en les responsabilisant, tout en garantissant l'application des mesures en faveur de la protection animale au cours de l'intégralité du procédé d'abattage. Il précise notamment en son article 3 que « *toute douleur, détresse ou souffrance évitable est épargnée aux animaux lors de la mise à mort et des opérations annexes* » (Conseil de l'Union Européenne 2009).

L'article 4, paragraphe 1 du règlement (CE) N° 1099/2009 rend obligatoire l'étourdissement avant leur abattage : « *Les animaux sont mis à mort uniquement après étourdissement selon les méthodes et les prescriptions spécifiques relatives à leur application exposées à l'annexe I. L'animal est maintenu dans un état d'inconscience et d'insensibilité jusqu'à sa mort* ».

Au sens de l'article 2 du même règlement, l'étourdissement est défini comme « *tout procédé appliqué intentionnellement qui provoque une perte de conscience et de sensibilité sans douleur, y compris tout procédé entraînant une mort immédiate* ». Au cours du processus d'abattage, le but recherché par la pratique d'un étourdissement est l'induction d'un état de perte de conscience ou de sensibilité, maintenu jusqu'à la mort de l'animal et lui évitant ainsi toute souffrance induite par la saignée.

En France, le code rural fixe dans les articles R. 214-63 à R. 214-81 les modalités réglementaires relatives à l'abattage et à la mise à mort des animaux dans les abattoirs. La protection animale y est prise en compte et garantie à chaque étape (République Française 2003). L'article R. 214-69 précise que « *l'immobilisation des animaux est obligatoire avant tout abattage. La suspension des animaux est interdite avant leur étourdissement ou leur mise à mort* ».

Conformément à la réglementation communautaire, l'étourdissement préalable à l'abattage des bovins est obligatoire selon l'article R. 214-70 du code rural : « *L'étourdissement des animaux est obligatoire avant l'abattage ou la mise à mort* ».

Sauf rares exceptions, l'abattage des bovins en France ne peut être pratiqué qu'**en abattoir**. Ces établissements ont pour **obligation réglementaire** de minimiser toute atteinte au **bien-être animal**. **L'abattage avec étourdissement préalable est obligatoire**. Les opérateurs doivent être **formés** sur l'**hygiène** et la **protection animale**. La **contention** doit être adaptée au gabarit de l'animal et l'**état d'inconscience** maintenu **jusqu'à la mort de l'animal**.

B. Fonctionnement de la chaîne d'abattage avec étourdissement

Dans les établissements d'abattage français, les bovins adultes sont mis à mort selon des modes opératoires qui sont normalisés (MON), c'est-à-dire selon « un ensemble d'instructions écrites visant à assurer l'accomplissement uniforme d'une fonction ou d'une norme particulière » d'après le règlement (CE) N°1099/2009. Ces MON sont obligatoires, rédigés par les exploitants de l'abattoir, et comportent quatre informations essentielles : le fonctionnement normal, les conditions du contrôle interne, les anomalies envisageables et les actions correctives prescrites. Conjointement, des guides de bonnes pratiques rédigés à destination des professionnels permettent d'informer et proposer des mises en œuvre techniques des exigences réglementaires. Est recommandée en particulier l'application des *Guide de bonnes pratiques pour la maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir* (INTERBEV, Institut de l'Élevage, ADIV 2013), *Guide de Bonnes Pratiques pour la présentation de la plaie de saignée et de la gouttière jugulaire des Gros Bovins à l'abattoir* (Institut de l'Élevage 2016), tout en étant conforme au *Guide de bonnes pratiques d'hygiène et d'application des principes HACCP dans les activités d'abattage et de découpe des viandes bovines* (INTERBEV 2010).

Cette section (Partie 1-I.B.) s'attache à décrire l'étourdissement par tige perforante en tant que méthode d'étourdissement la plus fréquemment utilisée en France sur les bovins, bien que d'autres techniques soient possibles (voir Partie 1-III.).

1. L'immobilisation : un prérequis nécessaire

Après avoir suivi les étapes préalables, en particulier relatives à la traçabilité et à l'inspection sanitaire *ante mortem*, l'animal est amené au poste d'étourdissement et entre dans un box d'immobilisation (Figure 1). Une contention suffisante et adaptée est une condition *sine qua non* pour que l'acte technique d'étourdissement puisse être précis, tout en limitant les risques pour l'animal et l'opérateur (INTERBEV, Institut de l'Élevage, ADIV 2013). L'objectif est alors de limiter tout stress évitable, pouvant se manifester en particulier par l'occurrence de vocalisations, de mouvements de fuite ou de lutte de l'animal. Pour cela, l'environnement doit être conçu de sorte à faciliter la manipulation du bétail, le matériel bien entretenu et les interventions humaines calmes et précises. De même, le choix des matériaux de surface doit prévenir les glissades éventuelles. Le recours aux Appareils Soumettant l'Animal à un Choc Electrique (ASACE) ne peut être qu'exceptionnel et raisonné. Enfin, il est recommandé que la contention préalable à l'étourdissement ne débute qu'après assurance que ce poste ainsi que les postes en aval de la chaîne sont en bon fonctionnement, ceci afin de minorer la durée de contention pour l'animal.

Dans le cas d'un étourdissement par tige perforante à l'aide d'un dispositif pneumatique, il est en outre obligatoire de compléter la contention par un « système limitant les mouvements de la tête latéraux et verticaux », selon le point 3.2 de l'annexe II du règlement (CE) N° 1099/2009. Bien qu'il soit souvent considéré comme préférable qu'une mentonnière, dispositif de contention de la tête, soit en place, celle-ci n'est requise réglementairement que lors de l'utilisation d'un pistolet pneumatique.

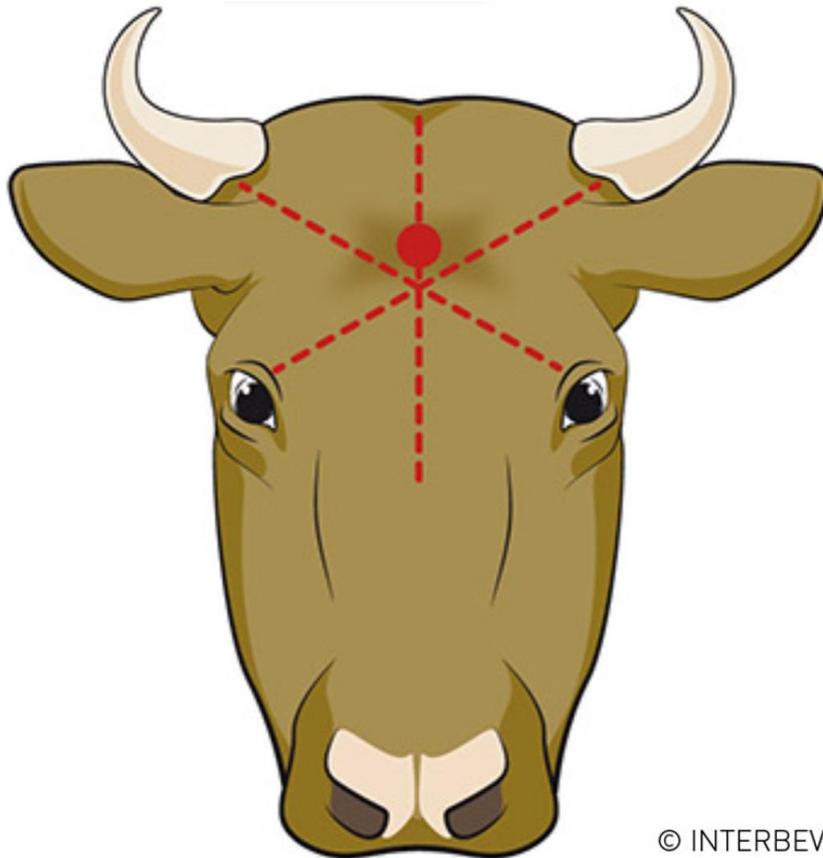


Figure 1 : Exemple d'un box de contention avec mentonnière, compatible avec un étourdissement par tige perforante, crédits photos : OrdaSoft.com 2023, issu de mecanova.es

2. L'étourdissement par tige perforante

Lorsque l'animal est sujet à une contention suffisante et adaptée, il est alors étourdi. L'étourdissement a pour objectif de provoquer une perte de conscience, sans douleur et le plus rapidement possible, afin de prévenir toute douleur, tout stress ou sentiment de peur préalablement à la saignée.

En France, l'étourdissement des bovins adultes se pratique à l'aide d'un dispositif à tige perforante appliqué en tir frontal sur le crâne de l'animal. La propulsion de la tige peut se faire par combustion d'une cartouche de poudre, en tir à blanc (pistolet thermique) ou par air comprimé (pistolet pneumatique). Dans ces deux cas, le pistolet est appliqué en contact et perpendiculairement au front. Le point d'impact doit être dans le plan médian, situé à l'intersection des deux droites passant par la base d'une corne et par l'œil opposé (Figure 2) (INTERBEV, Institut de l'Élevage, ADIV 2013).



© INTERBEV

Figure 2 : Point d'impact (cercle rouge) et repères de position du tir frontal par un dispositif d'étourdissement à tige perforante, d'après Interbev

Le respect des conditions précises de position et direction de tir, de même que le bon calibrage de la puissance de propulsion, est impératif afin de produire un étourdissement efficace. En effet, ces conditions permettent de maximiser les lésions sur les structures cérébrales nécessaires à l'état de conscience de l'animal. En particulier, le cortex cérébral et ses interactions avec le thalamus, la

formation réticulée et le système réticulo-activateur ascendant sont les structures principalement impliquées dans l'état de conscience (Bureau ETRE 2020). Des lésions suffisamment considérables des hémisphères de façon large, du thalamus et des régions sous-thalamiques, de la formation réticulée ou bien du système réticulo-activateur ascendant abolissent par conséquent la conscience (Figure 3).

Consécutivement à un tir de pistolet à tige perforante réalisé dans les conditions décrites, trois effets distinctifs sont distingués : une onde de choc suite à la percussio, la pénétration mécanique de la tige ainsi que des hémorragies cérébrales associées (voir Annexe 1 : Conséquences physiologiques et réversibilité des effets de différentes techniques d'étourdissement et de saignée sans étourdissement) (Terlouw, Ducreux, Bourguet 2021a). Les tissus nerveux ou vasculaires concernés sont alors comprimés ou déchirés et des pertes de fonctions cellulaires cérébrales sont engendrées. La conjonction de ces conséquences physiologiques aboutit à une perte de conscience permanente et irréversible. Les signes de perte de conscience et d'efficacité de l'étourdissement sont ensuite observés sur l'animal, dont les plus évidents sont la perte de posture debout et l'absence de mouvements orientés (voir Partie 1-IV.-A. et Annexe 2 : Spécificités des indicateurs de conscience et d'inconscience selon les méthodes d'abattage).



Figure 3 : Tir frontal lors d'un étourdissement par dispositif à tige perforante, crédits photos : C. Mallet et C. Terlouw, issu de Terlouw, Ducreux, Bourguet 2021

En revanche, si le tir n'a lésé que partiellement les tissus, que les lésions sont trop superficielles ou ne concernent pas les structures d'intérêt, un échec de perte de conscience est à craindre, incomplet ou total. Un risque de conscience est alors objectivé et un nouveau tir sera alors à faire sans attendre. De même, cette recommandation s'applique en présence d'au moins un indicateur évoquant une reprise de conscience et donc dans le cas d'une réversibilité de l'étourdissement (voir liste des indicateurs et leur interprétation en Partie 1-IV.-A. et en Annexe 2). Le *Guide de bonnes pratiques pour la maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir* précise qu'en abattoir, le critère recommandé en dernier lieu pour objectiver une perte de conscience est l'absence du réflexe cornéen.

Afin d'optimiser les chances d'obtenir un étourdissement efficace, il est recommandé d'entretenir régulièrement le pistolet à tige perforante, de s'assurer de sa validité par des contrôles d'efficacité réguliers, qu'il soit manipulé par un opérateur correctement formé, et dans des conditions favorables permises notamment par une contention adaptée. Un pistolet pneumatique étant un équipement lourd et volumineux, difficilement maniable donc, c'est pourquoi il doit être associé à une contention de la tête de l'animal (Grandin 2013). Quel que soit le dispositif adopté, il est essentiel d'adapter la puissance de tir au gabarit de l'animal, en particulier qu'elle soit suffisante pour les individus à crâne massif (cas des taureaux et de certaines races).

Pour parer l'éventualité d'une défaillance du pistolet, un second dispositif d'étourdissement doit obligatoirement être disponible. Outre des pannes de matériel, sont à craindre en effet un risque de surchauffe dans le cas d'un dispositif thermique, ou encore une baisse de puissance liée à des cartouches trop humides. En raison de divers événements récents tels que la hausse des prix des matières premières et l'intensification de certains conflits armés européens, une pénurie de cartouches pour pistolet thermique a incité certains établissements français d'abattage à investir dans un dispositif pneumatique.

Un score de moins de 5 % des animaux présentant une absence de chute au premier tir est un objectif souhaitable (INTERBEV, Institut de l'Élevage, ADIV 2013). Pour comparaison aux USA, les industriels se sont fixé le standard d'acceptabilité d'avoir 95 % des animaux rendus insensibles par un tir unique et qu'un taux de 99 % était considéré comme excellent (Grandin 2013).

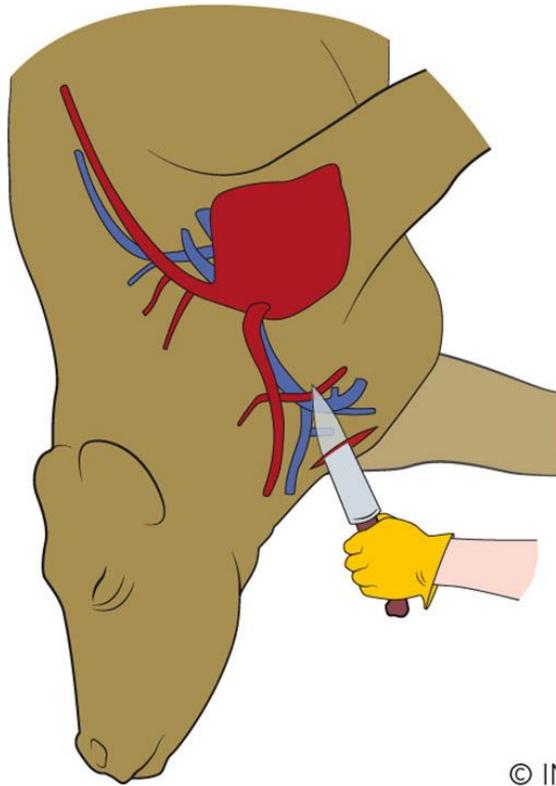
3. Saignée

Après affalage et accrochage de l'animal correctement étourdi, c'est-à-dire après respectivement transfert de l'animal hors du box d'immobilisation et hissage de l'animal sur le réseau de manutention aérienne de la chaîne, vient l'étape de la saignée. Elle consiste en une section des vaisseaux sanguins principaux afin d'extraire le plus grand volume de sang présent dans le système circulatoire,

aboutissant à la mort de l'animal par défaut d'apports cérébraux en oxygène et énergie (glucose et lactate essentiellement). Cette section peut être faite selon deux méthodes, parfois associées selon la situation : la saignée peut être pré-thoracique ou rétro-maxillaire. Dans tous les cas, elle doit être pratiquée le plus rapidement possible après l'étourdissement, en particulier pour maximiser le débit d'exsanguination, et impérativement sur un individu ne présentant aucun signe de risque de conscience. Suite à un étourdissement par tige perforante correctement réalisé, il est recommandé que la saignée soit faite dans les 180 secondes suivantes.

Les conditions optimales pour cette opération reposent majoritairement sur une gestion cruciale des couteaux : ils doivent être correctement affûtés, un couteau de rechange et un outil d'affilage doivent être tenus à disposition. Leur entretien (affutage et affilage) doit être régulier. Conformément aux bonnes pratiques d'hygiène, le couteau incisant le cuir étant souillé, il ne peut être utilisé pour inciser les tissus en profondeur, qui nécessite donc un second couteau propre (méthode dite en double couteau). Les opérations d'habillage ne pouvant être réalisées que sur un animal mort, il convient d'observer une absence de réflexes, de respiration et un délai suffisant d'exsanguination, étape dite « d'égouttage », afin de pouvoir considérer raisonnablement que l'animal est effectivement mort. Dans le *Guide de bonnes pratiques pour la maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir*, un délai minimal d'égouttage de deux minutes est prescrit en contexte d'un étourdissement efficace par tige perforante. Néanmoins, le rapport d'expertise collective publié en juillet 2013 par l'Anses et portant *Evaluation du Guide de bonnes pratiques d'abattage des bovins en matière de protection animale*, indique qu'un délai de 5 minutes après début de saignée efficace doit être observé pour pouvoir considérer l'animal comme mort par anoxie cérébrale persistante (Anses 2013).

En cas de saignée pré-thoracique, il s'agit de sectionner les principaux vaisseaux à la base du cœur (Figure 4). Afin de garantir une bonne précision du geste et une sécurité suffisante pour l'opérateur (prévention des mouvements réflexes de pédalage), une immobilisation des membres antérieurs doit être maintenue au cours du processus. Elle peut être réalisée à l'aide d'une contention physique ou par application d'un courant électrique post-étourdissement abolissant les réflexes médullaires. Ensuite, le traçage du cuir s'effectue à l'aide d'un couteau dédié, via une incision longitudinale ou la pratique d'un écusson, de façon à éviter la contamination de la plaie de saignée par les microorganismes cutanés. Enfin, la section des vaisseaux à proximité du cœur est réalisée par la pénétration dans la cage thoracique d'un couteau dédié (ou trocart), dans le plan médian et crânialement au bourrelet sternal, incliné d'environ 30 à 45°. Un débit important d'exsanguination maximise alors la rapidité et l'efficacité de la saignée. La saignée pré-thoracique peut éventuellement être complétée par une saignée rétro-maxillaire afin d'évacuer le sang résiduel de la région du cou.



© INTERBEV

Figure 4 : Saignée pré-thoracique et section des vaisseaux à proximité du cœur, adapté d'après Interbev

Dans le cas d'une saignée rétro-maxillaire, la section des vaisseaux s'effectue bilatéralement, en partie crâniale du cou et caudalement à la mandibule. Il s'agit alors d'inciser les artères carotides et veines jugulaires (Figure 5). Ces deux incisions amorcent pour la suite la séparation de la tête et du cou, elles sont donc déterminantes au regard de la quantité de viande qui restera attenante à la tête.

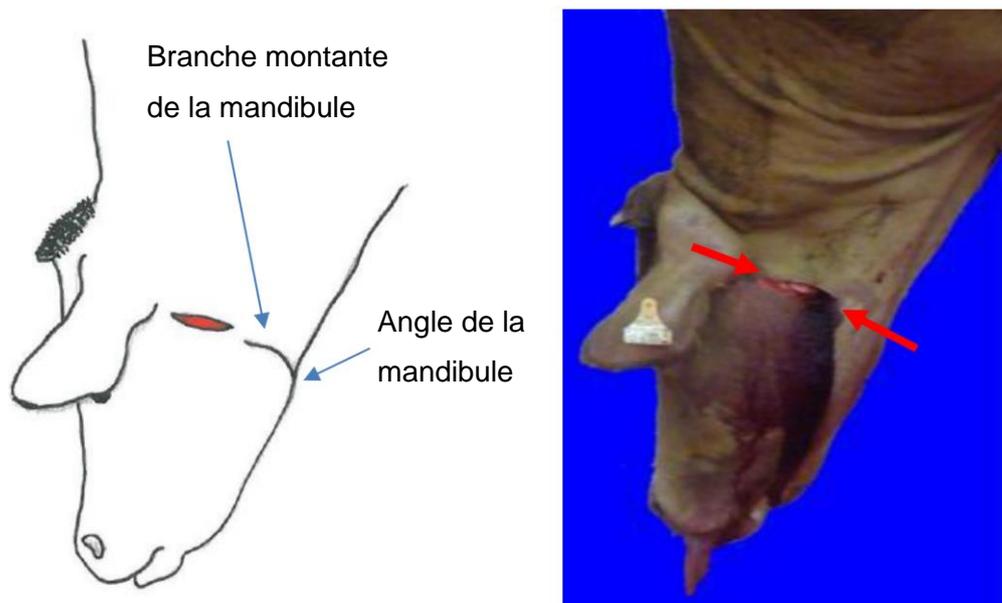


Figure 5 : Incision latérale pour saignée rétro-maxillaire, adapté d'après Interbev

Quelle que soit la méthode choisie, la saignée doit être profuse, c'est-à-dire avec un débit d'exsanguination important. Dans l'éventualité où cette condition n'est pas atteinte, les Guides de bonnes pratiques recommandent de réaliser une nouvelle section des vaisseaux (voir Partie 1-IV.1. sur les faux-anévrismes).

L'abattage des bovins en France s'effectue conventionnellement suite à un étourdissement par **tige perforante**, méthode dite **irréversible**. Les conditions pratiques de réalisation font l'objet de recommandations aux professionnels, par l'intermédiaire des **Guides de Bonnes Pratiques**. Ils préconisent en effet la prise en compte de l'**hygiène**, de la **bienveillance** et de la **sécurité** à chaque étape. C'est ainsi que l'**efficacité de l'étourdissement doit être vérifiée** impérativement avant la saignée et, qu'en cas de **doute** de maintien ou de **reprise de conscience**, un nouvel étourdissement doit être appliqué sans attendre. Ces conditions requièrent donc des **équipements adaptés**, dès leur **conception** et jusqu'à leur **entretien**, en particulier les dispositifs de contention, d'étourdissement et de saignée.

II. L'abattage rituel, prescriptions religieuses et dérogation réglementaire

Depuis le siècle des Lumières, les principes de la liberté sont ancrés dans la culture française. Parmi ses composantes, la liberté de religion comprend deux valences : la liberté de conscience et la liberté de culte religieux, qui toutes deux sont garanties constitutionnellement depuis la Révolution (Gaudemet-Basdevant 1998). Dans la Déclaration des Droits de l'Homme et du Citoyen de 1789, l'article 10 dispose : « *Nul ne doit être inquiété pour ses opinions, même religieuses, pourvu que leur manifestation ne trouble pas l'ordre public établi par la loi* ». La Constitution de la Ve République et la loi de 1905 sur la séparation des Eglises et de l'Etat ont conservé ce principe fondamental de la République française.

Au sein de l'Union européenne, la Charte des droits fondamentaux, juridiquement contraignante pour les Etats membres, affirme en son article 10 la liberté de religion : « *Toute personne a droit à la liberté de pensée, de conscience et de religion. Ce droit implique la liberté de changer de religion ou de conviction, ainsi que la liberté de manifester sa religion ou sa conviction individuellement ou collectivement, en public ou en privé, par le culte, l'enseignement, les pratiques et l'accomplissement des rites* ».

A. Fondements religieux qui le requièrent

En France, deux types d'abattage rituel sont réalisés à large échelle dans l'industrie de la viande bovine, à destination des communautés juives et musulmanes. Les considérations religieuses détaillées au cours de cette partie concernent une perception réputée majoritaire en termes d'effectifs de croyants au sein des communautés françaises juives et musulmanes. Toutefois la diversité des courants et des appréciations des textes religieux peut mener à certaines variations d'interprétation.

1. L'abattage rituel dans la religion juive

La religion juive est fondée sur le respect de la *Halakha*, fréquemment traduite en « Loi juive ». Cette dernière est basée majoritairement sur les écrits constituant la *Tanakh* (Bible hébraïque), dont la Torah est la première des trois parties constitutives. Selon la tradition, la Torah est l'enseignement divin révélé à Moïse au Mont Sinäï ainsi que les prescriptions qui en découlent. Elle comporte cinq livres (composant le Pentateuque) : la Genèse, l'Exode, le Lévitique, les Nombres et le Deutéronome, constituant un ensemble de 613 commandements. Outre la Loi écrite, dans le judaïsme rabbinique, la *Halakha* se fonde aussi sur le Talmud, de tradition orale et retranscrivant les discussions religieuses relatives au contenu de la Torah. Le Talmud comporte ainsi une dimension pédagogique, expliquant la Torah, apportant des éléments de contexte, de tradition et de précision.

a. La place de l'animal dans la religion juive

La Torah place l'homme comme l'aboutissement de la Création et au titre de cette position singulière, il est responsabilisé et tenu de vivre en harmonie avec l'ensemble de la Création. Les animaux sont considérés comme étant de création divine et possédant une sensibilité importante, proche de celle de l'homme. Ainsi leur infliger des mauvais traitements est strictement proscrit. La prise en compte de cette souffrance animale et son interdiction dans de nombreuses lois est désignée en hébreu par l'expression *Tsaar Baalé Hayim* (littéralement : « la souffrance de la bête vivante »). Ce concept large prescrit à la fois la prévention de la souffrance animale, l'obligation de secourir un animal en détresse ainsi que l'adoption systématique de comportements bienveillants à leur égard (Dewhurst 2010).

b. La Cacherout

La Cacherout désigne l'ensemble des lois alimentaires juives, décrites dans la Torah. Un aliment sera déclaré *casher* s'il est conforme à la Cacherout et donc « apte à être consommé ». C'est en particulier dans le chapitre 11 du Lévitique que les bases du régime alimentaire juif sont fixées. Les animaux y sont tout d'abord distingués en quatre catégories : les animaux terrestres (les mammifères), les animaux aquatiques, les animaux aériens (les oiseaux) et les animaux qui se meuvent sur le sol (reptiles, batraciens, invertébrés) (Fiszon 2008). Ensuite, pour la consommation des animaux terrestres, il est précisé : « *Tout ce qui a le pied corné et divisé en deux ongles parmi les animaux ruminants, vous pouvez les manger* » (Lévitique XI, 1 à 8). Les mammifères permis sont donc ongulés à sabot fendu et ruminants (incluant en particulier les bovins, ovins et caprins). Au contraire, parmi les animaux à la viande impropre et qualifiée d'impure (*terepha*), sont interdits notamment l'âne, le cheval, le porc et le lapin.

D'autres précisions sont en outre formulées dans les textes religieux juifs. Il est en effet rigoureusement interdit de consommer le sang des mammifères et des oiseaux selon la Torah. « *L'âme de toute chair c'est son sang qui est dans son corps, aussi ai-Je dit aux enfants d'Israël : ne mangez pas le sang d'une créature* » (Lévitique XVII, 14). Chez l'animal, le sang est perçu comme le support du principe de vie ou *Nefech*. Par profond respect pour cette créature d'origine divine, le support matériel de l'âme est proscrit de la consommation humaine. En raison de la lutte de Jacob et de l'ange où ce dernier toucha le nerf sciatique de Jacob à la hanche, le nerf sciatique des mammifères et toutes ses ramifications sont interdits. Certaines graisses des parties arrières de l'animal (*Helev*) sont aussi proscrites car elles étaient dévolues à être brûlées sur l'autel du Temple de Jérusalem (Fiszon 2008).

c. L'abattage rituel juif : la *shehita*

La Torah prescrit en son sein que la consommation de viande ne peut se faire que si elle est issue d'un animal permis qui a été abattu selon le rituel prescrit : la *shehita*.

« Quand [...] tu diras « je veux manger de la viande » parce que tu auras envie de manger de la viande [...], tu pourras tuer de la manière dont Je t'ai prescrite de ton gros et de ton menu bétail que t'auras donné l'Eternel, et tu pourras manger autant que tu le désireras » (Deutéronome XII, 20, 21).

Le sacrificateur est appelé *shohet*. Il doit être majeur, en pleine possession de ses facultés intellectuelles et physiques et avoir reçu un enseignement complet sur la *shehita*. En plus des notions théoriques impératives, il est tenu de réaliser un examen pratique devant une autorité religieuse compétente afin d'obtenir une *Kabala*, certifiant qu'il est autorisé à abattre rituellement. Après cette obtention et tout au long de sa pratique, le *shohet* a l'obligation de se maintenir à niveau et continuer à approfondir ses connaissances.

Le couteau d'abattage utilisé, dénommé *Halef*, doit répondre à certaines exigences spécifiées dans le Talmud. Outre sa longueur remarquable, dimensionnée par le gabarit de l'animal à abattre, une attention extrême est apportée à son tranchant. Une anomalie sur le fil du couteau pourrait entraîner un défaut de section et une augmentation accrue de la souffrance de l'animal.

Préalablement à l'abattage, l'animal a subi un examen visuel afin de s'assurer de l'absence d'anomalie signant une altération de sa santé. Après la bénédiction d'usage prononcée par le *shohet*, celui-ci tend le cuir du cou afin de faciliter l'incision puis il incise, en aval du larynx et en amont de la bifurcation de la trachée. Pour être licite, le geste doit avoir sectionné la majorité de l'œsophage et de la trachée. Cinq erreurs sont incompatibles avec la *shehita* :

- *SHEHIYA* : interruption du mouvement de va-et-vient du couteau au cours de la section
- *DERASSA* : pression du couteau sur le cou de l'animal
- *HALADA* : enfouissement du couteau
- *HAGRAMA* : glissement et mauvaise localisation anatomique de la section
- *HIKKOUR* : arrachement, déchirement de la trachée ou de l'œsophage

La présence de l'une de ces erreurs suffit à rendre la carcasse *nevela* (charogne). Ces précisions techniques prohibées sont en faveur d'une réalisation efficace de l'abattage, proscrivant toute souffrance évitable de l'animal.

Une fois la *shehita* achevée, le *shohet* doit procéder à deux types de contrôles. La *bedikat simanim* est tout d'abord effectuée et consiste à vérifier qu'aucune des cinq erreurs décrites précédemment n'a été enfreinte. Ensuite, bien que l'animal soit considéré sain par défaut et qu'il ne présentait pas d'anomalie externe, le *shohet* inspecte la carcasse afin d'en valider le bon état sanitaire : c'est la *bedikat treifot*. Au cours de cette étape, le *shohet* apporte un soin particulier à l'examen des

poumons afin de déceler la présence de lésions ou d'adhérences qui rendraient l'animal *taref*, c'est-à-dire impropre à la consommation. Il requiert en particulier à des techniques de soufflage des poumons afin d'améliorer sa détection. Enfin, après le *nikkour* où les parties interdites seront retirées de la carcasse, la viande fait l'objet d'une méthode de cachérisation afin d'en extraire le sang résiduel, par le sel ou par grillade.

Conformément à leurs **textes religieux**, les juifs accordent un **respect accru à l'animal** et portent une attention particulière à la **prévention de sa souffrance**. Cette précaution est déclinée dans les **prescriptions alimentaires**, et en particulier lors de l'**abattage du bétail**, ce dernier devant suivre un **rituel précis et exigeant** : la *shehita*. Les obligations dans cette pratique ont pour but d'éviter toute souffrance évitable de l'animal et permettent une **incision rapide** du cou, accompagnée d'une **saignée efficace abondante** et d'une **qualité vérifiée** de la carcasse.

2. L'abattage rituel dans la religion musulmane

Dans l'islam, le Coran est le texte sacré relatant les paroles d'Allah révélées par l'archange Gabriel au prophète Mahomet. Il est composé de 114 sourates divisées en versets et, avec la Sunna, ils constituent les deux sources fondamentales du droit musulman. La Sunna constitue en effet l'ensemble des traditions, paroles et actes du Prophète. Plus explicite, la tradition islamique précise les préceptes à observer par les musulmans. Les autorités religieuses musulmanes adaptent de ces sources les principes s'appliquant aux situations concrètes modernes, en particulier par l'énonciation de fatwas. Ces fondements sont aussi étoffés par l'interprétation temporelle du droit musulman, appelée *fiqh*, ainsi que par les *hadiths*. Chaque *hadith* est un récit ou un propos émanant du Prophète qui fut transmis oralement jusqu'à être finalement consigné à l'écrit.

a. La place de l'animal dans la religion musulmane

Dans l'islam comme dans les autres religions abrahamiques, la Terre, les hommes et les animaux sont de création divine. Cette caractéristique commune entre l'homme et l'animal n'est pas la seule pour les musulmans : outre cette même constitution et la nécessité de subsistance (*rizq*), ils vivent en communautés, vouent un culte au Dieu Unique et seront soumis à comparution lors du jugement dernier. Cette égalité devant Allah est notamment formulée dans le verset 49 de la sourate 16 : « *Et c'est devant Allah que se prosternent tout être vivant dans les cieux, et sur la terre ; ainsi que les Anges qui ne s'enflent pas d'orgueil* » (Sourate 16, verset 49).

Néanmoins, l'Homme est placé par Allah dans une position unique. Dès la Création, cette singularité s'exprime : « Allah a créé la terre le samedi, [...] puis il a créé les animaux le jeudi puis il a créé Adam à la fin de la création, dans la dernière heure du vendredi entre la 'asr [troisième prière quotidienne] et la nuit » selon un hadith d'Abu Huraira, un des *Sahaba* (compagnons du Prophète). L'Homme est distingué du reste des créatures : il est vicaire (*khalifa*) sur la terre. Cela signifie qu'il peut jouir de cette particularité pour utiliser et agrémenter la terre à sa convenance et à ses besoins, mais qu'il en est aussi responsabilisé et garant de sa pérennité. Le vicaire peut ainsi gérer, aménager la terre et les animaux afin d'en tirer profit, tant que la conservation n'est pas menacée. Dans une autre dimension, certains passages du Coran invitent les hommes à s'inspirer de divers animaux. Ces derniers permettent d'approfondir la foi, notamment par les exemples de sagesse, de choix de vie que certaines espèces animales représentent (Gazonneau 2019).

Plus précisément et appliqué au domaine de la domestication animale, l'appropriation et la détention d'animaux a toute légitimité pourvu que ce soit avec respect. En contrepartie, il est essentiel que le détenteur assume les devoirs et consignes qui lui sont prescrits : il doit subvenir aux besoins de ses animaux domestiques, s'assurer de l'absence de mauvais traitement et éprouver de la compassion à leur égard. La mise à mort d'un animal ne peut dès lors être justifiée que par deux situations précises, pour se nourrir ou se défendre.

b. L'alimentation halal

Le terme arabe *halal* désigne ce qui est licite, permis ou autorisé, et s'oppose majoritairement au terme *haram* lorsque ceci est illicite ou interdit. Ces notions s'appliquant en permanence, elles couvrent des domaines aussi divers que l'alimentation, le quotidien, le mariage, etc. Ainsi par exemple, les jeux de hasard ou la triche seront réputés *haram*.

La majorité des prescriptions alimentaires sont issues des sourates La Vache (sourate 2), La Table Servie (sourate 5) et Les Bestiaux (sourate 6). Le verset 145 de la sourate 6 en explicite les principales :

« Dis : « Dans ce qui m'a été révélé, je ne trouve d'interdit, à aucun mangeur d'en manger, que la bête [trouvée] morte, ou le sang qu'on a fait couler, ou la chair de porc – car c'est une souillure – ou ce qui, par perversité, a été sacrifié à autre qu'Allah ». Quiconque est contraint, sans toutefois abuser ou transgresser, ton Seigneur est certes Pardonneur et Miséricordieux » (Sourate 6, verset 145).

Il est dès lors exprimé que la consommation de viande doit être conforme à des conditions précises. La viande de porc est proscrite, de même que celle d'un animal mort d'une cause accidentelle ou naturelle, ainsi que celle d'un animal qui n'a pas été saigné. Le verset 3 de la sourate 5 (voir Partie 1-

II.A.2.c) précise toutefois qu'il est possible de consommer la viande d'un animal blessé à l'unique condition qu'une saignée ait pu être pratiquée avant la survenue de la mort.

Le Coran distingue les animaux dont la chair est licite *a priori*, de ceux dont la chair est immonde (*haram*). Parmi les espèces autorisées, sont notamment cités les ruminants (bovins, ovins, caprins, camélidés, etc.) de même que la plupart des animaux aquatiques et des oiseaux, quelques cas particuliers faisant exception (Benelmouffok 2008). Au contraire, sont exclus la chair de porc, des animaux carnassiers, des détritivores ou encore des ânes. Le porc est néanmoins la seule espèce explicitement interdite dans le Coran. D'autres espèces sont toutefois soumises à divergence et controverse, en particulier l'espèce équine où certains courants musulmans en admettent la consommation.

Il n'y a cependant aucune obligation de consommation de viande dans les textes religieux. De même, des écarts aux interdits alimentaires sont tolérés en période de famine. Dans le cas où elle est souhaitée, la consommation de viande casher est autorisée dans l'islam car conforme au rituel des Gens du Livre (*Ahl al Kitab*, expression incluant les juifs et les chrétiens).

c. L'abattage rituel musulman : le *dhabh*

Pour que la viande soit reconnue *halal*, il faut que la mise à mort de l'animal licite dont elle provient se soit déroulée selon une des trois techniques d'abattage rituel autorisées. Le choix de la technique dépend de l'espèce considérée, son gabarit, son niveau de domestication et du contexte (chasse ou non). Pour les ruminants de boucherie, le procédé le plus couramment appliqué est le *dhabh*, c'est-à-dire par section au niveau du cou des artères carotides, veines jugulaires, trachée et œsophage. L'animal ainsi abattu sera alors désigné sous le terme *dhabiha*. Le second procédé pouvant être appliqué sur les bovins est appelé *nahr* et consiste à pénétrer l'entrée de la poitrine par une lame filiforme. Par la nécessité de suivre ce rituel sacrificiel, les hommes honorent Allah et se rappellent de sa permission conditionnelle pour consommer la chair animale.

Pour pouvoir pratiquer cet abattage rituel, il faut que le sacrificateur soit adulte, musulman (ou appartenant aux Gens du Livre), en pleine possession de ses moyens physiques et psychiques et qu'il connaisse les prescriptions islamiques relatives à l'abattage. Il doit en outre se soucier de l'absence de souffrance évitable comme recommandé dans un hadith de Muslim : « *Quand vous égorgez un animal, égorgez-le d'une excellente manière : que chacun de vous aiguise sa lame et qu'il ne maltraite pas l'animal qu'il va sacrifier* ». Le couteau doit être parfaitement tranchant, aiguisé hors de la vue d'un animal et le sacrifice doit être fait sans attendre. L'animal abattu présente un bon état sanitaire, lors de l'abattage et au cours de sa vie.

En pratique, l'abattage rituel musulman doit être conforme à trois conditions obligatoires. Le sacrificateur doit avoir l'intention (*niyya*) en son for intérieur de sacrifier l'animal. L'incision doit être rapide, profonde et sans interruption, préférentiellement en un seul mouvement. Doivent être sectionnés les veines jugulaires, les artères carotides, la trachée et l'œsophage.

D'autres prescriptions sont à respecter aussi fréquemment que possible mais dans le cas d'une omission involontaire, elles ne rendent pas l'animal *mayta* (charogne) pour autant. Avant l'abattage, le sacrificateur, tourné dans la direction de la Mecque, doit prononcer le nom de Dieu et lui rendre grâce en particulier par les expressions « *Bismillah Allahu Akbar* » signifiant « Au nom de Dieu, Dieu est grand ». De même, l'animal est si possible orienté vers la direction sainte (la *qibla*, c'est-à-dire vers la *Kaaba* de la Mosquée sacrée, à la Mecque). Il est traditionnellement couché sur le flanc gauche et il est préconisé de l'égorger avec la main droite. La décapitation en tant que souffrance évitable est proscrite, elle est toutefois tolérée si accidentelle et non intentionnelle.

Enfin, le verset 3 de la Sourate 5 précise que la chair d'un animal blessé peut être reconnue *halal* s'il a pu être saigné avant la survenue de la mort.

« Vous sont interdits la bête trouvée morte, le sang, la chair de porc, ce sur quoi on a invoqué un autre nom que celui d'Allah, la bête étouffée, la bête assommée ou morte d'une chute ou morte d'un coup de corne, et celle qu'une bête féroce a dévorée – sauf celle que vous égorguez avant qu'elle ne soit morte. [Vous sont interdits aussi la bête] qu'on a immolée sur les pierres dressées, ainsi que de procéder au partage par tirage au sort au moyen de flèches car cela est perversité. [...] Si quelqu'un est contraint par la faim, sans inclination vers le péché... alors, Allah est Pardonneur et Miséricordieux. » (Sourate 5, verset 3)

Dans l'islam, l'homme voue un **profond respect envers les animaux** et doit en toute occasion veiller à considérer leur bien-être. Les **textes religieux** musulmans déterminent précisément les directives à adopter quant au mode de vie du croyant. Ils fixent en particulier les conditions d'une alimentation conforme, dite **halal**, ainsi que les **interdits alimentaires** qui en résultent. La chair animale ne peut dès lors provenir que d'un animal appartenant à une **espèce licite** et abattu selon un **rituel sacrificiel** détaillé. Les conditions d'abattage garantissent, par une **incision rapide et profonde**, une **exsanguination profuse** et l'éviction de toute **souffrance évitable**.

B. Règlementation autorisant l'abattage sans étourdissement

1. Dérogation à l'obligation d'étourdissement en abattoir

Conformément aux principes de liberté religieuse, la réglementation européenne rend possible aux pays membres l'abattage sans étourdissement préalable. En particulier, dans le règlement (CE) N° 1099/2009, le paragraphe 4 de l'article 4 précise que « *pour les animaux faisant l'objet de méthodes particulières d'abattage prescrites par des rites religieux, les prescriptions visées au paragraphe 1 ne sont pas d'application pour autant que l'abattage ait lieu dans un abattoir* » (Conseil de l'Union Européenne 2009). L'abattage rituel est ainsi considéré comme étant une dérogation possible à l'abattage conventionnel.

Dans le code rural, c'est l'article R. 214-70 qui présente cette possibilité : « *l'étourdissement des animaux est obligatoire avant l'abattage ou la mise à mort, à l'exception des cas suivants : 1° Abattage rituel* » (République Française 2003). Les articles suivants en fixent les modalités, notamment l'interdiction « *de procéder ou faire procéder à un abattage rituel en dehors d'un abattoir* ».

Le décret 2011-2006 du 28 décembre 2011 et son arrêté d'application fixent les conditions d'autorisation des établissements d'abattage à déroger à l'obligation d'étourdissement des animaux (République Française 2011). Les modalités et considération pratiques sont détaillées dans la note de service DGAL/SDSSA/N2012-8250 du 05 décembre 2012 (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt 2012). L'abattoir doit obtenir une autorisation préfectorale qui sera délivrée s'il répond aux différentes exigences. Cela implique un matériel adapté, des sacrificateurs formés, habilités par les organismes religieux agréés, ainsi que des procédures spécifiques. Les abattoirs doivent en outre justifier l'usage de la dérogation et des volumes produits rituellement par des commandes commerciales correspondantes.

2. Obligation d'une immobilisation spécifique

Le règlement (CE) N° 1099/2009 précise les modalités de contention devant être utilisées lors d'un abattage rituel. Il faut en effet, selon l'article 15, que les ruminants soient individuellement immobilisés par des moyens mécaniques. Il dispose en outre : « *Les systèmes d'immobilisation des bovins par renversement ou toute autre position non naturelle ne sont pas utilisés, sauf lorsque des animaux sont abattus conformément à l'article 4, paragraphe 4, et pour autant que ces systèmes soient munis d'un dispositif qui limite les mouvements latéraux et verticaux de la tête de l'animal et puissent être adaptés à la taille de celui-ci* ».

Dans le code rural, l'article R. 214-74 sur l'immobilisation des ruminants lors de l'abattage rituel mentionne en plus que « *l'immobilisation doit être maintenue pendant la saignée* ». L'annexe II bis de

l'arrêté du 28 décembre 2011 indique que « *les animaux ne doivent pas être placés dans l'appareil d'immobilisation si le personnel chargé de leur jugulation n'est pas prêt à opérer* ».

3. Obligation de contrôle systématique de la mort des animaux

Le règlement (CE) N° 1099/2009 fixe des garanties en matière de protection animale, en particulier dans l'article 5 où il impose des contrôles systématiques de la mort et d'absence de conscience avant que ne cesse la contention des animaux abattus rituellement : « *Les animaux sont mis à mort sans étourdissement préalable, les personnes chargées de l'abattage procèdent à des contrôles systématiques pour s'assurer que les animaux ne présentent aucun signe de conscience ou de sensibilité avant de mettre fin à leur immobilisation et ne présentent aucun signe de vie avant l'habillage ou l'échaudage.*»

4. Habilitation religieuse du sacrificateur et obligation de compétences techniques spécifiques

Conformément à l'article R. 214-75 du code rural, l'abattage rituel ne peut être pratiqué que par des sacrificateurs habilités par les organismes religieux agréés, sur proposition du Ministre de l'intérieur, par le Ministre chargé de l'agriculture. Cette habilitation est matérialisée par une carte que le sacrificateur rituel doit être en mesure de présenter en cas de contrôle. Le sacrificateur musulman peut être habilité par la Grande Mosquée de Paris, la Grande Mosquée de Lyon ou la Mosquée d'Evry-Courcouronnes. Pour le sacrificateur israélite, l'habilitation est attribuée par la commission rabbinique intercommunautaire et délivrée par le Consistoire central israélite de France. Des dispositions spécifiques s'appliquent dans le cas des départements concernés par le Régime spécifique des cultes en Alsace-Moselle.

L'habilitation religieuse ne correspond en aucun cas à une qualification associée à une formation en hygiène ou protection animale mais caractérise uniquement la reconnaissance d'une compétence religieuse. Les sacrificateurs rituels, en tant qu'opérateurs au contact d'animaux dans les abattoirs, doivent satisfaire les obligations de formation en hygiène et protection animale (voir Partie 1-I.A.2.). Un complément relatif à l'absence d'étourdissement préalable doit être suivi au cours des formations sur la protection des animaux, comme indiqué dans l'Arrêté du 19 septembre 2012 portant publication de la liste des dispensateurs de formation habilités à mettre en œuvre l'action de formation professionnelle continue sur la protection des animaux dans le cadre de leur mise à mort (République Française, 2012). Il est en effet mentionné dans l'article 7 du règlement (CE) N° 1099/2009 que les exploitants veillent à ce que les opérations d'abattage « *ne soient réalisées que par les personnes*

titulaires du certificat de compétence correspondant, (...) attestant leur capacité à effectuer ces opérations (...) d'abattage conformément à l'article 4, paragraphe 4 », c'est-à-dire à l'abattage rituel.

Une précision dans l'annexe II du règlement communautaire est ajoutée à propos de la saignée. En effet, afin d'optimiser la rapidité et la qualité de la saignée « *les deux artères carotides, ou les vaisseaux dont elles sont issues, sont incisées systématiquement* ». L'annexe II bis de l'arrêté du 28 décembre 2011 requiert les dispositions suivantes : « *Le couteau utilisé pour la saignée est adapté à la taille de l'animal et en permanence aiguisé et affilé. Au moins un couteau de rechange est disponible immédiatement* ».

L'abattage **sans étourdissement préalable** des bovins peut être pratiqué en France **uniquement à titre dérogatoire**. Les réglementations européenne et française encadrent ce procédé par un contexte spécifique : **installations et contention adaptées** à l'espèce et au gabarit de l'animal, **formation technique et habilitation religieuse** du sacrificateur, **cadence** compatible avec les **contrôles systématiques de mort des animaux**. Afin de **maîtriser les volumes produits** rituellement, l'abattage rituel doit impérativement être **justifié par des commandes commerciales** qui le requièrent.

C. Fonctionnement de la chaîne d'abattage sans étourdissement

En pratique en France, l'abattage industriel rituel des bovins s'effectue selon des pratiques en accord avec les prescriptions religieuses, la réglementation et les nécessités de rentabilité de la chaîne d'abattage. C'est à l'aune de ces considérations qu'une certaine variabilité peut être observée selon l'établissement d'abattage, ses infrastructures et la confession des sacrificateurs. Néanmoins, les guides de bonnes pratiques, issus d'accords interprofessionnels, en décrivent le cas général préconisé.

1. Inspection des animaux vivants

En plus de l'inspection *ante mortem* effectuée systématiquement par les services vétérinaires et en vue d'une production de viande casher, le sacrificateur juif sélectionne les individus compatibles avec cet abattage rituel.

2. Immobilisation spécifique

Conformément à la réglementation européenne, la contention en vue de l'abattage rituel doit restreindre les mouvements du corps et de la tête. En outre, les traditions religieuses recommandent

pour certaines un décubitus latéral ou dorsal de l'animal, facilitant notamment le mouvement du sacrificateur. C'est ainsi qu'en France, la majeure partie des abattages rituels de bovins adultes s'effectue à l'aide d'un box rotatif de type Weinberg (Figure 6), dont la rotation peut être complète (180°) ou non (45° ou 90°) (Allmendinger 2008; INTERBEV, Institut de l'Élevage, ADIV 2013).

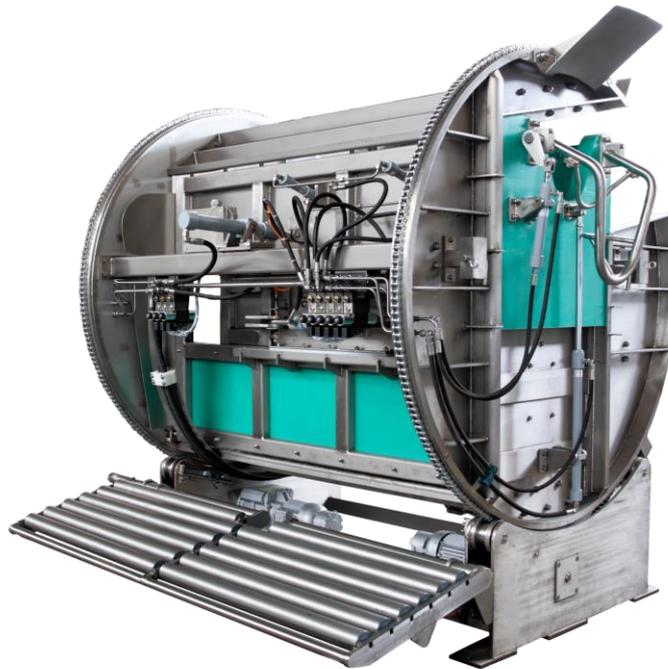


Figure 6 : Box rotatif de contention avec immobilisation de la tête, utilisé en abattage rituel, issu de jwebanss.de

Eu égard à l'hygiène et la sécurité des viandes, la conception des installations doit permettre d'éviter les contacts de la plaie de saignée avec les éléments constitutifs du box. Il s'agit en parallèle, pour ce qui concerne la protection animale, de minimiser le temps de contention avant l'égorgeage, et notamment la période où l'animal est en rotation (Figure 7). Afin que le mouvement d'égorgeage soit facilité, la présentation du cou doit être optimale : des tissus cutanés et profonds en tension assureront une section franche et une pénétration rapide de la lame. Néanmoins les excès de pression exercée par la mentonnière sont décelés par une fréquence anormalement augmentée des vocalisations ou des contusions observées sur les carcasses. Enfin, le choix de l'angle de rotation du box est ainsi fonction du type de rituel envisagé, de la conception du poste et de la position relative du sacrificateur afin que le mouvement d'égorgeage puisse être ample et facilité.

La contention est maintenue au moins jusqu'à la perte de conscience de l'animal, c'est-à-dire au moins 45 secondes après un égorgeage avec saignée abondante selon le GBP relatif à la protection animale.



Figure 7 : Contention mobile, accompagnant le basculement de l'animal au cours de la rotation du box, issu de jwebanss.de

3. Saignée

Au cours d'un abattage rituel, c'est la saignée qui induit la perte de conscience puis la mort de l'animal, par perte de volume et de débit sanguin. L'acte de section du cou de l'animal est appelé égorgement (ou jugulation) et concerne les veines jugulaires, artères carotides, trachée, œsophage, peau, nerfs crâniens et muscles adjacents. L'égorgement est réalisé par le sacrificateur religieux, après avoir prononcé la bénédiction idoine.

Les critères d'attention sont principalement : l'emplacement de l'incision sur le cou, son inclinaison et le nombre de coups de couteau nécessités. Le GBP relatif à la plaie de saignée indique que l'incision doit se faire en regard du larynx, en direction des oreilles de l'animal ou le long des branches montantes de la mandibule (Figure 8). De préférence, un seul coup de couteau, ample et continu sera requis mais une tolérance jusqu'à trois passages de lame est souvent appliquée. Il est alors fondamental que la longueur de lame du couteau soit suffisante relativement à la largeur du cou (souvent au moins 30 cm), et excellemment tranchante pour limiter les effets de cisaillement. En cas d'anomalie constatée sur la lame, un couteau de rechange ainsi qu'un système d'affilage est mis à disposition du sacrificateur. L'entretien régulier des couteaux, par affûtage et affilage, en sus du contrôle de bon état de la lame, est primordial (Figure 9).

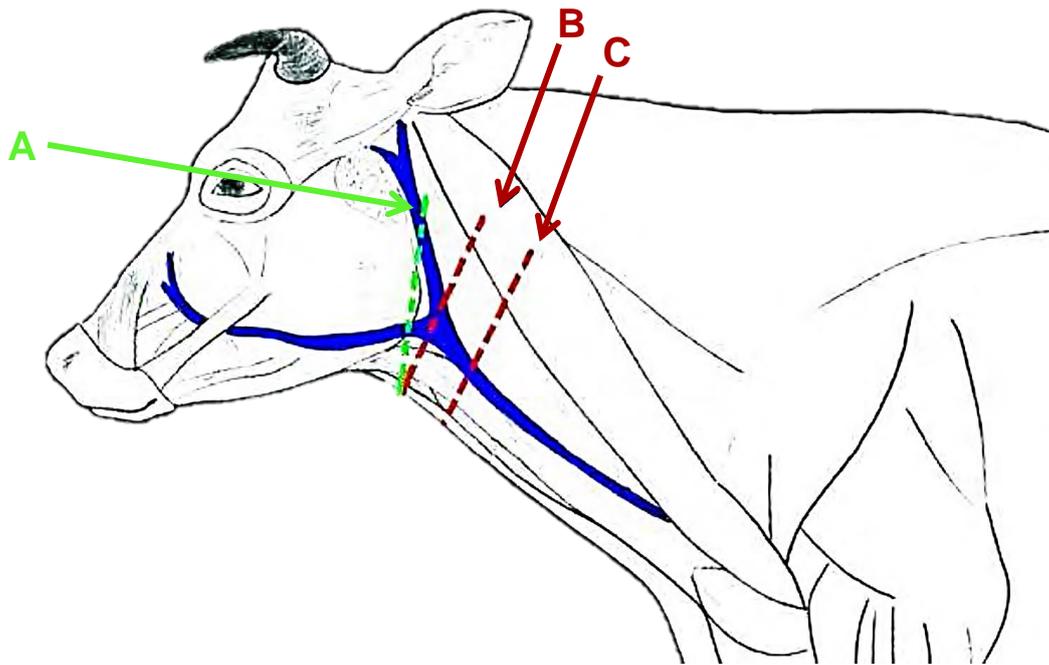


Figure 8 : Repères anatomiques de position et d'inclinaison de section lors d'un égorgement correct (A), inclinaison incorrecte (B), position et inclinaison incorrectes (C), adapté d'après Interbev

La contention doit être maintenue au moins 45 secondes consécutives à l'égorgement (Figure 10). Ensuite, en fonction du procédé choisi et pendant les 45 secondes suivantes, la contention peut être maintenue, ou bien levée et l'animal est alors en affalage. Ces 90 secondes doivent être scrutées attentivement afin de détecter tout signe de conscience ou de reprise de conscience. Au terme de cette période, la respiration arrêtée et l'absence persistante de réflexes indiquent un état d'anoxie cérébrale. Dès lors, un délai de 4 minutes est à observer afin de pouvoir considérer l'anoxie suffisamment prolongée pour avoir engendré des lésions irréversibles et un état de mort de l'individu. La durée minimale avant début de l'habillage en cas d'abattage rituel est donc d'au moins 5 min 30s.

En cas d'échec à la perte de conscience après 90 secondes, ou dans le cas d'une reprise de conscience pendant la phase de latence, un étourdissement devra être pratiqué sans attendre. La carcasse sera alors écartée de la chaîne rituelle, de même quand la section du cou a nécessité plus de trois passages de couteau.

Un contrôle visuel par le sacrificateur est requis afin de s'assurer que les artères de chaque côté de l'animal évacuent abondamment du sang. Dans le cas contraire et après avoir vérifié la lame du couteau, une nouvelle section du vaisseau sera appliquée afin de traiter le faux-anévrisme (voir Partie 1-IV.1.). La pratique d'un étourdissement post-égorgement, appelé soulagement, est parfois réalisée en accord avec les autorités religieuses concernées par l'établissement d'abattage (voir Partie 1-III.A.).

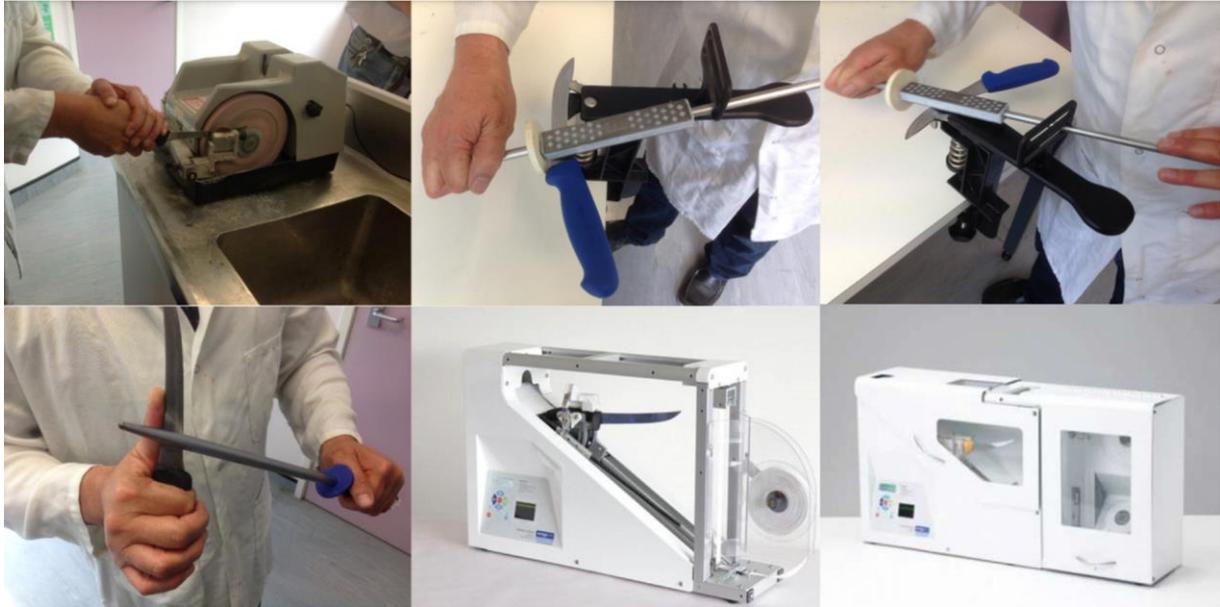


Figure 9 : De haut en bas et de gauche à droite, succession des étapes d'affûtage des couteaux pour l'abattage rituel, du meulage grossier à l'affilage, et deux exemples d'appareil Anago Ltd. pour mesurer quantitativement l'affûtage des couteaux, d'après Farouk, Pufpaff, Amir 2016



Figure 10 : Animal égorgé lors d'un abattage rituel en box rotatif et berce d'affilage, crédits photos : OrdaSoft.com 2023, issu de mecanova.es

4. Certification

L'animal abattu conformément à la *shehita* est contrôlé par le *shohet* pour s'assurer qu'aucune des cinq erreurs prohibées n'a été commise lors de l'égorgeage (voir Partie 1-II.A.1.c.). Après l'inspection *post mortem* réalisée par les services vétérinaires, le sacrificateur procède à un examen de la carcasse, décelant notamment des adhérences consécutives à une affection pulmonaire. Les morceaux proscrits de la consommation sont ensuite découpés. En France et contrairement en Israël, le nerf sciatique n'est pas détaché des viandes adjacentes, l'acte étant très technique et chronophage, il n'est pas jugé avantageux économiquement (Žurek *et al.* 2021). L'arrière de l'animal, c'est-à-dire à partir de la 9^e côte, sera considéré comme impropre et seuls les quartiers avant pourront être consommés par les juifs, après traitement par une méthode de cashérisation.

Le système de certification religieuse, octroyant les mentions « halal » ou « casher », est exclusivement encadré par les autorités religieuses et aucunement par l'administration. Les organismes certificateurs prennent en compte des éléments relatifs au contrôle sanitaire, à la protection animale, à la traçabilité et sont les garants du respect des prescriptions religieuses. Les cahiers des charges peuvent varier selon l'organisme, certains considérant par exemple qu'une certification rituelle « halal » peut être compatible avec la pratique d'un soulagement (voir Partie 1-III.C.) (Tadiello 2017; Farouk 2013).

Au cours de l'abattage rituel, la perte de conscience survient par **baisse importante du débit sanguin**, provoquée par la saignée. La **contention spécifique, rotative** et immobilisant le corps et la **tête**, doit être **maintenue jusqu'à** la perte de conscience. **Toute anomalie à la perte de conscience** ou de reprise de conscience tardive doit faire l'**objet d'un étourdissement**, entraînant une **sortie du circuit rituel**. La carcasse dépendra alors du circuit conventionnel, de même qu'en cas de non-conformité religieuse. Enfin, la viande produite sera **certifiée rituelle** lorsque sa qualité aura été vérifiée par les acteurs compétents. L'abattage rituel repose ainsi sur des **prescriptions religieuses**, des **normes d'hygiène et sécurité**, de **protection animale**.

III. Méthodes alternatives de contention et d'induction d'inconscience et compatibilités avec l'abattage rituel

En 2018, l'Anses a publié un avis relatif au bien-être animal où elle définissait ce dernier ainsi : « le bien-être d'un animal est l'état mental et physique positif lié à la satisfaction de ses besoins physiologiques et comportementaux, ainsi que de ses attentes. Cet état varie en fonction de la perception de la situation par l'animal. » (Anses 2018). Par essence, en contexte d'abattage et *a fortiori* au cours de la mise à mort, cet état présente de lourdes difficultés de compatibilité. C'est pourquoi dans ce cadre, la notion de bienveillance paraît plus adaptée. En effet, il s'agit alors des moyens mis en place par l'humain eu égard de l'animal considéré, visant à satisfaire ses besoins physiologiques, comportementaux et à l'éviction des paramètres susceptibles d'engendrer un mal-être (Mounier *et al.* 2021).

Dans la perspective d'accroître la bienveillance, d'autres méthodes d'abattage rituel industriel sont décrites et mises en œuvres à l'international. Ces différences peuvent résider dans la technique d'induction d'inconscience, soit en ayant recours à un étourdissement réversible avant saignée, soit par la pratique d'un soulagement, mais les dispositifs de contention sont aussi sujets à innovation. Toutefois, ces variations dans les pratiques ne sont pas toujours reconnues conformes au rite prescrit, selon les exégèses et interprétations des textes religieux, et sont donc soumises à validation.

A. Présentation de pratiques alternatives décrites d'induction de l'inconscience

L'étourdissement préalable à l'abattage vise à induire un état d'inconscience qui doit être maintenu jusqu'à la mort engendrée par la saignée de l'animal. La perte de sensibilité aux stimuli extérieurs et sensations corporelles lui évite tout sentiment de peur, douleur ou souffrance. Sur les ruminants, outre le pistolet à tige perforante (voir Partie 1-I.B.2.), l'étourdissement peut être fait par pistolet à tige non perforante ou passage d'un courant électrique à partir de deux ou trois électrodes (EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) 2020). La pratique d'un étourdissement par tige perforante juste après égorgement ainsi qu'un prototype innovant étourdissant l'animal par ondes électromagnétiques sont aussi décrits dans cette section. L'étourdissement par gazage, que ce soit par inhalation de dioxyde ou monoxyde de carbone, de gaz inertes ou encore de mélanges les associant, n'est pas traité ici car non utilisé sur les bovins adultes.

1. Pistolet à tige non perforante

Le pistolet à tige non perforante est appliqué selon les mêmes repères que lorsque la tige perce mais ne repose que sur l'effet de la percussion crânienne. Au cours de la commotion cérébrale en découlant, l'onde de choc concentrique se propage et entraîne une dépolarisation des cellules nerveuses (Terlouw, Ducreux, Bourguet 2021a). La perte de conscience engendrée est ainsi réversible,

lorsque les gradients de potentiel électrochimiques membranaires sont rétablis. En fonction des paramètres de puissance choisis, des fractures de l'os frontal peuvent être observées, associées à des hémorragies résultant du trajet de fragments osseux (Cockram 2017). Cette méthode ayant été réputée à efficacité variable sur les taureaux et sujets à épaisseur de crâne plus importante, notamment par l'EFSA en 2004, son utilisation est actuellement restreinte par le règlement (CE) N° 1099/2009 aux seuls ruminants de moins de 10 kg de poids vif.

2. Electronarcose

Le principe de l'étourdissement par électronarcose est de faire passer un courant électrique d'intensité suffisante par la tête de l'animal. La dépolarisation massive synchrone des neurones est à l'origine d'une crise épileptique généralisée (Terlouw, Bourguet, Deiss 2015). Elle s'accompagne d'une perte de conscience et se décompose en une phase tonique de contractions musculaires brutales et d'une phase clonique de mouvements saccadés. Sur les gros bovins, les convulsions tonico-cloniques peuvent être considérables et ne sont pas sans danger pour la sécurité de l'animal et des opérateurs.



Figure 11 : Mentonnière permettant l'électronarcose en deux points (électrodes en avant et arrière de la tête), issu de jwebanss.de

En électronarcose à deux points (Figure 11 Figure 12), les électrodes sont placées de part et d'autre de la tête, de telle sorte que le courant traverse le cerveau. Cet étourdissement a l'intérêt d'être réversible et instantané, c'est pourquoi il est massivement utilisé en Nouvelle-Zélande pour l'abattage rituel musulman des ovins. En l'absence de saignée suite à l'électronarcose en deux points de gros bovins, les réflexes oculaires sont récupérés en 1 à 4 minutes, la phase tonique se termine en environ 10 secondes et la phase clonique après 56 secondes (Cockram 2017). La respiration reprend dans les 30 à 90 secondes et en 5 minutes, l'animal se relève. Des cas d'arrêt cardiaque consécutif à cet étourdissement sont toutefois décrits. Afin de garantir l'efficacité de l'étourdissement, le règlement (CE) N° 1099/2009 fixe des intensités minimales de courant en Europe, selon l'âge et l'espèce des animaux de boucherie considérés. Ceci permet d'adapter les paramètres électriques à la variabilité d'impédance des individus et leur résistance électrique tissulaire, en particulier liée à leur gabarit.

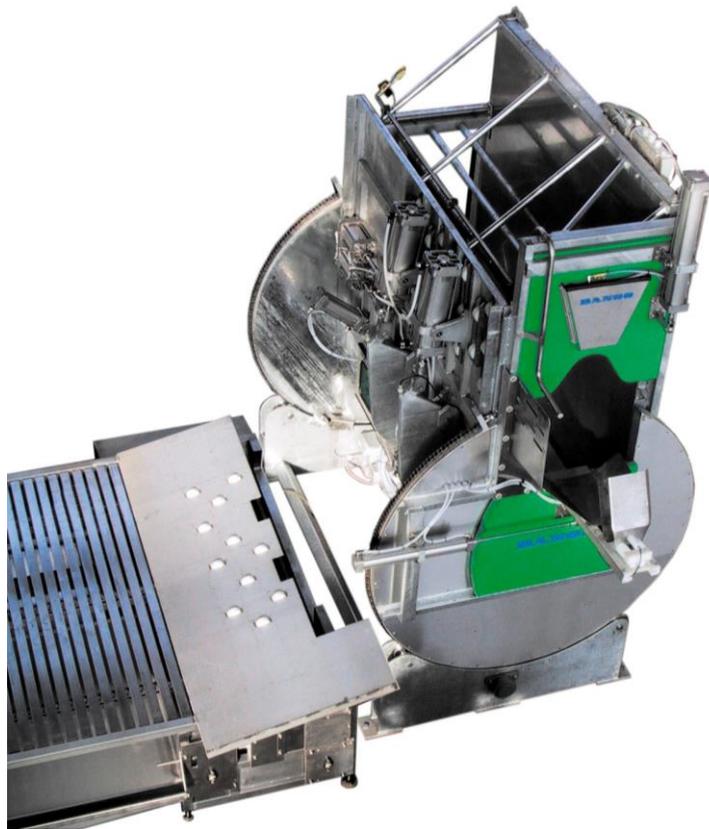


Figure 12 : Box rotatif d'électronarcose permettant une présentation du cou compatible avec une saignée consécutive à l'étourdissement, issu de jwebanss.de

En électronarcose à trois points, le courant est d'abord appliqué entre les électrodes nasale et cervicale pendant deux à quatre secondes, engendrant inconscience et crise épileptique. Ensuite, une électrode au niveau du sternum de l'animal est apposée pendant une quinzaine de secondes. Cela

déclenche une fibrillation cardiaque aboutissant à un arrêt cardiaque. L'activité du cerveau cesse ensuite définitivement par l'anoxie cérébrale consécutive (Riaz *et al.* 2021). Une troisième phase est parfois opérée, facultative, elle correspond à une électro-immobilisation par un courant traversant l'organisme « de la tête à la queue », contractant les muscles squelettiques et respiratoires. Elle permet de faciliter la saignée mais est néanmoins sujette à controverse car masquant toute expression de signes de reprise de conscience éventuelle. L'électronarcose à trois points engendrant un arrêt cardiaque, cet étourdissement est donc qualifiable d'irréversible.

3. Soulagement

Immédiatement après égorgement lors de l'abattage rituel, un étourdissement au pistolet à tige perforante peut être appliqué en accord avec le représentant religieux sur place (Figure 13). Cet étourdissement post-saignée, ou soulagement, ne supprime pas le stress et la douleur liés à l'égorgement mais a pour but de précipiter la survenue de l'inconscience (Letessier 2018). Afin de maximiser son intérêt, il apparaît essentiel que le délai d'application de cet étourdissement soit réduit autant que possible (Bureau ETRE 2020). C'est pourquoi il convient alors que la conception du poste permette un accès dégagé au crâne de l'animal. A titre indicatif, le *Guide de bonnes pratiques pour la maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir* préconise que le soulagement soit réalisé dans un délai de 5 à 10 s après égorgement.



Figure 13 : Soulagement, ou étourdissement post-égorgement, d'après Allmendinger 2008

B. Variations des méthodes de contention

Les dispositifs d'immobilisation varient selon la position de l'animal et son angle de rotation. La réglementation européenne autorise l'emploi de box rotatifs (« *casting pen* ») à titre dérogatoire pour l'abattage sans étourdissement préalable. En France, les box rotatifs à parois latérales fixes, de type Weinberg (Figure 15) sont largement répandus et permettent un décubitus dorsal de l'animal, un décubitus latéral à 45° ou encore un décubitus latéral à 90°, selon le procédé choisi par l'abattoir. Le décubitus dorsal de l'animal favorise l'exposition du cou pour le sacrificateur, facilitant la réalisation du mouvement et minorant la fatigue induite sur l'opérateur. La variabilité liée au facteur humain dans la répétabilité du processus est ainsi amoindrie, le geste de saignée est donc plus probablement réalisé correctement, au bénéfice de la protection animale. Néanmoins, ce renversement complet de la posture n'est pas un phénomène rencontré physiologiquement chez les espèces bovines, c'est pourquoi cet événement peut être considéré comme générateur de stress pour l'animal (Organisation mondiale de la santé animale 2016). En outre, le poids exercé par les viscères abdominaux réduit considérablement la capacité respiratoire. Des phénomènes d'aspiration du sang et de contenu digestif peuvent aussi survenir selon le *Code sanitaire pour les animaux terrestres*, adopté par l'Organisation mondiale de la santé animale, fondée en tant qu'OIE. Les dispositifs à parois latérales mobiles sont préférés dans ce *Code* et un égorgement sans attente après la rotation y est indiqué. La conception de box d'électronarcose tel qu'en Figure 12 permet une présentation du cou préalable à la saignée dès l'immobilisation. Le délai entre étourdissement et saignée peut ainsi être considérablement réduit.



Figure 15 : Box rotatif de contention avec immobilisation de la tête, crédits photos : OrdaSoft.com 2023, issu de mecanova.es

A partir de 1988, la professeure en zootechnie et sciences animales Temple Grandin (voir Partie 2-II.A.) a conçu et décrit un box de contention communément désigné sous l'appellation *modified ASPCA pen*. L'ASPCA, pour *American Society for the Prevention of Cruelty to Animals*, est une association de protection animale américaine et ce box modifié assure une contention debout de l'animal (Figure 16). A la lumière de ses observations attentives du comportement des bovins, Temple Grandin a amélioré ce dispositif, à savoir par un élévateur abdominal répartissant la pression de contention, une mentonnière, une potence guidant le front et de multiples régulateurs de pression. L'entrée de l'animal dans le box est incitée par la présence à son avant d'une source lumineuse et par une poussée douce à l'arrière. Une paroi occultant le reste de l'environnement lui évite en outre d'y percevoir des éléments stressants. Ainsi conçu, ce box conserve l'animal en position physiologique et réduit les délais entre l'entrée dans le box et la présentation sous contention du cou.

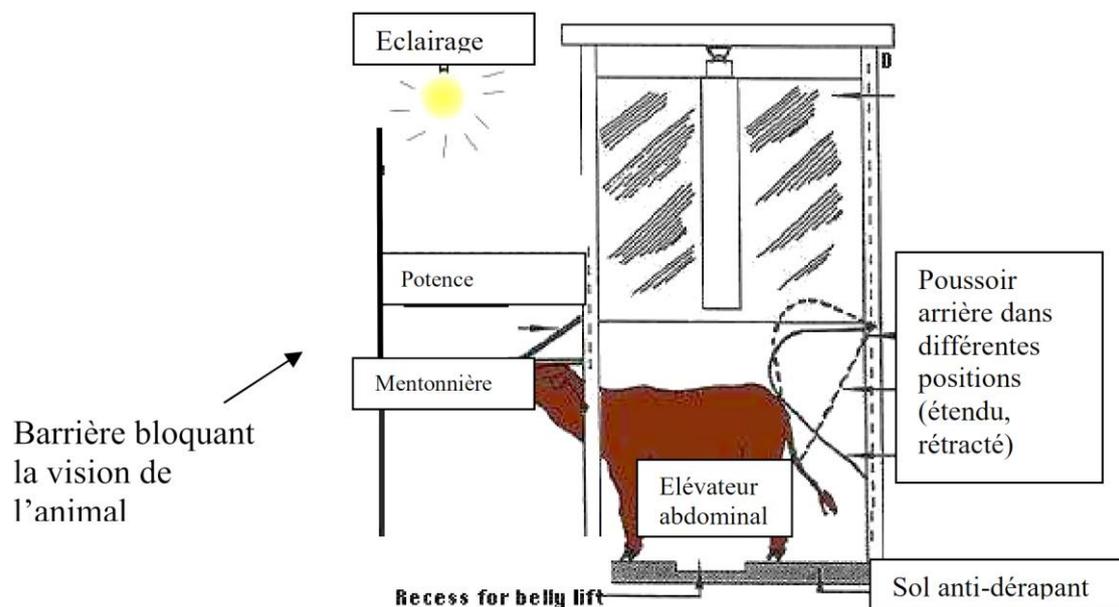


Figure 16 : Conception et caractéristiques des dispositifs composant l'ASPCA pen modifié, d'après Grandin 1994

C. Qualité spirituelle, attentes des communautés religieuses et variabilité des certifications

1. Qualité spirituelle et importance de la protection animale dans les textes religieux

La consommation de viande issue d'abattage rituel est partie intégrante de la pratique culturelle et de la vie religieuse des croyants (Riaz *et al.* 2021). Clairement prescrite par les textes fondateurs religieux (voir Partie 1-II.A.), ces écrits insistent aussi à de nombreuses reprises sur l'importance de la protection animale et du respect de tout être vivant. La viande halal ou casher ne peut donc être réduite

à une carcasse abattue conformément à des considérations techniques, sans prendre en compte sa qualité spirituelle. Dans le cadre d'une consommation halal, la qualité spirituelle d'une viande selon M. Farouk *et al.* en 2014, constitue le socle de la qualité de la viande sans laquelle aucune autre considération de qualité ne peut se justifier (Farouk *et al.* 2014). La qualité spirituelle d'une viande halal repose sur un bétail 1) détenu légalement et élevé éthiquement, 2) abattu conformément à la méthode dictée par le Prophète, fidèlement et sincèrement, 3) nourri et abreuvé préalablement à son abattage, sans privation. Parmi les prescriptions religieuses relatives à l'abattage, qu'il soit juif ou musulman, certainement la plus importante de toutes impose que l'animal doit être vivant au moment de sa mise à mort (Żurek *et al.* 2021; Riaz *et al.* 2021).

2. Interprétations et différences d'acceptation selon les courants religieux

Parmi les caractéristiques de l'abattage rituel, la nécessité d'un maintien total de conscience de l'animal à la mise à mort est certainement la question la plus sujette à controverse (Farouk 2013). Cette absence de consensus peut notamment s'expliquer par la structure organisationnelle des religions juives ou musulmanes où il n'y a pas de chef universel (à la manière de la fonction papale au sein de la religion catholique par exemple). Ainsi, chaque pays, chaque courant, chaque consistoire ou chaque mosquée peut livrer une exégèse des textes sacrés avec plus ou moins de variation. Certains préfèrent une saignée de l'animal sans étourdissement préalable, d'autres acceptent un étourdissement réversible ou encore la pratique d'un étourdissement post-égorgement. Ces différences d'interprétation ne sont pas sans susciter des débats au sein des communautés religieuses, en particulier la question de l'acceptation des techniques d'abattage moderne est sujette à réflexion au sein du droit musulman (Żurek *et al.* 2021).

Les défenseurs de l'abattage rituel d'un animal sans altération de conscience considèrent différents points (Fuseini, Knowles, *et al.* 2016; Farouk, Pufpaff, Amir 2016; Żurek *et al.* 2021). Certains estiment que le recours à des technologies modernes ne peut être compatible avec la loi islamique car le Prophète ne les utilisait pas et n'en a pas fait mention, qu'il s'agit de reproduire rigoureusement la prescription faite. En outre, la survenue de la mort pouvant se produire par électronarcose réversible, et la difficulté d'identifier ces animaux et les retirer de la chaîne préalablement à l'égorgement, constitue une incompatibilité notable avec le rituel. Sur la qualité de la carcasse obtenue, l'électronarcose est parfois vue comme altérant l'efficacité de la saignée, par sa vitesse et son volume total d'exsanguination liées aux contractions musculaires lisses et squelettiques, augmentant dès lors le volume de sang résiduel et compromettant la qualité de la viande produite.

Enfin, à ceux qui reprochent des atteintes à la bientraitance trop importantes lors de l'abattage sans étourdissement, certaines études scientifiques démontrent qu'un abattage rituel scrupuleux et rigoureusement exécuté peut être tout aussi voire plus humanitaire, au sens de la bientraitance, qu'un

abattage avec étourdissement. La plus célèbre de ces études est probablement celle de Temple Grandin et Joe M. Regenstein, publiée en 1994 et basée sur l'observation de plus de 3 000 gros bovins et veaux abattus dans trois abattoirs casher états-uniens (Grandin, Regenstein 1994). De type *ASPCA pen* modifié (Figure 16), la contention se faisait en position debout avec système d'immobilisation de la tête maintenant l'encolure en extension modérée, de sorte à faciliter l'incision sans frottement de la lame sur la plaie ni engendrer un effort musculaire trop important. Lorsque les prescriptions des textes sacrés étaient fidèlement réunies, avec une attention particulière pour la perfection de la lame utilisée, les scientifiques décrivent que les animaux n'avaient qu'une légère voire pas de réaction lors de l'égorgeage. Souvent, il y avait un léger frisson au premier contact de la lame sur la peau, mais les auteurs décrivent cette réaction comme bien moins vigoureuse que lors de la pose d'un dispositif auriculaire d'identification individuelle. Aucune réaction supplémentaire n'était observée pendant l'égorgeage, qui intéressait les deux carotides sur chacun des individus. Le sentiment des auteurs était qu'en présence d'une contention adéquate supportant le poids de la tête, présentant efficacement l'encolure et d'un rituel parfaitement exécuté, l'animal semblait ne pas se rendre compte que sa gorge avait été sectionnée.

En 2004, Stuart Rosen étudiait la réponse comportementale et neurophysiologique des animaux au cours de la *shehita* et concluait que l'abattage rituel juif est une méthode de mise à mort humanitaire et sans douleur (Rosen 2004). Des études scientifiques incluses dans sa revue bibliographique, il concluait qu'après l'incision rituelle, la perte de sang est extrêmement rapide, conduisant à une chute de pression sanguine brutale et considérable, suffisante pour entraîner des pertes de fonctions cérébrales majeures. La perte de conscience résultante survient alors en quelques secondes. Pour Aghwan *et al.*, si la manipulation du bétail est faite en douceur, que les équipements de contention sont utilisés correctement et que la saignée est effectuée en prenant en compte les procédures recommandées pour la bienveillance animale, l'abattage rituel musulman conserve les qualités de la viande et peut potentiellement réduire la souffrance et la douleur par rapport à un abattage avec étourdissement (Aghwan *et al.* 2016). Dans la revue bibliographique de Yardimci, les méthodes d'abattage rituels juif et musulman sont conclus comme aussi humanitaire que l'abattage avec étourdissement car présentant une perte de conscience quasi instantanée (Yardimci 2019). Les responsables religieux juifs et musulmans partisans du maintien de conscience lors de l'abattage rituel se fondent ainsi aussi sur ces études scientifiques, parmi d'autres, pour affirmer que cette pratique est sans douleur, humanitaire et préservant la bienveillance et la qualité de la viande.

A contrario, et plus souvent parmi les communautés musulmanes, certains responsables religieux considèrent que bien qu'une absence d'étourdissement soit préférable, un étourdissement réversible est souvent acceptable et compatible (Żurek *et al.* 2021). L'étourdissement post-égorgeage

est alors souvent aussi reconnu et toléré, permettant de prévenir les mouvements incontrôlables de certains animaux pendant la saignée. Ces méthodes sont ainsi perçues comme conformes à la protection animale dictée par les textes sacrés. En effet, l'abattage sans étourdissement suscite des contraintes stressantes (Riaz *et al.* 2021) : le stress de la contention, la douleur au cours de l'égorgeage et la détresse excessive pendant la saignée, notamment lorsque du sang est aspiré dans les poumons par la trachée ouverte (Gregory, Von Wenzlawowicz, *et al.* 2012). Outre ces paramètres, M. Farouk reconnaît le bien-fondé des résultats observés par Grandin et Regenstein en 1994 mais déplore que bien trop souvent, les prescriptions religieuses ne soient pas appliquées aussi strictement, observant des abattages rituels musulmans avec des lames émoussées ou inappropriées (Aghwan *et al.* 2016; Farouk 2013). Ces défaillances entraînant une souffrance supplémentaire et affectant la protection animale en abattoir, il recommande qu'une perte de conscience sans douleur soit appliquée le plus rapidement possible.

De nombreuses autorités religieuses musulmanes autorisent des méthodes réversibles d'étourdissement, telles qu'un étourdissement mécanique par pistolet à tige non perforante ou par électronarcose à deux points (Nakyinsige *et al.* 2013; Fuseini *et al.* 2017). Elles nécessitent néanmoins différentes conditions afin de pouvoir être appliquées rituellement : 1) le dispositif d'étourdissement doit être supervisé par un musulman qualifié et régulièrement inspecté par une autorité islamique appropriée ou une agence de certification halal, 2) l'étourdissement doit être réversible, c'est-à-dire sans entraîner des lésions permanentes ou la mort de l'animal, 3) les équipements utilisés pour l'étourdissement des porcins ne doivent jamais être utilisés pour les animaux halal (Nakyinsige *et al.* 2013).

Au Royaume-Uni, une étude fut réalisée en 2015 et 2016 afin de rencontrer et interroger des spécialistes de l'islam ainsi que recueillir l'avis de consommateurs musulmans (Fuseini, Wotton, *et al.* 2016). La majorité (plus de 95 %) des 66 spécialistes et théologiens répondant étaient d'avis que si un animal est étourdi puis égorgé par un musulman, et que la méthode d'étourdissement n'engendre ni mort, ni lésion physique ni obstruction à la saignée, alors la viande produite est halal. A cette même question, environ 53 % des 314 consommateurs musulmans considéraient que cette viande est halal.

En France, Félix Jourdan a réalisé des entretiens entre 2018 et 2021 auprès d'acteurs de la filière de production de viande halal, sur leur rapport à l'étourdissement et au bien-être animal (Jourdan 2022; 2023). De cette étude et pour l'espèce bovine, la majeure partie des sacrificateurs musulmans et des responsables d'agence de certification halal répondant refusent l'application d'un étourdissement, qu'il soit avant ou après égorgement. Ce rejet résulte de leur incapacité à garantir que la mort résulte bien du geste de saignée.

Bien que la majeure partie des autorités religieuses juives requiert un animal vivant et conscient au moment de l'égorgeage, selon la brochure relative à l'abattage rituel publiée par

l'OABA certaines parmi elles ont exprimé leur accord pour la pratique de l'étourdissement post-égorgement. Aux USA, ces autorités appartiennent « autant au courant libéral qu'au courant orthodoxe ». Une réflexion à ce sujet serait également en développement en France (Œuvre d'Assistance aux Bêtes d'Abattoirs 2020).

3. Evaluation de la qualité spirituelle par les agences de certification et d'accréditation

La qualification *halal*, et donc la qualité spirituelle associée à un produit, ne peut être évaluée par le consommateur individuel, elle requiert par conséquent la confiance de ce dernier (Bonne, Verbeke 2007). Afin que ce terme puisse être digne de confiance, les critères le justifiant se doivent d'être fiables, crédibles et vérifiés. C'est dans ce contexte que les agences de certification exercent leurs fonctions, attestant que le produit désigné est conforme à leur cahier des charges. Etant donné les différents courants religieux et leurs positions parfois très diverses sur les modes de production, une multiplicité des agences de certification est induite. Ces agences ont des définitions différentes, opèrent sur des marchés différents, sur des produits différents et dans des pays différents (Tadiello 2017). Elles sont reconnues ou non par les agences d'accréditation, selon des cahiers des charges qui leur sont propres. Ces acteurs privés, accréditeurs et certificateurs, encadrent le marché des produits halal, mais sont très nombreux et aux interactions diverses, complexifiant la gouvernance de ce marché. En 2013, M. Farouk estimait qu'environ 111 agences de certification coexistaient à travers le monde (Figure 17) (Farouk 2013).



Figure 17 : Diversité des agences de certification halal à travers le monde, d'après Farouk 2013

La pluralité des agences de certification et de leurs attentes spécifiques conduit à une baisse de lisibilité et nécessite une uniformisation ou une coordination (Farouk *et al.* 2014). C'est ainsi que les chercheurs belges Karijn Bonne et Wim Verbeke préconisent de recourir à une méthode de type HACCP afin d'identifier et contrôler les points critiques de maîtrise de la qualité halal (Bonne, Verbeke 2007). L'application de ce système d'assurance de qualité viserait à renforcer la confiance associée à une certification de qualité spirituelle, par l'amélioration de sa lisibilité et la coordination des industriels. Différentes méthodologies ont été proposées afin d'intégrer la qualité spirituelle et la sécurité alimentaire, notamment par des arbres décisionnels, uniformisant et accompagnant les acteurs de la filière (Yang *et al.* 2012).

Les acteurs publics peuvent de leur côté choisir d'occuper une place majeure dans la gouvernance de ce marché. En Nouvelle-Zélande, l'Etat a choisi de construire une stratégie de régulation, en réponse au développement du marché international de la viande halal (Tadiello 2017). Dans la fin des années 1970, l'innovation et les recherches scientifiques y ont été encouragées afin de développer des techniques d'abattage et d'étourdissement compatibles avec l'abattage halal, tout en prenant en compte la protection animale (Bonne, Verbeke 2007). La pratique émergente, appliquée depuis plus de deux décennies par la Nouvelle-Zélande et l'Australie, consiste en un abattage rituel avec étourdissement réversible préalable, par électronarcose cérébrale. Cette pratique est reconnue acceptable par les importateurs musulmans, notamment en direction de l'Indonésie, de la Malaisie et du Moyen-Orient, ce qui en fait un des plus gros pôles exportateurs de viande halal ovine et bovine (Letessier 2018).

Afin de rassurer le consommateur musulman craignant que l'animal ne soit mort par l'étourdissement plutôt que par l'abattage halal, les agences de certification qui acceptent l'étourdissement ont des critères spécifiques à ce sujet. Selon Riaz *et al.*, un étourdissement simple et réversible est généralement reconnu conforme à la condition qu'une procédure de vérification et détection des animaux morts soit en place (Riaz *et al.* 2021). Néanmoins, ces méthodes sont régulièrement sujettes à remise en question quant à leur capacité à distinguer un arrêt cardiaque d'un phénomène occlusif (voir Partie 1-IV.A.). Une enquête auprès des certificateurs britanniques en 2020 a également montré que la plupart des répondants acceptaient un étourdissement préalable à la saignée, à la condition qu'il ne se solde pas par la mort précoce de l'animal, que l'égorgeage soit fait par un musulman, qu'une courte prière ait été prononcée et que l'abattage soit forcément réalisé à la main (Fuseini, Hadley, Knowles 2020).

L'évaluation de la qualité spirituelle et de la conformité rituelle d'une viande abattue selon un rite religieux passe inévitablement par le rejet de certaines carcasses. Une étude menée en 2016 en Italie sur 656 gros bovins abattus sans étourdissement et selon les procédures rituelles a évalué leurs proportions d'acceptation et rejet en aval (D'amico *et al.* 2017). Parmi les 538 individus abattus selon

la dhabiha, toutes les carcasses produites furent considérées halal. Au sein des 118 gros bovins concernés par la *shehita*, 77,1 % ne furent reconnus conformes. Les carcasses étaient le plus souvent refusées pour moitié suite à l'inspection de la cavité thoracique, et pour moitié après le contrôle des poumons. Ces carcasses rejetées de la filière rituelle font alors l'objet d'une redirection vers le circuit conventionnel. Un ordre d'idée identique des proportions d'acceptation juive des carcasses était donné en 2012 par le rabbin Bruno Benjamin, président délégué du Consistoire israélite de Marseille : il considérait qu'il faut abattre approximativement deux-cents animaux pour en certifier cinquante à soixante (Sénat 2013). Selon Hayes *et al.*, les animaux choisis par le sacrificateur juif pour être abattus selon la *shehita* ont significativement un tempérament plus calme que les autres (Hayes *et al.* 2015). En effet, les génisses de l'étude émettaient moins de vocalisations, avaient un plus faible taux de chute et entraient plus rapidement dans le box d'abattage, conduisant les auteurs à considérer que le stress pré-abattage semble antagoniste avec la bonne réalisation de l'abattage rituel juif. Il est néanmoins à mentionner que même si ces 72 génisses étaient abattues par le même sacrificateur en contention debout avec immobilisation de la tête, l'étude ne spécifie aucune information quant à une origine commune d'élevage ou à des conditions de transport identiques des 157 animaux totaux, pourtant reconnues dans d'autres études comme facteurs influant sur le stress de pré-abattage (Hultgren *et al.* 2022).

La **qualité spirituelle** d'une viande rituelle repose sur une viande issue d'une bête élevée respectueusement, en accord avec les **principes de protection animale prescrits par les textes sacrés** et **abattue selon le rite** approprié. Cette qualité est une **nécessité** pour tout croyant juif ou musulman souhaitant consommer des produits carnés selon ses convictions.

Il est généralement requis par les **autorités religieuses juives que l'animal doit être vivant et en pleine conscience** au moment de l'égorgeage, tandis que la **position des communautés musulmanes varie**. Certains considèrent en effet que le rite doit être **réalisé tel qu'il est décrit** dans les textes religieux, d'autres estiment qu'en accord avec le respect et la considération animale prescrits, des **adaptations** du rite à l'aide des techniques modernes d'abattage et d'étourdissement sont **envisageables**. C'est ainsi qu'une partie des sacrificateurs et certificateurs musulmans acceptent un **étourdissement réversible préalable à l'égorgeage**, conditionné au **maintien en vie vérifié** de l'animal (absence d'arrêt cardiaque). L'électronarcose crânienne permet en effet de pallier les dysfonctionnements pouvant survenir tels que des défauts de lame ou de couteau utilisé pour l'égorgeage. L'**étourdissement post-égorgeage est pratiqué pour une partie de la production de viande halal française**, conférant rapidement après la section une perte de conscience et de sensibilité.

La gouvernance du marché de la viande rituelle est assurée majoritairement par les **acteurs privés tels que les nombreuses agences de certification et d'accréditation**, mais les acteurs publics peuvent eux-aussi établir des stratégies de régulation. La totalité de la viande halal produite en **Nouvelle-Zélande** est étourdie par électronarcose préalablement à l'égorgeage et est exportée dans les pôles de consommation musulmans tels que l'Indonésie et le Moyen-Orient.

IV. Survenue de l'inconscience et perception du stress selon la méthode utilisée

A. Processus physiologiques au cours de l'abattage sans étourdissement et difficultés à la perte de conscience

1. Mécanismes physiologiques suite à l'égorgeage sans étourdissement

Par la section des principaux vaisseaux de l'encolure, l'égorgeage est à l'origine d'une perte de sang massive pour l'organisme. L'hémorragie associée fait chuter la pression sanguine au point d'atteindre un état de choc hypovolémique. Une réponse cardio-vasculaire systémique à base de mécanismes compensatoires se met en place.

Afin de contrebalancer la diminution de pression artérielle, le cœur augmente sa fréquence de contractions (tachycardie). En parallèle, une vasoconstriction locale du système artériel périphérique s'instaure. Elle limite la perfusion tissulaire et veineuse et augmente le volume de fluides intravasculaires, dévolus au maintien prioritaire de la perfusion des organes aux fonctions vitales. Néanmoins, le déficit de retour veineux produit une baisse de la pré-charge cardiaque et donc affaiblit la contractilité cardiaque (Aghwan *et al.* 2016).

Chez la plupart des animaux, il a été déterminé que la pression artérielle passe de 110 à 0 mmHg en 35 à 45 secondes suite à la saignée (Anses 2012). Après une première hémorragie massive, des études menées sur des chiens et des singes ont permis d'observer qu'une deuxième hémorragie, moins intense, peut survenir dans 43 % des cas. Elle a été attribuée à une vasoconstriction et à un déplacement des fluides de l'espace extravasculaire au bénéfice de l'espace intravasculaire (Gregory 2005). L'effet notable d'une splénocontraction compensatoire est aussi proposé pour expliquer cette courte phase d'augmentation de la pression sanguine (Gregory *et al.* 2010). Sur des caprins, ovins et bovins, des augmentations transitoires de pression sanguine au cours de la saignée furent mises en évidence et considérées comme la conséquence d'obstructions, parfois infimes, à l'écoulement du sang (Anses 2012).

Les pertes sanguines causées par la saignée ont été évaluées à environ 40 à 60 % du volume total sanguin de l'organisme (Terlouw, Bourguet, Deiss 2015) et à 50 % (Anses 2012). L'hémorragie étant trop importante et non endiguée, les mécanismes compensatoires systémiques ne parviennent pas à maintenir durablement une pression artérielle suffisante pour la perfusion des organes vitaux. Les fonctions cérébrales ne sont pas exemptées, la perte de conscience débute lorsque la pression artérielle passe sous le seuil de 50 mmHg (Gregory 2005).

Lorsque la perfusion cérébrale est insuffisante, les apports limités en oxygène ne satisfont pas les besoins du métabolisme oxydatif. L'hypoxie augmente alors la production de lactates issus du métabolisme anaérobie. A cause de leur effet acidifiant, l'augmentation de la concentration en lactates devient toxique pour les neurones (Terlouw, Bourguet, Deiss 2015). Les cellules neuronales manquent d'énergie et ne peuvent maintenir leur gradient de concentrations membranaires en ions et neurotransmetteurs. La dépolarisation neuronale devient alors généralisée et avec elle, une perte totale d'activité électrique. Les fonctions cérébrales sont ainsi altérées et des dysfonctionnements des structures impliquées dans la conscience s'objectivent.

Gregory *et al.* ont mené une étude en 2010 sur 174 gros bovins égorgés en contention debout avec immobilisation de la tête selon le rituel halal (Gregory *et al.* 2010). Lorsque la section de l'encolure était réalisée (le plus souvent elle avait nécessité trois passages de lame), la contention de l'animal était totalement relâchée et les scientifiques relevaient les délais nécessaires à la perte de posture. Dans

le cas idéal où il n'y avait aucune complication obstructive à la saignée (37 individus), les animaux perdaient définitivement la posture debout dans les 34 secondes suivant l'égorgeage.

La **saignée** provoquée par l'égorgeage représente une **hémorragie massive** pour l'organisme. Celui-ci subit une chute conséquente de sa **pression sanguine** à l'origine d'un **choc hypovolémique**. Les **mécanismes compensatoires** visant à maintenir l'homéostasie, tels que la **tachycardie** et la **vasoconstriction périphérique**, sont insuffisants pour maintenir durablement une perfusion suffisante des organes vitaux. Lorsque le seuil d'**hypoperfusion cérébrale** est franchi, l'**hypoxie** favorise le **métabolisme anaérobie** et l'**accumulation de lactates**. Ces métabolites sont **toxiques pour les neurones** et leur accumulation aboutit à des **pertes de fonction** des structures impliquées dans la conscience. L'animal devient alors **inconscient** et, par suite, la **mort** survient.

2. Indicateurs de conscience, inconscience, risque de conscience ou de retour de conscience

En 2013, l'Anses définit l'inconscience d'un animal comme un « état d'absence de vigilance (ou d'alerte) accompagné d'un dysfonctionnement, temporaire ou permanent des fonctions cérébrales normales. Ces fonctions permettent à un être organisé de percevoir et de répondre de manière adaptée aux stimulations externes (environnement de l'animal) ou internes (modifications brusques et importantes de son équilibre homéostatique). Elles permettent en particulier de réagir aux stimulations nociceptives qui induisent les perceptions de douleur. Dans cet état les animaux ne peuvent pas percevoir les stimulations douloureuses. » (Anses 2013)

Afin d'apprécier l'état de conscience d'un animal, l'opérateur a accès à différents signes exprimés par l'animal. Ils peuvent être spontanés ou provoqués, relevant de réactions comportementales, physiologiques ou réflexes. Il apparaît essentiel de tenir compte de ces indicateurs les uns par rapport aux autres afin de pouvoir les interpréter. Les indicateurs d'inconscience doivent tous être réunis pour pouvoir statuer sur un état inconscient. En revanche, le moindre signe (ou doute sur un signe) évoquant une reprise de conscience ou une conscience résiduelle devront alerter l'opérateur.

Par exemple, la chute immédiate et perte de la posture debout d'un animal est souvent l'indicateur le plus immédiat et manifeste tendant à présumer d'une efficacité d'induction d'inconscience. Elle sera toutefois à interpréter avec précaution. Une impossibilité de se lever peut être possible sans altération de la conscience, en particulier dans le cas d'une moelle épinière sectionnée par étourdissement au

pistolet, ou encore d'une atteinte neuromusculaire ou osseuse empêchant la mobilisation des membres (Terlouw, Ducreux, Bourguet 2021b).

a. Dans le cadre d'un abattage avec étourdissement

En contexte d'étourdissement et d'abattage, les signes exprimés par un animal sont indicateurs du fonctionnement ou non d'une ou plusieurs structures anatomiques précises. Néanmoins, ils doivent être considérés avec précaution afin de les distinguer et les interpréter précisément (voir Annexe 2 : Interprétation des indicateurs de conscience et d'inconscience) (Terlouw, Ducreux, Bourguet 2021b). Lorsque l'on approche vivement un objet de l'œil de l'animal afin de tester sa réponse à la menace, le mouvement entraîne un flux d'air pouvant déclencher un réflexe cornéen, qui ne devra pas être confondu avec une réponse positive à la menace.

Les indicateurs permettent de distinguer un animal en pleine conscience, un animal inconscient mais aussi de distinguer un état intermédiaire évoquant une conscience résiduelle ou un risque de reprise de conscience à venir (Grandin, North American Meat Institute Animal Welfare Committee 2017).

En cas d'étourdissement efficace, sont observés communément (Anil 2011; Grandin, North American Meat Institute Animal Welfare Committee 2017; Terlouw, Ducreux, Bourguet 2021b) :

- une perte de posture et une chute immédiate, sans tentative de redressement
- une absence de respiration rythmique
- des yeux ouverts fixes et pupilles dilatées
- une absence de réflexes palpébral, ciliaire et cornéen
- une absence de réponse à la menace
- possiblement des spasmes musculaires, une rigidité des membres
- une myorelaxation et flaccidité de l'encolure, la langue, la queue.

En pratique actuellement en France, l'absence du réflexe cornéen est le critère décisionnel en dernier lieu de la perte de conscience, conformément au *Guide de bonnes pratiques pour la maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir* (INTERBEV, Institut de l'Élevage, ADIV 2013). À l'inverse, une présence du réflexe cornéen peut parfois persister malgré un état d'inconscience de l'animal (Anses 2012). Une absence de tonus musculaire de la langue et de la queue est indicatrice d'inconscience néanmoins la présence d'un de ces tonus ne remet pas en cause l'état d'inconscience (Terlouw, Ducreux, Bourguet 2021b). Ces critères ne doivent donc pas prévaloir sur les autres indicateurs.

Un risque de conscience ou de retour de conscience est à suspecter dès que l'un au moins des signes suivants est présent (Terlouw, Ducreux, Bourguet 2021b) :

- clignement spontané répété
- poursuite oculaire
- tentatives de redressement de la tête ou du corps incomplet
- rotation du globe oculaire et/ou nystagmus
- présence de réflexe cornéen
- présence de respiration rythmique : au moins deux cycles de mouvements respiratoires costaux (inspiration-expiration)
- gasps : mouvements respiratoires profonds et espacés, associés à une ouverture de la gueule (comme un poisson qui serait hors de l'eau).

La présence d'un seul indicateur de conscience est suffisante pour indiquer sans équivoque que l'animal est conscient. C'est-à-dire en présence de (Terlouw, Ducreux, Bourguet 2021b) :

- vocalisations
- posture debout
- tentatives de redressement coordonnées de la tête ou du corps
- réponse positive au test de la menace.

D'après l'EFSA en 2004 et l'Anses en 2013, la mort se définit comme l'état physiologique d'un animal, caractérisé par la perte irréversible de l'activité des centres nerveux du tronc cérébral suite à l'absence de fourniture d'oxygène et d'éléments nutritifs du cerveau ; la conscience et la sensibilité sont définitivement perdues (EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) 2004; Anses 2013). En contexte d'étourdissement et d'abattage, l'EFSA donne les indicateurs de mort suivants :

- absence de respiration (ni gasp)
- absence de pouls
- absence de réflexes cornéen et palpébral
- présence d'une pupille dilatée.

Enfin, il est à noter que certains mouvements peuvent être observés sans pour autant être liés à un état de conscience. Ces mouvements non orientés, le plus souvent de type pédalage, correspondent probablement à une réponse arc-réflexe à la stimulation nociceptive liée à la section, qui passe par le moelle épinière (Terlouw, Ducreux, Bourguet 2021b; Grandin 2013). Ces mouvements sur animaux inconscients sont donc assimilables à des réflexes médullaires, c'est-à-dire à une activité musculaire

involontaire, rapide, stéréotypée et prévisible, produite comme réponse à une stimulation des organes sensoriels.

b. En abattage sans étourdissement

De plus en plus, il semble désormais que les indicateurs utilisés pour évaluer l'état de conscience de l'animal suite à son étourdissement ou sa mise à mort dépendent de la technique utilisée. La pertinence de ces indicateurs et leur interprétation varient en particulier selon la présence ou non d'un étourdissement et selon la méthode (Grandin, North American Meat Institute Animal Welfare Committee 2017; Terlouw, Ducreux, Bourguet 2021b).

Cette émergence consensuelle fait notamment suite aux observations de l'étude de Bourguet *et al.* en 2011 (Bourguet *et al.* 2011). Dans un abattoir commercial français, les signes d'inconscience ont été relevés sur 190 bovins adultes abattus conventionnellement ou selon la méthode halal. En halal, des tentatives de redressement de la tête ont été mises en évidence alors que le réflexe cornéen avait disparu. En outre, des récupérations du réflexe cornéen après une première disparition ont été détectées.

La perte de la posture debout, souvent immédiate et caractéristique d'une efficacité de l'induction de l'inconscience, est difficilement objectivable en France dans le cas de l'abattage rituel car il y est souvent pratiqué en contention orientée à 90° ou 180° (Terlouw, Bourguet, Deiss 2015). Le maintien de la contention, notamment de la tête, peut aussi constituer un obstacle à l'effondrement.

Dans son rapport pour le NAMI (*North American Meat Institute*) en 2017, Temple Grandin décrit les modifications survenant lors d'un abattage rituel sans étourdissement (Grandin, North American Meat Institute Animal Welfare Committee 2017). En contention debout, la perte de posture après égorgement survient souvent dans les 6 à 8 secondes pour les caprins et ovins, et dans les 12-15 secondes pour les gros bovins. L'effondrement est souvent suivi par un basculement des yeux et la perte de mouvements orientés et vigilants des oreilles. Une flexion de l'encolure et de la tête, vers l'arrière, est fréquente. Afin de confirmer l'insensibilité, elle recommande en pratique d'observer la présence du basculement des yeux et l'absence de clignement palpébral spontané et naturel. Elle précise qu'après le basculement des yeux, il est possible qu'un faible réflexe cornéen persiste encore un peu, de même que l'animal peut continuer à respirer ou gasper encore plusieurs secondes après la perte de sensibilité.

Suite à l'égorgement, la respiration est modifiée dès le début de la saignée car la section intéresse aussi le nerf vague (Terlouw, Ducreux, Bourguet 2021b). Lorsque ce nerf est coupé, l'inspiration est plus profonde et plus longue. La respiration s'arrête lorsque les structures du bulbe rachidien impliquées dysfonctionnent. C'est pourquoi en l'absence d'étourdissement, la respiration est supposée cesser totalement après la perte du réflexe cornéen.

Afin d'évaluer l'état de conscience d'un animal dans le contexte de l'abattage, l'interprétation des indicateurs observés est **conditionnée à la méthode** d'induction d'inconscience utilisée. La détermination de l'état d'inconscience correspond à la mise en évidence d'un **ensemble de signes simultanés**. La **détection d'un seul signe de risque** de reprise de conscience ou de conscience résiduelle impose une **surveillance accrue** de l'animal et le **report** des opérations de hissage/habillage. **Indépendamment de l'état de conscience, le pédalage** et autres mouvements non orientés sont assimilés à des **réflexes médullaires**, involontaires et inconscients.

3. Difficultés à la perte de conscience par saignée sans étourdissement préalable chez l'espèce bovine

Selon les relevés de terrain objectivés depuis longtemps, suite à leur égorgement sans étourdissement, les moutons perdent leur sensibilité et leur posture debout en 2 à 14 secondes, alors que chez la majorité des bovins ces événements surviennent en 17 à 85 secondes (Grandin 2013). Cette différence observée et ce délai augmenté chez les bovins s'expliquent selon les hypothèses actuelles par deux phénomènes principaux.

La première explication, d'ordre anatomique, repose sur une particularité angiologique chez l'espèce bovine. Dans son tome V - Angiologie, l'anatomiste Robert Barone décrit le cercle artériel du cerveau, alimenté par les artères carotides internes mais aussi par, entre autres, l'artère basilaire issue majoritairement des artères vertébrales et de l'artère spinale ventrale (Barone 1965). Les artères vertébrales sont issues du cœur, bilatérales, cheminent à partir de la sixième vertèbre cervicale au sein des foramens transverses et se terminent rostralement par un réseau d'anastomoses (Figure 18). Ainsi protégés au sein des foramens transverses, les vaisseaux vertébraux ne sont pas sectionnés lors d'un égorgement rituel et maintiennent la perfusion de l'encéphale *via* le *rete mirabile* (EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) *et al.* 2020; D'amico *et al.* 2017; Cockram 2017; Anil 2011). Le *rete mirabile*, ou réseau admirable, est un « plexus d'aspect inextricable fourni par les divisions d'une artère et à la sortie duquel le sang est repris, sans interposition de capillaires, par une ou plusieurs artères nouvelles » (Barone 1965). Selon Barone, un réseau admirable est présent à la face ventrale de l'encéphale et au fond de l'orbite des Ruminants et des Félines. Toutefois, certains auteurs considèrent que l'irrigation sanguine cérébrale para-vertébrale est partielle et trop insuffisante pour maintenir les apports nécessaires au maintien de la conscience (Żurek *et al.* 2021; Rosen 2004).

La deuxième explication aux délais augmentés de survenue d'inconscience chez les gros bovins suite à un égorgement sans étourdissement repose sur l'observation de phénomènes d'occlusion des vaisseaux. Après un égorgement correctement réalisé, ils sont décrits sous les termes de phénomènes d'occlusion, de faux-anévrismes (terme proposé par N. G. Gregory) et de gonflement des vaisseaux. La réduction de la section artérielle peut être due à différents mécanismes potentiellement complémentaires (Gregory, Schuster, *et al.* 2012; Anil 2011). Par l'élasticité de la paroi des artères, ces vaisseaux peuvent se rétracter dans leur gaine de tissu conjonctif après la coupe, et ce, d'autant plus que l'extension de l'encolure est accentuée. Les différentes couches de la paroi, principalement l'adventice, peuvent s'imprégner de sang et ainsi gonfler, diminuant le diamètre de la section artérielle. Les muscles lisses périphériques peuvent aussi être sujets à des spasmes engendrés par la rupture vasculaire, ces contractions entraînant une constriction de l'artère. Enfin, la perte de l'intégrité endothéliale vasculaire active aussi les plaquettes circulantes, pouvant former un clou plaquettaire et un caillot qui obstrue la lumière du vaisseau. Ces phénomènes, qui peuvent être associés, ralentissent ou endiguent l'écoulement sanguin et contribuent au maintien partiel et temporaire de la pression artérielle. Par la déviation du flux sanguin résultante, la perfusion cérébrale est prolongée et avec elle, la période de conscience de l'animal non étourdi peut être augmentée (Žurek *et al.* 2021; Farouk, Pufpaff, Amir 2016; Anses 2012).

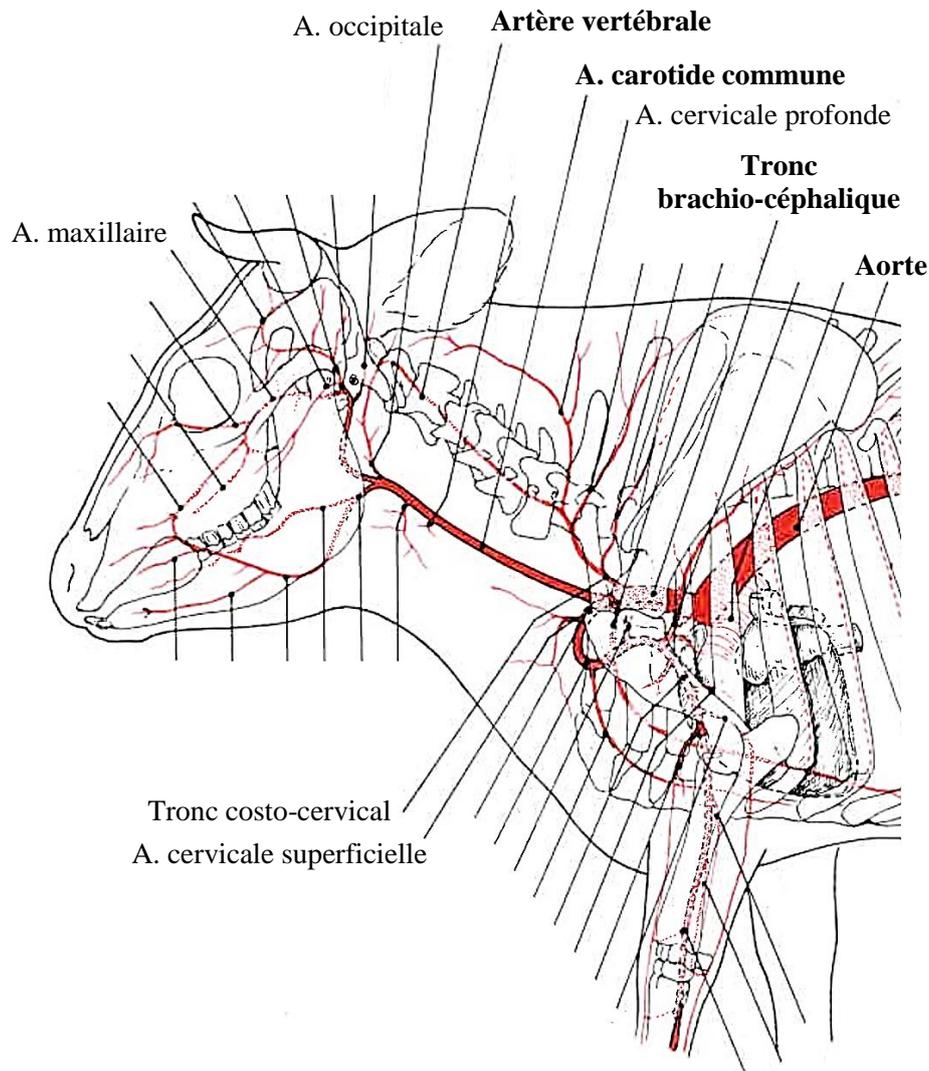


Figure 18 : Artères de l'encolure et la tête du Bœuf, d'après la Planche 53 du Tome V – Angiologie, Barone, 1965

Dans une étude menée en 2010, Gregory *et al.* étudiaient la fréquence d'occurrence des faux-anévrysmes et les délais nécessités par les 174 bovins pour perdre la posture debout suite à un abattage halal (Gregory *et al.* 2010). Le corps était en contention debout avec immobilisation de la tête. Le nombre d'animaux ayant conservé la posture debout en fonction du délai après égorgement est présenté en Figure 19. Au bout de 34 secondes, 90 % des animaux ont perdu définitivement leur posture debout. Néanmoins, 8 % des sujets sont encore debout 61 secondes après leur égorgement. En parallèle, la taille et la fréquence des faux-anévrysmes furent relevées sur les 136 bovins en ayant présenté. Ces observations ont permis d'établir une association significative entre les retards à la perte de posture suite à l'égorgement et la présence de gros phénomènes obstructifs sur les segments cardiaques des artères sectionnées.

Dans la même étude, Gregory *et al.* notèrent que 14 % des sujets s'étaient effondrés une première fois puis s'étaient relevés complètement avant de définitivement rechuter (Gregory *et al.* 2010). Sur ces animaux, la première chute survenait à 29 secondes et la dernière à 49 secondes en moyenne. Les

auteurs attribuèrent ces observations à des retours de conscience suite à un rétablissement temporaire d'une pression artérielle suffisante à la perfusion cérébrale (voir Partie 1-IV.A.1.). L'origine de ces retards à la perte de conscience et reprise de conscience serait multiple, probablement liée à une splénocontraction, une vasoconstriction périphérique secondaire et des faux-anévrismes.

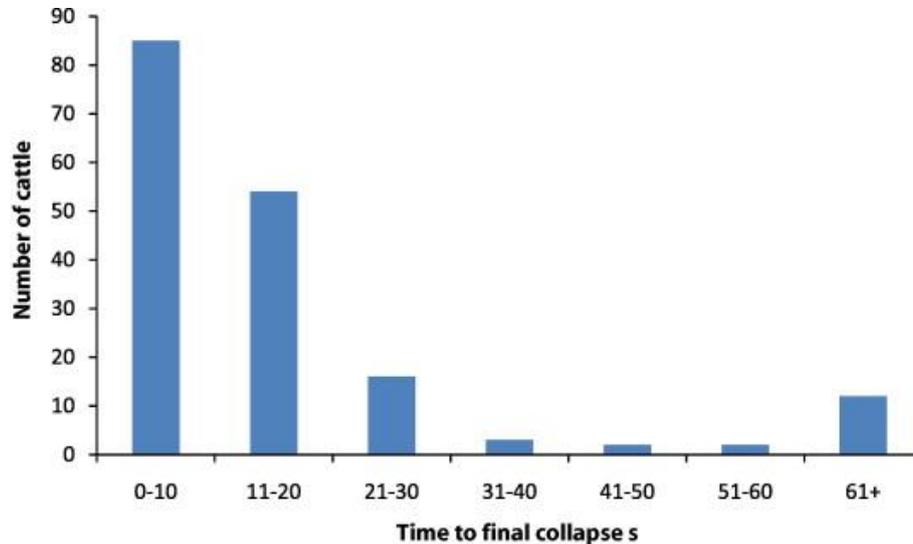


Figure 19 : Fréquence de distribution des délais d'effondrement des bovins après un abattage halal sans étourdissement, d'après Gregory *et al.* 2010

Suite à une saignée rétro-maxillaire, la formation de faux anévrismes a été observée respectivement chez 16, 25 et 0 % des bovins adultes, des veaux et des ovins, selon Gregory *et al.* en 2006 (Le Neindre *et al.* 2009).

Pour certains auteurs, la section du tronc brachio-céphalique au cours d'une saignée pré-thoracique permet d'abolir la circulation sanguine dans les vaisseaux cervicaux. En outre, le risque de phénomènes d'occlusion y serait moindre (Cockram 2017; Anil 2011).

Contrairement à l'espèce ovine, les bovins perdent définitivement leur posture debout **plus longtemps** après l'égorgeage. Ce phénomène s'explique par deux raisons principales. Les bovins ont une **particularité anatomique** d'ordre angiologique : outre les carotides, la perfusion cérébrale se fait aussi par un **réseau d'anastomoses issues des artères vertébrales**. Or ces dernières ne sont **pas sectionnées** lors de l'égorgeage car cheminant **au sein des foramens transverses**.

En outre, les **phénomènes d'occlusion des artères** sectionnées surviennent bien plus souvent chez les bovins. Ces occlusions peuvent survenir par **infiltration sanguine de la paroi** artérielle, **rétraction** du vaisseau par élasticité ou **diminution du diamètre** d'évacuation du sang (caillot par exemple). Ils résultent en un **maintien partiel** et temporaire **de la pression sanguine** artérielle.

Pouvant se combiner, les phénomènes d'occlusion limitant la chute de pression sanguine, et la perfusion cérébrale possible par les vaisseaux vertébraux, une irrigation suffisante au maintien ou à une reprise de conscience peuvent survenir chez les bovins égorgés sans étourdissement préalable.

B. Comparaison de l'efficacité des pratiques sur la survenue et la persistance de l'inconscience

L'efficacité des pratiques d'induction d'inconscience dépend de la contention (selon l'angle de rotation ou non, menant à un animal en posture debout ou décubitus latéral à dorsal) et de la technique utilisée. Ces dernières s'évaluent par l'observation de leur taux de réussite à la première application et taux d'échecs associés. En outre, les techniques d'induction d'inconscience font l'objet de recherches afin d'optimiser leur fonctionnement.

Par exemple pour le pistolet à tige perforante, la longueur de la tige est sujette à des études évaluant l'étendue des dommages cérébraux non spécifiques ainsi que sur les structures d'intérêt (Wagner *et al.* 2019) et sur l'efficacité de l'étourdissement au premier tir tout en tentant de limiter les mouvements de pédalages associés (Kline *et al.* 2019). La puissance de projection requise pour obtenir une efficacité satisfaisante ou encore l'influence de ces paramètres sur la propagation de matériel cérébral dans l'organisme sont aussi sujettes à recherches (Cockram 2017).

De même pour l'étourdissement par électronarcose, la recherche de l'optimisation de la technique passe par des études sur l'intensité et l'amplitude du courant, la forme de l'onde (selon une courbe sinusoïdale, carrée ou autres) et sa fréquence, etc. (Cockram 2017; Grandin 2013).

1. Comparaison entre pistolet à tige perforante et pistolet à tige non perforante

Lorsque le pistolet à tige perforante est correctement utilisé, les auteurs s'accordent à considérer cette technique comme une méthode efficace d'étourdissement (EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) 2004). Les conséquences physiologiques provoquées par cette méthode sont pour certaines irréversibles (voir Annexe 1 : Conséquences physiologiques et réversibilité des effets de différentes techniques d'étourdissement et de saignée sans étourdissement) (Terlouw, Ducreux, Bourguet 2021a). Dans son rapport de 2020, le Bureau ETRE décrit une étude de Jerlström de 2014, selon laquelle l'étourdissement par tige perforante est irréversible et préserve la fonction cardiaque jusqu'à 6 minutes après le tir (Bureau ETRE 2020). La durée de l'inconscience induite est donc considérée d'au moins 10 minutes selon l'EFSA (EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) 2004).

Les taux d'échec au premier tir du pistolet à tige perforante sont difficilement en-dessous de 4 à 6 % selon l'EFSA, et étaient estimés par l'INRA en 2009 comme pouvant varier de 6 à 16 % dans des conditions inadaptées (EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) 2004; Le Neindre *et al.* 2009). En 2015, un groupe de travail de l'Anses a évalué sur 361 bovins étudiés dans quatre abattoirs un ordre de grandeur du taux de prévalence des échecs à l'étourdissement après le premier tir de l'ordre de 8,03 % (Anses 2021). Temple Grandin liste quatre défaillances en cause lors d'un échec du pistolet à tige perforante (Grandin 2013) :

- 1) Manque d'entretien et de maintenance de l'outil, considéré comme la cause principale et la plus fréquente,
- 2) Utilisation de cartouches humides sur un pistolet thermique,
- 3) Défaillance et insuffisance du compresseur d'air sur un pistolet pneumatique,
- 4) Mauvais positionnement du tir, lié à une contention inadaptée, à une insuffisance d'expérience de l'opérateur ou à un tempérament trop agité de l'animal.

Par le passé, le pistolet à tige perforante subissait aussi des échecs par manque de puissance sur certains taureaux et animaux à crâne lourd, mais ces défaillances techniques sont désormais compensées par les pistolets (notamment pneumatiques) de nouvelle génération (Grandin 2013). Dans tous les cas faisant suite à un échec, un second tir doit être réappliqué immédiatement après le constat ou la suspicion de conscience résiduelle.

Les préconisations du rapport de l'EFSA considéraient que le pistolet à tige perforante présente plusieurs avantages pour la protection animale par rapport au pistolet à tige non perforante (percussion), notamment en termes de taux de succès et de durée de l'inconscience (EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) 2004).

Au Brésil en 2018, Oliveira *et al.* ont comparé l'efficacité de l'étourdissement produit par des pistolets à tige perforante ou non sur 455 zébus ou croisés zébus (Oliveira *et al.* 2018). Ces animaux étaient des taurillons, bœufs et femelles d'environ 20 mois qui furent pour 363 d'entre eux assignés à un étourdissement par tige perforante et les 92 restants à un étourdissement par tige non perforante. Les résultats montrèrent que 31 animaux durent être ré-étourdis par le pistolet à tige non perforante, bien qu'ils aient chuté à la suite du premier tir. Un taureau a nécessité huit tirs de pistolet non perforant avant de s'effondrer. Le pistolet à tige perforante a provoqué plus de pertes de posture au premier tir (99 %) que le pistolet à tige non perforante (91 %). De même, la nécessité d'au moins un deuxième tir a été plus fréquente sur le pistolet à tige non perforante (29 % contre 12 %). Ces données ont conduit les auteurs à considérer que le pistolet à tige perforante était plus efficace pour induire l'inconscience chez les bovins. Il est néanmoins à noter que cette étude s'applique sur des bovins ayant une morphologie crânienne de type zébu, différente des races européennes.

Une étude indonésienne, menée en 2022 par Supratikno *et al.*, consistait à observer l'abattage dans 24 établissements indonésiens afin de comparer les caractéristiques d'étourdissement des pistolets à tige perforante ou non (Supratikno *et al.* 2022). Les 510 animaux étaient de race croisée issue de brahmane australienne, c'est-à-dire avec un morphotype apparenté aux zébus. Parmi les 460 étourdis au pistolet à tige non perforante, 67 individus présentèrent après le premier tir un état de conscience résiduelle et suite au second tir, encore 18 sujets demeuraient non-inconscients. Cette étude a en outre apporté des données descriptives des risques de faux-anévrismes ainsi que des temps de saignée nécessités. Selon les résultats, le risque de faux-anévrismes était 2,64 fois plus élevé lors d'un étourdissement par pistolet à tige perforante. Cette méthode d'étourdissement présentait en outre un temps de saignée plus rapide, d'environ $187 \pm 47,37$ secondes. Les auteurs concluaient à l'aune de ces données que l'étourdissement par percussion (pistolet à tige non perforante) prolonge la durée de saignée et réduit le risque de faux-anévrismes. Toutefois, parmi les 510 individus, seuls 50 furent étourdis par tige perforante, ce qui a éventuellement pu induire un potentiel biais méthodologique. Ces résultats nécessitent de surcroît une transposition les confirmant ou non sur les bovins à morphologie européenne.

Dans leur étude espagnole de 2023, Bouzraa *et al.* confrontèrent l'abattage conventionnel (pistolet à tige perforante), l'abattage halal traditionnel (sans étourdissement) et l'abattage halal avec étourdissement préalable réversible par pistolet à tige non perforante (Bouzraa *et al.* 2023). Les 40 mâles limousins de l'étude étaient tous d'environ 12 à 14 mois (poids vif approximatif : 610-650kg) et avaient été élevés dans la même ferme selon les mêmes traitements. Les auteurs comparaient ensuite les carcasses produites par pistolet à tige non perforante avec les critères d'acceptation fixés par le protocole MS 1500:2009 *Malaysian Protocol for the Halal Meat and Poultry Productions* (protocole malaisien applicable aux produits de viande et de volaille halal), édité en 2009. Ce protocole officiel classe les carcasses étourdis par pistolet à tige non perforante selon 6 grades, par ordre croissant des

dommages sur le crâne. Les grades 1 et 2 sont reconnus conformes aux normes halal. Selon les images radiographiques des 10 crânes produits par l'étude, 7 d'entre eux furent sans dommage visible et donc de grade 1 (Figure 20), deux concernèrent le grade 2 car la boîte crânienne était marquée mais non fissurée et un crâne était de grade 3 car fissuré sans déplacement osseux (Figure 21). Ces résultats indiquent qu'un étourdissement réversible compatible avec l'abattage halal est possible par utilisation de pistolet à tige non perforante sur les bovins adultes. Ils nécessitent néanmoins d'être confrontés à une mise en application à plus large échelle.

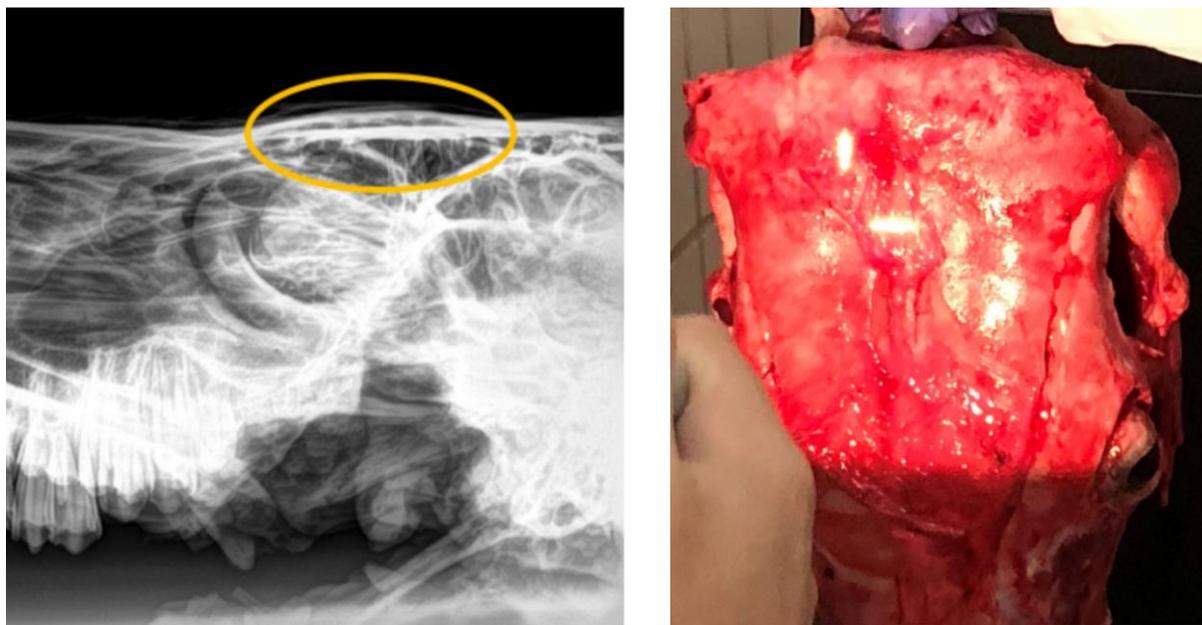


Figure 20 : Radiographie numérique et photographie du crâne associé, gradé 1 selon le protocole MS 1500:2009, d'après Bouzraa *et al.* 2023

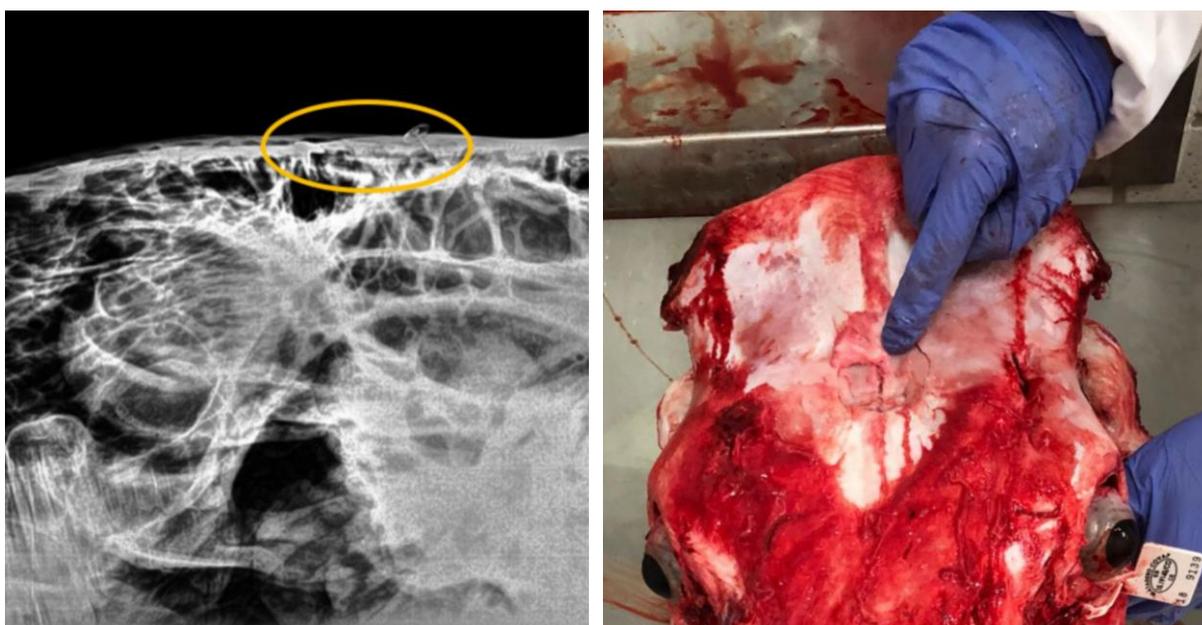


Figure 21 : Radiographie numérique et photographie du crâne associé, gradé 3 selon le protocole MS 1500:2009, d'après Bouzraa *et al.* 2023

Dans leur revue des connaissances scientifiques relatives à l'abattage, Riaz *et al.* concluent que le pistolet à tige non perforante est une méthode d'étourdissement peu fiable pour les bovins adultes, les veaux et les moutons, mais légitimement utilisable sur les bovins à morphotype de zébus (Riaz *et al.* 2021). Les observations de terrain ont par ailleurs montré que cette méthode percutante présente des limites d'efficacité sur les bovins à tête laineuse ou à poil frisé, telles que les Hereford par exemple.

A l'aune de ces considérations, le pistolet à tige non perforante semble ne pas faire consensus au sein de la communauté scientifique, nécessitant encore d'autres recherches sur le sujet afin d'en parfaire les connaissances.

2. Intervalles recommandés entre l'étourdissement et la saignée

En vue d'effectuer une saignée pendant la période d'inconscience, des délais sont recommandés en particulier dans le cas des étourdissements préalables. Pour un étourdissement réversible, ces recommandations doivent en effet tenir compte du temps de saignée minimum pour obtenir une hypoperfusion cérébrale suffisante à la survenue de l'inconscience. Idéalement, pour optimiser la qualité de la saignée (voir Partie 3-III.A.1.), il s'agit aussi de maximiser le temps de saignée concomitamment à la persistance de la fonction cardiaque.

Dans son rapport au NAMI, Temple Grandin préconise que la saignée soit réalisée dans les 30 secondes après un étourdissement par pistolet à tige non perforante (Grandin, North American Meat Institute Animal Welfare Committee 2017). Un retard dans la survenue de la saignée équivaldrait à intensifier le risque d'une reprise de conscience suite à cet étourdissement réversible. Pour le pistolet à tige perforante correctement manipulé, les conséquences physiologiques étant irréversibles, l'OMSA indiquait en 2008 qu'il n'y avait pas de maximum de délai de survenue de saignée, eu égard uniquement à la protection animale (Grandin, North American Meat Institute Animal Welfare Committee 2017). Les Guides de Bonnes Pratiques en abattoir proposent un intervalle maximum de 180 secondes pour conserver une bonne qualité de saignée.

Suite à un étourdissement par électronarcose à deux points, réversible, le délai recommandé avant saignée est de 10 à 15 secondes maximum (Grandin 2013; Grandin, North American Meat Institute Animal Welfare Committee 2017). La scientifique T. Grandin mentionne alors des processus extrêmement bien rodés et efficaces en établissements d'abattage halal australiens et néo-zélandais. Leurs équipements spécialisés étant d'une rapidité remarquable, la saignée en moins de 10 secondes en est facilitée.

Pour l'électronarcose trois points, dite « de la tête à la queue », une étude de Mpamhanga et Wotton de 2015 indique qu'il faut moins de 100 ms pour que le courant dépasse le seuil requis d'induction de crise épileptique et d'inconscience (Mpamhanga, Wotton 2015). Le rapport du NAMI précise que la majorité des établissements y ayant recours effectue la saignée dans des délais bien plus brefs que les 60 secondes maximales proposées (Grandin, North American Meat Institute Animal Welfare Committee 2017).

3. Rapidité de la saignée en abattage sans étourdissement, survenue et maintien de l'inconscience

Au sujet de l'abattage rituel sans étourdissement, des communications au grand public français expliquent régulièrement qu'en cas de saignée défaillante par phénomènes d'occlusion, l'animal retourné dans le *casting pen* succomberait d'une asphyxie due au poids des viscères abdominaux exercé sur son tractus respiratoire. Ces cas furent décrits comme s'étendant jusqu'à 11 minutes (Le Neindre *et al.* 2009) mais ne sont plus censés être observés en France depuis que les Guides de Bonnes Pratiques préconisent une ré-incision comme mesure corrective en cas de phénomène d'occlusion.

Comme évoquée précédemment, l'étude de Gregory *et al.* en 2010 a montré que la perte de posture suite à un égorgement sans étourdissement se produisait dans les 34 secondes pour 90 % des individus (Gregory *et al.* 2010). Après 61 secondes post-égorgement, 8 % des animaux était encore debout (Figure 19), évoquant un phénomène de retard à la perte de conscience, et étaient le plus souvent sujets à des faux-anévrismes. Les pertes de conscience s'étendaient jusqu'à 265 secondes post-égorgement. Après une première chute, la posture debout était récupérée temporairement dans 14 % des cas, avant une perte définitive survenant en moyenne 20 secondes plus tard.

Une méta-analyse portant sur les résultats de l'étude précédente et de quatre autres, couvrant huit pays et plus de 1 500 gros bovins abattus sans étourdissement dans des abattoirs commerciaux, a évalué les délais d'efficacité et fréquences des complications au cours de l'abattage halal ou casher (Gregory, Von Wenzlawowicz, *et al.* 2012). Suite à un égorgement halal avec contention atténuée après l'égorgement, les animaux s'effondraient en moyenne en 20 secondes et environ 1,5 % des individus n'étaient pas encore tombés définitivement au bout de 4 minutes. Que ce soit en rituel juif ou musulman, 10 % des cas furent concernés par un phénomène d'obstruction à la saignée, qui survenait en moyenne en 21 secondes. Suite à leurs observations, il fut alors proposé par les auteurs que la section des carotides en direction de la première vertèbre cervicale (C1) réduirait la fréquence de formation des faux-anévrismes par rapport à une direction vers C2 à C4, comme pratiquée habituellement. Cette suggestion fut consolidée par une seconde étude d'une partie des mêmes auteurs, démontrant que cette section améliore l'efficacité de la saignée et réduit la fréquence d'occurrence des faux-anévrismes (Gregory, Schuster, *et al.* 2012). Les travaux ultérieurs de Gibson, Dadios et Gregory sur 644 gros bovins en abattage halal en contention debout comparèrent le délai de perte de posture

entre une section en position conventionnelle par rapport à une section rostrale (Gibson, Dadios, Gregory 2015). Les 83 individus égorgés rostralement mirent en moyenne moins longtemps pour chuter définitivement ($18,9 \pm 1,1$ s contre $13,5 \pm 1,3$ s ($p < 0,01$)) et présentèrent significativement moins de faux-anévrysmes.

En contexte d'abattage rituel juif des gros bovins, T. Grandin a consigné différentes études ayant permis d'évaluer en 2015 que 94 % et 68 % des animaux s'effondraient dans les 30 secondes quand une bonne et une moindre technique d'égorgeage étaient respectivement utilisées (Aghwan *et al.* 2016). Dans leurs observations de l'étude de 1994, les bovins inspectés par T. Grandin et J. Regenstein manifestaient des spasmes hypoxiques et une perte de sensibilité en 5 à 60 secondes (Grandin, Regenstein 1994). Les auteurs notaient en outre que les animaux calmes s'effondraient plus rapidement et semblaient plus rapidement insensibles que les animaux excités.

En complément, des données relevées en abattoir commercial juif ont permis d'établir des moyennes de délais mis en œuvre au cours de cet abattage, en particulier sur la survenue de l'inconscience (Tableau I) (Grandin, North American Meat Institute Animal Welfare Committee 2017). La contention en position debout de chaque animal était atténuée après l'incision, maintenant uniquement la contention tenant la plaie de saignée ouverte. Après 30 secondes, 35 animaux parmi les 1 810 évalués n'avaient pas encore un basculement oculaire et perdu leur posture. Ces animaux non encore inconscients le devinrent en 38 secondes maximum, représentant 1,97 % de l'effectif, sans besoin de recourir à l'étourdissement de secours par pistolet à tige perforante. Ainsi, au bout de 40 secondes, tous les animaux étaient inconscients et selon l'auteure, tous le restèrent définitivement.

Tableau I : Délais mis en œuvre lors de l'abattage rituel juif, de l'entrée de l'animal dans le box, son immobilisation, son égorgement et la survenue de l'inconscience. Résultats observés entre décembre 2010 et décembre 2014 sur 1 810 gros bovins dans un abattoir commercial casher, d'après T. Grandin 2017.

Effectif total : 1 810 gros bovins	Moyenne	Ecart-type	Maximum	Minimum
Durée (en secondes) entre l'entrée de l'animal dans le box et la fin de la mise en place	25,5	5,99	57	13
Durée (en secondes) d'attente entre la fin de la mise en place et l'égorgeage	3,8	1,69	18	1
Durée (en secondes) entre l'égorgeage et la perte de conscience (œil basculé)	22,8	3,78	38	13

En 2014, une enquête faisant partie du projet DIALREL (voir Partie 2-I.C.) évaluait les pratiques habituelles d'abattage rituel en Belgique, Allemagne, Italie, Pays-Bas, Espagne, Royaume-Uni, Turquie et Australie (Velarde *et al.* 2014). Un questionnaire était tout d'abord rempli par l'établissement d'abattage puis les experts se rendaient sur place pour effectuer leurs relevés. Dix-sept établissements d'abattage furent ainsi visités, la plupart pratiquant un abattage rituel sans étourdissement et six d'entre eux recourant à un étourdissement associé à l'abattage halal (Tableau II). Le seul abattoir visité pratiquant l'abattage rituel juif était britannique et exerçait une contention debout dans un box de type *ASPCA pen* modifié (Figure 16). De cette étude, des différences dans les délais de perte de posture suite à abattage halal sans étourdissement préalable furent établies selon le mode de contention utilisé (Figure 22). En effet, les signes d'inconscience survenaient le plus précocement chez les animaux en décubitus latéral, suivis par les animaux en position debout ou rotation de 45°. Les survenues les plus tardives de perte de posture étaient observées sur les animaux en décubitus dorsal, se prolongeant jusqu'à plus de 2 min 30 s. Les auteurs rapprochèrent ces tendances avec les nombres d'incisions ayant été nécessités selon le mode de contention. En effet, les sacrificateurs devaient effectuer un nombre d'incisions inférieur en décubitus latéral par rapport à un animal en décubitus dorsal ou posture debout (Figure 23). Dans le contexte de l'abattage rituel juif, tous les animaux inspectés avaient perdu la posture debout dans les 30 s après le début de la saignée.

Tableau II : Nombre d'abattoirs halal visités et d'animaux inspectés selon la méthode de contention et l'utilisation ou non d'un étourdissement préalable, d'après Velarde *et al.* 2014

	Sans étourdissement		Avec étourdissement préalable		Nombre total d'abattoirs
	Nombre d'abattoirs	Effectifs d'animaux	Nombre d'abattoirs	Effectifs d'animaux	
Rotation de 45°	1	30	0	0	1
Décubitus latéral (90°)	3	54	1	30	4
Décubitus dorsal (180°)	2	60	1	82	4
Position debout	4	150	4	119	9
Total	10	294	6	231	16

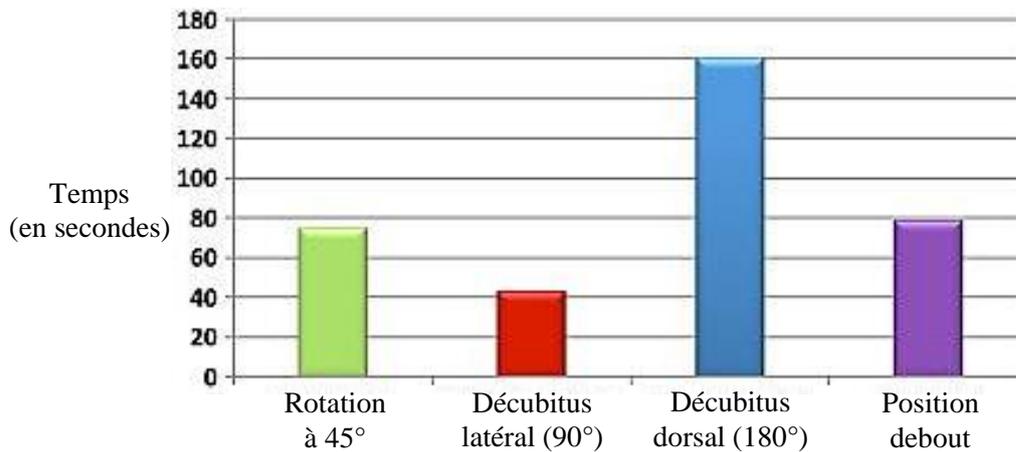


Figure 22 : Influence de la position de contention sur les délais de perte de posture survenant après un égorgement halal, sans étourdissement préalable, d'après Velarde *et al.* 2014

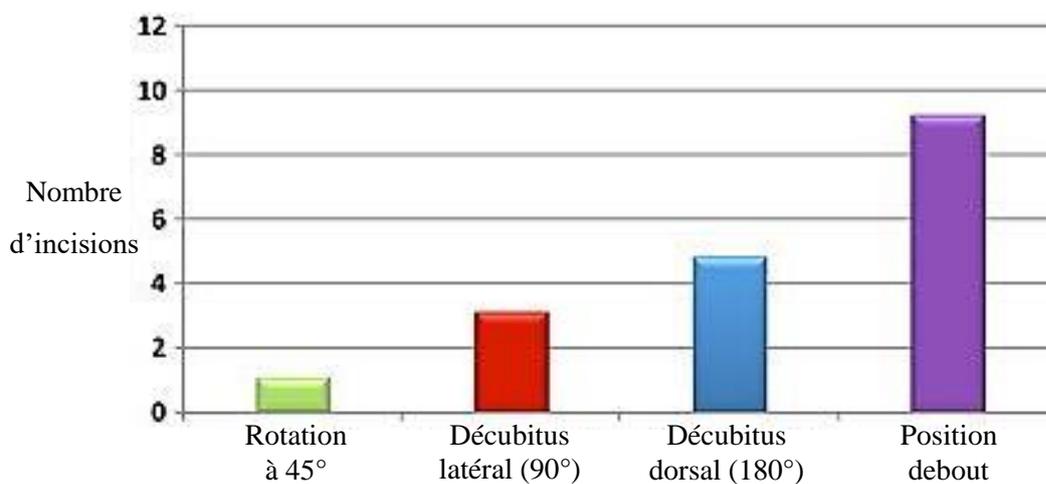


Figure 23 : Influence de la position de contention sur le nombre d'incisions nécessité lors d'un égorgement halal sans étourdissement préalable, d'après Velarde *et al.* 2014

4. Apport des techniques d'électroencéphalographie dans l'étude de la survenue de l'inconscience

Un électroencéphalogramme (EEG) est un tracé relevant l'activité électrique cérébrale enregistrée usuellement à la surface du crâne à l'aide de techniques non invasives (électrodes de surface). L'observation des ondes sur l'électroencéphalogramme permet de distinguer les différents potentiels électriques et de les caractériser, par leur suppression, leur augmentation ou encore les changements de leurs fréquences et amplitudes. L'absence ou la réduction significative d'un potentiel évoqué par une stimulation auditive, visuelle ou somesthésique peut permettre de déterminer si un animal est inconscient ou mort. Par exemple, une réduction de l'amplitude des potentiels à moins de 10 % de leur amplitude initiale avant stimulation est généralement admise comme caractérisant une inconscience (Anil 2011).

Suite à un étourdissement efficace au pistolet à tige perforante, les potentiels évoqués visuels disparaissent immédiatement, selon une étude de Daly *et al.* de 1988 rapportée par T. Grandin (Grandin 2013). Cette mesure indique que le cerveau ne réagit plus à une stimulation visuelle telle que l'application d'un flash lumineux, attestant de la survenue de l'inconscience et de l'insensibilité.

La réponse électroencéphalographique de 31 taureaux croisés zébus a été étudiée pour comparer l'efficacité de pistolets pneumatiques à tige perforante ou non (Gibson *et al.* 2019). Tous les animaux étourdis au pistolet à tige perforante, au nombre de 20, montrèrent un tracé électroencéphalographique incompatible avec un état de conscience. Alors que 2 des 11 taureaux étourdis au pistolet pneumatique à tige non perforante présentaient des potentiels indiquant une activité normale ou un maintien d'activité cérébrale, signant une percussion incomplète. Les auteurs concluaient donc que le pistolet pneumatique à tige perforante est une méthode efficace d'induction de l'étourdissement, alors que la méthode par concussion est moins fiable mais néanmoins potentiellement satisfaisante.

Dans la littérature (Yardimci 2019; Žurek *et al.* 2021), une expérimentation du Professeur Schultz et du Dr Hazim de l'Université de Hanovre est régulièrement citée depuis 1998. Elle démontrait par l'utilisation d'un électrocardiogramme et d'un encéphalogramme l'efficacité de l'abattage halal et sa pertinence en tant que méthode d'abattage humanitaire. Les animaux étaient abattus soit selon le rituel halal traditionnel, c'est-à-dire sans étourdissement, soit étourdis par un pistolet à tige perforante. Pendant les trois premières secondes suivant l'égorgeage halal, l'EEG ne montrait aucun changement de l'activité cérébrale, indiquant que l'animal ne ressentait aucune douleur pendant et immédiatement après la section. Au cours des trois secondes suivantes, figurait sur l'EEG un profond état d'inconscience, attribué probablement à la perte de sang considérable. Ainsi, après lesdites six premières secondes, l'EEG ne montrait plus aucune activité cérébrale. Enfin, suite à ces six secondes, les battements cardiaques étaient maintenus et le corps vibrait vigoureusement, phénomène considéré comme une action réflexe liée à la moelle épinière, drainant alors le maximum de sang en-dehors de l'organisme. Toutefois, certaines informations relatives à cette expérimentation ne sont pas précisées, parmi lesquelles en particulier la méthode de réalisation pratique, l'âge des modèles choisis (veaux ou gros bovins) ainsi que leurs effectifs.

Probablement dans les mêmes années, Anil décrit une étude réalisée par Kalweit *et al.* en 1989 étudiant les potentiels évoqués visuels et somesthésiques sur des gros bovins, en réponse à un égorgeage conforme à la *shehita* sans étourdissement préalable (Anil 2011). Les auteurs comparaient ces EEG avec des EEG produits après un étourdissement au pistolet à tige perforante. Dans ce dernier cas, les réponses aux stimulations visuelles et somesthésiques étaient immédiatement perdues. En revanche lors de l'abattage juif sans étourdissement, les réponses se réduisaient graduellement en amplitude pendant plusieurs dizaines de secondes. Ces observations montrant une activité cérébrale

persistant jusqu'à 50 s conduisaient les auteurs à douter d'une disparition totale de sensibilité en l'absence d'étourdissement.

Zulkifli *et al.* ont étudié en 2014 les électroencéphalogrammes de génisses étourdies selon quatre méthodes : halal avec soulagement par pistolet à tige perforante dans les 10 à 20 secondes, pistolet à tige non perforante haute ou faible puissance et pistolet à tige perforante (Zulkifli *et al.* 2014). Dix génisses croisées à partir de zébus étaient attribuées à chacune des conditions. Les quarante individus aléatoirement répartis provenaient de deux élevages distincts. Les résultats d'électroencéphalographie sont analysés en particulier par la décomposition et l'identification des ondes α et β , caractérisées par une haute fréquence et faible amplitude, indicatrices de la conscience, et des ondes θ et δ , basse fréquence et amplitude élevée, signant l'inconscience. Les valeurs efficaces, ou valeurs RMS (moyennes quadratiques d'un signal périodique, équivalent en courant ou tension continu), sont aussi déterminées. Dans cette étude expérimentale, les EEG obtenus ont conduit les auteurs à considérer que le pistolet à tige perforante semblait le plus approprié pour maximiser la survenue de l'insensibilité et minimiser la douleur lors de l'étourdissement. A l'inverse, dans le cas de l'égorgeage halal, les EEG faisaient état avant le soulagement d'une augmentation intense d'activité, compatible avec des stimuli nociceptifs aigus attribuables à la section tissulaire.

Le rapport du Bureau ETRE apporte quelques éléments de contexte quant aux conditions expérimentales des études passées de la littérature portant sur les EEG en contexte d'abattage (Bureau ETRE 2020). En effet, les avancées techniques analytiques étaient moins précises, la saignée sans étourdissement était souvent réalisée dans des conditions différentes d'un abattage rituel, les difficultés expérimentales restreignaient fréquemment le modèle d'étude à des veaux en faible effectif et il n'est pas rare d'y lire que les animaux ayant présenté un défaut de saignée étaient écartés des données statistiques. Désormais néanmoins, les études plus récentes bénéficient de techniques analytiques améliorées et les phénomènes d'occlusion sont décrits et considérés dans les traitements statistiques. Selon ce rapport, la littérature récente sur le sujet appuie les constats d'une perte de conscience nécessitant plusieurs dizaines de secondes à survenir, voire plusieurs minutes, dans un contexte de variabilité interindividuelle importante. En moyenne selon des études de 2009 à 2016, la perte de conscience surviendrait en 49 à 109 secondes. Le délai maximal de perte de conscience précisé dans une étude correspond à 2 min 20 s après l'égorgeage.

Des observations de signes évocateurs d'inconscience (perte de posture, basculement oculaire) et par l'apport des techniques d'électroencéphalographie, la plupart des auteurs s'accorde à considérer **l'étourdissement par pistolet à tige perforante comme une technique humanitaire immédiate d'induction d'inconscience sans douleur**. En revanche pour l'égorgeage sans étourdissement préalable, une **absence de consensus scientifique** semble se dégager par l'émergence de résultats parfois contradictoires ou controversés. Diverses considérations peuvent expliquer ces fluctuations, parmi lesquelles ne peuvent être négligés les effectifs étudiés souvent limités, une certaine **variabilité interindividuelle** et l'influence sur la **qualité de saignée de nombreux facteurs** dépendant de considérations matérielles. La rapidité de survenue de l'inconscience et son maintien suite à un égorgeage traditionnel apparaît dépendante **des caractéristiques de la section** (position et orientation), de la **position de l'animal** immobilisé, de son **attitude**, de l'**expérience du sacrificateur**, de la **longueur et de la perfection de la lame** utilisée ainsi que de l'**occurrence de phénomènes d'occlusion**. En conséquence, des résultats électroencéphalographiques ont objectivé des persistances de conscience et de perceptions douloureuses suite à des égorgeages sans étourdissement préalable.

A l'aune des données évoquées, il semble qu'une perte de conscience définitive survienne jusque dans les 40 secondes post-égorgeage lors d'un abattage juif en contention debout type *ASPCA pen* modifié. En abattage halal traditionnel, l'inconscience est constatée dans des délais pouvant aller entre 40 s et 2 min 30 s, bien que la majorité des animaux soient inconscients dans les 34 s.

C. Comparaison de l'efficacité des pratiques sur la bien-être et la perception du stress

Les méthodes d'évaluation de la douleur et du stress reposent, en contexte d'abattage, principalement sur des observations comportementales (mouvements de fuite, de lutte, vocalisations, taux de chute, etc.) et des techniques analytiques, qu'elles soient électroencéphalographiques ou de biochimie sanguine par exemple. Néanmoins la compréhension de ces données ne peut se faire individuellement ou sans contexte, elle requiert un faisceau suffisamment dense d'informations pour interpréter une situation de stress pour l'animal.

En contexte d'égorgeage sans étourdissement, aucune méthode n'est actuellement considérée par la communauté scientifique comme un Gold Standard. Par conséquent, la question de la présence ou non d'une douleur générée par cet égorgeage divise les auteurs (Aghwan *et al.* 2016; Anil 2011).

Certains considèrent que pour que l'égorgement sectionne efficacement les deux jugulaires, les deux carotides, la trachée et l'œsophage, nécessairement sont entraînées des sections cutanées, conjonctives, musculaires et nerveuses. Les perceptions sensorielles provoquées sur les tissus ayant conservé les connexions nerveuses cérébrales généreraient donc impérativement une douleur d'une intensité non précisée. Pour d'autres au contraire, lorsque l'égorgement est correctement réalisé, c'est-à-dire dans un environnement serein de manipulation du bétail, avec une contention suffisante mais ni excessive ni stressante et un acte technique excellent, l'égorgement serait suffisamment rapide et efficace pour ne pas engendrer de douleur.

1. Evaluations biochimiques du stress et de la douleur lors de l'abattage avec étourdissement

Les modifications physiologiques et biochimiques induites par le stress font l'objet de nombreuses études afin de comprendre et pouvoir maîtriser les situations stressantes en contexte d'abattage. L'intérêt recherché est double : outre la préservation de la protection animale et l'optimisation de la bien-être, éviter les situations de stress permet aussi d'accroître la qualité de la viande produite (Chulayo, Muchenje 2015; Kumar *et al.* 2023). Bien qu'elle ne soit pas exhaustive, l'Annexe 4 issue du rapport produit par le Bureau ETRE présente les molécules fréquemment reconnues comme biomarqueurs de stress (voir Annexe 4 : Substances impliquées dans la perception et la modulation de la douleur à différents niveaux) (Bureau ETRE 2020).

Suite à un étourdissement par tige perforante correctement réalisé, l'état d'inconscience survient avant que l'animal ne puisse intégrer les messages nociceptifs associés au tir et ne puisse ressentir de douleur (Bureau ETRE 2020).

En revanche, en cas d'échec à la première application d'une méthode d'étourdissement, l'animal peut en subir des conséquences douloureuses. Ainsi, lors d'un échec d'électronarcose, l'animal va ressentir les effets des sécrétions d'adrénaline et peut donc éprouver de la douleur (Grandin 2013). Au contraire, lorsque les électrodes sont appliquées correctement, la perte de conscience empêche la perception des effets de l'adrénaline. De même, les gros bovins qui avaient nécessité plus d'un tir de pistolet à tige perforante pour s'effondrer présentaient de plus fortes concentrations en cortisol plasmatique et en protéines de choc thermique que ceux étourdis du premier coup (Chulayo, Muchenje 2015). Les protéines de choc thermique (HSP : *Heat Shock Proteins*) sont des protéines chaperonnes sécrétées lorsqu'une cellule est en situation de stress.

2. Observations de manifestations de stress lors de l'abattage sans étourdissement préalable

Comme évoquées précédemment (voir Partie 1-III.C.2.), les observations de Grandin et Regenstein sur plus de 3000 bovins en abattoirs cashers en contention debout indiquaient que les animaux ne manifestaient pas de signes comportementaux de douleur lors de l'égorgeage et de la saignée (Grandin, Regenstein 1994). Dans ces conditions, le bétail était manipulé sereinement, la contention debout en *ASPCA pen* modifié était légèrement relâchée après l'égorgeage mais suffisante pour maintenir la plaie de saignée ouverte et les lames des couteaux utilisés étaient parfaitement aiguisées. Une simple réaction de type tressaillement était régulièrement observée au premier contact de la lame avec la peau, considérée par les auteurs d'intensité remarquablement faible. Pour T. Grandin, au titre des éléments essentiels à l'absence de douleur, il s'agit impérativement d'avoir une contention qui maintient l'ouverture de la plaie à chaque instant, sans autoriser de contact exogène. Ses observations lui font penser que c'est lorsque la plaie se referme sur la lame et que les tissus sont en contact des tissus sectionnés ou des côtés du couteau que l'animal perçoit une intense nociception et manifeste sa douleur.

Dans l'étude relevant les délais d'apparition des signes d'inconscience en abattage halal sans étourdissement, Gregory *et al.* remarquaient que les animaux qui chutaient une première fois, mais qui se relevaient, exprimaient des signes manifestes de détresse avant de chuter définitivement (Gregory *et al.* 2010).

Les inspections effectuées dans le cadre du projet DIALREL, présentées au Tableau II (Tableau II), ont permis d'établir l'influence de la position de contention pour l'égorgeage halal sur la proportion des animaux qui présentaient des signes comportementaux de stress (Figure 24) (Velarde *et al.* 2014). Suite à l'égorgeage sans étourdissement préalable, le pourcentage de bovins qui vocalisent ou se débattent est maximal en décubitus latéral, lorsque les bovins sont sur le côté. En parallèle, le rapport du projet DIALREL distingue une difficulté plus accrue de la réalisation du geste d'égorgeage lorsque le bovin est en position debout (von Holleben *et al.* 2010). Le sacrificateur doit alors être particulièrement expérimenté pour limiter le nombre de passages de la lame. L'article de Velarde *et al.* décrit une moyenne de 9 passages de couteau en contention debout, contre 3 à 5 lors d'un décubitus latéral ou dorsal respectivement (Figure 23).

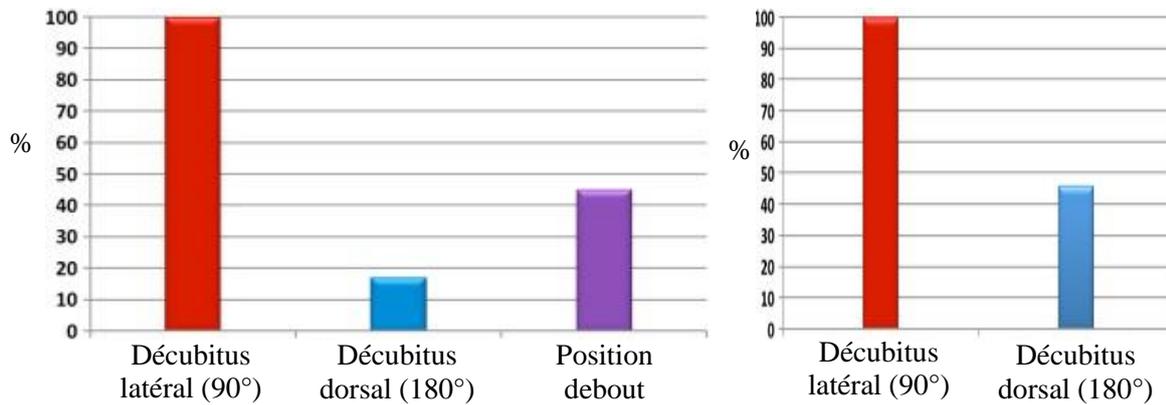


Figure 24 : Pourcentage d'animaux exprimant des signes de lutte (à gauche) et de vocalisations (à droite) en fonction de la contention, après égorgement halal sans étourdissement préalable, d'après Velarde *et al.* 2014

En outre, lorsque la saignée n'est pas optimale et qu'un phénomène d'occlusion s'observe sur l'une ou l'autre des artères, l'opérateur doit résoudre cette obstruction par une ou plusieurs incisions supplémentaires en amont. Le rapport DIALREL décrit ces mesures correctives comme des causes identifiées de nociception et de douleur supplémentaires car appliquées sur des tissus déjà sectionnés à des animaux conscients (von Holleben *et al.* 2010; Anses 2012).

L'usage du box rotatif de type Weinberg ou *casting pen* (Figure 10) autorise un retournement complet du bovin. Cette position facilite le geste de saignée par rapport à une contention debout (Figure 23) et permet ainsi de limiter la variabilité inhérente au facteur humain et à sa fatigue. Toutefois cette position non physiologique chez les bovins peut susciter un sentiment de stress, résultant d'une répartition anormale et inhabituelle du poids des viscères abdominaux ainsi que, suite à l'égorgement, de l'exacerbation des phénomènes d'aspiration du sang et des liquides ruminiaux dans les poumons (Allmendinger 2008).

L'aspiration trachéale de sang suite à la saignée est considérée comme une complication de l'abattage rituel, qu'il soit juif ou halal (Gregory, Von Wenzlawowicz, *et al.* 2012). Dans cet article, 19 % et 58 % des trachées de bovins abattus, respectivement selon la *shehita* et selon le rituel halal, étaient recouvertes de sang sur leurs muqueuses. Tous les individus avaient la glotte ensanglantée, que ce soit en contention debout ou en décubitus dorsal. Selon les auteurs, la présence de sang dans le tractus respiratoire étant anormale et la muqueuse étant dotée de récepteurs sensoriels, l'irritation causée par un contact du sang avec la muqueuse est cause de douleur. Lorsque l'animal est en position debout et avec un nerf vague fonctionnel, l'entrée de liquide dans les voies respiratoires supérieures déclenche physiologiquement une toux, mais elle ne peut être mise en œuvre suite à l'égorgement. Des irritations des voies respiratoires profondes sont aussi à craindre si les écoulements sanguins se prolongent et atteignent la bifurcation trachéale. Enfin, Gregory *et al.* proposent que la section de l'encolure en direction de la vertèbre cervicale C1 permettrait d'inclure certains nerfs sensitifs

supplémentaires et ainsi abolir leur fonctionnement par dépolarisation définitive des cellules nerveuses sectionnées, les rendant dès lors non fonctionnelles.

3. Evaluations biochimiques du stress lors de l'abattage sans étourdissement préalable

Dans l'étude de Zulkifli *et al.* comparant quatre techniques d'abattage de génisses, ces dernières étaient mises à mort selon un abattage halal avec soulagement en 10 à 20 secondes, un étourdissement préalable par pistolet à tige perforante, ou un étourdissement par pistolet à tige non perforante à haute ou faible puissance (voir Partie 1-IV.B.4.) (Zulkifli *et al.* 2014). Sur ces animaux étaient relevés des électroencéphalogrammes et les concentrations sanguines en cortisol, adrénaline, noradrénaline, beta-endorphines et ACTH (hormone adrénocorticotrope).

Les valeurs efficaces, ou valeurs RMS, obtenues sur les EEG des animaux égorgés et non encore soulagés étaient systématiquement plus élevées que pour les animaux étourdis. Cette observation indique un changement de l'électroencéphalogramme associé selon les auteurs au stress et à la douleur. Dans le cas des pistolets non perforants, les ondes alpha et beta furent émises en intensité suite à l'étourdissement, puis le pic passé, déclinèrent graduellement. Enfin, les électroencéphalogrammes d'inconscience, en HALF (*High Amplitude, Low Frequency*: Haute Amplitude, Basse Fréquence) et caractérisés par des ondes theta et delta, furent obtenus suite à l'application des trois dispositifs d'étourdissement. Les dosages hormonaux n'ont pas indiqué de modifications significatives en concentrations de beta-endorphines selon les différents traitements. Il en est de même pour les concentrations en ACTH et cortisol circulant, où les auteurs suspectent qu'un maximum de sécrétion avait déjà été atteint lors du pré-abattage, neutralisant un relargage à venir.

Suite à l'étourdissement par pistolet non perforant à haute pression et malgré une certaine variabilité interindividuelle, une forte teneur en noradrénaline plasmatique fut objectivée, suggérant que la technique elle-même pourrait être physiologiquement stressante pour l'organisme. En conclusion, et considérant que les concentrations hormonales mesurées peuvent résulter à la fois de la méthode d'étourdissement/abattage mais aussi du stress de pré-abattage, l'analyse de ces concentrations à la lumière des relevés électroencéphalographiques a conduit les auteurs à considérer que des stimuli nociceptifs étaient présents de l'égorgement jusqu'à la perte de conscience des animaux non étourdis préalablement.

De la mesure du taux de lactates sanguins sur des génisses abattues conventionnellement ou sans étourdissement préalable en contention debout au cours du rituel juif, Hayes *et al.* n'ont pas établi de différence significative imputée au stress selon le mode d'abattage (Hayes *et al.* 2015). Ils mirent néanmoins en évidence que les étapes de contention et mise à mort (incluant ou non une étape d'étourdissement) augmentaient les lactatémies par rapport aux prélèvements initiaux.

En 2018, Bozzo *et al.* évaluaient le stress lié à l'abattage et au mode d'étourdissement par la mesure en ferme, en bouverie après le transport et au cours de la saignée, des concentrations sanguines en cortisol, dopamine, adrénaline et noradrénaline (Bozzo *et al.* 2018). Les 60 individus de l'étude étaient des mâles charolais issus du même élevage. Craignant des interférences sonores ou par les phéromones, les 30 sujets abattus selon la *shehita* furent transportés et abattus le lendemain à la même heure que ceux saignés suite à étourdissement par pistolet à tige perforante. Les modèles de variation des paramètres étaient sensiblement similaires et ont signifié une variation plus intense au cours de la saignée, dont les différences étaient significatives pour le cortisol, la dopamine et la noradrénaline (Tableau III). Il semble donc que les animaux abattus selon le rite casher soient l'objet de conditions stressantes plus importantes lors de la phase de saignée. Les individus choisis par les Rabbins pour l'abattage rituel juif présentaient des niveaux moindres de cortisolémie et teneurs plasmatiques en catécholamines sur leur lieu d'élevage et après le transport. En accord avec les suggestions de T. Grandin et les résultats de Hayes *et al.* (voir Partie 1-III.C.3.) (Hayes *et al.* 2015; Grandin, Regenstein 1994), ces résultats conforteraient l'hypothèse que les animaux le plus souvent sélectionnés par les Rabbins sont ceux au tempérament le plus calme et docile.

Une étude similaire fut réalisée en 2020 par une partie de la même équipe de chercheurs scientifiques, comparant les taux de cortisol plasmatique entre l'abattage halal traditionnel et l'abattage conventionnel (Barrasso *et al.* 2020). Les 60 individus étaient des mâles Charolais issus de la même origine et répartis en deux lots de 30, l'un (Groupe B) attribué à un abattage conventionnel avec étourdissement par pistolet à tige perforante et l'autre (Groupe A), choisi par le représentant de la communauté musulmane, à un abattage halal en box rotatif sans étourdissement associé. L'abattage halal était réalisé en décubitus dorsal, par un sacrificateur expérimenté disposant de lames à la qualité vérifiée à chaque fois, permettant la qualification de l'égorgeage par les auteurs comme une section franche et rapide. En ferme, les auteurs trouvèrent des cortisolémies significativement moins élevées sur les animaux du Groupe A que du Groupe B (Tableau IV). En revanche pendant la saignée, ces valeurs étaient significativement plus importantes pour les animaux abattus en décubitus dorsal par saignée sans étourdissement préalable. Par rapport à la situation initiale en élevage, les taux de cortisol étaient multipliés par 12,85 et 27,52 pour les animaux en abattage conventionnel et abattage halal, respectivement.

Tableau III : Concentrations plasmatiques en cortisol et catécholamines entre un abattage par *shehita* ou un abattage conventionnel. Les échantillons ont été prélevés au cours de la saignée. D'après Bozzo *et al.* 2018.

	Abattage rituel juif (sans étourdissement)		Saignée avec étourdissement préalable (pistolet à tige perforante)		p-value
Cortisol (nmol/L)	68,70	± 30,61	45,08	± 14,15	0,000
Dopamine (ng/L)	868,43	± 508,52	513,87	± 286,32	>0,02
Noradrénaline (ng/L)	3776,20	± 1918,44	3425,57	± 1777,39	>0,01
Adrénaline (ng/L)	4352,20	± 3730,15	3279,97	± 1954,53	0,17

Tableau IV : Cortisolémies en élevage et au cours de la saignée sur des individus en abattage halal (décubitus dorsal) ou en abattage conventionnel, d'après Barrasso *et al.* 2020

	Groupe A : Abattage rituel halal (sans étourdissement, box rotatif)		Groupe B : Saignée avec étourdissement préalable (pistolet à tige perforante)		p-value
En élevage (T0)	3,26	± 1,01 nmol/L	4,06	± 1,94 nmol/L	0,049
Pendant la saignée (T1)	88,81	± 41,02 nmol/L	43,72	± 12,09 nmol/L	0,000

Afin d'estimer au cours d'une étude l'état de bien-être des individus, Bouzraa *et al.* relèvent les glycémies, cortisolémies et concentrations en lactate déshydrogénase (LDH) et créatine kinase (CK) au cours de l'abattage halal (Bouzraa *et al.* 2023). Quatre lots de dix mâles limousins étaient constitués, tous d'origine identique, et étaient abattus par abattage conventionnel (pistolet à tige perforante), abattage halal traditionnel (sans étourdissement) en position debout, en décubitus dorsal et abattage halal avec étourdissement préalable réversible au pistolet à tige non perforante. La mesure de la glycémie permettait aux auteurs d'estimer l'exposition des animaux à des conditions stressantes, considérant qu'un stress engendre une sécrétion de catécholamines et de glucocorticoïdes, favorisant la glycolyse hépatique et ainsi élevant la glycémie. Cette dernière fut la plus faible dans le cas de l'abattage halal avec étourdissement réversible préalable. Considérant l'intégralité de leurs résultats, les auteurs concluaient que l'abattage conventionnel et l'abattage halal avec étourdissement réversible étaient à l'origine de concentrations les plus basses en biomarqueurs de stress. A l'inverse, l'abattage

halal procédant par box de contention rotatif en décubitus dorsal engendrait les résultats les plus favorables au stress.

En l'état actuel des techniques analytiques, il est probablement **impossible de statuer définitivement** sur l'existence d'une **douleur présumée** ou d'un sentiment désagréable hypothétique qui pourraient être ressentis ou non lors d'un égorgement réalisé dans des conditions optimales. En revanche, l'**objectivation d'un stress** manifeste est résolument **envisageable** dans des situations de contention ou d'égorgement discordantes avec des pratiques humanitaires.

La **durée potentielle de souffrance** au cours de l'abattage sans étourdissement dépend de l'efficacité de la saignée, pour **atteindre la survenue de l'inconscience** irréversible. De **nombreuses recherches** scientifiques ont traité de cette question, à la lumière des **observations comportementales**, des techniques d'**électroencéphalographie** (voire parfois d'électrocorticographie) et des **dosages des biomarqueurs du stress**. Bien que les **résultats hétéroclites** engendrent des conclusions parfois variables, alimentant la **controverse** au sein de la communauté scientifiques, ces études ont permis de dégager l'existence de certaines **pratiques semblant non humanitaires**. Il ne semble en effet non raisonnable, au titre de la protection animale, de pratiquer un égorgement rituel avec une lame dont l'aiguisage est insuffisant ou qui comporte des manques ou des défauts. L'usage du box rotatif en position dorsale est identifié comme une pratique stressante pour l'animal. En cas de phénomène d'occlusion, la pratique de réincisions, bien que nécessaire, s'effectue sur des animaux inévitablement conscients et s'apparente ainsi à une cause de nociception. **La pratique d'un étourdissement préalable efficace occasionne une perte de sensibilité objectivée au stress et à la nociception.**

DEUXIEME PARTIE

**Attentes et enjeux du débat public français sur
la bientraitance à l'abattage rituel des gros
bovins, réflexions et perspectives d'évolution**

I. Situation de l'abattage rituel en France

A. Contexte de la production de viande rituelle en France

1. Éléments d'appréciation des volumes de production française de viande rituelle

En France, les chiffres détaillés de la production de viande rituelle ne sont pas publiés annuellement et officiellement, que ce soit en termes d'effectifs de cheptel abattu ou en termes de tonnages produits. Des éléments de contexte à ce sujet sont très sporadiquement fournis par les documents issus de l'Agreste, le service statistique ministériel de l'Agriculture, ou issus de FranceAgriMer, l'établissement national des produits de l'agriculture et de la mer. Dès lors, une part non négligeable des informations relatives aux volumes de produits carnés rituels provient au fil du temps des polémiques sociales, des prises de parole de politiques et de responsables professionnels ou des commissions d'enquêtes parlementaires.

En 2022, la France comptabilisait 240 abattoirs d'animaux de boucherie sur son territoire (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire 2022), c'est-à-dire des établissements d'abattage de bovins, ovins, caprins, porcins, solipèdes et gibiers d'élevage. La France en comptait 247 en 2019, dont 193 abattoirs de bovins. Chaque année sur son site Internet, l'association Œuvre d'Assistance aux Bêtes d'Abattoirs répertorie les établissements d'abattage français disposant de l'autorisation de pratiquer l'abattage rituel sur une espèce à titre dérogatoire. Sur les chiffres d'octobre 2022, l'OABA répertoriait 150 abattoirs d'animaux de boucherie entrant dans le cadre de cette dérogation, soit 62 % (OABA 2022). A l'inverse, elle publie la liste des établissements d'abattage français n'étant pas agréés et pratiquant systématiquement l'étourdissement pour au moins une des espèces d'ongulés domestiques. Parmi les 118 établissements de la liste de 2022, 91 établissements y figurent car étourdisant systématiquement les bovins (âgés de plus de 8 mois).

Les documents produits par les chambres parlementaires, que ce soit par des rapports ou des commissions d'enquête, permettent d'accéder à des estimations ou indications des volumes de viande rituelle produite en France. Tout d'abord, le rapport d'enquête sur le champ du halal rédigé par le Comité permanent de coordination des inspections (Coperci) en septembre 2005 estimait la consommation de viande halal toutes espèces à environ 336 000 tonnes équivalent carcasse (tec) en France, représentant approximativement 6 % de la consommation de viande. Pour les bovins, l'estimation faite par le rapport indiquait qu'environ 20 % des bovins étaient abattus rituellement. En revanche il considérait que les abattages rituels en viande halal produisaient 800 000 à 900 000 tec/an. Rapporté à une consommation estimée précitée de 336 000 tec, le rapport Coperci faisait état de volumes de produits carnés halal largement excédentaires par rapport au besoin national. Bien que l'existence d'un marché d'export de viande halal soit confirmée pour les volailles (en direction du Moyen-Orient notamment) ou encore relatif à la viande bovine, selon les estimations de ce rapport, ces

marchés extérieurs équivalaient à peine à 1 % de la production nationale soit environ 200 millions d'euros de chiffre d'affaires. Une étude citée auprès de la Librairie du Parlement Européen faisait état en 2006-2007 de 40 % des veaux, 25 % des bovins et 54 % des ovins abattus sans étourdissement en France (Needham 2012).

Sur l'année 2010, une enquête publiée en 2011 par le ministère en charge de l'Agriculture recensait sur les 255 abattoirs de boucherie en activité les volumes du tableau ci-dessous (Tableau V) (Le Neindre *et al.* 2009). Y sont mentionnés les effectifs d'animaux abattus ainsi que les tonnages associés, décomposant selon les espèces eu égard des différences pondérales par individu selon les espèces citées. Selon le rapport d'information fait au nom de la mission commune d'information sur la filière viande en France et en Europe par la sénatrice Mme Goy-Chavent en 2013, les chiffres avancés par l'enquête de 2011 étaient confirmés à la fois par les services de la Direction Générale de l'Alimentation et à la fois par les professionnels représentés par Interbev (Sénat 2013).

Tableau V : Volumes produits par abattage rituel en France dans les 255 abattoirs de boucherie en activité en 2010, d'après Le Neindre *et al.* 2009

Volumes 2010 - Espèce	Veaux	Gros bovins	Ovins-Caprins	Totaux
Nombre d'animaux abattus rituellement	190 000	434 000	1 928 000	2 552 000
Nombre total d'animaux abattus en France	1 455 000	3 589 000	4 565 000	9 606 000
Proportion d'abattage rituel, en effectifs	13 %	12 %	42 %	26 %
Tonnage « rituel » (en tec)	24 000	158 000	44 000	226 000
Tonnage total en France (en tec)	198 000	1 318 000	90 000	1 605 000
Proportion d'abattage rituel, en tonnage	12 %	12 %	49 %	14 %

Suite à une étude de l'Unité d'audit sanitaire du ministère en charge de l'Agriculture, le rapport du CGAAER de 2011 indiquait un chiffre de 51 % d'abattages rituels en abattoirs de boucherie, décomposé en 40 % pour les bovins adultes, 26 % pour les veaux, 58 % pour les ovins et 22 % pour les caprins. Il est en revanche à noter que l'étude sur laquelle se base le Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux ne recensait l'activité que d'une quinzaine d'abattoirs et non pas de l'intégralité des établissements français.

Dans le rapport sénatorial de 2013 porté par Mme Goy-Chavent, l'audition du président du Consistoire central israélite de France précise qu'environ 100 000 animaux sont destinés par an à l'abattage pour le marché casher, représentant 1 % des abattages (Sénat 2013). Selon lui, la

consommation de viande casher en France s'élève à un peu plus de 1 % du tonnage abattu, soit 20 000 tonnes. Ce chiffre fut ensuite confirmé par M. Louis-Xavier Thirode, chef du bureau central des cultes du ministère de l'Intérieur.

En ce qui concerne les importations de viande halal, M. Cheikh Alsid, en tant que responsable du service halal de la mosquée de Paris, expliquait qu'elles correspondaient à 108 000 tec, soit 21 % des importations totales de viande en France à l'époque. A l'inverse, une certaine partie de la production française était également destinée à l'exportation (Sénat 2013).

Enfin, sur les chiffres de l'année 2014, lors de l'audition du 18 mai 2016 de Stéphane Le Foll auprès de la commission à l'Assemblée Nationale présidée par Olivier Falorni, le ministre de l'Agriculture interrogé mentionnait 15 % des bovins et 27 % des ovins issus de l'abattage sans étourdissement en France, en nombre d'individus abattus (Assemblée Nationale 2016).

En l'absence de communication officielle annuelle des volumes de viande produite sans étourdissement en France, l'accès à cette information n'est pas garanti et soumis à l'examen de la fiabilité de la source. Il importe alors de déterminer s'il s'agit d'une estimation ou d'un recensement, sur tout ou partie des établissements français d'abattage. Au gré des actualités et polémiques, des éléments de réponse émergent, tantôt sur les effectifs, tantôt sur les tonnages, par espèces ou en globalité.

2. Modalités technico-économiques de la production française de viande rituelle

Selon le rapport de la commission au Parlement Européen et au Conseil sur « les systèmes d'immobilisation des bovins par renversement ou toute autre position non naturelle », basé sur l'étude BoRest faite par l'Institut de l'Elevage en 2015 (Mirabito *et al.* 2015), plus de 90 % des abattoirs français étaient équipés d'un dispositif tournant de conception moderne, indépendamment de la taille des abattoirs.

L'étude italienne de D'amico *et al.* menée en 2016 en Toscane indiquait que tous les animaux abattus en vue d'une qualification halal étaient qualifiés comme tels à la fin, contre 77 % de rejets au cours du procédé rituel juif (D'amico *et al.* 2017). La moitié des refus faisait suite à un défaut lors de l'inspection de la cavité thoracique et l'autre moitié suite au contrôle des poumons. Cette proportion de rejets est consolidée par celle avancée par le rabbin Bruno Benjamin, président délégué du Consistoire israélite de Marseille, qui indiquait que sur deux cents animaux, cinquante à soixante

étaient finalement certifiés casher (Sénat 2013). Sur les carcasses acceptées, seuls les morceaux de l'avant de l'animal sont effectivement certifiés conformes au rite casher. L'arrière de l'animal contient le nerf sciatique, dont la consommation est proscrite dans les textes sacrés, et la procédure de son retrait est longue, technique et jugée peu rentable, donc peu pratiquée en dehors d'Israël (Żurek *et al.* 2021). Afin d'éviter les gaspillages, ces carcasses refusées ainsi que les morceaux arrière des animaux acceptés sont redirigés en circuit conventionnel.

L'avis n°82 du conseil National de l'Alimentation (CNA) adopté le 7 février 2019 et portant sur le Comité National d'Ethique des Abattoirs (CNEAb) indiquait que le Consistoire central israélite prélève une taxe entre 0,50 € et 1 € par kilogramme de viande vendue sous l'appellation casher (Conseil National de l'Alimentation 2019). Le rapport au Sénat de 2013 mentionnait une taxe rabbinique, perçue pour l'attribution du certificat de cachेरoute, d'environ un euro par kilogramme (Sénat 2013). Le rabbin Bruno Benjamin expliquait que pour le Consistoire juif de Marseille, cette taxe permettait de financer à hauteur de 40 % le budget annuel de trois millions d'euros de fonctionnement de sa synagogue, ainsi que la répartition d'un éventuel surplus.

Les grandes mosquées de Paris, Lyon et Evry Courcouronnes sont les seules mosquées françaises habilitées à estampiller officiellement les viandes halal, par des arrêtés de 1994 pour celle de Paris et de 1996 pour les suivantes. En 2018, toutes trois s'opposaient à la pratique d'un étourdissement (Letessier 2018). En revanche, un certain nombre d'organismes certificateurs, dont les associations rituelles et culturelles qui leur sont rattachées acceptaient cette pratique. L'Institut Musulman de la Mosquée de Paris (IMMP), par le biais de son Recteur Dalil Boubakeur, se prononçait favorablement à l'utilisation de l'électronarcose réversible tout en précisant que l'absence d'étourdissement devait être la norme en matière d'abattage rituel islamique. Il expliquait ensuite que le recours au soulagement, comme intervenant après la réalisation de l'égorgeement rituel, n'était plus du ressort des autorités religieuses mais uniquement des services vétérinaires. Cette position d'acceptation n'est toutefois pas consensuelle parmi les responsables religieux musulmans.

La communauté juive en France, en particulier par l'expression du Grand Rabinat et du Consistoire israélite de France défendent principalement le maintien d'une conscience totale au cours de l'abattage rituel juif.

En France, la pratique du soulagement est ainsi réalisée dans certains abattoirs produisant des viandes halal. Le recours à une méthode d'électronarcose réversible sur les bovins est en revanche sporadique (Sénat 2013).

Dans la religion musulmane, l'*Aïd-el-Kébir* (de l'arabe « grande fête », aussi appelée « fête du sacrifice ») est certainement la fête religieuse la plus importante. Elle commémore la dévotion et la force de la foi d'Ibrahim qui acceptait de sacrifier son fils sur commandement divin. Ce dernier ayant

été épargné par l'Archange Gabriel et substitué par un mouton sacrifié, il est d'usage selon la tradition que chaque famille musulmane sacrifie un animal en souvenir. Afin de permettre cette coutume religieuse, l'Etat met en œuvre des dispositions exceptionnelles pour cette période qui voit environ 100 000 moutons être sacrifiés sur un à trois jours (Ministère de l'Intérieur et des Outre-Mer 2016). Suite au souhait du ministre de l'Intérieur le 15 juin 2015, un groupe de travail fut constitué pour uniformiser et améliorer la gestion de l'événement et sa logistique. Composé par des représentants du culte musulman, des professionnels de la filière et des représentants des administrations françaises, ce groupe de travail a produit un guide pratique intitulé *AÏD-EL-KÉBIR : Modalités d'organisation et d'encadrement de l'abattage* (Ministère de l'Intérieur, Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt 2016). Il précise notamment les modalités de constitution et de mise en place d'abattoirs temporaires permettant de subvenir à l'augmentation ponctuelle de besoin en abattage. Chaque année, environ une soixantaine d'abattoirs de ce type sont agréés pour cette période, leur liste étant publiée au Journal Officiel de la République Française. A l'approche de cette fête au 28 juin 2023, le Conseil français du culte musulman réaffirmait que « le sacrifice par délégation est autorisé de façon unanime », rappelant de cette manière l'interdiction formelle de l'abattage clandestin (Le Monde 2023).

En France, la communauté juive semble préconiser explicitement le maintien de l'état de pleine conscience de l'animal lors du sacrifice rituel. La communauté musulmane apparaît plus partagée, prônant l'absence d'étourdissement comme norme mais tolérant la pratique d'un soulagement.

Au moment de la célébration de l'*Aïd-el-Kébir*, ou fête du sacrifice, les familles musulmanes doivent traditionnellement sacrifier un animal. Afin de permettre sa réalisation et de faire face à la forte demande en abattage temporaire, les services de l'Etat adoptent en concertation avec les représentants musulmans et les professionnels de la filière des dispositions exceptionnelles, notamment la mise en place d'abattoirs temporaires.

B. Polémiques et questionnements publics relatifs à la protection animale

1. Une société de plus en plus attentive au bien-être des animaux d'élevage

Le bien-être des animaux d'élevage est de nos jours un sujet très médiatisé, polémique et initiateur de débats dans la société. Cette visibilité médiatique est liée intrinsèquement à l'évolution du statut de

l'animal, déclenchant des prises de parole régulières afin de dénoncer les conditions d'élevage, de transport ou d'abattage, ou bien incitant à réfléchir au bien-fondé du concept d'élevage et de domestication animale.

D'une part, cette mutation peut s'expliquer par une évolution des modèles d'agriculture et d'élevage (Mounier *et al.* 2021). Au sortir de la Seconde Guerre Mondiale, les enjeux économiques et politiques ont incité une intensification et une industrialisation de l'élevage. La question de la productivité des élevages et la maximisation de leur rentabilité afin de limiter les coûts des produits ont profité des avancées techniques pour favoriser la mécanisation des modes de production. Dès lors, les besoins humains furent réduits et avec eux, le coût de la main d'œuvre. Une densification des structures de production et la sélection génétique des animaux permirent d'augmenter la productivité par unité, de surface et de production.

D'autre part, cette mutation peut s'expliquer aussi par une modification de la relation de l'homme aux animaux (Chulayo, Muchenje 2015). Cette transformation sociétale est en partie liée aux changements des professions de la population en un siècle. Au début du XX^{ème} siècle, la proportion de population travaillant dans l'agriculture était bien plus élevée qu'au début du XXI^{ème} siècle. Par conséquent, la part de la société ayant des contacts quotidiens avec l'élevage fut considérablement réduite, entraînant par la même sa distanciation avec les animaux d'élevage. Privé de cette approche utilitaire et fonctionnelle, et donc pragmatique, la relation de la société à l'animal s'est focalisée sur l'animal de compagnie. Ce dernier est devenu le référentiel quotidien de la condition animale pour l'opinion public, le propriétaire non sensibilisé à l'élevage est désormais sujet à une tendance naturelle à l'anthropomorphisme et à une approche non rationnelle idéalisée de la condition de l'animal d'élevage. L'appréciation du bien-être de l'animal est alors perçue par le biais des projections psychologiques de l'imaginaire collectif (par exemple : « un animal est forcément mieux au chaud à l'intérieur plutôt qu'exposé au vent »), différente des évaluations scientifiques attestant et mesurant l'expression du bien-être (Miele, Veissier, Evans 2011).

Cette approche anthropomorphique est intimement liée à l'évolution des connaissances scientifiques sur la sensibilité animale, la perception de la douleur et l'objectivation de la conscience chez les animaux, notamment d'élevage (Chau *et al.* 2018).

En conséquence, les habitudes de consommation évoluent pour s'adapter aux conceptions éthiques de la société. Un consommateur souhaitant se procurer un produit d'origine animale, alimentaire ou non, dont les conditions de vie sont améliorées par un élevage moins intensif devra payer un prix plus élevé compensant la baisse de rentabilité de ce système de production. Ce « consentement à payer » est notamment objectivé dans le domaine de la production des œufs produits en cage aménagées : la part de marché de ces œufs a perdu 18 % entre 2018 et 2020, au bénéfice des autres modes de

production (Mounier *et al.* 2021). De même, la proportion de poules élevées en systèmes alternatifs aux cages aménagées est passée de 19 % à 42 % entre 2008 et 2018.

Les conditions de la mise à mort des animaux d'élevage n'échappent pas à ces mutations sociétales. Pour atteindre les ambitions éthiques de la société et participer à l'amélioration et la pérennité des filières de production animale, les scientifiques contribuent par leur expertise et leurs recherches à la progression des conditions d'abattage (Darmancourt 2022).

L'opinion publique accorde une **attention croissante** à la considération du **bien-être des animaux d'élevage**. Cette évolution est le fruit de la conjonction d'une **intensification des modèles de production** recherchant la productivité et d'une **distanciation de la société aux conditions réelles d'élevage**. L'**animal de compagnie** étant devenu référentiel et les connaissances scientifiques récentes sur la perception de la **sensibilité animale** suscitent naturellement une **considération anthropomorphique** du grand public pour les animaux d'élevage.

2. Protection animale au moment de la mise à mort

Les attentes sociétales en matière de bien-être animal se déclinent pour tout produit d'origine animale et *a fortiori* les produits carnés. Le consommateur de viande est donc de plus en plus demandeur de conditions animales éthiques et humanitaires, au sens de la protection animale, pour chacune des étapes de vie de l'animal qu'il consomme, de l'élevage au transport puis à l'abattage (Bonnet *et al.* 2020). L'anthropologue Noélie Vialles, dans son ouvrage *Le sang et la chair - Les abattoirs des pays de l'Adour*, théorise le changement d'approche sociétale sur la question de l'abattage et la sensibilité exacerbée de la population (Vialles 1987). L'exil des abattoirs, éloignés désormais des bourgs et centres-villes, en constitue une preuve criante : la mise à mort d'êtres sensibles étant dès lors dissimulée aux regards et à la proximité de la population. En 2020, le sociologue Félix Jourdan montrait que l'adéquation animaux-machines incarne un facteur majeur de convergence entre la production industrielle et la protection animale en abattoir (Jourdan 2020).

En France, la question de l'abattage rituel des bovins suscite périodiquement des débats médiatiques aux enjeux polémiques. Pendant la campagne présidentielle de 2012, un reportage d'investigation constatait que l'ensemble des abattoirs d'Île-de-France pratiquait ce mode d'abattage. Cette affirmation, avérée, laissait penser que l'ensemble de la viande consommée en Île-de-France

serait issue de filières rituelles. L'examen des circuits de commercialisation contredisait aisément cette supposition, cette région urbaine ne s'autoapprovisionnait à l'époque qu'à hauteur de 2 à 3 % (Sénat 2013). Ce sujet sur l'ampleur des filières d'abattage rituel halal fut approprié par Marine Le Pen, candidate du Front National, parti d'extrême-droite, à l'élection présidentielle.

Les craintes liées aux dérives de la production de viande rituelle sont régulièrement médiatisées. En particulier, certains s'inquiètent de proportions jugées excessives et non justifiées de production de viande non étourdie. Citée dans un rapport du CGAAER de 2011, une étude de 2003 affirmait en effet que « seulement 20 % de la production halal était réellement commercialisée en circuit halal » (Sénat 2013). Pour les industriels, la production de viande rituelle en excès était en effet perçue comme avantageusement pratique pour une commercialisation opportuniste en fonction des commandes et catégories de clients. Couplée à la durée d'absence de production lors d'un arrêt de la chaîne pour pouvoir basculer du conventionnel vers un abattage rituel et donc effectuer le nettoyage complet des instruments et équipements, une production uniquement de viande rituelle pouvait être fructueuse. De nos jours, ces considérations ne sont cependant plus tout à fait justifiées, la réglementation s'étant adaptée en imposant aux industriels une justification des volumes produits par les commandes les requérant.

En 2015 et 2016, l'association abolitionniste de protection animale L214 diffusait sur les réseaux sociaux et dans les médias des images choquantes d'animaux d'élevage maltraités dans des conditions d'élevage, de transport et d'abattage particulièrement inhumaines. Suite à la polémique en découlant, l'Assemblée Nationale entérinait la création d'une commission d'enquête sur les conditions d'abattage dans les abattoirs français, menée par le député Olivier Falorni (Assemblée Nationale 2016). Après six mois d'enquête et l'émission de soixante-cinq propositions (voir Partie 2-II.B. et Partie 2-II.C.), la proposition de loi relative au respect de l'animal en abattoir était adoptée en première lecture, avec modifications, le 12 janvier 2017.

Enfin, le débat sur la protection animale en abattoir fut relancé autour du 30 octobre 2018 et du passage de la Loi Egalim, instaurant des essais volontaires de vidéo-surveillance en abattoir.

Les attentes du consommateur en matière de bien-être animal concernent l'entièreté de la vie de l'animal d'élevage. **Une attention accrue du grand public est accordée aux conditions de mise à mort**, suscitant régulièrement l'émoi du consommateur lors de manquements rapportés à la protection animale. Ce sujet fait alors l'objet d'une appropriation par les politiques et d'investigations menées par les chambres parlementaires, preuve s'il en faut de **l'importance de la question** au sein de la société française.

3. Implication des associations de défense de la cause animale en faveur de l'étourdissement

Les associations de défense de la cause animale ne sont pas sans s'impliquer sur la question de l'étourdissement lors de l'abattage des bovins. Elles peuvent être distinguées selon leurs courants de pensée et idéologies principales. Les associations réformistes (ou welfaristes) sont adeptes de l'idéologie qui vise à améliorer la condition des animaux sous la responsabilité des humains, et en particulier les animaux d'élevage, mais sans contester le principe de cette mise sous tutelle humaine (Mounier *et al.* 2021). Les associations abolitionnistes contestent le principe même de l'élevage et, de façon générale, toute appropriation et exploitation des animaux par les humains (Mounier *et al.* 2021). Enfin, l'antispécisme est un courant de pensée philosophique et moral qui considère que l'espèce à laquelle appartient un animal n'est pas un critère pertinent pour décider de la manière dont on doit le traiter et de la considération morale qu'on doit lui accorder (Mounier *et al.* 2021). Les associations de protection animale peuvent avoir un positionnement variable dans leur politique générale, mais aussi avoir une variation idéologique sur un sujet précis.

Parmi les organismes les plus médiatiques engagés sur l'abattage des bovins en France, coexistent l'association L214, l'Œuvre d'Assistance aux Bêtes d'Abattoirs (OABA), la Fondation Brigitte Bardot (FBB), la Confédération Nationale des SPA de France (CNSPA), le Conseil National de la Protection Animale, la Fondation Assistance aux Animaux, l'association Protection Mondiale des animaux de ferme (PMAF), la Société Nationale pour la Défense des Animaux (SNDA), l'Association Stéphane Lamart, la Fondation Droit Animal, éthique et sciences (LFDA), l'association CIWF France (*Compassion In World Farming*), etc.

Leurs actions peuvent être variées et de nature différente sur le sujet de l'abattage. L'association abolitionniste L214 est particulièrement connue pour sa diffusion de vidéos de maltraitance sur les animaux d'élevage. En plus d'une mission d'information, certaines font le choix d'organiser des colloques réunissant organismes de protection animale, professionnels de la filière, scientifiques et autres acteurs et décideurs impliqués. Ce fut par exemple le cas du colloque du 24 janvier 2019 organisé par l'OABA et la FBB portant sur l'abattage sans étourdissement (Kieffer, OABA, FBB 2019). L'élaboration de mesures de préconisation est aussi complétée par des interpellations des politiques et décideurs, par le biais de lettres ouvertes ou encore de pétitions.

Depuis sa création en 1961, l'OABA se focalise sur l'évolution des conditions d'abattage des animaux. Sous sa pression en 1964, un décret rendait obligatoire en France l'étourdissement des animaux avant la saignée. Plus récemment, lorsque le Label Rouge eu un changement de son cahier des charges et ne garantissait plus l'abattage avec étourdissement, l'OABA dénonçait la réponse du ministre de l'Agriculture (La Dépêche Vétérinaire 2021). De même en 2019, l'OABA avait fait confirmer par la Cour de Justice de l'Union Européenne que le label Agriculture biologique est incompatible avec les viandes issues d'abattage sans étourdissement préalable.

Parmi les raisons de leur engagement contre l'abattage sans étourdissement préalable, ces associations considèrent cette méthode comme engendrant une souffrance extrême évitable aux animaux. Par ailleurs, elles dénoncent aussi la complémentarité des circuits, c'est-à-dire la vente en circuit conventionnel d'une carcasse refusée en abattage rituel et donc abattue sans étourdissement (Œuvre d'Assistance aux Bêtes d'Abattoirs 2020). Ce basculement sans information claire et équivoque est considéré comme une tromperie du consommateur, ce dernier achetant une viande issue d'un animal non étourdi avant la saignée sans qu'il ne soit informé et donc peut-être opposé à ce principe.

Les associations de protection animale sont nombreuses, aux statuts et missions souvent diverses, déterminés par leur position idéologique. Elles assurent des rôles de **sensibilisation et information** du grand public, de **lanceurs d'alerte et d'initiation du débat**, ainsi que de **réflexion et élaboration de recommandations** à destination des différents acteurs. **Opposées à l'abattage sans étourdissement** pour des considérations majoritairement de considération animale, elles dénoncent la **complémentarité des circuits** à l'origine d'une **tromperie du consommateur** lorsqu'une viande issue d'un animal non étourdi mais non certifié est vendue parmi les viandes d'abattage conventionnel.

C. Le positionnement de la France au sein de l'Union Européenne

Afin d'éclairer les actions des décideurs et parlementaires européens, une actualisation régulière des connaissances de la situation de l'abattage rituel en Europe, dans ses proportions et ses pratiques, apparaît nécessaire. Le programme européen DIALREL, financé par l'Union Européenne, fut lancé en 2006 et achevé en 2010. Son rapport, dont le titre complet est *Abattage religieux : améliorer la connaissance et l'expertise par le dialogue et les débats sur le bien-être animal, les enjeux législatifs et socio-économiques*, poursuivait l'objectif de promouvoir le dialogue entre les différents acteurs et intervenants concernés par l'abattage rituel des animaux (von Holleben *et al.* 2010). Il s'appuyait notamment sur des experts issus de nations aux pratiques variées telles que l'Australie, la Belgique, l'Allemagne, l'Espagne, la France, Israël, l'Italie, la Norvège, les Pays-Bas, le Royaume-Uni et la Turquie.

En juin 2015, l'Institut de l'Élevage présentait l'étude BoRest à la demande de la commission au Parlement Européen et au Conseil de l'Union Européenne sur « les systèmes d'immobilisation des bovins par renversement ou toute autre position non naturelle » (Mirabito *et al.* 2015). Cette étude

rapporte qu'en 2012, un total de 25 millions de bovins a été abattu dans l'UE, dont environ 2,1 millions (8,5 %) sans étourdissement, la majorité d'entre eux (84 %) dans quatre Etats membres (France, Pays-Bas, Espagne et Royaume-Uni) et la quasi-totalité d'entre eux (97 %) dans six Etats. Sur ces 2,1 millions d'animaux, plus de 1,6 million a été abattu dans une cage de contention tournante (soit 78 % des animaux abattus sans étourdissement, approximativement 60 % en décubitus dorsal et 15 % en position latérale), tandis que le reste (17 à 22 %) a été abattu dans une cage de contention en position debout. En France, 90 % des abattoirs produisant de la viande rituelle étaient équipés de dispositifs rotatifs. L'étude précisait aussi que la cadence d'abattage est l'un des facteurs les plus importants des coûts de l'abattage mais qu'elle ne diffère pas entre les systèmes de contention en position debout ou tournants, permettant une cadence moyenne de 28 à 30 animaux abattus par heure.

L'étude concluait que sans initiative particulière de l'Union Européenne modifiant le cadre réglementaire notamment défini par le règlement (CE) N° 1099/2009, les auteurs s'attendaient à des perspectives d'amélioration du bien-être animal et de la sécurité au travail lors de l'abattage sans étourdissement des bovins. Ils attribuaient majoritairement cette expectative à la stratégie proactive développée par la France, par ses guides de bonnes pratiques et l'importance de la formation, où plus de 50 % de l'abattage européen des bovins sans étourdissement est effectué, selon une estimation de 2012 (Mirabito *et al.* 2015).

L'Union Européenne, garantissant la liberté religieuse et en respect de la charte des droits fondamentaux de l'Union européenne, ne fixe aucune directive interdisant ou autorisant l'abattage sans étourdissement des bovins. Elle laisse chacun de ses Etats membres, selon leur culture et contexte socio-économique, libres de leur approche quant à la contention et aux réalisations pratiques de cet abattage.

Selon l'étude BoRest, les cages de contention tournantes étaient non utilisées en 2012 en Lettonie, Portugal, Roumanie, Slovaquie et Royaume-Uni (Mirabito *et al.* 2015). Ces dispositifs faisaient en outre l'objet d'une interdiction d'utilisation au Royaume-Uni, en Suède et au Danemark, imposant une position debout de l'animal (Allmendinger 2008).

Sur la question du maintien de l'état de conscience à la saignée, certains pays ont prononcé une interdiction d'abattage sans étourdissement préalable des bovins, comme la Suisse, la Slovénie, le Liechtenstein, la Norvège, l'Islande, la Suède et le Danemark (Courat 2019). Les régions administratives de Wallonie et Flandre (en Belgique) et la Bavière (en Allemagne) ont aussi prononcé cette interdiction. Toutefois, aucun de ces pays ou régions n'a interdit l'importation de viande issue d'abattage sans étourdissement.

D'autre part, certains pays autorisent la pratique de l'égorgeage sans étourdissement préalable à la condition qu'il soit associé systématiquement à la pratique d'un soulagement. C'est le cas de l'Autriche, la Finlande, la Grèce, la Slovaquie, la Lettonie et l'Estonie (Courat 2019).

Enfin, certains pays n'ont pas émis d'exigences particulières en matière d'étourdissement, autorisant dès lors la pratique d'un abattage sans étourdissement. Sont concernés la France, l'Espagne, l'Italie, le Portugal, le Royaume-Uni, l'Irlande, le Luxembourg, la Pologne, la Lituanie, la République Tchèque, la Hongrie, Chypre ainsi que la plupart des pays d'Europe de l'Est (Courat 2019). L'Allemagne et les Pays-Bas autorisent cette pratique par dérogation, uniquement en fonction des commandes reçues et sans autorisation d'exportation. En 2010, l'Allemagne abattait cependant très peu de bovins sans étourdissement et importait la majeure partie de ses besoins depuis la Belgique, la France et la Pologne (Needham 2012).

Récemment, la situation en Belgique a focalisé l'attention du débat public et des décideurs européens. En effet, le 1^{er} janvier 2019 et le 31 août 2019, les régions administratives de Flandres et de Wallonie prononçaient respectivement l'interdiction de la pratique d'abattage des bovins sans étourdissement préalable. Suite à cela, plusieurs associations juives et musulmanes demandèrent l'annulation totale ou partielle de ces décisions, les considérant incompatibles avec leurs préceptes religieux et empêchant les croyants de pratiquer leur religion. Elles saisirent alors la Cour de justice de l'Union européenne qui dû pour la première fois statuer sur cette question. En décembre 2020, la Cour rendait sa décision, autorisait l'obligation d'étourdissement et indiquait : « Afin de promouvoir le bien-être animal dans le cadre de l'abattage rituel, les États membres peuvent, sans méconnaître les droits fondamentaux consacrés par la Charte, imposer un procédé d'étourdissement réversible et insusceptible d'entraîner la mort de l'animal. » (Cour de justice de l'Union européenne 2020). Le 17 juin 2022, la région administrative belge de Bruxelles-Capitale a réaffirmé son autorisation à la pratique de l'abattage sans étourdissement.

Au sein du marché européen de la viande rituelle, la France entretient des relations dynamiques commerciales avec les autres États membres, en particulier voisins. Le rapport annuel de la situation du marché des produits carnés sur l'année 2021 publié par FranceAgriMer constate une importation de veaux finis belges de moins de 300 kg (FranceAgriMer 2022). Sur l'année 2021, cette importation correspondait à 38 000 individus, représentant 3,2 % des abattages sur le sol français. Il s'agit de veaux importés en France pour l'abattage rituel et dont la viande est ensuite réexportée en Belgique, conséquence de l'obligation wallonne et flamande d'étourdir préalablement à la saignée.

En 2019, un rapport officiel sur l'abattage en Angleterre et au Pays de Galles portant sur les données de 2018 indiquait que 99 % des gros bovins avaient été étourdis avant saignée, dont 80 % par pistolet à tige perforante (DEFRA 2019). Pour les ovins, 75 % des individus avaient été étourdis principalement par électronarcose à deux points et les 25 % restants n'avaient pas été étourdis, ces derniers étant quasiment totalement destinés à la production halal. L'Angleterre et le Pays de Galles

n'avaient exporté aucune viande bovine halal ou casher, contrairement à la viande ovine. En effet dix abattoirs exportaient de la viande de mouton vers la France, cinq d'entre eux exportant de la viande halal de mouton étourdi et six d'entre eux exportant de la viande halal de mouton non étourdi. Pour l'espèce ovine, 24 % de la viande halal non étourdie produite fut exportée et 31 % de viande halal étourdie, la quasi-totalité de ces produits étant exportée au sein de l'Union Européenne.

L'Union Européenne permet à ses Etats membres de préciser les modalités légales des méthodes d'abattage. Trois cas principaux se distinguent, certains pays imposent la **pratique systématique d'un étourdissement** préalable à la saignée, d'autres autorisent l'égorgeage sans étourdissement préalable à la condition qu'il soit suivi par la **pratique d'un étourdissement**. Enfin certains, comme la France, permettent la **pratique de l'abattage religieux sans étourdissement**. Au sein du marché européen, la France, les Pays-Bas, l'Espagne et le Royaume-Uni ont produit 84 % des abattages européens sans étourdissement de l'année 2012. Une partie de cette production est **exportée vers les Etats membres** qui imposent la pratique systématique de l'étourdissement.

II. Préconisations pratiques et perspectives d'évolution réglementaire en France

A. « *Humane slaughter* » et préconisations scientifiques en accord avec la bientraitance

1. Présentation de la démarche de Temple Grandin et évolution des conditions d'abattage aux USA

*“Since animals cannot communicate, it is impossible to completely rule out the possibility that a correctly made incision may cause some unpleasant sensation. However, one can definitely conclude that poor cutting methods and stressful restraint methods are not acceptable.”*¹ (T. Grandin, 1994)

Dr Temple Grandin est Professeure en Sciences Animales à l'Université de l'Etat de Colorado et conceptrice de dispositifs de contention et manipulation du bétail. Par son expertise scientifique et son implication permanente dans la compréhension du comportement des animaux d'élevage, elle a fortement contribué à l'élaboration de recommandations sur l'aménagement des lieux de manipulation et d'abattage du bétail. Ses travaux ont influencé considérablement l'évolution des connaissances scientifiques actuelles sur le sujet et ont été utilisés pour la conception de nombreuses installations en établissement d'abattage à travers le monde. La scientifique souligne l'importance de faciliter l'amenée et la contention du bétail, encourageant sa circulation par l'éviction des éléments parasites susceptibles de nuire à sa progression (Grandin, Regenstein 1994).

Elle a en outre développé un système objectif d'évaluation des conditions de traitement des bovins et porcins en établissement d'abattage (Grandin [sans date]). Par ses partenariats avec les entreprises privées de la filière aux USA, elle a impliqué l'ensemble des acteurs du domaine, incitant à auditer les abattoirs et valoriser ceux qui se conformaient aux critères du *North American Meat Institute* (NAMI), parmi lesquels se trouvent les taux d'efficacité de l'étourdissement, de vocalisation ou de chute (Grandin, North American Meat Institute Animal Welfare Committee 2017). Pour preuve de l'efficacité de cette démarche, en 1996 trois abattoirs sur dix validaient l'audit relatif à l'étourdissement, beaucoup s'améliorèrent entre 1999 et 2003 et, en 2010, une réussite totale des trente abattoirs audités au cours de cette année fut constatée.

¹ Ce qui signifie, à propos de l'abattage sans étourdissement préalable : Etant donné que les animaux ne peuvent pas communiquer explicitement, il est impossible d'écarter complètement la possibilité qu'une incision correctement exécutée puisse engendrer une sensation désagréable. En revanche, on peut assurément conclure que des méthodes d'égorgeage insuffisantes ou que des méthodes de contention stressantes ne sont pas acceptables.

Par son expertise et la qualité de ses travaux, Dr. Temple Grandin a considérablement permis l'**amélioration des conditions de manipulation, étourdissement et abattage** des animaux d'élevage.

Outre sa **conception de certains dispositifs de contention**, T. Grandin a aussi développé une démarche **impliquant les entreprises privées** de la filière afin d'encourager les **audits des établissements d'abattage** et détecter puis corriger les pratiques compromettant la protection animale.

2. Recommandations scientifiques des pratiques pour l'abattage rituel sans étourdissement

De nombreux travaux de recherches scientifiques se sont focalisés sur les pratiques d'abattage rituel des bovins et les techniques d'abattage les plus humanitaires, au sens de la protection animale (de l'anglais « *humane slaughter* »). Tous considèrent l'importance de maximiser la bientraitance animale comme une nécessité, bénéfique pour l'animal considéré, sa sécurité, celle des opérateurs, ainsi que pour la qualité de la viande produite. Dans le respect des principes religieux musulmans, nombreux sont ceux qui préconisent le recours à un étourdissement au cours de l'abattage rituel (Cockram 2017). Pour être acceptable spirituellement et humanitaire, cette méthode ne doit pas tuer l'animal mais uniquement le rendre temporairement inconscient, de manière réversible, afin de minimiser la douleur et la détresse causées par l'acte d'abattage (Barrasso *et al.* 2020). L'application d'un étourdissement permet en outre de s'affranchir du risque d'une perturbation de la procédure susceptible d'engendrer une souffrance aigue pour l'animal, par exemple lors de défauts de la lame (Farouk *et al.* 2014). L'utilisation d'une méthode d'électronarcose réversible, lorsqu'elle est réalisée correctement notamment par l'apposition satisfaisante des électrodes, permet d'atteindre les conditions souhaitées grâce aux réglages des paramètres du courant électrique généré (Nakyinsige *et al.* 2013). Dès lors, sur un animal étourdi, le choix d'une saignée pré-thoracique pourra être préféré, car elle permet de sectionner le tronc brachio-céphalique près du cœur (Anil 2011). La circulation sanguine cérébrale para-vertébrale sera ainsi elle aussi interrompue, tandis que le risque d'apparition de phénomènes d'occlusions sera réduit.

Certains travaux considèrent que si le responsable religieux s'oppose à la pratique d'un étourdissement réversible préalablement à la saignée, l'application d'un étourdissement de soulagement juste après l'égorgeage permet de précipiter la survenue de l'inconscience et d'éviter la perception de la souffrance pendant la saignée (Letessier 2018).

Dans le cas où la pratique d'un étourdissement (préalable ou de soulagement) n'est pas autorisée, les études soutiennent que la réalisation de l'abattage rituel traditionnel doit se conformer à différents critères humanitaires pour optimiser sa mise en œuvre concrète. Certains considèrent que lorsqu'ils sont scrupuleusement réunis, l'abattage rituel traditionnel peut alors préserver l'excellente qualité de la viande mais aussi potentiellement réduire la souffrance et la douleur engendrées (Aghwan *et al.* 2016). Les principales recommandations scientifiques fréquemment énoncées sont présentées ci-après.

a. Manipulation douce du bétail

Les mouvements et déplacements du bétail doivent se faire dans le calme et sans adjonction de facteurs stressants. Elles se déroulent alors dans des installations judicieusement conçues, c'est-à-dire aux distances compatibles avec le déplacement des bovins, facilitant leur progression sans présenter d'obstacles sensitifs (visuels, sonores, etc.) ou physiques (Grandin, Regenstein 1994). D'autre part, les opérateurs doivent agir doucement, par des gestes amples et précis, anticipant les conséquences de leurs actions sur les mouvements du bétail (Nakyinsige *et al.* 2013). L'utilisation des aiguillons électriques (ASACE) doit être proscrite ou cantonnée aux cas extrêmes (Bourguet *et al.* 2011).

Temple Grandin a conçu un convoyeur central prévu pour faciliter l'amenée fluide et douce des bovins au poste d'abattage (Grandin 2013).

b. Contention en *ASPCA pen* modifié

L'utilisation du box de contention en position debout *ASPCA pen* modifié (Figure 16) permet à l'animal de conserver une position physiologique qui évite un sentiment de détresse et des mouvements de lutte intense associés (Barrasso *et al.* 2020). Par les capteurs présents sur les parties mobiles du dispositif, les paramètres de pression exercée sur l'animal sont connus et maîtrisés, évitant tout stress lié à une contention excessive ou insuffisante (Grandin, Regenstein 1994). La présence d'une source lumineuse à son avant incite l'animal à entrer dans le box et à positionner correctement sa tête dans les supports de contention prévus. Les conclusions de l'étude de Bouzraa *et al.* en 2023 permettaient aux auteurs d'affirmer que l'abattage halal en box de contention rotatif était la procédure la plus défavorable à la bientraitance animale (Bouzraa *et al.* 2023). De leurs observations dans le cadre de l'étude BoRest, Mirabito *et al.* considéraient que la protection animale, la sécurité des opérateurs et la cadence de la chaîne d'abattage dépendent davantage de la manière dont les dispositifs sont conçus et utilisés que de la position de contention elle-même (Mirabito *et al.* 2015).

c. Caractéristiques du couteau utilisé

La lame du couteau utilisé doit être parfaitement entretenue, à l'aiguisage et l'affilage vérifiés afin de sectionner parfaitement les tissus de l'encolure (Żurek *et al.* 2021). Des ébréchures ou une lame émoussée peuvent entraîner un défaut de section ou d'écoulement du sang artériel, prolongeant la durée de saignée et donc la période de conscience (Gregory, Von Wenzlawowicz, *et al.* 2012). Certains auteurs considèrent que les caractéristiques du couteau doivent être similaires à celles prescrites pour le couteau employé dans le rite casher, affirmant qu'un couteau suffisamment long permet de limiter les mouvements de cisaillement et de sectionner les tissus requis en un seul mouvement ample (Barrasso *et al.* 2020).

d. Position et orientation rostrale de l'incision

Les observations scientifiques relativement récentes ont permis de démontrer qu'une incision des tissus rostralement à la technique traditionnellement utilisée permet d'améliorer la qualité de la saignée en réduisant l'apparition de phénomènes d'occlusion (Gregory, Schuster, *et al.* 2012). Habituellement pratiquée vers la deuxième vertèbre cervicale, il s'agit alors d'orienter la lame en direction de la première vertèbre cervicale (Żurek *et al.* 2021). Il convient de positionner la lame en regard du deuxième anneau trachéal au plus (Gibson, Dadios, Gregory 2015), ce qui accélèrera la survenue de l'inconscience et de la mort tout en limitant la prévalence des reprises de conscience ou des pertes tardives de conscience (Barrasso *et al.* 2020).

Enfin, Riaz *et al.* avancent qu'afin d'éviter toute souffrance évitable lors de l'abattage rituel sans étourdissement, il est essentiel que le sacrificateur soit correctement formé, de même que les opérateurs interférant avec la zone d'abattage, que les équipements soient entretenus et vérifiés régulièrement et que les conditions de travail soient bonnes (Riaz *et al.* 2021). Une ambiance favorable de travail avec un soutien suffisant de ses supérieurs permet d'impliquer l'opérateur et de stimuler sa conscience professionnelle, le poussant à s'appliquer dans sa tâche.

Afin de limiter la perception de toute douleur ou souffrance évitable au cours de l'abattage rituel, les **scientifiques préconisent majoritairement** de recourir à une technique d'**étourdissement** pour **réduire la durée de conscience** de l'animal et donc sa durée d'exposition à de **potentiels stimuli nociceptifs**.

Dans l'éventualité où la pratique d'un étourdissement n'est pas acceptée, une attention particulière à la **réunion de différents critères** permet d'**améliorer la bientraitance** de l'animal au moment de son abattage rituel. Il s'agit dans ce cas de le **manipuler doucement** et sereinement vers le poste d'abattage, puis d'exercer une **contention adaptée et suffisante** dans les **équipements correctement conçus**. La **qualité de la lame** du couteau doit être excellente et sa taille **suffisamment longue** pour permettre un égorgement en un **nombre réduit de mouvements**, préférentiellement positionnée rostralement sur l'encolure en **direction de la première vertèbre** afin de maximiser l'efficacité de la saignée. Le **facteur humain** ne doit pas être négligé : la **formation du sacrificateur** doit être excellente et les **conditions de travail** des opérateurs doivent lui permettre de s'impliquer dans sa tâche en toute confiance.

3. Innovation et optimisation des méthodes d'induction de l'inconscience

Les méthodes d'induction de l'inconscience font l'objet de nombreuses recherches et projets de développement. Le DTS: Diathermic Syncope® est certainement le prototype le plus connu, par sa technique innovante recourant aux ondes électromagnétiques pour élever à plus de 43 °C la température cérébrale (Farouk, Pufpaff, Amir 2016). L'étourdissement en résultant est considéré comme réversible suite au refroidissement cérébral par la circulation sanguine maintenue, à condition que la température n'ait pas excédé 50 °C (Small 2021).

Issus de la collaboration de l'AMPC, de la société Jarvis et de MPF Engineering, de nouveaux box d'électronarcose sont actuellement expérimentés (AMPC 2022). En particulier, leur sol possède un revêtement antidérapant, des renforts sur les parois latérales sont installés pour éviter que l'animal ne se couche et des cylindres pneumatiques sont utilisés pour contrôler et maîtriser les pressions exercées.

Des méthodes nouvelles d'électronarcose sont aussi étudiées. En particulier, l'électronarcose haute fréquence, de la tête à la queue, semble ne pas présenter les désavantages comportés par les techniques usuelles d'électronarcose (Riaz *et al.* 2021). Les caractéristiques d'intensité du courant sont de l'ordre de 5 000 V, 70 A et 50 ms (Farouk *et al.* 2014). Ainsi la fréquence du courant émis est considérablement élevée (1 000 à 2 000 Hz) et appliquée selon une courbe en créneaux et non sinusoïdale. Elle peut être utilisée de part et d'autre du corps de l'animal car, grâce à ces hautes fréquences, elle ne semble pas engendrer de fibrillation cardiaque et donc ne pas entraîner la mort de

l'animal. En outre, les contractions musculaires paraissent relativement modérées, permettant des conditions de travail plus sécurisées pour l'opérateur (Fuseini *et al.* 2017). Cette technique d'étourdissement réversible semble permettre l'induction de l'inconscience sans douleur et pourrait donc être utilisée en contexte d'abattage suite à consolidations des résultats (Anil *et al.* 2006).

Les **recherches scientifiques et techniques** permettent l'**amélioration et le perfectionnement de techniques existantes** d'étourdissement, mais aussi l'**émergence de méthodes innovantes**, au potentiel certain mais néanmoins sujet à examen de leur fiabilité puis à validations à large échelle en conditions commerciales. L'**électronarcose à haute fréquence** ou le recours aux **ondes électromagnétiques** pour provoquer l'étourdissement semblent des méthodes réversibles aux caractéristiques techniques *a priori* satisfaisantes.

B. Avis sur l'étiquetage obligatoire, conséquences et répercussions possibles

Une proposition souvent avancée dans le débat public consiste à demander un étiquetage obligatoire des produits carnés, précisant les conditions d'étourdissement et d'abattage de l'animal à l'origine de la denrée. Par cette mesure, le consommateur aurait alors accès directement à cette information, abolissant ainsi tout risque de tromperie du consommateur sur la marchandise. Il pourrait alors librement choisir d'acheter une viande issue d'un abattage en accord avec ses considérations éthiques et idéologiques.

Cette demande émane du constat de refus à la certification de carcasses, totales ou pour partie, abattues sans étourdissement. En effet, des carcasses jugées non conformes au cahier des charges des certificateurs, ou bien encore présentant des anomalies lors de l'inspection *post mortem* par le sacrificateur juif, ne peuvent être certifiées spirituellement et sont donc redirigées vers le circuit conventionnel (D'amico *et al.* 2017). Les parties arrière d'un animal abattu selon le rituel juif sont aussi concernées par ce constat. C'est pourquoi bon nombre d'associations de protection animale réclament une information du mode d'abattage sur l'étiquette du produit, pour permettre au consommateur de faire un choix éclairé.

En 2015, une étude réalisée sur demande de la Commission européenne portait sur la volonté des consommateurs à être informés du mode d'abattage (Food Chain Evaluation Consortium 2015). Selon les auteurs, cette étude concluait que pour la majorité des consommateurs, la question de

l'étourdissement préalable à la saignée n'est pas réellement requise, à moins qu'ils aient été préalablement sensibilisés sur le sujet. A ce titre, il n'est donc pas certain qu'une information de ce type puisse être comprise et remarquée par les consommateurs, ni même qu'elle soit discriminante sur les habitudes d'achat.

En outre, la mise en place de cette mesure nécessiterait avant toute chose une réflexion approfondie sur le choix des termes utilisés. L'étude de 2015 pour la Commission européenne craint un risque de stigmatisation des populations religieuses en fonction du choix des termes utilisés (Food Chain Evaluation Consortium 2015).

La mise en œuvre de l'étiquetage du mode d'abattage est aussi susceptible d'engendrer de fortes difficultés économiques de la filière remettant en cause la pérennité de la filière (Assemblée Nationale 2016). Il est probable en effet que les pièces de viandes étiquetées « abattage sans étourdissement » ne soient pas commercialisées et achetées par le consommateur. Les établissements d'abattage seraient alors contraints de choisir entre une augmentation drastique des prix de la viande rituelle ou l'arrêt de production de viande rituelle. Dans le cas où les viandes ne seraient pas consommées, un gaspillage de produits alimentaires sains serait engendré, contradictoire avec les politiques éthiques et environnementales.

Pour toutes ces raisons, la sphère médiatique voit de plus en plus l'abandon de cette demande, au profit d'un étiquetage plus général portant sur la globalité du bien-être animal concernant l'animal à l'origine de la denrée alimentaire. Dans l'objectif d'en clarifier la lisibilité, l'association Compassion in World Farming (CIWF) propose l'association d'une information sur le mode de production combinée à une information simple sur le bien-être animal (par exemple une note de A à E) (Compassion in World Farming EU 2023). Cette note claire et peu complexe faciliterait l'appréciation approximative du mode de production, sans nécessité pour le consommateur de maîtriser précisément les conditions d'élevage, transport et abattage des animaux de la filière concernée. Enfin, l'association CIWF préconise le caractère obligatoire d'une telle étiquette afin de permettre son fonctionnement efficace et de l'appliquer à tout produit d'origine animale. De son côté, l'avis n° 82 du Conseil National de l'Alimentation portant sur le Comité National d'Ethique en Abattoirs proposait en sa Recommandation n° 11 d' « assurer une meilleure information du consommateur sur le bien-être des animaux d'élevage, intégrant la bientraitance à l'abattoir. Celle-ci peut prendre la forme d'un étiquetage sur le produit. » (Conseil National de l'Alimentation 2019). Une réflexion plus approfondie était néanmoins requise pour permettre une étude précise du cadre de mise en œuvre.

Bien que **périodiquement sollicitée** dans la sphère médiatique, l'**obligation d'information** pour le consommateur du mode d'abattage de l'animal à l'origine de la denrée apparaît **inoportune**. Elle risquerait en effet de s'accompagner d'une **augmentation significative des prix** de la viande rituelle et de **mettre en péril sa production** dans les établissements d'abattage. Le **choix des termes** utilisés serait aussi particulièrement complexe afin de proscrire toute évocation possible de **stigmatisation** des communautés religieuses. Ainsi, cette obligation d'information uniquement portant sur le mode d'abattage est **susceptible de nuire à la liberté de culte** et, d'un autre côté, il semble que le consommateur **ne soit pas suffisamment renseigné** sur les conditions pratiques d'abattage pour avoir un réel effet sur ses habitudes de consommation.

En revanche, un **étiquetage du produit portant sur l'intégralité de la vie de l'animal** à son origine, depuis sa naissance, ses conditions d'élevage, son transport et son abattage semble plus avantageux. Cette mesure devrait dans ce cas comporter une **information claire et simplifiée** pour permettre une réelle appréciation du degré de bien-être animal lié au produit.

C. Accompagnement réglementaire et recommandations institutionnelles sur l'évolution des pratiques

1. Mesures gouvernementales et parlementaires françaises récentes

Suite à la diffusion par L214 en 2015 des premières vidéos exposant de la maltraitance animale en abattoir, le gouvernement s'est saisi du sujet notamment par le biais du ministère en charge de l'Agriculture. Une stratégie ministérielle impulsée par Stéphane Le Foll fut alors mise en place *via* le plan national sur le bien-être animal portant sur la période 2016-2020 et visant « à replacer le bien-être animal au centre des pratiques d'élevage pour se diriger vers une activité plus durable ». Parmi ses actions prévues, se trouvaient l'incitation et l'accompagnement pour la rédaction de guides de bonnes pratiques pour harmoniser les procédures de contrôle, poursuivre le dialogue sur l'abattage rituel et les éventualités de réversibilité de l'étourdissement ou de soulagement. Parmi les autres mesures mises en place, le ministère de l'Agriculture sollicita en avril 2016 des inspections de tous les abattoirs d'animaux de boucherie sur la thématique de la protection animale. Sur les 259 abattoirs inspectés, représentant 460 chaînes d'abattage, 39 d'entre elles firent l'objet de non-conformités moyennes à graves constatées (Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt 2016).

Par lettre de mission en date du 19 février 2016, le ministère de l'Agriculture a confié au Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux (CGAAER) une mission d'expertise sur « la dérogation à l'étourdissement » lors de l'abattage des animaux. Son rapport ne fit l'objet d'aucune diffusion écrite mais fut présenté au cours d'une restitution orale en 2017. Les experts expliquaient, à l'aune de leurs constats de terrain et de la bibliographie scientifique, que l'abattage sans étourdissement est mal adapté à l'espèce bovine. Ils recommandaient par conséquent pour les bovins soit un étourdissement immédiatement après la jugulation, soit un étourdissement réversible préalable à la jugulation, sous réserve dans ce dernier cas d'une validation préalable des techniques.

En parallèle, l'Assemblée Nationale missionnait la commission menée par le député Olivier Falorni d'investiguer les conditions d'abattage des animaux de boucherie dans les abattoirs français (Assemblée Nationale 2016). Parmi les 65 propositions élaborées, la première évoquait la création du Conseil National d'Ethique en Abattoirs. Le rapport de la commission préconisait aussi d'inclure dans la loi la possibilité du recours au soulagement et à l'étourdissement réversible, afin d'explicitier sans équivoque les conditions pratiques de ces modalités et ainsi espérer une mise en place progressive de ces pratiques en abattage religieux. Le 12 janvier 2017, la proposition de loi relative au respect de l'animal en abattoir et découlant de cette commission était adoptée par l'Assemblée Nationale en première lecture avec modifications. Elle faisait de la maltraitance sur animaux en abattoir et dans les transports un délit pénal. Jusqu'alors en effet, seuls les élevages et refuges pour animaux étaient concernés. Elle présentait aussi la possibilité du contrôle vidéo dans les abattoirs, outil efficace destiné à caractériser les délits.

Néanmoins, le processus de navettes parlementaires fut interrompu par la campagne présidentielle. C'est suite aux Etats généraux de l'alimentation que la pénalisation de la maltraitance des animaux au cours du transport et en abattoir fut reprise dans le projet de loi sur l'Agriculture et les relations commerciales. Ce processus aboutissait le 1^{er} novembre 2018 à la promulgation de la loi pour l'équilibre des relations commerciales dans le secteur agricole et une alimentation saine et durable, aussi appelée Loi Egalim. Elle instaurait la possibilité volontaire et non obligatoire du contrôle par vidéo en abattoir, encourageait le développement des abattoirs mobiles et imposait l'obligation pour les abattoirs de désigner un RPA, responsable de la protection animale au sein de la structure.

Enfin en 2021, le ministre de l'Agriculture Julien Denormandie annonçait le « plan abattoirs » visant la mise en place d'inspections coordonnées (contrôlant simultanément et inopinément tous les abattoirs sur un point précis puis s'assurant de l'établissement des mesures de mise en conformité) et créant une force d'inspection nationale en abattoir (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire 2022). Par ailleurs, ce plan permettait d'asseoir une mesure de modernisation des abattoirs au sein du plan de relance, ayant retenu et financé 180 projets pour une enveloppe totale de 115 millions d'euros afin d'aider les abattoirs à s'améliorer.

2. Emission d'avis et préconisations sur la réglementation française

Après quinze mois de travaux et de réflexion, le CNEAb émettait douze recommandations votées le 7 février 2019 par le Conseil National de l'Alimentation en son avis n° 82 (Conseil National de l'Alimentation 2019). Parmi les mesures recommandées, un axe intitulé « mieux former à l'abattage » proposait notamment d'accompagner les représentants des cultes afin d'améliorer la formation des sacrificateurs sur le terrain.

Le Conseil économique, social et environnemental (CESE) a émis un « avis sur les enjeux relatifs aux conditions d'élevage, de transport et d'abattage en matière de bien-être animal » en octobre 2019 (Conseil Economique Social et Environnemental 2019). La préconisation n°9 précise : « *A l'instar de nombreux États-membres, harmoniser au niveau national l'application de la réglementation européenne, en rendant obligatoire l'étourdissement (réversible ou effectué immédiatement après le geste rituel) pour concilier les rites et la réduction de la souffrance au moment de la mise à mort.* »

Enfin, une étude de 2018 portant sur la protection animale et les conditions de l'abattage dans les abattoirs français considère que le cadre législatif actuel semble suffisant et satisfaisant pour l'ensemble des acteurs, mais que son applicabilité et son application méritent d'être renforcées (Chau *et al.* 2018). Il pourrait être judicieux de développer l'implication des exploitants, notamment par un renforcement de la formation en interne des opérateurs, la rédaction de MON adaptés aux spécificités de la structure (taille, espèces, cadences...). Une valorisation accrue du statut de RPA pourrait être mise en place par la professionnalisation de ce statut et la création structurée de réseaux locaux et nationaux d'échange et de discussion. Il serait en outre pertinent d'améliorer la formation et la discussion avec les opérateurs, au bénéfice de la transmission de l'information et de l'explication des mesures de bonnes pratiques.

Par son caractère sensible et polémique, la question de l'absence d'étourdissement au cours de l'abattage rituel fait l'objet d'une **vigilance constante de la part du gouvernement et des parlementaires**. Les mesures gouvernementales incitent aux démarches d'**amélioration volontaire** des établissements d'abattage, **favorisent la formation** des opérateurs et assurent des **inspections et contrôles** sur le terrain.

Il semble que la **réglementation française** soit **globalement suffisante** en modalités de mise en œuvre de l'abattage sans étourdissement, bien que certains recommandent d'y **préciser explicitement** la possibilité de recours à un **étourdissement réversible** en accord avec les autorités religieuses ou de l'application d'un **étourdissement immédiatement après l'égorgeage**. Des démarches supplémentaires en but d'une **harmonisation des pratiques** sont préconisées. Une augmentation de l'**implication des acteurs** directement présents en abattoir (industriels, RPA et opérateurs) est aussi susceptible d'améliorer la formation de ceux-ci et leurs pratiques réelles.

L'évolution de la réglementation et des pratiques françaises **dépendra aussi des décisions européennes**, notamment en fonction des dispositions explicitées dans les règlements européens à paraître. Bien qu'elle ne soit pas pressentie pour préciser explicitement les conditions de mise à mort des animaux, la révision du règlement européen au sujet du bien-être animal est susceptible d'engendrer des dispositions supplémentaires au sein du corpus réglementaire français.

TROISIEME PARTIE

**Qualité de la viande bovine abattue selon le
mode d'étourdissement : propriétés
intrinsèques, physico-chimiques, hygiène et
sécurité**

I. Influence du stress lors du pré-abattage sur la qualité de la viande

Afin de pouvoir prédire la qualité de la viande à venir, de nombreux travaux de recherche se sont concentrés sur les biomarqueurs du stress et les propriétés de la viande associée.

En contexte de pré-abattage, l'animal est soumis à de nombreux changements, d'ordre physique et environnemental par exemple, ou encore relationnel. Depuis l'élevage jusqu'à l'abattage, le stress de pré-abattage est ainsi multifactoriel. Sont distingués les facteurs physiques ou physiologiques, tels que la fatigue ou l'activité physique, la privation alimentaire ou d'abreuvement, les blessures corporelles, mais aussi les facteurs psychologiques liés à l'allotement, à la peur, à la découverte et la confrontation de nouveaux environnements, etc. (Ferguson, Warner 2008; Terlouw *et al.* 2015).

Sous l'action du stress, l'organisme réagit et répond par des mécanismes comportementaux et physiologiques (voir Partie 1-IV.C.). En particulier, le stress entraîne la sécrétion de catécholamines et de glucocorticoïdes, favorisant entre autres la mobilisation du glycogène hépatique et musculaire. La sollicitation de cette forme de stockage du glucose augmente la glycémie de l'organisme, apportant par ce biais une source d'énergie aux cellules en besoin. Physiologiquement après l'abattage, la glycogénolyse *post mortem* s'effectue en contexte anaérobie et donc produit de l'acide lactique qui diminue le pH des viandes de la carcasse. Suite à des efforts musculaires intenses, la consommation du glycogène en *ante mortem* sans laisser le temps de reconstituer les réserves glycogéniques musculaires réduit inévitablement l'intensité de la glycogénolyse *post mortem* et consécutivement, la production d'acide lactique. Ainsi, suite à des efforts musculaires intenses plusieurs heures avant l'abattage, la consommation accentuée du glycogène aboutit à une carcasse au pH ultime plus élevé et une viande à la coupe plus sombre (Cappelier 2020). Ces viandes sont appelées viandes DFD (voir Partie 3-III.C.).

En revanche, lorsque ces cascades physiologiques s'opèrent dans les minutes précédant l'abattage, le métabolisme musculaire accéléré perdure après la mort de l'animal, ce qui peut occasionner une acidification musculaire *post mortem* plus rapide et une chute de température de la carcasse plus lente. La viande produite sera alors plus claire et avec un moins bon pouvoir de rétention d'eau (PRE). Ces viandes sont appelées viandes PSE (voir Partie 3-III.C.). Chez les bovins, plus la fréquence cardiaque est élevée durant les minutes qui précèdent l'abattage, plus la diminution du pH musculaire est rapide (Terlouw *et al.* 2015). De même, l'étude précitée indique que le stress avant l'abattage diminue la tendreté de la viande.

Chronologiquement, le stress avant l'abattage peut survenir au cours de chacune de ces séquences : période de vente, transport, attente en bouverie et manipulations avant abattage (Ferguson, Warner 2008).

Il est d'usage dans certains pays comme l'Australie que la vente du bétail pour l'abattoir prenne place dans un marché aux bestiaux. Par rapport à un transport directement de l'élevage vers l'abattoir, la vente dans un marché aux bestiaux augmente l'incidence des viandes à coupe sombre et la fréquence des ecchymoses sur les carcasses (Ferguson, Warner 2008).

En 2016 et 2017, Hultgreen *et al.* ont évalué l'effet de la durée du transport en comparant un abattoir fixe avec un abattage mobile en Suède, sur 298 gros bovins pour chacun de ces établissements (Hultgren *et al.* 2022). Les critères de tendreté de la viande choisis passèrent par un test de Warner-Bratzler et des mesures de compressions longitudinales. Le test de Warner-Bratzler évalue la force de cisaillement de la viande après cuisson. Les résultats descriptifs de cette étude faisaient état de moyennes de force de cisaillement et de charge en compression considérablement inférieure quand issues de l'abattoir mobile (6,9 N et 3,9 MPa de moins, respectivement ; $p < 0,0001$). Cette étude confirme ainsi des résultats antérieurs indiquant un effet néfaste d'une durée de transport prolongée sur la tendreté de la viande (Ferguson, Warner 2008).

La prolongation de la durée d'attente en bouverie à l'abattoir peut entraîner l'augmentation de la fréquence des ecchymoses sur les carcasses et l'incidence des viandes DFD. Afin de diminuer ce stress et ses conséquences, les enclos doivent être organisés de sorte à limiter les mouvements de bétail devant les enclos occupés par des animaux en repos (Ferguson, Warner 2008).

Au cours des manipulations préalables à l'arrivée au poste d'abattage, les animaux sont exposés à de nombreux facteurs stressants. L'utilisation des ASACE, ou aiguillons électriques, au cours de l'abattage donne des viandes qui, en analyse sensorielle, obtiennent des notes plus basses sur les caractéristiques sensorielles, y compris la tendreté (Terlouw *et al.* 2015). Une étude comparant l'influence du stress induit par les manipulations avant l'abattage a imposé des conditions calmes à un lot de taurillons et un stress supplémentaire au second (Reiche *et al.* 2019). Les 81 taurillons élevés selon les mêmes conditions furent séparés en deux groupes. Le premier fut transporté avec une attente en camion minimisée et des manipulations calmes. Les individus du lot à stress supplémentaire furent déchargés puis pendant une demi-heure durent faire des allers-retours entre les emplacements. Deux opérateurs n'ayant jamais été en contact avec ces animaux les incitaient à ces allers et retours, en criant et frappant des barres de métal avec un bâton selon un protocole standardisé. Ces opérations ajoutèrent donc un stress émotionnel lié au bruit, à la nouveauté, à la présence et à la manipulation du lot par des humains inconnus, ainsi qu'une activité physique. Les animaux du lot sans stress supplémentaire eurent de plus basses fréquences cardiaques *ante mortem*, concentrations d'hormones de stress et températures de carcasse. De l'autre côté, les animaux à stress surajouté eurent une accélération de la chute du pH *post mortem* et une jutosité plus faible. Les analyses statistiques de l'étude relevèrent des corrélations entre les indicateurs physiologiques (en particulier la fréquence

cardiaque avant la mise à mort) et les critères de qualité de la viande, incluant le pouvoir de rétention d'eau (PRE) et les indicateurs de la protéolyse.

Enfin, l'évolution des techniques analytiques modernes permet d'approfondir les connaissances scientifiques sur le sujet. La génomique, notamment par la transcriptomique et la protéomique pratiquées sur des échantillons de muscles prélevés sur les carcasses, permet d'investiguer les liens biochimiques mis en jeu entre les modulations du stress de l'animal et les caractéristiques de la viande produite (Chulayo, Muchenje 2015; Kumar *et al.* 2023).

L'identification des facteurs de stress et l'étude de leurs influences relatives au cours du pré-abattage favorisent l'émergence des actions préventives et correctives en vue de contrôler et limiter le stress de cette période. Ainsi, Ferguson et Warner proposaient en 2008 de compléter l'alimentation des bovins (en magnésium, tryptophane et électrolytes), d'effectuer les manipulations du bétail dans une atmosphère calme et sereine, et d'encourager la sélection génétique sur le comportement (Ferguson, Warner 2008).

En période de **pré-abattage**, les changements et perturbations de l'environnement des animaux sont nombreux. Que ce soit lors d'un **marché aux bestiaux** éventuel, au cours du **transport**, de l'**attente en bouverie** ou pendant les **manipulations** des individus avant l'abattage, de nombreux facteurs stressants sont imposés à l'animal. Les facteurs de stress de pré-abattage peuvent être d'**ordre physique ou physiologique** par la fatigue, l'activité physique ou la privation d'aliment notamment, mais aussi d'**ordre psychologique**, liés à la peur, à la nouveauté et aux perturbations relationnelles intra- et interspécifiques.

Il apparaît **essentiel de limiter et contrôler les efforts musculaires inutiles et les stress de pré-abattage** afin d'éviter la survenue d'**anomalies de transformation** du muscle en viande. Sont à craindre en effet des **viandes à coupe sombre, dites DFD**, ou **pâles et exsudatives, appelées PSE**, en fonction des phénomènes mis en jeu et du métabolisme engendré. La consommation du **glycogène** en *ante mortem* est ainsi déterminante sur la bonne **décroissance du pH** en *post mortem*. Par ailleurs, certaines conditions stressantes lors du pré-abattage favorisent l'**émergence d'ecchymoses** ou nuisent à la **tendreté** de la viande produite.

II. Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques

A. pH

Selon Cockram, quand la concentration musculaire en glycogène est suffisante, le pH chute en 24 à 48 h après l'abattage, d'une valeur initiale d'environ 7 à un pH ultime (pH_u) avoisinant 5,5-5,6 (Cockram 2017).

L'effet du mode d'étourdissement et d'abattage sur le pH de la carcasse des gros bovins fait l'objet d'un nombre d'études croissant mais néanmoins limité. Parmi elles, l'étude d'Anil *et al.* en 2006 n'a pas montré de différence significative entre les pH immédiats et à 24 h *post mortem* (pH_{24}) sur des muscles provenant de carcasses abattues sans étourdissement ou étourdies au pistolet à tige perforante (Anil *et al.* 2006). L'abattoir commercial théâtre de ces expérimentations se situait à Istanbul et, contrairement aux pratiques autorisées en Union Européenne, l'abattage rituel halal se faisait par saignée immédiatement après le hissage du bovin non étourdi, suspendu par la patte arrière. L'application de ce stress aigu potentiel a peut-être influencé les résultats obtenus.

En 2013, l'étude de Sazili *et al.* comparait quatre lots de dix génisses abattues en halal avec soulagement, pistolet à tige perforante, pistolet à tige non perforante haute puissance et pistolet à tige non perforante basse puissance (Sazili *et al.* 2013). Les conditions de l'étude sont celles de l'étude de Zulkifli *et al.* 2014 préalablement présentée (voir Partie 1-IV.B.4.). Aucune différence de pH ne fut mise en évidence selon la méthode d'étourdissement.

En revanche, bon nombre d'études différentes mirent en évidence des différences significatives en fonction du mode d'étourdissement et d'abattage. En 2004, les carcasses de trois lots de dix taurillons furent comparées pendant 14 jours après abattage (Önenç, Kaya 2004). Les animaux étourdis par électronarcose à deux points et pistolet à tige perforante présentaient des concentrations musculaires en glycogène plus élevées que ceux non étourdis, au seuil de 95% de confiance. Les valeurs de pH mesurées après 15 minutes étaient significativement influencées par l'abattage, les animaux étourdis au pistolet à tige perforante, non étourdis et par électronarcose ayant respectivement des pH de 6,77, de 6,50 et de 6,59. A 24 h, le pH des animaux étourdis au pistolet était de 5,75 tandis que les autres étaient à 5,99 et 5,96 respectivement. Enfin, la vitesse de chute du pH était significativement plus élevée en conventionnel par rapport aux autres méthodes.

D'Agata, Russo et Preziuso comparèrent les caractéristiques de deux lots de dix génisses limousines, en abattage halal et conventionnel (D'Agata, Russo, Preziuso 2009). Les valeurs de pH mesurées après 2 h étaient inférieures dans les viandes issues de l'abattage conventionnel (5,55) qu'en abattage rituel halal (5,62). Le lendemain, les valeurs avaient légèrement augmenté, à 5,61 et 6,67

respectivement. Ensuite, sur la période du 2^e au 6^e jour, la valeur de pH en conventionnel demeurait stable pendant que le pH de la viande halal augmentait et atteignait 5,80 au 6^e jour.

Une étude comparant en 2009 l'abattage de 95 bovins en conventionnel et de 95 en abattage rituel halal (Bourguet *et al.* 2011) relevait sur 70 d'entre eux le pH des muscles semi-tendineux et long dorsal une heure après la saignée. Un pH initial significativement plus bas fut relevé sur les muscles longs dorsaux issus de l'abattage halal ($6,10 \pm 0,12$) par rapport au conventionnel ($6,71 \pm 0,04$), suggérant que certains aspects de cette procédure avaient induit plus de stress que l'abattage avec étourdissement.

Au cours d'une étude italienne publiée en 2022, trois lots de trente taurillons charolais firent l'objet de relevés comparant les méthodes halal, casher et conventionnelle (Barrasso *et al.* 2022). Les animaux étaient issus du même élevage, de lots homogènes et les conditions de pré-abattage furent identiques avec un effort accru pour limiter tout stress surajouté. La contention de chacun des animaux des trois lots se faisait par un décubitus dorsal à l'aide d'un box rotatif. Aucune mention d'un cycle d'électrostimulation *post mortem* n'est indiquée. Les pH₂₄ mesurés furent plus élevés en abattage sans étourdissement (5,83 et 5,81 en halal et casher respectivement) qu'en conventionnel (5,72).

Une étude polonaise publiée en 2022 comparait les carcasses issues de l'abattage conventionnel et l'abattage rituel juif sur trois jours (Żurek *et al.* 2022). Les animaux inclus dans cette étude étaient 40 taurillons et 40 génisses. Suite à l'abattage avec électrostimulation associée, les pH furent relevés jusqu'à 72 h *post mortem* (Tableau VI). Il est à noter que le traitement de cashérisation de la viande, par trempage en conditions spécifiques, associés à des méthodes de salage et de rinçage, fut débuté après 24 h d'égouttage et avant la mesure du pH associé. Des valeurs significativement inférieures de pH₁ furent relevées sur les muscles longs thoraciques des taurillons abattus selon le rituel juif. En revanche, après 24 et 48 h, des valeurs supérieures de pH étaient observées sur ces taurillons, après cashérisation. Les auteurs indiquèrent que les effets initiaux étaient probablement liés à un état de conscience prolongé lors de l'abattage rituel. Pendant cette période, un stress psychologique accru ou plus long, associé ou non à des réactions physiques aurait probablement accéléré le métabolisme et la consommation de glycogène durant la saignée.

Tableau VI : Valeurs de pH *post mortem* mesurées sur deux types de muscles lors de l'abattage conventionnel ou casher de 40 taurillons et 40 génisses, d'après Żurek *et al.* 2022.

Critère	Type de muscle	Abattage conventionnel		Abattage casher		Ecart-type	ANOVA			
		Taurillons	Génisses	Taurillons	Génisses		S	M	G	S x G
pH ₁	MLT	6,99 ^a	6,98 ^a	6,42 ^{Ab}	6,73 ^A	0,268	*	*		
	MS	6,98	6,96	6,31 ^B	6,65 ^B	0,315	*	*		
pH ₂₄	MLT	5,58 ^a	5,55 ^a	5,83 ^b	5,57 ^a	0,132	*		*	*
	MS	5,51	5,50	5,81	5,61	0,144	*		*	*
pH ₄₈	MLT	5,68 ^a	5,64 ^a	5,99 ^b	5,77 ^a	0,156	*		*	*
	MS	5,61	5,60	5,95	5,73	0,163	*		*	*
pH ₇₂	MLT	5,70	5,71	5,80	5,61	0,078				
	MS	5,68	5,69	5,75	5,62	0,053				

Notes : ^{a, b} Différences significatives entre les lignes avec une confiance fixée à $p < 0,05$ par test DSH de Tukey. ^{A, B} Différences significatives entre les colonnes avec une confiance fixée à $p < 0,05$ par test DSH de Tukey. L'absence de lettre ou deux lettres identiques signifient une absence de différence significative. ANOVA : Analyse multifactorielle des variances entre le type d'abattage (S), le genre (G) et le type de muscle (M). * $p < 0,05$. MLT : muscle longissimus thoracique, MS : muscle supra-épineux.

Malgré un **nombre limité d'études portant sur la qualité des carcasses de gros bovins en fonction des modalités d'étourdissement** et quelques études produisant des résultats à rebours, certaines **tendances** sur l'évolution du pH semblent se dégager. Toutefois, il apparaît nécessaire de les vérifier et confronter à des études portant sur de plus grands effectifs mais aux conditions compatibles avec une exploitation fiable des données produites. Les travaux de recherche étudiant l'influence du mode d'étourdissement sur les caractéristiques de la qualité des carcasses doivent être en effet menés dans un contexte d'**éviction de l'effet du stress de pré-abattage**, ou fortement maîtrisé afin d'en limiter les interférences.

Il semble que **dans les instants après l'abattage**, le pH des carcasses non étourdies serait **inférieur à celui des carcasses étourdies**. Cet effet serait attribuable à l'accélération du métabolisme par un stress dans les derniers instants, menant à une consommation accrue des réserves de glycogène.

Il semble qu'**après 24 h**, le pH des carcasses produites par étourdissement par **tige perforante soit le plus stable et adapté à une conservation** de la qualité de la viande. Sans étourdissement, le pH des viandes semble augmenter au fil des jours, augmentant le **risque de perte en qualité**.

B. Température

Suite à l'abattage, les carcasses sont réfrigérées dans une atmosphère d'environ 0 à 2 °C. Selon l'étude de Reiche *et al.*, d'intenses réactions de stress avant l'abattage semblent n'avoir que très peu d'effet sur la température de la carcasse produite (Reiche *et al.* 2019). Il semble en revanche que, pour les bovins stressés avant l'abattage, la tendreté de la viande soit corrélée à l'évolution de la température *post mortem* selon les résultats de Terlouw *et al.* (Terlouw *et al.* 2015).

Dans l'étude d'Önenç et Kaya de 2004, la présence ou non d'un étourdissement et ses modalités n'a pas mis en évidence de différence ni sur les températures de muscle à 15 min et 24 h *post mortem*, ni sur la vitesse de décroissance de la température (Önenç, Kaya 2004).

Dans l'étude de Bourguet *et al.* publiée en 2011, les températures des muscles long dorsal et semi-tendineux sur soixante-dix génisses furent relevées une heure après l'abattage (Bourguet *et al.* 2011). Sur les animaux étourdis par tige perforante, les températures étaient de $37,2 \pm 0,2$ °C et $37,4 \pm 0,3$ °C pour les muscles long dorsal et semi-tendineux respectivement. Les températures au même instant en abattage halal sans étourdissement étaient inférieures, à $35,7 \pm 1,0$ °C et $32,4 \pm 1,5$ °C respectivement. Eu égard des valeurs de pH présentées préalablement (voir Partie 3-II.A.) où le pH avait le plus décliné sur les carcasses sans étourdissement, les auteures ne présument pas ces relevés de

température. En effet, le métabolisme musculaire *post mortem* est une réaction exothermique et généralement, les études font état d'une relation antagoniste entre le pH et la température.

Contrairement aux résultats de Bourguet *et al.*, Barrasso *et al.* mirent en évidence dans leur étude que les carcasses produites selon le rituel halal étaient celles aux températures les plus élevées (Barrasso *et al.* 2022). Après 24 h, les températures étaient de $4,0 \pm 0,09$ °C, $4,9 \pm 0,12$ °C et $3,0 \pm 0,04$ °C, respectivement en conventionnel, halal et casher. Bien que les lots étudiés soient de poids homogènes, les auteurs ont rappelé une hypothèse suggérant que le métabolisme cellulaire puisse être altéré par les catécholamines et qu'un stress dans les derniers instants de vie pourrait influencer l'évolution de la température de la carcasse. Les auteurs concluaient donc qu'il est essentiel, dans les études futures sur la variation thermique des carcasses, que les animaux soient de poids similaires, élevés et transportés de la même manière et sans situation de stress additionnel afin de comprendre s'il existe une corrélation entre le type d'abattage et la décroissance thermique.

Un refroidissement insuffisant ou ralenti de la carcasse conservée en conditions normales de réfrigération peut signer une **hyperthermie dans les derniers instants de vie** de l'animal et une **augmentation du métabolisme cellulaire**. A poids similaires, Barrasso *et al.* observaient en 2022 des températures de carcasses abattues selon le **rituel halal plus élevées qu'en abattage conventionnel et abattage casher**.

C. Caractéristiques organoleptiques

La qualité organoleptique d'une viande correspond à sa capacité à stimuler les récepteurs sensoriels du consommateur. Les propriétés organoleptiques font donc appel aux récepteurs sensoriels du goût, de l'odorat, du toucher, de la vision et d'autres. Les caractéristiques organoleptiques d'une viande sont donc sa tendreté, sa couleur, son odeur, sa jutosité, sa flaveur, ses arômes, etc. Il est possible aussi de s'intéresser à l'acceptabilité globale d'une viande, son attractivité pour le consommateur, exprimée par la palatabilité ou valeur hédonique. Certaines de ces caractéristiques ne peuvent être évaluées que par analyses sensorielles, c'est-à-dire par exposition du produit à un panel de consommateurs, tandis que d'autres peuvent aussi être évaluées par des méthodes de mesure instrumentale physique. Elles dépendent particulièrement de la composition structurale et fonctionnelle de la viande, de sa teneur en protéines, fibres musculaires, tissus adipeux, conjonctif... Ainsi, par exemple, Bauchat et Picard indiquent que la flaveur d'une viande dépend dans des

proportions variables de la quantité et des caractéristiques des lipides intramusculaires (Bauchart, Picard 2010).

Peu d'études comparent des caractéristiques autres que physiquement mesurables sur les viandes bovines produites avec ou sans étourdissement. Dans leur étude de 2004, Önenç et Kaya ont présenté les produits en analyse sensorielle. Pour tous les attributs sensoriels examinés, c'est-à-dire l'odeur, la flaveur, la tendreté et l'acceptabilité globale, à chaque moment de conservation étudié (24 h, 4, 7 et 14 jours *post mortem*), la viande produite par pistolet à tige perforante était significativement supérieure à celle produite sans étourdissement préalable (Önenç, Kaya 2004).

1. Tendreté

La tendreté de la viande, définie par analyse sensorielle ou par mesure mécanique, est expliquée en partie par la surface des fibres musculaires et la teneur en collagène insoluble. Plus la teneur en fibres de collagène est élevée et plus sa solubilité est faible, plus la viande est dure (Bauchart, Picard 2010). La tendreté est considérée comme une caractéristique aux composantes complexes multifactorielles, aux origines multiples telles que la quantité et le degré d'enchevêtrement du tissu conjonctif, la longueur des sarcomères, la vitesse et le degré de la protéolyse *post mortem*, l'effet lubrifiant du gras ainsi que le type et les proportions des protéines musculaires dont l'actomyosine des protéines myofibrillaires (Chulayo, Muchenje 2015). Les viandes les plus dures contiennent des protéines de métabolisme de type rapide glycolytique, parmi lesquelles la lactate déshydrogénase B ou des isoformes de troponine T rapide (TnTr). Les viandes tendres contiennent majoritairement des protéines du type lent oxydatif, telles que les isoformes de troponine T lente par exemple (Bauchart, Picard 2010). Une technique usuelle d'appréciation de la tendreté d'une viande passe par la mesure instrumentale et normalisée des forces de cisaillement de Warner-Bratzler (WBSF : *Warner-Bratzler Shear Force*).

L'étude d'Önenç et Kaya a constaté des valeurs de force de cisaillements inférieures dans le muscle *longissimus* à 24 h *post mortem* sur les animaux étourdis par tige perforante par rapport aux groupes non étourdis ou par électronarcose (Önenç, Kaya 2004).

Des résultats concordants furent apportés par l'étude de Sazili *et al.* en 2013. Les auteurs examinèrent pendant 14 jours la tendreté de la viande sur les muscles *longissimus* lombaires et semi-tendineux des bovins (Sazili *et al.* 2013). Après 7 jours, les valeurs de tendreté des muscles *longissimus* lombaires étaient significativement plus élevées ($p < 0,05$) chez les animaux étourdis aux pistolets à tige non perforante, basse et haute puissance, par rapport aux animaux non étourdis ou par tige perforante. Sur le muscle semi-tendineux après 14 jours, la tendreté de la viande étourdie par tige perforante était significativement améliorée que sur les carcasses étourdies au pistolet à tige non perforante haute puissance. Ces résultats indiquent tout d'abord que les effets du mode d'étourdissement sur la tendreté de la viande surviennent relativement tardivement, influencés par la

durée de maturation de la carcasse. Globalement, les viandes issues d'abattage sans étourdissement ou par tige perforante présentaient une meilleure tendreté que les viandes étourdies par pistolet à tige non perforante, que ce soit en haute ou basse puissance.

Dans leur étude portant sur l'abattage casher de génisses, Hayes *et al.* mesurèrent sur les carcasses produites la longueur des sarcomères, les forces de cisaillement de Warner-Bratzler ainsi que la teneur en Troponines T (Hayes *et al.* 2015). Les résultats de ces mesures sont consignés dans le tableau ci-après (Tableau VII). Les filets des carcasses cashers étaient moins tendres que ceux issus de l'abattage conventionnel ($p < 0,0001$). Il semble que les sarcomères des muscles *longissimus* tendent à être plus courts en casher qu'en conventionnel ($p = 0,09$), le raccourcissement des sarcomères étant un marqueur de moins bonne tendreté d'une viande. La bande de poids de 30 kDa est représentative d'un des produits de dégradation de la Troponine T complète, plus lourde et marquée à 41 kDa. La dégradation de cette protéine est associée à la mise en place de la tendreté (Matarneh, Silva, Gerrard 2021; Guillemin *et al.* 2009). L'étude de la teneur en troponines T confère des informations sur l'intensité de la protéolyse musculaire et, dans ce cas, de la mise en place de la tendreté, semblant être favorable aux viandes produites par abattage conventionnel.

Tableau VII : Mesures relatives à la tendreté de la viande sur des génisses abattues en abattage casher ou conventionnel, d'après Hayes *et al.* 2015

Critères	n	Abattage conventionnel		n	Abattage casher		p-value
		Génisses	Ecart-type		Génisses	Ecart-type	
Force de cisaillement de Warner-Bratzler (N)	83	33,07	0,34	77	41,97	0,33	<0,0001
Longueur de sarcomère (µm)	27	1,92	0,03	26	1,84	0,03	0,09
Troponine T, Bande 41-kDa	27	4,67	0,42	26	6,12	10,43	0,02
Troponine T, Bande 30-kDa	27	0,26	0,04	26	0,07	0,04	<0,01

Dans l'étude de Žurek *et al.* de 2022, des différences significatives de forces de cisaillement furent objectivées sur les muscles *longissimus* thoraciques et supra-épineux des taurillons et génisses selon le mode d'abattage (Žurek *et al.* 2022). Les valeurs des forces de cisaillement étaient significativement ($p < 0,05$) supérieures sur le muscle supra-épineux par rapport au *longissimus* thoracique. Quel que soit l'abattage, ces deux muscles présentaient des valeurs significativement supérieures chez les

taurillons que chez les génisses. Enfin, les valeurs des forces de cisaillement étaient significativement plus élevées sur les muscles issus d'abattage conventionnel par rapport à l'abattage rituel juif.

2. Couleur

Les études de 2006 et 2009 comparant la couleur des viandes produites selon le mode d'abattage ne mirent pas de différence significative en évidence, que ce soit sur la couleur ou la teneur en oxymyoglobine, pigment contenu dans les viandes (Anil *et al.* 2006). Néanmoins, la couleur de la viande était influencée par la durée de maturation (D'Agata, Russo, Preziuso 2009). L'évaluation instrumentale de la couleur d'une viande peut se faire par méthode colorimétrique, spectrophotométrique, spectrocolorimétrique et réflectométrique. Les valeurs MINOLTA usuellement mesurées sont la luminance ou clarté, notée L*, l'indice de rouge a* (rougissement/verdissement) et l'indice de jaune b* (jaunissement/bleuissement).

Par analyse sensorielle, Önenç et Kaya trouvèrent que la couleur des viandes produites sur des carcasses étourdies au pistolet à tige perforante était de meilleure qualité que celles produites par électronarcose ou sans étourdissement (Önenç, Kaya 2004).

L'étude de Sazili *et al.* a permis de montrer que les viandes issues d'étourdissement au pistolet à tige non perforante haute puissance présentaient de moins bonnes caractéristiques colorimétriques, en particulier la luminance L*, par rapport aux trois autres lots comparés, soit sans étourdissement, étourdissement par tige perforante et par tige non perforante basse puissance (Sazili *et al.* 2013).

Après maturation pendant sept jours dans l'obscurité, les échantillons de muscles de l'expérience de Hayes *et al.* furent enveloppés dans de la cellophane et placés dans une atmosphère à 4 °C sous lumière fluorescente continue (Hayes *et al.* 2015). Les résultats des mesures colorimétriques quotidiennes indiquèrent que chaque jour et pour chacun des paramètres, les valeurs L*, a* et b* des viandes issues de l'abattage casher étaient significativement inférieures aux viandes d'abattage conventionnel (Figure 25). Il est à noter que les échantillons d'abattage rituel n'avaient pas été traités par une méthode de cashérisation. Les auteurs confirmaient alors des résultats précédents corrélant de meilleures valeurs colorimétriques (plus brillant, plus rouge et plus jaune) avec une tendreté accrue.

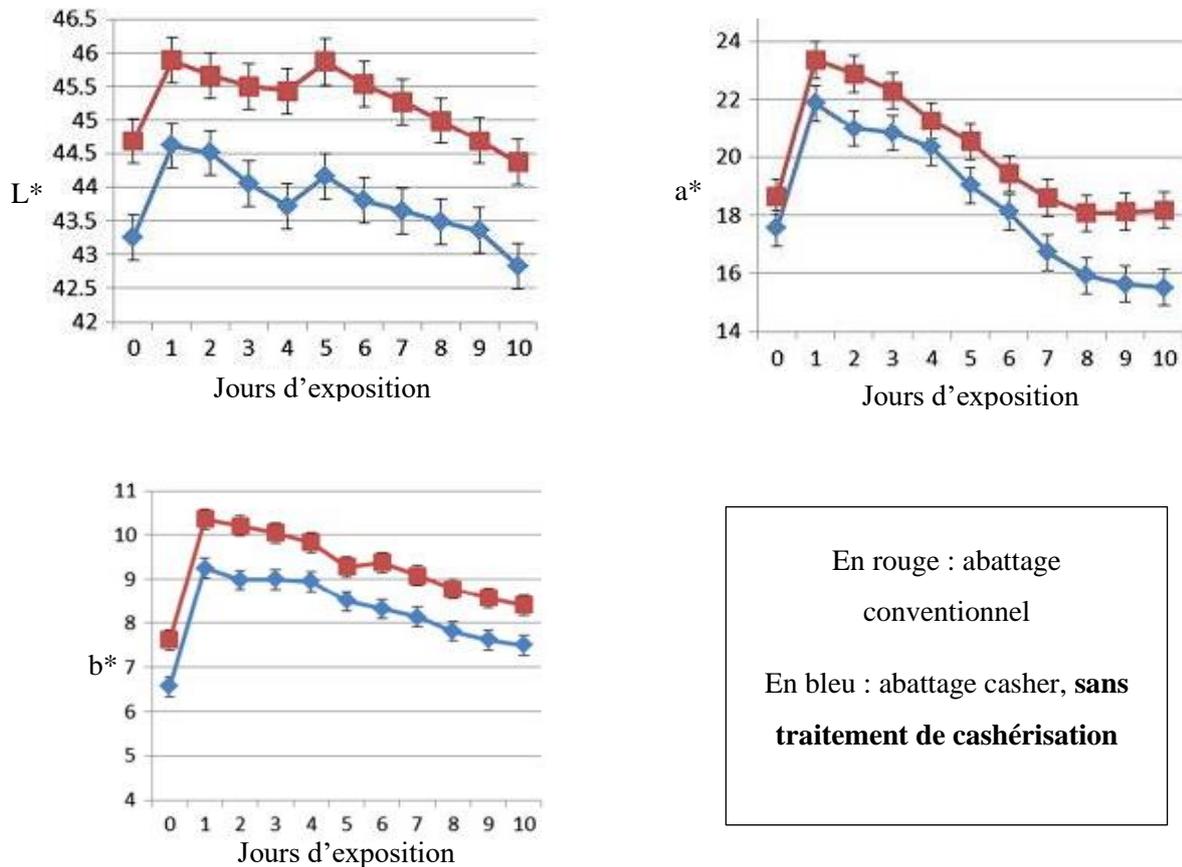


Figure 25 : Evolution des paramètres colorimétriques (valeurs MINOLTA de luminance L^* , d'indice de rouge a^* et d'indice de jaune b^*) des filets de génisses abattues selon le rituel casher (sans cashérisation) ou non, d'après Hayes *et al.* 2015

3. Jutosité

En analyse sensorielle, sont distinguées la jutosité initiale (première jutosité), qui correspond à la quantité de jus libérée aux premières mastications, et la jutosité finale (seconde jutosité), liée à la salivation engendrée par le gras de la viande, après mastication. La première jutosité est ainsi dépendante de la quantité d'eau dans la viande, influencée notamment par le temps de cuisson. La jutosité finale dépend de la présence en gras persillé : plus le muscle sera persillé, plus il sera juteux. Il est ainsi possible d'évaluer la jutosité initiale par mesure du pouvoir de rétention d'eau (PRE) et de la perte en eau à la cuisson. Plus le pouvoir de rétention d'eau est élevé et plus la viande sera juteuse.

Dans l'étude d'Öneç et Kaya, le pouvoir de rétention d'eau était moindre en étourdissement par tige perforante (17,80 %) comparé aux animaux non étourdis (15,80 %) et étourdis par électronarcose (15,50 %) (Öneç, Kaya 2004). La mesure de la perte en eau à la cuisson n'était pas significativement différente au cours des quatre premiers jours *post mortem*, en revanche les mesures au septième et quatorzième jour respectivement indiquèrent des pertes en eau plus massives pour l'électronarcose (26,42 % et 28,12 %) et le pistolet à tige perforante (29,04 % et 30,81 %) par rapport aux animaux non étourdis (23,01 % et 23,68 %).

De même, les résultats de D'Agata, Russo et Preziuso indiquèrent un caractère exsudatif plus important au cours de la maturation (jour 2 à jour 6 *post mortem*) pour l'abattage conventionnel, tandis que les pertes exsudatives étaient plus limitées pour l'abattage sans étourdissement (D'Agata, Russo, Preziuso 2009).

L'étude de Sazili *et al.* a mis en évidence après un jour de maturation que le pouvoir de rétention d'eau du muscle semi-tendineux était significativement plus important sur les carcasses étourdies au pistolet à tige perforante ou au pistolet à tige non perforante basse puissance (Sazili *et al.* 2013). Après une semaine de maturation, le PRE des muscles semi-tendineux et *longissimus* lombaire issus de pistolet à tige non perforante basse puissance était significativement plus élevé que celui des viandes conventionnelles, non étourdies ou au pistolet non perforant haute puissance. Aucune différence significative ne fut mise en évidence entre ces trois groupes. Les mesures des pertes en eau à la cuisson ne fut pas influencée par la méthode d'étourdissement ou le temps de maturation sur chacun de ces muscles.

Récemment, l'étude de Żurek *et al.* de 2022 a relevé des pouvoirs de rétention d'eau plus importants sur les viandes issues de l'abattage casher par rapport à l'abattage conventionnel (Żurek *et al.* 2022).

Les qualités organoleptiques d'une viande sont nombreuses. Certaines sont mesurables par des **techniques instrumentales** d'appréciation d'une grandeur physique, tandis que d'autres ne peuvent être caractérisées que par une **analyse sensorielle**. Des liens d'**interdépendances** sont souvent suspectés et pour certains confirmés entre les différentes qualités organoleptiques, qui sont néanmoins influencées par d'autres facteurs, en particulier l'**évolution du pH** et la **composition initiale** des muscles (elle-même dépendant du type de muscle ou des conditions d'élevage de l'animal par exemple). L'influence des techniques d'abattage sur les propriétés organoleptiques d'une viande bovine fait l'objet d'un **nombre très limité d'études**, dont les cohortes sont parfois modestes. La variabilité de certains résultats impose une **nécessité d'approfondir ces connaissances et limite à l'émergence de tendances**.

L'étude de la **tendreté** par la mesure de forces de cisaillement ou par électrophorèses des troponines T a permis d'observer régulièrement que les viandes issues d'abattage sans étourdissement étaient moins tendres qu'en abattage conventionnel. Toutefois, une étude récente vient remettre en cause ces observations, suggérant que la tendreté d'une viande soit favorisée en l'absence d'étourdissement. Parmi les modes d'abattage, l'électronarcose semble toutefois conférer une moindre tendreté à la viande.

L'étude de la **couleur** semble indiquer que les meilleures mesures colorimétriques sont issues de viandes issues de l'abattage conventionnel par rapport à un abattage sans étourdissement. Il semble alors qu'une corrélation existe entre de meilleures valeurs colorimétriques (viande plus brillante, plus rouge et plus jaune) avec une tendreté accrue.

L'étude de la **jutosité** suggère que les pertes exsudatives pendant la maturation et à la cuisson sont plus importantes lorsque l'animal est étourdi par tige perforante ou électronarcose. La jutosité serait ainsi favorisée par l'absence d'un étourdissement. Cette observation semble s'expliquer au moins partiellement par le constat de pH ultimes plus élevés sur ces viandes, leur conférant un meilleur pouvoir de rétention d'eau.

Parmi les différentes méthodes d'abattage, il semble que l'étourdissement à l'aide d'un pistolet à tige perforante soit probablement propice à préserver et favoriser l'expression des caractéristiques organoleptiques. Sur ces mêmes critères, le pistolet à tige non perforante haute puissance faisant l'objet de l'étude de Sazili *et al.* de 2013 semble le plus antagoniste aux propriétés organoleptiques des viandes bovines.

D. Résultats préliminaires relatifs à la qualité des carcasses produites par le DTS: Diathermic Syncope®

Développée depuis une vingtaine d'années, cette méthode d'étourdissement réversible par ondes électromagnétiques élève la température cérébrale entre 43 °C et 50 °C, ce qui induit la survenue d'une syncope et de l'inconscience. En raison du caractère récent de cette technique, encore peu d'études ont pu être mises en œuvre, souvent sur des cohortes limitées. Il semble néanmoins que suite à la fabrication du prototype, les premières mises à l'épreuve ont apporté la preuve de concept relative à l'induction de l'inconscience. Il importe de développer encore les caractéristiques techniques du dispositif afin d'améliorer sa fiabilité. Avant d'éventuelles étapes de certification et d'industrialisation, les mises à l'épreuve concernant la qualité de la viande doivent satisfaire les critères requis usuellement. Deux sessions d'essais sur respectivement dix-huit génisses Angus en septembre 2014 et vingt vaches croisées de réforme en octobre 2017 furent réalisées (Small 2021). Bien que ces expérimentations animales s'inscrivent dans une démarche éthique de recherche respectant la règle des 3R, les résultats actuellement connus sont pour l'heure bornés à une portée préliminaire.



Figure 26 : Echantillons de viandes prélevées sur des carcasses étourdiées par ondes électromagnétiques, d'après Small 2021

L'appréciation de la qualité des viandes produites par étourdissement aux ondes électromagnétiques est pour l'instant cantonnée à une comparaison avec le pistolet à tige perforante. L'étude publiée en 2022 étudiant les propriétés des viandes produites portait sur les deux cohortes de neuf génisses Angus abattues en 2014 (Small *et al.* 2015; Small, Hughes 2022). Les scientifiques mesurèrent alors après une et dix semaines de maturation le pH, la couleur, la force de cisaillement, l'oxydation lipidique et les pertes exsudatives des échantillons de deux muscles : *longissimus* lombaire et semi-tendineux. Les mesures de pH à 24 h, 1 semaine et 10 semaines *post mortem*, de même que les forces de cisaillement, oxydations lipidiques et pertes exsudatives ne différencièrent pas significativement pour les deux types de muscles selon les deux types d'étourdissement. La viande produite par DTS était néanmoins plus jaune à la découpe primaire (MINOLTA b^* , $p < 0,05$). Après une semaine de maturation, les filets produits par DTS étaient plus rouges (MINOLTA a^* , $p < 0,05$) et plus jaunes (MINOLTA b^* , $p < 0,05$) tandis que les noix de rondes produites par DTS étaient plus claires (MINOLTA L^* , $p < 0,05$). En revanche après dix semaines de maturation, plus aucune différence

significative de la couleur des viandes selon le type de muscle ou mode d'abattage ne furent observées (Figure 26). Au désossage, aucune observation macroscopique de tiquetage, ecchymoses ou décoloration des viandes ne furent établies.

Cependant, il convient de préciser que les conditions de cette étude comportaient certaines limites. Tout d'abord, ces expérimentations visaient à collecter une banque maximale de données, en particulier des relevés électroencéphalographiques avant et après étourdissement, ce qui a prolongé remarquablement la période de contention avant étourdissement et l'intervalle entre étourdissement et saignée. L'existence de perturbations métaboliques, notamment musculaires, provoquées par ces conditions ne peut ainsi pas être écartée. En outre, une très forte variabilité de l'énergie délivrée au cours des étourdissements fut observée, variant de 3,55 à 297,97 kJ. Les auteurs précisent que depuis ces expérimentations de 2014, ce défaut technique a fait l'objet de corrections appropriées. Enfin, lors de l'échantillonnage du matériel d'étude, de petites portions musculaires étaient prélevées. Certaines modifications et valeurs collectées ont pu faire l'objet de variations sporadiques et peuvent ne pas être représentatives d'une réalité scientifique.

Cette étude préliminaire doit dès lors être complétée par des résultats obtenus sur des cohortes plus conséquentes, étourdies dans des conditions plus industrielles et commerciales.

L'étude préliminaire portant sur la qualité des viandes bovines produites suite à un étourdissement par **ondes électromagnétiques**, à l'aide du dispositif **DTS: Diathermic Syncope®**, n'a pas mis en évidence de différences majeures sur les caractéristiques de qualité des viandes par rapport à un étourdissement par tige perforante. **Quelques modifications mineures relatives à la couleur** de la viande furent rapportées. Ces **résultats préliminaires** doivent être confrontés sur une **cohorte plus importante**, étourdies dans des conditions d'abattage **industriel commercial**.

E. Effet de la cashérisation

Dans la religion juive, après la production d'une carcasse abattue conformément aux prescriptions, inspectée et délestée des morceaux illicites, il convient de procéder à l'extraction du sang résiduel. Une des méthodes de traitement des viandes utilisées passe par trempage dans une eau aux paramètres spécifiques, puis par salage avant un rinçage approprié. Cette technique doit être appliquée dans les trois jours suivant l'abattage rituel sinon la viande devra être consommée grillée.

L'étude de Rudy *et al.* publiée en 2019 s'est intéressée aux modifications de teneurs en macro- et microéléments des viandes issues d'abattage rituel juif (Rudy *et al.* 2019). Ils comparèrent ainsi quarante carcasses issues d'abattage avec étourdissement préalable au pistolet pneumatique à tige perforante et quarante carcasses abattues selon les conditions commerciales de production d'une viande casher. Les lots de bovins étaient composés pour moitié de taurillons et pour moitié de génisses. Après 24 h *post mortem*, les carcasses rituelles furent découpées et exposées au traitement de cashérisation par trempage, salage et rinçage. Deux types de muscles par carcasse furent prélevés et les échantillons furent analysés le lendemain afin d'en préciser la teneur en éléments nutritionnels. Les résultats comparant ces compositions chimiques en fonction des effets combinés de l'abattage rituel casher et du traitement de cashérisation furent significativement différents pour le potassium, le phosphore et le sodium (Tableau VIII).

Tableau VIII : Teneurs en potassium, phosphore et sodium comparées entre abattage conventionnel et abattage casher suivi de cashérisation par bains de saumure (en mg/100g), d'après Rudy *et al.* 2019

Minéraux	Sexe	Abattage conventionnel		Abattage casher et cashérisation		ANOVA
		MLT	MS	MLT	MS	
Potassium K	Taurillons	350,39 ^a ± 3,98	335,83 ± 5,47	299,34 ± 13,19	298,06 ± 8,67	S*
	Génisses	346,69 ^a ± 4,99	317,52 ± 5,59	284,62 ^b ± 14,20	293,29 ^b ± 10,63	
Phosphore P	Taurillons	197,86 ^a ± 1,59	195,08 ^a ± 2,50	183,39 ^b ± 3,51	184,68 ^b ± 3,17	S*
	Génisses	200,47 ^a ± 2,54	193,05 ^a ± 1,63	182,19 ^b ± 5,93	188,53 ^b ± 4,00	
Sodium Na	Taurillons	46,68 ^a ± 1,98	54,82 ^a ± 2,30	469,28 ^b ± 9,09	418,31 ^b ± 11,79	S*
	Génisses	40,27 ^a ± 1,70	49,82 ^a ± 2,50	606,78 ^b ± 11,98	447,82 ^b ± 7,83	

Notes : ^{a, b} Différences significatives entre les moyennes avec une confiance fixée à $p < 0,05$ due à l'effet du type d'abattage. ANOVA : Analyse multifactorielle des variances entre le type d'abattage (S), le genre (G) et le type de muscle (M). * $p < 0,05$. MLT : muscle *longissimus* thoracique, MS : muscle supra-épineux. N'ont pas été consignées ici les teneurs en Mg, Fe, Ca, S, Zn, Cu, Mn, Mo, Al, Ni et Cr, sans différences significatives liées au type d'abattage au seuil de confiance de 95 %.

De plus forts taux de potassium ($p < 0,05$) furent retrouvés dans les muscles *longissimus* thoraciques des bovins abattus conventionnellement par rapport aux muscles des génisses en abattage casher. Les taux de phosphore étaient plus élevés ($p < 0,05$) en abattage conventionnel qu'en abattage casher. En revanche, des concentrations environ dix fois supérieures ($p < 0,05$) en sodium furent

observées dans les viandes casher. L'abattage casher et la cashérisation augmentent ainsi notablement la teneur en sodium et diminuent les concentrations en potassium et phosphore par rapport à l'abattage conventionnel.

Dans l'étude de Żurek *et al.* publiée en 2022 (voir Partie 3-II.A.), les auteurs relevèrent les valeurs de pH musculaires sur des taurillons et génisses abattus en rituel casher et après cashérisation par le sel à 24 h *post mortem* (Żurek *et al.* 2022). Les mesures de pH à 24 et 48 h *post mortem* furent significativement supérieures sur les taurillons abattus selon le rituel juif et dont la viande avait fait l'objet de cashérisation (Tableau VI).

En 1999, Hajmeer *et al.* étudièrent l'effet de la cashérisation sur la charge microbienne des viandes (Hajmeer *et al.* 1999). Sur trois jours et pour trente carcasses au total, ils dénombèrent les colonies de coliformes, *Escherichia coli*, de salmonelles et la flore totale aérobie. Après cashérisation, les résultats montrèrent que la viande cashérisée présentait de plus faibles contaminations bactériennes par rapport aux portages initiaux.

Une étude similaire publiée en 2023 s'intéressait à l'effet du sel sur la charge bactérienne de surface de viandes cashérisées et ses conséquences pour la qualité de la viande (Kalchayanand, Koohmaraie, Wheeler 2023). Les auteurs montrèrent que le trempage de cashérisation ne réduisait pas la concentration en bactéries, pathogènes ou non, sur la surface des viandes. Les étapes de salage et rinçage permirent de réduire les colonies de non-O157 STEC, *E. coli* O157:H7 et salmonelles de 0,83 à 1,42 log UFC/cm² et de réduire les entérobactéries, coliformes et flore aérobie de 1,04, 0,95 et 0,70 log UFC/cm² respectivement. Ces étapes du processus engendrèrent aussi des changements de couleur, les viandes étant plus sombres avec une teinte légèrement brune dès la fin de la cashérisation. Enfin, la présence de sel augmentait aussi l'oxydation lipidique des viandes produites.

En 2004, Holzer *et al.* constataient que la cashérisation par le sel engendre des changements de couleurs de la viande, plus brunes à grises, ainsi que la formation d'odeurs désagréables pendant la réfrigération (Holzer *et al.* 2004). L'application d'une pression hydrodynamique sur la viande cashérisée permettait de réduire les défauts de coloration induits par le sel, rendant les viandes visuellement comparables à des viandes issues de l'abattage conventionnel.

Les techniques mises en œuvre dans le cadre de la **cashérisation** pour **extraire le sang résiduel**, en particulier les méthodes de **trempage, salage et rinçage**, diminuent la teneur en potassium et phosphore des viandes et augmentent leur teneur en sodium. Par l'**effet conservateur du sel**, la **croissance bactérienne est inhibée** et la surface des viandes est moins colonisée par des bactéries, pathogènes ou non. Ainsi, la cashérisation par le sel **favorise la conservation microbiologique** de la viande.

En revanche, l'utilisation de cette méthode engendre une **augmentation de l'oxydation des lipides** et de **rapides changements de couleur**, les viandes virent dans des **teintes brunes-grises** et sont susceptibles de générer des **odeurs parfois désagréables**. De **nouvelles techniques** de traitement des viandes sont en recherche et développement **afin de contrôler et limiter ces désagréments**.

III. Hygiène et sécurité pour le consommateur

La réglementation européenne requiert notamment par le Paquet Hygiène la sécurité des denrées alimentaires (Magras, Robert 2010). Aucune denrée alimentaire ne doit être mise sur le marché si elle est dangereuse, c'est-à-dire si elle est considérée :

- Préjudiciable à la santé du consommateur. C'est au sens strict la sécurité de l'aliment, la denrée est contaminée par un danger.
- Impropre à la consommation humaine, car inacceptable compte tenu de l'utilisation prévue. Il s'agit alors d'un aspect qualitatif des denrées, tel qu'un défaut des caractéristiques organoleptiques, une altération, des inaptitudes manifestes à la transformation...

A. Sécurité microbiologique

L'un des enjeux majeurs de la production industrielle de produits carnés est la maîtrise de la croissance bactérienne sur la denrée. Outre la température, la qualité de saignée constitue un des facteurs principaux de son contrôle. En effet, le sang représente un excellent milieu de croissance des colonies bactériennes par sa richesse en substrats.

1. Qualité de la saignée

Une saignée est considérée de qualité lorsque le geste de saignée provoque le moins de dommages possibles sur la carcasse et que le plus grand volume de sang est évacué rapidement (Aghwan *et al.* 2016). En effet, de nombreuses recherches ont reporté une corrélation entre la qualité de la viande et le

sang. Plus la carcasse contient du sang résiduel et moins bonne sera la qualité. Une saignée efficace, rapide et profuse, permet de diminuer la quantité de sang de la carcasse et donc la croissance bactérienne. D'autre part, si du sang résiduel est laissé dans les vaisseaux, après la coupe, ces écoulements pourraient conférer à la viande un aspect peu attrayant (Aghwan *et al.* 2016).

Probablement une des premières études comparant directement l'efficacité de la saignée en abattage avec ou sans étourdissement chez les bovins fut publiée en 2006 par Anil *et al.* (Anil *et al.* 2006). La quantité de sang récupéré, le pourcentage de sang récupéré et le rapport de ce dernier divisé par le poids vif de l'animal furent relevés sur treize gros bovins mis à mort par abattage rituel halal, ainsi que sur treize en abattage conventionnel. Aucune différence significative sur ces mesures ne fut mise en évidence. Toutefois, les vitesses de saignée furent différentes selon le mode d'étourdissement lors de la mise en place de la saignée. En effet, la perte de 25 % du sang total recueilli fut plus tardive en l'absence d'étourdissement ($17,3 \pm 2,4$ s) par rapport au conventionnel ($10,6 \pm 1,5$ s), mais ce phénomène ne se retrouvait pas aux pertes de 50, 75 et 90 % du poids total de sang récupéré. La quantité de sang rapportée au poids vif de l'animal ne se distinguait pas significativement, étant de $2,99 \pm 0,1$ % et de $3,10 \pm 0,21$ % sans étourdissement et en conventionnel respectivement.

En 2012, Agbeniga et Webb étudièrent la saignée de 170 bovins abattus selon le rituel juif avec une contention debout dans un *ASPCA pen* et 141 bovins en abattage conventionnel (Agbeniga, Webb 2012). Ces deux méthodes ne différèrent pas ($p > 0,05$) en termes de perte totale de sang. Les pourcentages de sang récupéré étaient de $2,34 \pm 0,58$ % et de $2,42 \pm 0,67$ %, respectivement en rituel juif et en conventionnel.

Selon Aghwan, il est important de préserver la fonction cardiaque au cours de la saignée afin de pouvoir bénéficier de ses effets (Aghwan *et al.* 2016).

Sur les bovins, l'efficacité de la saignée, dans sa quantité et sa rapidité, est néanmoins altérée par la survenue des complications à l'évacuation du sang, décrites par Gregory *et al.* (Gregory, Schuster, *et al.* 2012). La survenue de phénomènes d'occlusion affecte inévitablement le diamètre de la lumière vasculaire et ainsi l'évacuation sanguine, augmentant la durée totale de saignée ou la proportion de sang résiduel. Gregory suggérait en 2005 que l'efficacité de la saignée était améliorée suite à un étourdissement par électronarcose par comparaison à l'absence d'étourdissement. En effet, le courant électrique serait à l'origine de contractions musculaires des muscles striés squelettiques, reléguant une meilleure proportion du volume sanguin aux vaisseaux thoraciques et abdominaux majeurs, à forte complétion. Gregory suspectait en sus un effet positif engendré par le nerf vague (Gregory 2005).

L'étude indonésienne menée par Supratikno *et al.* en 2022 étudiait l'abattage de 510 gros bovins issus de croisement brahmane australienne dans 24 établissements d'abattage indonésiens (Supratikno *et al.* 2022). Un lot de 460 individus fut désigné pour l'étourdissement par tige non perforante et les 50 restants furent étourdis par pistolet à tige perforante. Comme présentés précédemment (voir Partie 1-

IV.B.1.), les résultats indiquaient que le risque de faux-anévrismes était 2,64 fois supérieur lors d'un étourdissement par pistolet à tige perforante. Le temps de saignée par cette méthode était en outre plus rapide, d'environ $187 \pm 47,37$ secondes. Néanmoins, les quantités de sang récupéré ne furent pas relevées, ne permettant pas de calculer des proportions relativement au poids vif de l'animal. Il importe aussi de vérifier si ces résultats obtenus sur des animaux à morphotype apparenté aux zébus se confirmeraient sur des bovins au morphotype européen.

Une saignée de qualité s'effectue par un **acte précis qui préserve les morceaux de la carcasse** et permet d'obtenir un **écoulement de sang rapide et profus**. L'efficacité de la saignée détermine la **teneur en sang résiduel** de la carcasse, qui doit être limitée afin de **ne pas favoriser la croissance bactérienne**.

Il semble des études portant sur les gros bovins que la qualité de la saignée, notamment la proportion de sang total obtenu par rapport au poids vif de l'animal ne soit pas affectée par la présence d'un étourdissement par tige perforante ou l'absence d'un étourdissement.

Une hypothèse de différence de vitesse de saignée est émise mais non encore validée par d'autres études scientifiques.

2. Charge microbienne

La croissance bactérienne d'une viande, qu'elle soit flore pathogène ou flore d'altération des viandes fraîches, dépend essentiellement de la température, du pH et de la quantité de sang disponible.

L'égorgeage au cours de l'abattage rituel est parfois perçu par ses détracteurs comme une étape du processus à fort risque de contamination de la carcasse. En effet, il est facilement admis et confirmé que l'abattage avec des instruments malpropres peut conduire à une contamination en profondeur de la carcasse. Or au cours de l'abattage rituel, le même couteau est utilisé dans un même mouvement pour couper la peau, la trachée et l'œsophage. La peau étant un milieu à forte présence de microorganismes, le Dr Michel Courat indiquait que « *les bactéries qui se trouvent sur la peau peuvent donc passer à travers les tissus et contaminer la viande* » (Sénat 2013). D'autre part, en abattage conventionnel, l'œsophage est systématiquement ligaturé afin d'éviter le déversement de bol alimentaire sur la plaie de saignée au moment de l'éviscération abdominale. Le Pr Gilbert Mouthon expliquait en 2012 qu'en abattage rituel, cette ligature n'est pas réalisée (Mousset 2012). Les viandes de tête et de collier sont selon lui systématiquement souillées par ce déversement en abattage rituel.

Suite à ces déclarations, le ministère en charge de l'Alimentation indiquait une fréquence de survenue de cet écoulement dans 15 à 20 % des cas (Mousset 2012) et le Syndicat national de l'industrie de la viande faisait état de 10 à 15 % (Urvoy 2012). En outre, le président d'Interbev rappelait qu'en abattage rituel, la ligature immédiate de l'œsophage est aussi réalisée au moyen de clips spécifiques adaptés à cet usage, rapidement après la saignée et par un opérateur formé. Enfin, si malgré ces précautions la plaie de saignée est tout de même souillée, conformément à la réglementation et aux préconisations interprofessionnelles l'opérateur procède à un parage plus important pour retirer toute la viande contaminée. Une étude de collecte de données systématique et harmonisée des saisies de carcasses en abattoir de bovins en France entre 2016 et 2019 indiquait une prévalence de 12,9 % de saisies partielles pour « souillures d'origine digestive » et 8,8 % de saisies partielles pour « souillures autres que liées au contenu digestif », sans distinction d'un contexte d'abattage conventionnel ou rituel (Collineau *et al.* 2022).

Afin d'étudier l'influence du mode d'étourdissement sur la charge microbienne des viandes bovines produites, Bouzraa *et al.* constituèrent trois lots de dix mâles limousins et les attribuèrent à des méthodes d'abattage différentes (Bouzraa *et al.* 2023). Ces bovins d'environ 12 à 14 mois (poids vif approximatif de 610 à 650 kg) furent abattus par abattage conventionnel, abattage halal traditionnel (sans étourdissement) en position debout et abattage halal avec étourdissement préalable au pistolet à tige non perforante. Les scientifiques prélevaient un échantillon de viande au niveau du diaphragme des carcasses puis dix grammes de chaque prélèvement étaient homogénéisés dans un solvant. Après incubation de 72 h à 30 °C, de 24 h à 37 °C et de 24 et 48 h à 31 °C, les colonies de bactéries aérobies mésophiles, d'entérobactéries totales et de coliformes totales respectivement furent dénombrées. Toutes ces manipulations furent réalisées en duplicat.

Les résultats n'étant pas distribués selon une loi normale et les échantillons étant indépendants, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis fut choisi pour analyser ces données au seuil de confiance de 95 %. Les différences furent significatives en fonction du mode d'abattage pour les entérobactéries ($p < 0,000$) et la flore de bactéries aérobies mésophiles ($p < 0,004$) mais pas pour les coliformes ($p > 0,61$) (Figure 27). Ainsi, l'abattage halal avec étourdissement réversible préalable pratiqué au pistolet à tige non perforante confère à la viande une meilleure préservation face à la croissance des colonies d'entérobactéries. Il semble en revanche moins performant que l'abattage conventionnel et halal sans étourdissement à l'égard de la flore aérobie mésophile.

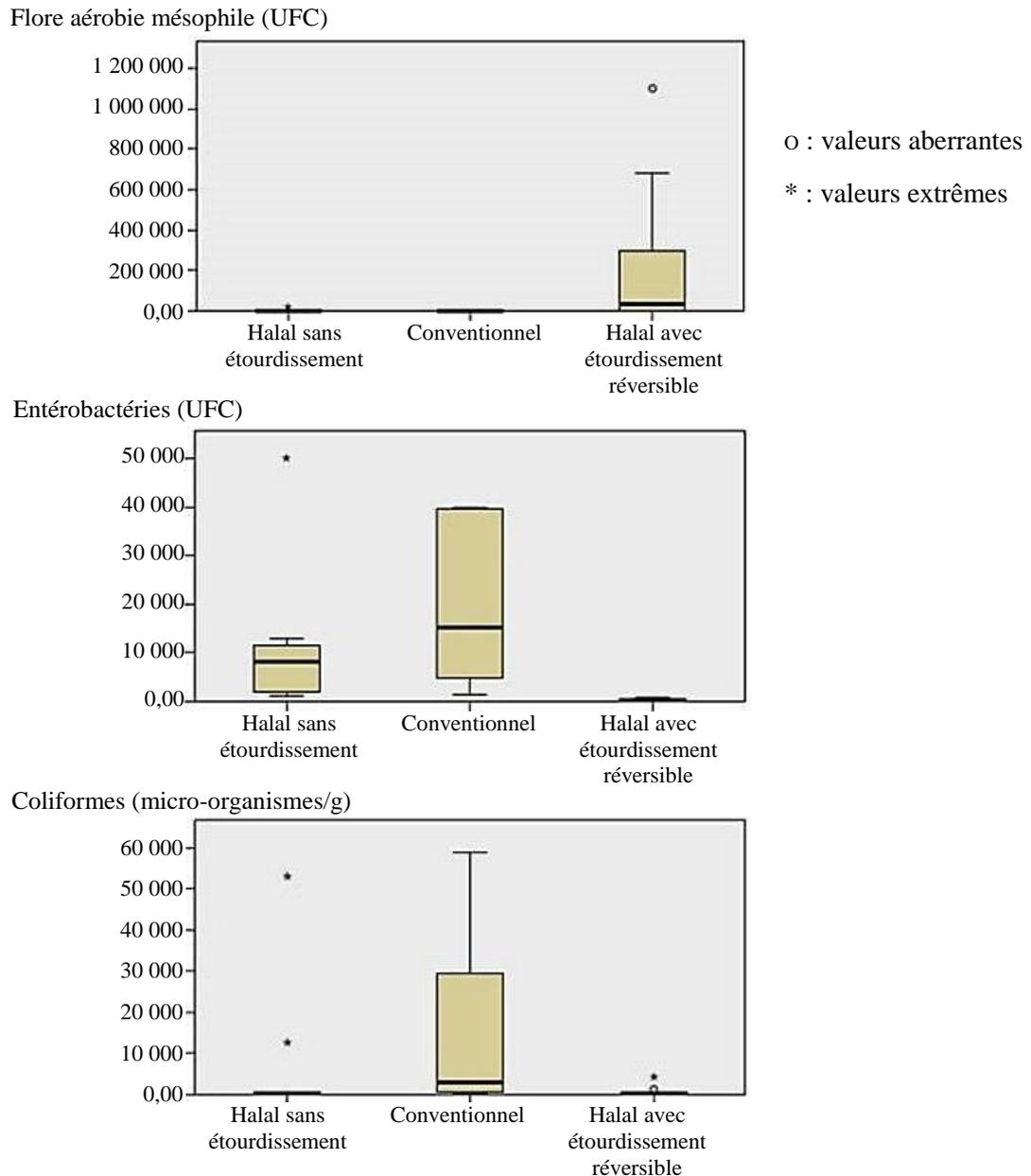


Figure 27 : Comptages microbiologiques des viandes issues de trente taurillons Limousins suite à abattage halal traditionnel (sans étourdissement), abattage conventionnel et abattage halal avec étourdissement réversible par pistolet à tige non perforante, d'après Bouzraa *et al.* 2023

Par ailleurs dans la confession juive, les méthodes de cashérisation, en particulier à base de sel, favorisent la conservation de la viande et inhibent la croissance bactérienne. Elles entraînent une réduction de la charge bactérienne à la surface de la viande, notamment des colonies pathogènes (voir Partie 3-II.E.).

Le risque de contamination de la carcasse par l'ESB, danger infectieux vecteur de l'Encéphalopathie Spongiforme Bovine, n'est pas nul au cours d'un étourdissement par tige perforante (Gregory 2005). En effet, N. G. Gregory écrivait en 2005 que des tissus nerveux centraux (cerveau et moelle épinière) contaminés peuvent être disséminés dans les poumons après passage dans les veines jugulaires, puis dans la circulation sanguine systémique. En France, le *Guide de bonnes pratiques pour la maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir* indique qu'il est interdit de faire usage de pistolets perforants qui, en plus de la trépanation, injectent de l'air comprimé dans la boîte crânienne (INTERBEV, Institut de l'Élevage, ADIV 2013). Utilisés aux USA avant la crise de l'ESB, ces dispositifs provoquent une dissémination majeure de matériel cérébral contaminé.

Selon Riaz, ce risque justifie un des intérêts portés par le pistolet à tige non perforante ou l'électronarcose qui permettent d'étourdir l'animal sans risquer de contaminer ni la carcasse, ni les équipements d'abattage. Bien que des modifications techniques des dispositifs d'étourdissement à tige perforante aient été effectuées afin de limiter le transfert de prions de l'ESB dans la circulation sanguine, certains auteurs scientifiques objectent qu'une incertitude sur l'efficacité réelle de ces corrections subsiste (Riaz *et al.* 2021). D'autre part depuis 2001, la prévalence de l'ESB classique est en constante diminution et apparaît comme très faible désormais. Cela n'empêche pas de conserver une vigilance prudente à cet égard, justifiée périodiquement par la détection de cas d'ESB atypiques.

La carcasse issue d'abattage rituel fait parfois l'objet d'une réputation imputant un risque de contamination des viandes de tête et de collier par des **déversements de contenu digestif** suite au geste d'égorgeage. Il semble que ce **risque soit maîtrisé** par la pose de clip ligaturant l'œsophage après l'égorgeage. La réalisation du geste de saignée à l'aide d'**un seul couteau** sectionnant le cuir puis les tissus en profondeur peut néanmoins constituer un **risque de contamination bactérienne** des viandes. En cas de souillure réelle de la carcasse, l'opérateur doit réaliser un **parage de la plaie de saignée** afin d'éliminer toute viande contaminée.

Une étude espagnole publiée en 2023 par Bouzraa *et al.* a comparé les charges microbiennes présentes dans les viandes bovines issues d'abattage halal sans étourdissement, d'abattage halal avec étourdissement préalable par pistolet à tige non perforante et d'abattage conventionnel. À l'aune de leurs résultats, les auteurs concluaient que l'**étourdissement préalable à l'abattage halal** démontrait **de meilleurs dénombrements d'entérobactéries** sur ces viandes, favorisant leur qualité microbiologique. L'**abattage conventionnel et halal sans étourdissement** étaient quant à eux plus performants **face à la flore aérobie mésophile**.

L'étourdissement par pistolet à **tige perforante**, par son contact avec les tissus nerveux centraux, peut constituer un **risque de dissémination de l'ESB**, toutefois balancé par la faible prévalence de celle-ci.

B. Anomalies macroscopiques de la viande réputées associées

1. Tiquetage musculaire

Au moment de la découpe primaire et du désossage de la carcasse, la section des muscles peut laisser apparaître du tiquetage musculaire, c'est-à-dire un muscle parsemé de points plus ou moins fusiformes rouges sombres (Figure 28). Bien que cette anomalie ne présente aucun danger pour la consommation humaine, la viande est considérée non commercialisable pour raisons esthétiques, entraînant la saisie des muscles ou de la carcasse selon l'étendue de la lésion. Entre 2016 et 2019, une enquête des motifs de saisie en abattoirs de bovins en France rapporte une prévalence chez les veaux de 5,3 % de saisies totales pour le motif « Altérations et anomalies : tiquetage musculaire » (Collineau *et al.* 2021). Entre les années 1992 et 1995, une enquête menée par BOVI-LOIRE recensait 599 cas de tiquetage parmi les 386 293 gros bovins abattus en « abattoirs faisant de l'abattage rituel de façon régulière » et 147 cas parmi les 626 918 gros bovins issus d'abattage conventionnel exclusif (Turmel 1997). Lors de journées d'abattage rituel exclusif, la fréquence pouvait parfois atteindre 3 à 4 %. Par conséquent dans cette enquête, la prévalence du tiquetage en abattoir faisant de l'abattage rituel était d'environ 1,55 ‰ cas, contre 0,23 ‰ cas en abattage conventionnel.



Figure 28 : Tiquetage musculaire (flèche jaune) observé sur la coupe du faux-filet du haut, le faux-filet du bas étant non affecté par cette anomalie, d'après Food Safety Agency, Afrique du Sud.

Le tiquetage musculaire correspond à la présence de sang issu de la rupture de vaisseaux sanguins dans les muscles adjacents. Les analyses histologiques montrent que les vaisseaux rompus sont le plus souvent des veinules des capillaires sanguins (Gregory 2005). Leur paroi est en effet moins élastique et donc moins compliant, les rendant plus sujettes à la rupture. Le lieu d'élection de la rupture serait probablement soit là où la paroi de la veinule est la plus faible, soit là où la pression sanguine est

particulièrement élevée. Une dilatation artérielle et probablement un encombrement du capillaire favoriseraient la survenue de ce phénomène. La rupture des capillaires sanguins se produit au moment de l'étourdissement : suite à une hypertension artérielle et aux contractions musculaires parfois violentes, si le seuil critique de fragilité constitutionnelle des capillaires de l'individu est atteint ou dépassé, les capillaires rompent et donnent des hémorragies dans les muscles. De nombreux facteurs sont considérés comme prédisposant ou favorisant ces occurrences, en particulier les caractéristiques d'ambiance et d'abattage. En effet, les stress de transport ou durant les étapes préalables à l'étourdissement vont favoriser la sécrétion de catécholamines et les contractions musculaires, renforçant respectivement l'hypertension artérielle et l'ouverture des sphincters précapillaires (Turmel 1997).

La méthode d'étourdissement est considérée par les auteurs scientifiques comme déterminante sur la fréquence de survenue du tiquetage musculaire. Au cours d'un étourdissement par courant électrique de basse fréquence (50 Hz), comme souvent utilisé, les contractions musculaires intenses et généralisées de l'organisme provoquent des augmentations considérables de pression sanguine dans les capillaires (Mpamhanga, Wotton 2015). Suite à un égorgement rituel, la section bilatérale des nerfs vagues augmente les phénomènes d'hypertension et de vasoconstriction, ce qui explique selon Alain Turmel la prévalence plus forte du tiquetage musculaire en abattage rituel. Pour D'Agata, Russo et Preziuso indiquaient que le stress et l'excitation intense dans les instants avant la mort en abattage rituel pouvaient indiquer cette prévalence plus forte (D'Agata, Russo, Preziuso 2009). Lors d'un échec à l'étourdissement mécanique, le stress physiologique provoqué peut être à l'origine de tiquetage musculaire (Cockram 2017). Contrairement aux auteurs précédents et se fondant notamment sur de multiples études sur les agneaux, Farouk *et al.* précisait que la prévalence du tiquetage musculaire se classe dans l'ordre décroissant suivant : électronarcose, abattage conventionnel, abattage sans étourdissement (Farouk *et al.* 2014).

Afin de prévenir l'apparition du tiquetage musculaire, il convient d'effectuer la saignée rapidement afin de diminuer la surpression sanguine et de réduire la durée de l'hypertension. Ainsi, l'utilisation d'un étourdissement électrique préalable à l'abattage rituel n'est pas susceptible de favoriser l'apparition de tiquetage musculaire lorsque le délai entre étourdissement et saignée est minimal (Anil 2011). Le stress engendrant une hypertension et une vasoconstriction, en particulier par augmentation de la fréquence cardiaque et sécrétions de catécholamines, sa prévention apparaît comme déterminante. Farouk *et al.* citent dans leur étude les travaux de Gilbert publiés en 1993 visant à réduire la prévalence du tiquetage musculaire en contexte d'étourdissement par électronarcose (Farouk *et al.* 2014). Gilbert recommandait de limiter l'intensité du courant, de minimiser l'intervalle entre l'étourdissement et la saignée et d'accorder une vigilance accrue à l'excellence des conditions d'étourdissement, principalement par un contact complet et suffisant des électrodes. Dans leurs travaux visant à améliorer le dispositif d'électronarcose *Jarvis Beef Stunner*®, Weaver et Wotton

remarquèrent que le déplacement de la troisième électrode au niveau de la poitrine permettait de réduire considérablement la fréquence de tiquetage dans les pièces nobles des bovins étourdis (Weaver, Wotton 2009).

L'apparition du tiquetage peut aussi survenir dans d'autres localisations que musculaires, par des mécanismes différents liés à des phénomènes d'inhalation et de vaporisation de sang. Dans une étude de 2012, la fréquence du tiquetage pulmonaire couvrant plus de 5 % de la surface des poumons était de 65 % en abattage casher contre 0,7 % d'incidence en abattage conventionnel (Agbeniga, Webb 2012). De même, le tiquetage trachéal était présent sur 93 % des sujets en abattage casher et sur 3 % de ceux en abattage conventionnel.

Outre le mode d'induction de l'inconscience, certains facteurs sont pressentis comme favorisant l'apparition du tiquetage musculaire. Ainsi, Anil suspecte une influence de facteurs nutritionnels chez le bovin, prouvée actuellement chez les ovins (Anil 2011). Partant du constat qu'en Nouvelle-Zélande, l'étourdissement électrique soit compatible avec une prévalence convenable du tiquetage musculaire et comparant cette situation à celle, problématique, de l'Australie, Temple Grandin considère que le mode d'élevage influence cette apparition, un élevage extensif étant plus favorable (Farouk *et al.* 2014). Enfin, les observations de terrain font état d'une prévalence de tiquetage musculaire plus importante en été lors de températures extérieures plus importantes. L'effet des conditions climatiques s'explique potentiellement par la vasodilatation périphérique liée au stress thermique, qui provoque un engorgement des vaisseaux et capillaires, affectant leur compliance au moment de l'abattage (Gregory 2007).

Lors de la découpe de la carcasse, les muscles peuvent apparaître parsemés de **points plus ou moins fusiformes rouges sombres**. Ces **hémorragies musculaires localisées** font suite à la **rupture de la paroi des capillaires** et à l'extravasation du sang localement. Le **tiquetage musculaire** constitue un **motif de saisie pour défaut esthétique** des viandes, partielle ou totale. L'étourdissement par **électronarcose favorise sa survenue** par la contraction musculaire intense généralisée. En France, la prévalence du tiquetage musculaire semble **plus importante en abattage rituel** qu'en abattage conventionnel.

2. Fractures et fragments osseux liés à l'électronarcose

Le passage d'un courant électrique de faible fréquence (50 Hz), comme utilisé par exemple dans le *Jarvis Beef Stunner*®, stimule les motoneurones périphériques, de même que les fibres musculaires et les réseaux cérébraux moteurs, ce qui entraîne la contraction des muscles (Mpamhanga, Wotton 2015). Simultanément, toutes les fibres musculaires sont contractées intensément. Cette situation est non physiologique, en particulier au niveau des groupes musculaires antagonistes qui, physiologiquement, se relâchent quand le groupe antagoniste se contracte afin de permettre le mouvement (Gregory 2005). Ces forces excessives résultant de la stimulation électrique généralisée peuvent alors engendrer des fractures osseuses, souvent associées à des ecchymoses et hémorragies localisées par ruptures vasculaires. Un des sites d'élection majeurs de ces phénomènes se situe en regard de la cuisse, où les forces de contraction des muscles sont considérables et à l'origine de fractures fémorales (Farouk *et al.* 2014). Les viandes issues des régions concernées peuvent dès lors contenir des esquilles et fragments osseux issus de ces fractures d'électronarcose, constituant un danger physique certain pour le consommateur (Cockram 2017).

En 2009, Weaver et Wotton examinaient les conséquences d'une nouvelle disposition d'électrode sur un box d'électronarcose, mais sans distinguer d'effet sur l'incidence des fractures fémorales entre les deux dispositifs (Weaver, Wotton 2009).

Par le courant électrique émis lors de l'électronarcose, les fibres musculaires se contractent toutes **simultanément** et **intensément**. Les contractions de certains groupes musculaires **antagonistes** puissants peuvent **provoquer des fractures, en particulier fémorales**.

3. Anomalies de la transformation du muscle en viande : Viandes DFD et PSE

Une viande DFD (*Dark Firm Dry*) est une viande Sombre, Dure et Sèche, aussi appelée viande à coupe sombre. Elle résulte d'une activité musculaire intense qui a d'une part consommé le glycogène *in vivo* dans les heures précédant l'abattage, réduisant la glycolyse *post mortem* et donc la quantité d'acide lactique produit (Gregory 2007). La chute du pH est moins intense, le pH_u ou pH ultime est alors supérieur à six et le pouvoir de rétention d'eau est élevé. D'autre part, l'activité musculaire intense consomme l'ATP musculaire, conduisant à la formation précoce du complexe actomyosine, prolongeant durablement l'état de *rigor mortis* de l'animal. Le pH trop élevé diminue

l'activité des cathepsines et augmente celle des calpaïnes, responsables de la couleur sombre des viandes.

Une viande PSE (*Pale Soft Exsudative*) est une viande Pâle, Molle et Exsudative. Elle résulte d'un stress intense dans les instants précédant l'abattage. Suite à ces décharges d'adrénaline et à la glycolyse *ante mortem*, de l'acide lactique est produit du vivant de l'animal et, d'autre part, le métabolisme *post mortem* est accéléré. Des effets combinés *ante* et *post mortem*, une concentration importante d'acide lactique résulte sur la carcasse, diminuant le pH_u à moins de 5,5. Dès lors, le pouvoir de rétention d'eau est diminué, entraînant un relargage d'eau et une dilution pigmentaire. En parallèle, le stress d'abattage *in vivo* a provoqué une hyperthermie persistant sur la carcasse et dénaturant les protéines myofibrillaires.

Ces anomalies de la transformation du muscle en viande sont par conséquent fort dépendantes de l'évolution du pH. Dès lors, une influence de la présence d'un étourdissement ou non sur l'évolution de ce paramètre entraînerait ces anomalies (voir Partie 3-II.A.). En France entre 2016 et 2019, la prévalence du motif de saisie totale « viande à évolution anormale : viande surmenée », c'est-à-dire viande DFD, chez les gros bovins était de 4,9 % (Collineau *et al.* 2021). Cette donnée ne précise pas le contexte conventionnel ou rituel du mode d'abattage.

Suite à un **stress enduré** dans les heures ou instants précédant la mise à mort, des **perturbations métaboliques** peuvent survenir et **nuire à la bonne transformation des muscles en viande**.

Dépendantes directement de l'évolution du **pH musculaire**, l'apparition de **viandes DFD ou PSE** altère la qualité de ces denrées.

Les effets du mode d'étourdissement ou abattage sur les critères de la qualité de la viande présentés en **Partie 3** sont synthétisés dans le tableau page suivante (Tableau IX). Certains résultats requièrent encore confirmation par des études futures.

Les résultats préliminaires du DTS: Diathermic Syncope® semblent indiquer que les viandes produites sont comparables à un abattage conventionnel, malgré de potentielles minimales altération de la couleur.

Tableau IX : Synthèse de l'influence du mode d'abattage sur les critères étudiés de qualité de la viande.

	Critères	Favorable/défavorable pour la qualité de la viande	Commentaire	Sources
Propriétés physico-chimiques	pH initial	C > H/K C (6,77) > E (6,59) > H (6,50)	H/K : Valeurs de pH plus faibles	D'Agata 2009, Bourguet 2011, Żurek 2022 Önenç 2004
	pH à 24 h	C (5,75) > E (5,96) > H (5,99) C (5,61) > H (6,67) C (5,72) > H (5,83) / K (5,81)		Önenç 2004 D'agata 2009 Barrasso 2022
	pH ultime	C (5,65) > H (5,80) C > KS (5,61 à 5,80)	A 6 j p.m. A 72 h p.m.	D'agata 2009 Żurek 2022
	Température après 24 h	K > C > H	H : Chute plus lente	Barrasso 2023
Propriétés organoleptiques	Tendreté	C > H/K > E H/C > NP K > C		Önenç 2004, Hayes 2015 Sazili 2013 Żurek 2022
	Couleur	C > E/H C > K C > KS	KS : teintes brunes-grises	Önenç 2004 Hayes 2015 Holzer 2004, Kalchayanand 2023
	Jutosité	H/K > E/C NP > H/C	PRE plus important sans étourdissement	Önenç 2004, D'Agata 2009, Żurek 2022 Sazili 2013
	Odeur	C > KS		Holzer 2004
Sécurité	Qualité de la saignée	Non affectée par le mode d'étourdissement/abattage		Anil 2006, Agbeniga 2012
	Charge bactérienne	KS > C HNP > C > H C/H > HNP	Effet conservateur du sel Entérobactéries Flore aérobie mésophile	Hajmeer 1999, Kalchayanand 2023 Bouzraa 2023 Bouzraa 2023
	Tiquetage musculaire	E > C > H/K E > H/K > C	E : Prévalence plus forte	Farouk 2014 D'Agata 2009, Mpamhanga 2015
	Dangers spécifiques	E : Risque de fractures. C : Risque de dissémination d'ESB. Eventualité de viandes DFD ou PSE (dépendantes du pH).		

C : Etourdissement préalable au pistolet à tige perforante. H : Abattage halal sans étourdissement. K : Casher sans étourdissement. KS : Casher sans étourdissement associé à cashérisation par le sel. NP : Etourdissement préalable au pistolet à tige non perforante. E : électronarcose. HNP : Abattage halal avec étourdissement préalable au pistolet à tige non perforante.

Conclusion

Dans notre société contemporaine, l'importance de limiter toute source de stress, douleur et souffrance pour l'animal n'est plus à démontrer. Outre les effets inhérents bénéfiques à la protection animale et requis par le grand public, ces mesures opèrent dans l'intérêt de tous les acteurs de la filière et de sa pérennité. Par ailleurs, la qualité de la viande produite dans ces conditions en est rehaussée, préservée d'un stress affectant défavorablement la carcasse. Les conditions de l'abattage rituel en France n'échappent pas à ces considérations et suscitent périodiquement différents questionnements en lien avec leur réalisation pratique. En particulier, l'absence d'un étourdissement préalable à la saignée, comme appliqué systématiquement en abattage conventionnel, cristallise l'attention.

Prescrite en France par les responsables religieux des communautés juives et d'une majorité des communautés musulmanes, la pratique de l'égorgeage sur un animal en pleine conscience est indiquée comme dictée par les textes sacrés fondamentaux. Ces écrits s'assurent par cette condition de la salubrité de la viande produite, issue d'un animal en pleine santé. Il ne s'agit alors en aucun cas de consommer une chair provenant d'une bête malade, non intègre ou morte. Au titre de la liberté religieuse, constitutionnelle et fondamentale, la production de viande dans le cadre d'un abattage rituel fait l'objet d'une dérogation réglementaire à l'étourdissement systématique obligatoire préalable à la saignée.

Les textes religieux fondamentaux prescrivent également une considération attentive à la condition animale, un profond respect pour la vie de chaque être et la recherche des conditions favorables au bien-être de l'animal domestique. C'est ainsi que l'abattage rituel traditionnel, c'est-à-dire sans étourdissement préalable à la saignée, requiert de nombreux critères techniques précis qui, tous réunis, permettent la réalisation d'un abattage perçu par certains comme humanitaire, au sens de la protection animale. Devront alors être associés notamment : une manipulation sereine du bétail, une contention adaptée, contrôlée et non excessive, un sacrificateur expérimenté à la technique excellente (position et inclinaison), ainsi qu'un matériel en parfait état, notamment des couteaux optimaux à la lame suffisamment longue et irréprochablement aiguisée.

En contexte d'abattage et donc en présence du vivant, il apparaît extrêmement ambitieux de maîtriser constamment parfaitement les points d'entrave à la protection animale à chaque étape du processus, malgré des mesures d'identification, d'élimination et de prévention de ces risques les plus pertinentes possibles. Les variabilités interindividuelles animales, variabilité du facteur humain, incidents d'usure et autres aléas sont autant de causes potentielles de défauts considérables de bien-être. Peuvent intervenir dès lors des phénomènes de retards à la perte de conscience produits par des occlusions à la saignée, prolongeant d'autant la sensibilité de l'animal aux stimuli nociceptifs engendrés par la ou les incisions supplémentaires correctives et par l'aspiration trachéale de sang

irritant le tractus respiratoire. Le recours à une technique d'étourdissement, comme catalyseur de la survenue de l'inconscience et de l'insensibilité apparaît comme une technique de choix, sécurisant, prévenant et abolissant les défauts de bienveillance résultants, que cet étourdissement soit juste après la saignée et dit « de soulagement » ou préalable à la saignée. Dans ce dernier cas, la méthode utilisée devra alors être fiable afin de ne pas entraîner la mort de l'animal, ou bien alors efficacement associée à une méthode de détection et exclusion de la chaîne rituelle car incompatible.

Il convient dans ces circonstances d'accorder une attention minutieuse aux avancées scientifiques sur le domaine, qu'elles soient dans les prescriptions de réalisation technique ou dans les innovations des méthodes d'induction de l'inconscience. L'objectivation de l'influence des étapes du processus d'abattage sur l'émergence de stress pour l'animal, ainsi que leurs pondérations relatives, constitue une approche de choix afin d'adapter les pratiques. De même, l'évolution des méthodes d'étourdissement et d'abattage, par l'émergence de box d'électronarcose ou de pistolets pneumatiques de nouvelles générations, et l'invention de prototypes innovants tels que le DTS: Diathermic Syncope® fonctionnant de manière réversible par ondes électromagnétiques, offrent de nouvelles perspectives envisageables. Les modifications du cadre légal et réglementaire encadrant les pratiques structurent dès à présent et moduleront cet avenir.

En parallèle, les viandes commerciales produites se doivent par essence de satisfaire les exigences requises en matière de qualité des denrées, ces dernières concernant intrinsèquement la sécurité pour le consommateur. Elles doivent dès lors garantir leur absence de danger préjudiciable pour la santé du consommateur, optimiser l'épanouissement de leur potentiel organoleptique, mais aussi être exemptes d'altérations visuelles ou de caractéristiques techniques incompatibles avec leur utilisation ou transformation escomptée. De nos jours, la qualité d'une denrée alimentaire d'origine animale englobe en outre la prise en compte des conditions de protection animale au cours de l'élevage et de l'abattage. C'est dans ce contexte que l'influence du mode d'étourdissement et d'abattage sur la qualité des viandes fait l'objet de recherches scientifiques, néanmoins pour l'instant limitées par leur nombre, leurs cohortes restreintes et leurs conditions parfois éloignées des conditions commerciales. L'étude de ces paramètres est en sus parfois compromise par les interférences du stress engendré aux cours des étapes préalables à la mise à mort.

La question de l'étourdissement au cours de l'abattage rituel français est un sujet aux positions bien trop souvent cristallisées, ce qui renforce inévitablement la polarisation du débat. Il apparaît essentiel de part et d'autre que les interlocuteurs se détachent du dogmatisme et de la stigmatisation afin de permettre l'émergence d'un dialogue serein et pragmatique, prérequis pour une convergence des différents acteurs d'une société commune multiculturelle vers une approche la plus consensuelle possible et la recherche d'un *modus vivendi*. Sans être incompatible, cette réflexion sur l'opération d'étourdissement fait, qui plus est, partie intégrante d'une approche globale et systémique de la protection animale en abattoir, qu'elle ne doit en aucun cas occulter.

Bibliographie

- AGBENIGA, B. et WEBB, E. C., 2012. Effect of slaughter technique on bleed-out, blood in the trachea and blood splash in the lungs of cattle. *South African Journal of Animal Science*. 2012. Vol. 42, n° 5 SUPPL.1, pp. 524-529. DOI 10.4314/sajas.v42i5.17.
- AGHWAN, Zeiad Amjad, BELLO, Alhassan Usman, ABUBAKAR, Abubakar Ahmed, IMLAN, Jurhamid Columbres et SAZILI, Awis Qurni, 2016. Efficient halal bleeding, animal handling, and welfare: A holistic approach for meat quality. *Meat Science*. 2016. Vol. 121, pp. 420-428. DOI 10.1016/j.meatsci.2016.06.028.
- AGRESTE, 2022. La consommation de viande en France en 2021. *Synthèses conjoncturelles*. 2022. Vol. 394, pp. 9.
- ALLMENDINGER, Fanny, 2008. *Bienveillance des bovins à l'abattoir : des considérations éthiques aux réalités pratiques*. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Créteil. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. pp. 162.
- AMPC, 2022. Australian First Stunning Trial Begins. [en ligne]. 2022. [Consulté le 26 juin 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.ampc.com.au/news-events/news/australian-first-stunning-trial-begins>
- ANIL, M. Haluk, 2011. *Effects of slaughter method on carcass and meat characteristics in the meat of cattle and sheep*. EBLEX and Agriculture and Horticulture Development Board, United-Kingdom. pp. 1-73.
- ANIL, M. Haluk, YESILDERE, T., AKSU, Harun, MATUR, Erdal, MCKINSTRY, Justin L., WEAVER, H. R., ERDOGAN, O., HUGHES, S. et MASON, C., 2006. Comparison of Halal slaughter with captive bolt stunning and neck cutting in cattle: exsanguination and quality parameters. *Animal Welfare*. 2006. Vol. 15, n° 4, pp. 325-330. DOI 10.1017/s0962728600030645.
- ANSES, 2012. *Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à « la protection des veaux de boucherie au moment de leur mise à mort en l'absence d'étourdissement »*. Saisine n°2012-SA-0239. pp. 1-27.
- ANSES, 2013. *Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail - Rapport d'expertise collective : Evaluation du Guide de bonnes pratiques d'abattage des bovins en matière de protection animale*. Saisine n°2012-SA-0231. pp. 1-98.
- ANSES, 2018. *Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif au « Bien-être animal : contexte, définition et évaluation »*. Saisine n°2016-SA-0288. pp. 1-34.
- ANSES, 2021. *Avis révisé de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à des « Protocoles d'échantillonnage pour la surveillance des bonnes pratiques d'étourdissement des bovins en abattoir »*. Saisine n°2018-SA-0256. pp. 1-180.
- ASSEMBLÉE NATIONALE, 2016. *Rapport fait au nom de la commission d'enquête sur les conditions d'abattage des animaux de boucherie dans les abattoirs français*. Président : M. Olivier Falorni. Rapporteur : M. Jean-Yves Caullet. N° 4038.
- BARONE, Robert, 1965. *Anatomie comparée des mammifères domestiques - Tome V : Angiologie*. Editions Vigot-Maloine. Paris, France. pp. 904. ISBN 9782711404186.
- BARRASSO, Roberta, BONERBA, Elisabetta, CECI, Edmondo, ROMA, Rocco, ALÒ, Antonio, MOTTOLA, Anna, MARCHETTI, Patrizia, CELANO, Gaetano Vitale et BOZZO, Giancarlo, 2020. Evaluation of the animal welfare during religious slaughtering. *Italian Journal of Food Safety*. 2020. Vol. 9, n° 8387, pp. 39-43. DOI 10.4081/ijfs.2020.8387.

- BARRASSO, Roberta, CECI, Edmondo, TUFARELLI, Vincenzo, CASALINO, Gaia, LUPOSELLA, Francesco, FUSTINONI, Fanny, DIMUCCIO, Michela M. et BOZZO, Giancarlo, 2022. Religious slaughtering: Implications on pH and temperature of bovine carcasses. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2022. Vol. 29, n° 4, pp. 2396-2401. DOI 10.1016/j.sjbs.2021.12.002.
- BAUCHART, Dominique et PICARD, Brigitte Coordinateurs, 2010. *Muscle et viande de ruminant*. Editions Quae. pp. 292. ISBN 978-2-7592-0877-7.
- BENELMOUFFOK, Ahmed, 2008. Les prescriptions religieuses de l'islam et la consommation des chairs animales : portée hygiénique et sanitaire. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*. 2008. Vol. 161, n° 4, pp. 323-331. DOI 10.4267/2042/47958.
- BONNE, Karijn et VERBEKE, Wim, 2007. Religious values informing halal meat production and the control and delivery of halal credence quality. *Agriculture and Human Values*. 2007. Vol. 25, pp. 35-47. DOI 10.1007/s10460-007-9076-y.
- BONNET, Céline, BOUAMRA-MECHEMACHE, Zohra, RÉQUILLART, Vincent et TREICH, Nicolas, 2020. Viewpoint: Regulating meat consumption to improve health, the environment and animal welfare. *Food Policy*. 2020. Vol. 97, n° 101847, pp. 1-11. DOI 10.1016/j.foodpol.2020.101847.
- BOURGUET, Cécile, DEISS, Véronique, TANNUGI, Carole Cohen et TERLOUW, Claudia, 2011. Behavioural and physiological reactions of cattle in a commercial abattoir: Relationships with organisational aspects of the abattoir and animal characteristics. *Meat Science*. 2011. Vol. 88, n° 1, pp. 158-168. DOI 10.1016/j.meatsci.2010.12.017.
- BOUZRAA, Said, AGÜERA, Estrella I., REQUENA, Francisco, RODRÍGUEZ, Inmaculada et SERRANO, Salud, 2023. Influence of the Slaughter Method on the Hygienic Quality of Beef Cattle Meat and Animal Welfare Biomarkers. *Animals*. 2023. Vol. 13, n° 1014, pp. 1-11. DOI 10.3390/ani13061014.
- BOZZO, Giancarlo, BARRASSO, Roberta, MARCHETTI, Patrizia, ROMA, Rocco, SAMOILIS, Giorgio, TANTILLO, Giuseppina et CECI, Edmondo, 2018. Analysis of Stress Indicators for Evaluation of Animal Welfare and Meat Quality in Traditional and Jewish Slaughtering. *Animals*. 2018. Vol. 8, n° 43, pp. 1-11. DOI 10.3390/ani8040043.
- BUREAU ETRE, 2020. *Synthèse bibliographique sur l'abattage des bovins en France avec et sans étourdissement : Identification des sources de stress et de douleur*. Bureau d'Etudes et Travaux de Recherche en Ethologie - BOURGUET Cécile, DEVRIENDT Noémie, TERLOUW Claudia, RIBEROLLES Gautier. pp.73.
- CAPPELIER, Jean-Michel, 2020. *Filières viandes de boucherie*. Support d'enseignement Oniris, UV102.
- CHAU, Elise, GUIGUEN, Marion, PRUNERA, Karine, ROSE, Tristan et VERRANDO, Thomas, 2018. Protection animale et condition de l'abattage dans les abattoirs français : Quelles pistes de progrès législatif et réglementaire au regard des attentes sociétales ? . 2018.
- CHULAYO, Amanda Y. et MUCHENJE, V., 2015. A balanced perspective on animal welfare for improved meat and meat products. *South African Journal of Animal Science*. 2015. Vol. 45, n° 5, pp. 452-469. DOI 10.4314/sajas.v45i5.2.
- COCKRAM, Michael S., 2017. Understanding the effects of handling, transportation, lairage and slaughter on cattle welfare and beef quality. In : *Ensuring safety and quality in the production of beef Volume 2*. pp. 135-180.
- COLLINEAU, Eléonore, CORBIÈRE, Fabien, DARNAL, Stéphanie, HOLLEVILLE, Nicolas et SALINES, Morgane, 2022. Analysis of bovine postmortem condemnation data in France: Contributions from a comprehensive and standardised information system at the slaughterhouse. *Veterinary Record*. 2022. Vol. 191, n° 2, pp. 1-14. DOI 10.1002/vetr.1733.

- COLLINEAU, Eléonore, DARNAL, Stéphanie, HOLLEVILLE, Nicolas et SALINES, Morgane, 2021. Les saisies de carcasses en abattoir de bovins en France entre 2016 et 2019 : apports d'une collecte de données systématique et harmonisée et perspectives pour la surveillance sanitaire et l'appui aux décisions de gestion du risque. *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation*. 2021. N° 93, article 4, pp. 1-11.
- COMPASSION IN WORLD FARMING EU, 2023. *Révision de la législation sur le bien-être animal - Nos propositions*. pp. 13.
- CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE, 2004. *Règlement (CE) N° 852/2004 du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires*.
- CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE, 2009. *Règlement (CE) N°1099/2009 du Conseil du 24 septembre 2009 sur la protection des animaux au moment de leur mise à mort*.
- CONSEIL ECONOMIQUE SOCIAL ET ENVIRONNEMENTAL, 2019. *Les enjeux relatifs aux conditions d'élevage, de transport et d'abattage en matière de bien-être animal*. Présenté par Anne Garreta et Marie-Noëlle Orain, rapporteuses, au nom de la Section de l'Agriculture, de la pêche et de l'alimentation. 27 novembre 2019. pp. 114.
- CONSEIL NATIONAL DE L'ALIMENTATION, 2019. *Avis N°82 - Comité National d'Ethique en Abattoir*. pp. 97.
- COUR DE JUSTICE DE L'UNION EUROPÉENNE, 2020. *COMMUNIQUE DE PRESSE n° 163/20*. Luxembourg, 17 décembre 2020. Arrêt dans l'affaire C-336/19. p.3.
- COURAT, Michel, 2019. Abattage rituel sans étourdissement : Situation en Europe. In : *Colloque : Abattage sans étourdissement*. Colloque du 24 janvier 2019 à l'initiative conjointe de l'OABA et la FBB. 2019. pp. 1-23. ISBN 2013206534.
- D'AGATA, Maria, RUSSO, Claudia et PREZIUSO, Giovanna, 2009. Effect of Islamic ritual slaughter on beef quality. *Italian Journal of Animal Science*. 2009. Vol. 8, n° SUP. 2, pp. 489-491. DOI 10.4081/ijas.2009.s2.489.
- D'AMICO, Priscilla, VITELLI, Nicolò, CENCI GOGA, Beniamino, NUCERA, Daniele, PEDONESE, Francesca, GUIDI, Alessandra et ARMANI, Andrea, 2017. Meat from cattle slaughtered without stunning sold in the conventional market without appropriate labelling: A case study in Italy. *Meat Science*. 2017. Vol. 134, n° April, pp. 1-6. DOI 10.1016/j.meatsci.2017.07.011.
- DARMANCOURT, Lucas, 2022. *L'IKEJIME : Etat des lieux et apports de cette méthode d'abattage pour l'acceptabilité de la mise à mort des poissons*. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine de Nantes. Oniris : Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique. pp. 230.
- DEFRA, 2019. *Results of the 2018 FSA Survey into Slaughter Methods in England and Wales*. Department for Environment Food & Rural Affairs. Février 2019. pp. 58.
- DEWHURST, Caroline, 2010. *Protection animale et judaïsme : compréhension des lois de la Torah concernées, et exemples d'application de nos jours*. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Créteil. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. pp. 146.
- EFSA PANEL ON ANIMAL HEALTH AND WELFARE (AHAW), 2004. Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare on a request from the Commission related to welfare aspects of the main systems of stunning and killing the main commercial species of animals. *EFSA Journal*. 2004. Vol. 45, pp. 1-29. DOI 10.2903/j.efsa.2004.45.

- EFSA PANEL ON ANIMAL HEALTH AND WELFARE (AHAW), NIELSEN, Søren Saxmose, ALVAREZ, Julio, BICOUT, Dominique Joseph, CALISTRI, Paolo, DEPNER, Klaus, DREWE, Julian Ashley, GARIN-BASTUJI, Bruno, GONZALES ROJAS, Jose Luis, GORTÁZAR SCHMIDT, Christian, HERSKIN, Mette, MICHEL, Virginie, MIRANDA CHUECA, Miguel Ángel, ROBERTS, Helen Clare, SIHVONEN, Liisa Helena, SPOOLDER, Hans, STAHL, Karl, VELARDE, Antonio, VILTROP, Arvo, CANDIANI, Denise, VAN DER STEDE, Yves et WINCKLER, Christoph, 2020. Welfare of cattle during killing for purposes other than slaughter on-farm killing of cattle. *EFSA Journal*. 2020. Vol. 18, n° 11, pp. 61. DOI 10.2903/j.efsa.2020.6312.
- FAROUK, Mustafa M., 2013. Advances in the industrial production of halal and kosher red meat. *Meat Science*. 2013. Vol. 95, n° 4, pp. 805-820. DOI 10.1016/j.meatsci.2013.04.028.
- FAROUK, Mustafa M., AL-MAZEEDI, Hani Mansour M., SABOW, Azad Behnan, BEKHIT, Alaa El Din Ahmed, ADEYEMI, K. D., SAZILI, Awis Qurni et GHANI, A., 2014. Halal and kosher slaughter methods and meat quality: A review. *Meat Science*. 2014. Vol. 98, n° 3, pp. 505-519. DOI 10.1016/j.meatsci.2014.05.021.
- FAROUK, Mustafa M., PUFPAFF, K. M. et AMIR, Mohammad, 2016. Industrial halal meat production and animal welfare: A review. *Meat Science*. 2016. Vol. 120, pp. 60-70. DOI 10.1016/j.meatsci.2016.04.023.
- FERGUSON, Drewe M. et WARNER, Robyn D., 2008. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Science*. 2008. Vol. 80, n° 1, pp. 12-19. DOI 10.1016/j.meatsci.2008.05.004.
- FISZON, Bruno, 2008. Les lois alimentaires juives (cacherout). *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*. 2008. Vol. 161, n° 4, pp. 333-339. DOI 10.4267/2042/47959.
- FOOD CHAIN EVALUATION CONSORTIUM, 2015. *Study on information to consumers on the stunning of animals*. DG SANTE Evaluation Framework Contract Lot 3 (Food Chain). Rapport final. 23 février 2015. pp. 111.
- FRANCEAGRIMER, 2022. *Les marchés des produits laitiers, carnés et avicoles - Bilan 2021 - Perspectives 2022*. Edition février 2022. Directrice de la publication : Christine Avelin. pp. 140.
- FUSEINI, Awal, HADLEY, Phil J. et KNOWLES, Toby G., 2020. Halal food marketing: an evaluation of UK halal standards. *Journal of Islamic Marketing*. 2020. Vol. 12, n° 5, pp. 977-991. DOI 10.1108/JIMA-02-2020-0037.
- FUSEINI, Awal, KNOWLES, Toby G., HADLEY, Phil J. et WOTTON, Steve B., 2016. Halal stunning and slaughter: Criteria for the assessment of dead animals. *Meat Science*. 2016. Vol. 119, n° 2016, pp. 132-137. DOI 10.1016/j.meatsci.2016.04.033.
- FUSEINI, Awal, WOTTON, Steve B., HADLEY, Phil J. et KNOWLES, Toby G., 2016. The perception and acceptability of pre-slaughter and post-slaughter stunning for Halal production: The views of UK Islamic scholars and Halal consumers. *Meat Science*. 2016. Vol. 123, pp. 143-150. DOI 10.1016/j.meatsci.2016.09.013.
- FUSEINI, Awal, WOTTON, Steve B., HADLEY, Phil J. et KNOWLES, Toby G., 2017. The compatibility of modern slaughter techniques with halal slaughter: A review of the aspects of « modern » slaughter methods that divide scholarly opinion within the muslim community. *Animal Welfare*. 2017. Vol. 26, n° 3, pp. 301-310. DOI 10.7120/09627286.26.3.301.
- GAUDEMET-BASDEVANT, Brigitte, 1998. La jurisprudence constitutionnelle en matière de liberté confessionnelle et le régime juridique des cultes et de la liberté confessionnelle en France. In : *XIème Conférence des Cours constitutionnelles européennes. Rapport du Conseil constitutionnel français*. 1998. pp. 1-47.
- GAZONNEAU, Aurore, 2019. *L'animal et l'islam à travers le temps*. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Créteil. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. pp. 222.

- GIBSON, Troy John, DADIOS, Nikolaos et GREGORY, Neville George, 2015. Effect of neck cut position on time to collapse in halal slaughtered cattle without stunning. *Meat Science*. 2015. Vol. 110, pp. 310-314. DOI 10.1016/j.meatsci.2015.03.026.
- GIBSON, Troy John, OLIVEIRA, Steffan Edward Octávio, DALLA COSTA, Filipe Antonio et GREGORY, Neville George, 2019. Electroencephalographic assessment of pneumatically powered penetrating and non-penetrating captive-bolt stunning of bulls. *Meat Science*. 2019. Vol. 151, pp. 54-59. DOI 10.1016/j.meatsci.2019.01.006.
- GRANDIN, Temple, 2013. Making slaughterhouses more humane for cattle, pigs, and sheep. *Annual Review of Animal Biosciences*. 2013. Vol. 1, pp. 491-512. DOI 10.1146/annurev-animal-031412-103713.
- GRANDIN, Temple, [sans date]. Dr. Temple Grandin's Website - Livestock Behaviour, Design of Facilities and Humane Slaughter. [en ligne]. [Consulté le 26 juin 2023]. Disponible à l'adresse : <https://grandin.com/>
- GRANDIN, Temple et NORTH AMERICAN MEAT INSTITUTE ANIMAL WELFARE COMMITTEE, 2017. *Recommended Animal Handling Guidelines & Audit Guide : A Systematic Approach to Animal Welfare*. North American Meat Institute. pp. 131.
- GRANDIN, Temple et REGENSTEIN, Joe M., 1994. Religious slaughter and animal welfare : a discussion for meat scientists. *Meat Focus International*. 1994. N° March, pp. 115-123.
- GREGORY, Neville George, 2005. Recent concerns about stunning and slaughter. *Meat Science*. 2005. Vol. 70, n° 3, pp. 481-491. DOI 10.1016/j.meatsci.2004.06.026.
- GREGORY, Neville George, 2007. Chapter 12 - Meat Quality. In : *Animal Welfare and Meat Production*. CABI. pp. 213-226.
- GREGORY, Neville George, FIELDING, Helen R., VON WENZLAWOWICZ, Martin et VON HOLLEBEN, Karen V., 2010. Time to collapse following slaughter without stunning in cattle. *Meat Science*. 2010. Vol. 85, n° 1, pp. 66-69. DOI 10.1016/j.meatsci.2009.12.005.
- GREGORY, Neville George, SCHUSTER, P., MIRABITO, Luc, KOLESAR, R. et MCMANUS, T., 2012. Arrested blood flow during false aneurysm formation in the carotid arteries of cattle slaughtered with and without stunning. *Meat Science*. 2012. Vol. 90, n° 2, pp. 368-372. DOI 10.1016/j.meatsci.2011.07.024.
- GREGORY, Neville George, VON WENZLAWOWICZ, Martin, VON HOLLEBEN, Karen V., FIELDING, Helen R., GIBSON, Troy John, MIRABITO, Luc et KOLESAR, R., 2012. Complications during shechita and halal slaughter without stunning in cattle. *Animal Welfare*. 2012. Vol. 21, n° 2, pp. 81-86. DOI 10.7120/096272812X13353700593680.
- GUILLEMIN, Nicolas, CASSAR-MALEK, Isabelle, HOCQUETTE, Jean François, JURIE, Catherine, MICOL, Didier, LISTRAT, Anne, LEVEZIEL, Hubert, RENAND, Gilles et PICARD, Brigitte, 2009. La maîtrise de la tendreté de la viande bovine : Identification de marqueurs biologiques. *INRA Productions Animales*. 2009. Vol. 22, n° 4, pp. 331-344. DOI 10.20870/productions-animales.2009.22.4.3358.
- HAIJMEER, M. N., MARSDEN, J. L., CROZIER-DODSON, B. A., BASHEER, I. A. et HIGGINS, J. J., 1999. Reduction of microbial counts at a commercial beef koshering facility. *Journal of Food Science*. 1999. Vol. 64, n° 4, pp. 719-723. DOI 10.1111/j.1365-2621.1999.tb15118.x.
- HAYES, N. S., SCHWARTZ, C. A., PHELPS, Kelsey Jean, BOROWICZ, Pawel P., MADDOCK-CARLIN, K. R. et MADDOCK, Robert J., 2015. The relationship between pre-harvest stress and the carcass characteristics of beef heifers that qualified for kosher designation. *Meat Science*. 2015. Vol. 100, pp. 134-138. DOI 10.1016/j.meatsci.2014.09.145.
- HOLZER, Z., BERRY, B. W., CAMPBELL, A. M., SPANIER, A. M. et SOLOMON, M. B., 2004. Effect of Koshering and Hydrodynamic Pressure on Beef Color, Odor, and Microbial Loads. *Journal of Muscle Foods*. 2004. Vol. 15, n° 301, pp. 69-82.

HULTGREN, Jan, SEGERKVIST, Katarina Arvidsson, BERG, Charlotte, KARLSSON, Anders H., ÖHGREN, Camilla et ALGERS, Bo, 2022. Preslaughter stress and beef quality in relation to slaughter transport of cattle. *Livestock Science*. 2022. Vol. 264, pp. 1-11. DOI 10.1016/j.livsci.2022.105073.

INSTITUT DE L'ELEVAGE, INTERBEV, FRANCEAGRIMER, NORMABEV, DGAL et DGCCRF, 2016. *Guide de bonnes pratiques pour la présentation de la plaie de saignée et de la gouttière jugulaire des Gros Bovins à l'abattoir*.

INTERBEV, INSTITUT DE L'ELEVAGE et ADIV, 2013. *Guide de bonnes pratiques - Maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir*.

INTERBEV, TRIPIERS DE FRANCE, COOP DE FRANCE, FNEAP, FNICGV et SNIV, 2010. *Guide de bonnes pratiques d'hygiène et d'application des principes HACCP dans les activités d'abattage et de découpe des viandes bovines*.

JOURDAN, Félix, 2020. L'adéquation animaux-machines, un facteur de convergence entre production et protection animale en abattoir. *Géographie et cultures* [en ligne]. 2020. [Consulté le 9 décembre 2021]. Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/gc/15733>

JOURDAN, Félix, 2022. *Rituels musulmans à l'épreuve de l'abattage humanitaire-industriel*. Thèse de doctorat en sociologie, Université Montpellier 3.

JOURDAN, Félix, 2023. Abattage : les rituels religieux à l'épreuve du bien-être animal et des enjeux industriels. *Sesame INRAE* [en ligne]. 2023. Disponible à l'adresse : <https://revue-sesame-inrae.fr/abattage-les-rituels-religieux-a-lepreuve-du-bien-etre-animal-et-des-enjeux-industriels/>

KALCHAYANAND, Norasak, KOOHMARAIE, Mohammad et WHEELER, Tommy L., 2023. Fate of Shiga Toxin-Producing Escherichia coli (STEC) and Salmonella during Kosher Processing of Fresh Beef. *Journal of Food Protection*. 2023. Vol. 86, n° 6, pp. 100088. DOI 10.1016/j.jfp.2023.100088.

KIEFFER, Jean-Pierre, OABA et FBB, 2019. Colloque : l'abattage sans étourdissement. [en ligne]. 2019. [Consulté le 26 juin 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.fondation-droit-animal.org/101-colloque-labattage-sans-etourdissement/>

KLINE, Helen C., WAGNER, Dana R., EDWARDS-CALLAWAY, Lily N., ALEXANDER, Lacey R. et GRANDIN, Temple, 2019. Effect of captive bolt gun length on brain trauma and post-stunning hind limb activity in finished cattle *Bos taurus*. *Meat Science*. 2019. Vol. 155, pp. 69-73. DOI 10.1016/j.meatsci.2019.05.004.

KUMAR, Pavan, AHMED, Muideen Adewale, ABUBAKAR, Abubakar Ahmed, HAYAT, Muhammad Nizam, KAKA, Ubedullah, AJAT, Mokrish, GOH, Yong Meng et SAZILI, Awis Qurni, 2023. Improving animal welfare status and meat quality through assessment of stress biomarkers: A critical review. *Meat Science*. 2023. Vol. 197, pp. 1-18. DOI 10.1016/j.meatsci.2022.109048.

LA DÉPÊCHE VÉTÉRINAIRE, 2021. Gros bovins de boucherie : le Label rouge ne garantit plus l'abattage avec étourdissement. . 2021. pp. 17-18.

LE MONDE, 2023. Qu'est-ce que l'Aïd-el-Kébir, la « grande fête » des musulmans ? [en ligne]. 2023. [Consulté le 29 juin 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2023/06/27/qu-est-ce-que-l-aid-el-kebir-la-grande-fete-des-musulmans_4996447_4355771.html

LE NEINDRE, Pierre, GUATTÉO, Raphaël, GUÉMÉNÉ, Daniel, GUICHET, Jean-Luc, LATOUCHE, Karine, LETERRIER, Christine, LEVIONNOIS, Olivier, MORMÈDE, Pierre, PRUNIER, Armelle, SERRIE, Alain et SERVIÈRE, Jacques, 2009. *Douleurs animales : Les identifier, les comprendre, les limiter chez les animaux d'élevage*. Expertise scientifique collective, rapport d'expertise, INRA (France). pp. 340.

LETESSIER, Léa, 2018. *Bienveillance des bovins en abattoir : intérêt de l'étourdissement après la saignée*. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Créteil. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. pp. 198.

- MAGRAS, Catherine et ROBERT, Marc, 2010. *Filières agro-alimentaires : bases de la qualité et dimensions économiques*. Polycopié d'enseignement Oniris, UV102, 6, pp. 67.
- MATARNEH, Sulaiman K., SILVA, Saulo L. et GERRARD, David E., 2021. New Insights in Muscle Biology that Alter Meat Quality. *Annual Review of Animal Biosciences*. 2021. Vol. 9, n° 18, pp. 355-377. DOI 10.1146/annurev-animal-021419-083902.
- MIELE, Mara, VEISSIER, Isabelle et EVANS, Adrian, 2011. Animal welfare: establishing a dialogue between science and society. *Animal Welfare Journal*. 2011. Vol. 20, pp. 103-117.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT, 2012. *Note de service DGAL/SDSSA/N2012-8250 du 05 décembre 2012*.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT, 2016. *Synthèse du plan d'audit relatif à la protection des animaux à l'abattoir*. 1er juillet 2016. pp. 4.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE, 2022. La protection animale dans les abattoirs de boucherie en France : Questions - Réponses. [en ligne]. 2022. [Consulté le 23 juin 2023]. Disponible à l'adresse : <https://agriculture.gouv.fr/la-protection-animale-dans-les-abattoirs-de-boucherie-en-france-questions-reponses>
- MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR ET DES OUTRE-MER, 2016. Guide pratique de l'Aïd-el-Kébir : Modalités d'organisation et encadrement de l'abattage. [en ligne]. 2016. [Consulté le 26 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.interieur.gouv.fr/Publications/Cultes-et-laicite/Guide-pratique-de-l-Aid-el-Kebir>
- MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR et MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT, 2016. *AÏD-EL-KÉBIR : Modalités d'organisation et d'encadrement de l'abattage*. Guide pratique. pp. 99. ISBN 9782110102928.
- MIRABITO, Luc, STADIG, Lisanne, TERLOUW, Claudia, BOURGUET, Cécile, MARZIN, Virginie, DUCREUX, Barbara, BERGEAUD-BLACKLER, Florence, DALMAU, Antoni, RODRIGUEZ, Pedro, PALLISERA LLOVERAS, Joaquim, BALTUSSEN, Willy, GERRITZEN, Marien, DE WINTER, Mariet, GIBSON, Troy John, CENCI GOGA, Beniamino et NOVELLI, Sara, 2015. *Restraining systems for bovine animals slaughtered without stunning: welfare and socio-economic implications*. Rapport final BoRest, juin 2015. pp. 225.
- MOUNIER, Luc, BOISSY, Alain, DE BOYER DES ROCHES, Alice, DUVAUX-PONTER, Christine, GUATTÉO, Raphaël, MEUNIER-SALAÛN, Marie-Christine et MORMÈDE, Pierre, 2021. *Le bien-être des animaux d'élevage : comprendre le bien-être animal*. Editions Quæ. ISBN 9782759232482.
- MOUSSET, Anne-Katell, 2012. Abattage rituel et hygiène : vrai ou faux problème ? *Process*. 2012. N° 1290, pp. 83-84.
- MPAMHANGA, C. J. et WOTTON, Stephen Bruce, 2015. The effects of pre-slaughter restraint (for the purpose of cattle identification) on post-slaughter responses and carcass quality following the electrical stun/killing of cattle in a Jarvis Beef stunner. *Meat Science*. 2015. Vol. 107, pp. 104-108. DOI 10.1016/j.meatsci.2015.04.012.
- NAKYINSIGE, Khadijah, CHE MAN, Yaakob Bin, AGHWAN, Zeiad Amjad, ZULKIFLI, Idrus, GOH, Yong Meng, ABU-BAKAR, Fatimah, AL-KAHTANI, Abdullah A.S. et SAZILI, Awis Qurni, 2013. Stunning and animal welfare from Islamic and scientific perspectives. *Meat Science*. 2013. Vol. 95, n° 2, pp. 352-361. DOI 10.1016/j.meatsci.2013.04.006.
- NEEDHAM, Christopher, 2012. Religious slaughter of animals in the EU. *Library of the European Parliament*. 2012. Vol. November, pp. 1-8.
- OABA, 2022. Liste des abattoirs en France pratiquant systématiquement l'étourdissement (abattage conventionnel). [en ligne]. 2022. [Consulté le 23 juin 2023]. Disponible à l'adresse : <https://oaba.fr/boycotter-abattage-sans-etourdissement/>

- ŒUVRE D'ASSISTANCE AUX BÊTES D'ABATTOIRS, 2020. *L'abattage rituel sans étourdissement - Réponses aux idées reçues et fausses croyances*. pp. 1-24.
- OLIVEIRA, Steffan Edward Octávio, GREGORY, Neville George, DALLA COSTA, Filipe Antonio, GIBSON, Troy John, DALLA COSTA, Osmar Antonio et PARANHOS DA COSTA, Mateus José Rodrigues, 2018. Effectiveness of pneumatically powered penetrating and non-penetrating captive bolts in stunning cattle. *Meat Science*. 2018. Vol. 140, pp. 9-13. DOI 10.1016/j.meatsci.2018.02.010.
- ÖNENÇ, Alper et KAYA, Attila, 2004. The effects of electrical stunning and percussive captive bolt stunning on meat quality of cattle processed by Turkish slaughter procedures. *Meat Science*. 2004. Vol. 66, n° 4, pp. 809-815. DOI 10.1016/S0309-1740(03)00191-8.
- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ ANIMALE, 2016. *Code sanitaire pour les animaux terrestres - Chapitre 7.5. Abattage des animaux*.
- REICHE, Anna Maria, OBERSON, Jean Luc, SILACCI, Paolo, MESSADÈNE-CHELALI, Jessika, HESS, Hans Dieter, DOHME-MEIER, Frigga, DUFEY, Pierre Alain et TERLOUW, Claudia, 2019. Pre-slaughter stress and horn status influence physiology and meat quality of young bulls. *Meat Science*. 2019. Vol. 158, n° 107892, pp. 1-12. DOI 10.1016/j.meatsci.2019.107892.
- RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, 1905. *Loi du 9 décembre 1905 concernant la séparation des Eglises et de l'Etat*.
- RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, 1958. *Constitution de la Ve République*.
- RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, 2003. *Décret n°2003-768 du 1er août 2003 relatif à la partie Réglementaire du livre II du code rural*.
- RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, 2011. *Décret n°2011-2006 du 28 décembre 2011 fixant les conditions d'autorisation des établissements d'abattage à déroger à l'obligation d'étourdissement des animaux*.
- RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, 2012a. *Arrêté du 31 juillet 2012 relatif aux conditions de délivrance du certificat de compétence concernant la protection des animaux dans le cadre de leur mise à mort*.
- RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, 2012b. *Arrêté du 19 septembre 2012 portant publication de la liste des dispensateurs de formation habilités à mettre en œuvre l'action de formation professionnelle continue sur la protection des animaux dans le cadre de leur mise à mort*.
- RIAZ, Mian N., IRSHAD, Fariha, RIAZ, Nooran M. et REGENSTEIN, Joe M., 2021. Pros and cons of different stunning methods from a Halal perspective: A review. *Translational Animal Science*. 2021. Vol. 5, n° 4, pp. 1-15. DOI 10.1093/tas/txab154.
- ROSEN, Stuart D., 2004. Physiological insights into Shechita. *Veterinary Record*. 2004. Vol. 154, n° 24, pp. 759-765. DOI 10.1136/vr.154.24.759.
- RUDY, Mariusz, ŻUREK, Jagoda, STANISŁAWCZYK, Renata, GIL, Marian, DUMA-KOCAN, Paulina, ZAGUŁA, Grzegorz et RUDY, Stanisław, 2019. Analysis of the impact of determinants of kosherness on the content of macro- and microelements in beef. *Food Science and Nutrition*. 2019. Vol. 7, n° 11, pp. 3463-3470. DOI 10.1002/fsn3.1192.
- SAZILI, Awis Qurni, NORBAIYAH, B., ZULKIFLI, Idrus, GOH, Yong Meng, LOTFI, M. et SMALL, Alison, 2013. Quality Assessment of Longissimus and Semitendinosus Muscles from Beef Cattle Subjected to Non-penetrative and Penetrative Percussive Stunning Methods. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2013. Vol. 26, n° 5, pp. 723-731. DOI 10.5713/ajas.2012.12563.
- SÉNAT, 2013. *Rapport d'information au nom de la mission commune d'information sur la filière viande en France et en Europe : élevage, abattage et distribution*. Rapporteure : Mme Sylvie Goy-Chavent. N°784. pp. 1-263.
- SMALL, Alison, 2021. Final report - DTS: Diathermic Syncope® controlled trials. *Meat and Livestock Australia*. 2021. pp. 1-39. DOI 10.2307/1964837.

- SMALL, Alison et HUGHES, Joanne, 2022. A Preliminary Comparison of Beef Carcasses Stunned using DTS: Diathermic Syncope® or Captive Bolt in Terms of Selected Meat Quality Attributes and Plasma Biomarker Concentrations. *Animal Review*. 2022. Vol. 9, n° 1, pp. 13-23. DOI 10.18488/92.v9i1.3187.
- SMALL, Alison, HUGHES, Joanne, MCLEAN, David et RALPH, James, 2015. MEAT QUALITY ATTRIBUTES OF BEEF CARCASSES SLAUGHTERED USING DTS: DIATHERMIC SYNCOPE®. In : *61st International Congress of Meat Science and Technology*. Clermont-Ferrand, France. 2015. pp. 1-5.
- SUPRATIKNO, SETIJANTO, H., NURAINI, H. et AGUNGPRIYONO, S., 2022. Bleeding Time and False Aneurysm Incidence on Cattle Slaughtering Using Non-Penetrative Pre-Slaughter Stunning in Indonesia. *Tropical Animal Science Journal*. 2022. Vol. 45, n° 4, pp. 482-489. DOI 10.5398/tasj.2022.45.4.482.
- TADIELLO, Clémentine, 2017. *La gouvernance du marché de la viande halal*. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Lyon 1. VETAGRO SUP. pp. 106.
- TERLOUW, Claudia, BOURGUET, Cécile et DEISS, Véronique, 2015. La conscience, l'inconscience et la mort dans le contexte de l'abattage. Partie I. Mécanismes neurobiologiques mis en œuvre dans le contexte de l'abattage. *Viandes et produits carnés*. 2015. pp. 1-20.
- TERLOUW, Claudia, CASSAR-MALEK, Isabelle, PICARD, Brigitte, BOURGUET, Cécile, DEISS, Véronique, ARNOULD, C., BERRI, C., LE BIHAN-DUVAL, E., LEFÈVRE, Florence et LEBRET, Bénédicte, 2015. Stress en élevage et à l'abattage: Impacts sur les qualités des viandes. *Productions Animales*. 2015. Vol. 28, n° 2, pp. 169-182. DOI 10.20870/productions-animales.2015.28.2.3023.
- TERLOUW, Claudia, DUCREUX, Barbara et BOURGUET, Cécile, 2021a. Particularités neurobiologiques et physiologiques des différentes techniques d'abattage. Abattage avec et sans étourdissement : conscience et induction de l'inconscience (partie 1). *Viandes & Produits Carnés*. 2021. pp. 1-12.
- TERLOUW, Claudia, DUCREUX, Barbara et BOURGUET, Cécile, 2021b. Spécificités des indicateurs de conscience et d'inconscience selon les méthodes d'abattage. Abattage avec et sans étourdissement : évaluation pratique de l'inconscience (partie 2). *Viandes & Produits Carnés*. 2021. pp. 1-10.
- TURMEL, Alain, 1997. *Purpura d'abattage ou Myohémorragies d'abattage : étiopathogénie et prévention*. Date approximative : vers 1996. pp. 1-47.
- URVOY, Chantal, 2012. Abattage rituel, des risques sanitaires maîtrisés par des mesures de contrôle. *RIA*. 2012. N° 732, pp. 64.
- VELARDE, Antonio, RODRIGUEZ, Pedro, DALMAU, Antoni, FUENTES, Carmen, LLONCH, Pol, VON HOLLEBEN, Karen V., ANIL, M. Haluk, LAMBOOIJ, J. B., PLEITER, H., YESILDERE, Tahsin et CENCI GOGA, Beniamino, 2014. Religious slaughter: Evaluation of current practices in selected countries. *Meat Science*. 2014. Vol. 96, pp. 278-287. DOI 10.1016/j.meatsci.2013.07.013.
- VIALLES, Noélie, 1987. *Le sang et la chair - Les abattoirs des pays de l'Adour*. Editions de la Maison des sciences de l'homme, Ministère de la Culture, Paris. pp. 129. ISBN 9782735118199.
- VON HOLLEBEN, Karen V., VON WENZLAWOWICZ, Martin, GREGORY, Neville George, ANIL, M. Haluk, VELARDE, Antonio, RODRIGUEZ, Pedro, CENCI GOGA, Beniamino, CATANESE, B. et LAMBOOIJ, J. B., 2010. *Report on good and adverse practices - Animal welfare concerns in relation to slaughter practices from the viewpoint of veterinary sciences*. Deliverable 1.3. Projet DIALREL. pp. 81.
- WAGNER, Dana R., KLINE, Helen C., MARTIN, Miriam S., ALEXANDER, Lacey R., GRANDIN, Temple et EDWARDS-CALLAWAY, Lily N., 2019. The effects of bolt length on penetration hole characteristics, brain damage and specified-risk material dispersal in finished cattle stunned with a penetrating captive bolt stunner. *Meat Science*. 2019. Vol. 155, n° April, pp. 109-114. DOI 10.1016/j.meatsci.2019.05.006.

- WEAVER, A et WOTTON, S. B., 2009. The Jarvis Beef Stunner: Effects of a prototype chest electrode. *Meat Science*. 2009. Vol. 81, n° 1, pp. 51-56. DOI 10.1016/j.meatsci.2008.06.020.
- YANG, Tajul A, FEBRIANTO, Noor A, NADIAH WAN ABDULLAH, Wan et TAJUL ARIS, Aadam, 2012. A Decision Tree Based Approach for the Identification of Halal Critical Control Point for Slaughtering According to Islamic Dietary Law. *Internet Journal of Food Safety*. 2012. Vol. 14, pp. 48-53.
- YARDIMCI, M, 2019. Comparison of the Stunning and Non-Stunning Slaughtering Methods in the Light of the Current Knowledge. *Journal of Veterinary and Animal Research*. 2019. Vol. 2, n° 3, pp. 1-5.
- ZULKIFLI, Idrus, GOH, Yong Meng, NORBAIYAH, B., SAZILI, Awis Qurni, LOTFI, M., SOLEIMANI, A. F. et SMALL, Alison, 2014. Changes in blood parameters and electroencephalogram of cattle as affected by different stunning and slaughter methods in cattle. *Animal Production Science*. 2014. Vol. 54, pp. 187-193. DOI 10.1071/AN12128.
- ŻUREK, Jagoda, RUDY, Mariusz, DUMA-KOCAN, Paulina, STANISŁAWCZYK, Renata et GIL, Marian, 2022. Impact of Kosher Slaughter Methods of Heifers and Young Bulls on Physical and Chemical Properties of Their Meat. *Foods*. 2022. Vol. 11, n° 622, pp. 1-14. DOI 10.3390/foods11040622.
- ŻUREK, Jagoda, RUDY, Mariusz, KACHEL, Magdalena et RUDY, Stanislaw, 2021. Conventional versus Ritual Slaughter-Ethical Aspects and Meat Quality. *Processes*. 2021. Vol. 9, n° 1381, pp. 1-18. DOI <https://doi.org/10.3390/pr9081381>.

Annexes

Annexe 1 : Conséquences physiologiques et réversibilité des effets de différentes techniques d'étourdissement et de saignée sans étourdissement

Annexe 2 : Interprétation des indicateurs de conscience, d'inconscience et de risque de retour de conscience

Annexe 3 : Indicateurs d'efficacité de l'étourdissement d'un animal selon la méthode utilisée

Annexe 4 : Substances impliquées dans la perception et la modulation de la douleur à différents niveaux (liste non exhaustive)

Annexe 1 : Conséquences physiologiques et réversibilité des effets de différentes techniques d'étourdissement et de saignée sans étourdissement. D'après TERLOUW, Claudia, DUCREUX, Barbara et BOURGUET, Cécile, 2021. Particularités neurobiologiques et physiologiques des différentes techniques d'abattage. Abattage avec et sans étourdissement : conscience et induction de l'inconscience (partie 1). *Viandes & Produits Carnés*. 2021. pp. 1-12.

Effets	Conséquences physiologiques	Réversibilité des effets à court terme
Tige perforante		
Onde de choc	Afflux et efflux excessifs d'ions : dépolarisation des cellules nerveuses	Potentiellement réversible
	Ralentissement de la production d'énergie par les cellules	
	Compression des tissus : diminution du fonctionnement des nerfs	
Pénétration de la tige	Compression des tissus : diminution du fonctionnement des nerfs	Potentiellement réversible
	Déchirures et ruptures du tissu cérébral	Irréversible
	Déchirures des vaisseaux	
Hémorragies cérébrales	Circulation sanguine insuffisante : manque de glucose et d'oxygène entraînant un manque d'énergie dans les cellules du cerveau	Irréversible
	Compression des tissus : diminution du fonctionnement des nerfs	
Etourdissement électrique		
Courant traversant le cerveau	Dépolarisation synchronisée des cellules nerveuses, se propageant à d'autres régions du cerveau	Réversible
Courant traversant le cœur (électronarcose à 3 points uniquement)	Fibrillation cardiaque : ralentissement de la circulation sanguine	Potentiellement réversible
Courant traversant la moelle épinière (électronarcose à 3 points uniquement)	Manque de force de contraction du muscle squelettique	Réversible

Etourdissement par CO ₂		
Absorption et dissolution du CO ₂ dans le sang	Acidification des cellules cérébrales	Réversible ou irréversible en fonction des durées d'exposition et de la concentration en CO ₂ utilisées
Saignée sans étourdissement		
Hémorragie corporelle massive provoquant une réduction du débit sanguin cérébral	Manques de glucose et d'oxygène entraînant un manque d'énergie dans les cellules du cerveau	Irréversible

Annexe 2 : Interprétation des indicateurs de conscience et d'inconscience. D'après TERLOUW, Claudia, DUCREUX, Barbara et BOURGUET, Cécile, 2021. Spécificités des indicateurs de conscience et d'inconscience selon les méthodes d'abattage. Abattage avec et sans étourdissement : évaluation pratique de l'inconscience (partie 2). *Viandes & Produits Carnés*. 2021. pp. 1-10.

Tableau 2. Interprétation des indicateurs de conscience et d'inconscience.

Les animaux présentant au moins un indicateur des deux premières catégories (Conscience et Risque de conscience ou de retour de conscience) doivent être immédiatement ré-étourdis.

Indicateur	Interprétation anatomique	Précisions concernant l'indicateur
Conscience		
Posture debout	Mésencéphale, pont et bulbe rachidien fonctionnels. Si certaines structures spécifiquement sont fonctionnelles (mésencéphale, pont et bulbe rachidien) alors que le thalamus et les régions environnantes sont endommagés, la posture debout est possible, bien que le degré de conscience de l'animal puisse être modifié (Fig. 1a, 2). Il est toutefois peu probable que cette situation se produise dans le contexte de l'abattage.	Etourdissement mécanique : A ne pas confondre avec une perte de posture qui semblerait incomplète, en raison du tonus musculaire dans les antérieurs ou les postérieurs.
Tentatives de redressement coordonnées de la tête ou du corps*	Mésencéphale, pont et bulbe rachidien fonctionnels.	Etourdissement électrique (ovins) : A ne pas confondre avec le port de tête désaxé fréquemment observé chez cette espèce.
		Etourdissement mécanique : A ne pas confondre avec la levée progressive de la tête et du cou observée quelques fois juste après l'effondrement de l'animal.
		Les simples mouvements de pédalages, de tête ou du corps non associés à un dos creux ne sont pas indicateurs de conscience.
Vocalisation spécifique à l'espèce	Mésencéphale fonctionnel.	A ne pas confondre avec une vibration des cordes vocales provoquée par le dernier souffle d'air s'évacuant des poumons.
Réponse au test de la menace	Le cortex, la rétine, le nerf optique et le système moteur du tronc cérébral sont suffisamment fonctionnels pour produire une réponse positive. Cet indicateur a toutefois été observé chez des patients inconscients dans un état végétatif (Blumenfeld, 2009).	A ne pas confondre avec un réflexe cornéen causé par le mouvement de l'air.
Risque de conscience ou de retour de conscience		
Tentatives de redressement de la tête ou du corps incomplet*	Circuits pertinents dans le mésencéphale, pont et bulbe rachidien fonctionnels (Fig. 1a).	Lorsqu'elles sont durables, elles indiquent un risque de conscience.
Poursuite oculaire	Circuits pertinents dans le mésencéphale et pont partiellement fonctionnels (Fig. 1b).	A ne pas confondre avec les réflexes d'orientation primitifs.
Clignement spontané répété	Circuits pertinents dans le mésencéphale, le pont, bulbe rachidien et la moelle épinière supérieure partiellement fonctionnels (Fig. 1b).	Etourdissement électrique : A ne pas confondre avec des clignements rapides ressemblant à des vibrations des paupières immédiatement après l'électronarcose.
Rotation du globe oculaire et/ou nystagmus**	Circuits pertinents dans le mésencéphale et pont partiellement altérés, créant un déséquilibre dans le système vestibulo-oculaire (Fig. 1b). Les dommages au cervelet peuvent également causer le nystagmus, sans lien avec l'état de conscience.	
Présence de réflexe cornéen	Circuit pertinent dans le pont et bulbe rachidien fonctionnel (Fig. 1c et 2).	
Présence de respiration rythmique	Circuit pertinent dans le pont et bulbe rachidien fonctionnel. (Fig. 1d et 2).	
Gasps	Circuit pertinent à la frontière du pont et du bulbe rachidien fonctionnel (Fig. 1d)	Etourdissement électrique, au gaz et sans étourdissement : Des gasps peuvent être observés une fois l'animal saigné et inconscient. Renforcer alors la surveillance. Etourdissement mécanique : ré-étourdissement immédiat

Inconscience ou mort

<p>Perte instantanée et permanente de la posture debout sans tentative de redressement *</p>	<p>Dommages au mésencéphale, au pont et/ou au bulbe rachidien. Des lésions ou altérations locales spécifiques du mésencéphale, du pont et/ou du cervelet peuvent entraîner une perte de la posture debout avec une préservation d'un certain niveau de conscience (Fig. 1d et 2).</p>	<p>La perte de posture debout n'est pas un indicateur prédictif de la durabilité de l'absence de conscience.</p>
		<p>Étourdissement mécanique : Une lésion de la moelle épinière ou de la moelle épinière supérieure, en plaçant le pistolet dans la nuque tout en l'orientant vers le sol provoque un effondrement immédiat alors que l'animal reste pleinement conscient (Fig. 2).</p>
<p>Absence de réflexe cornéen</p>	<p>Dommages au pont et/ou au bulbe rachidien.</p>	<p>Étourdissement électrique : - Peut être une fausse absence due à des contractions musculaires toniques ou cloniques. - Ce réflexe n'est pas testable pendant la phase tonique.</p>
		<p>Saignée sans étourdissement : - Peut être une fausse absence en raison de contractions musculaires oculaires (Fig. 1c ; Fig. 2). - Sa présence n'est pas un indicateur de conscience puisqu'il disparaît plus tardivement.</p>
<p>Absence de respiration rythmique</p>	<p>Dommages au bulbe rachidien (Fig. 1d et 2).</p>	<p>Étourdissement électrique : Peut être une fausse absence en raison de contractions musculaires perturbant les muscles respiratoires.</p>
		<p>Étourdissement mécanique : La section du bulbe rachidien ou de la moelle épinière supérieure, en plaçant le pistolet dans la nuque tout en l'orientant vers le bas, provoque un arrêt respiratoire alors que l'animal reste pleinement conscient.</p>

* Les réflexes posturaux, y compris les redressements, maintiennent le corps dans une position verticale et équilibrée et permettent des ajustements constants. Un dysfonctionnement des circuits du tronc cérébral concernés provoque des perturbations de l'équilibre. **La rotation du globe oculaire, le nystagmus et certains autres signes cliniques observés après l'étourdissement mécanique peuvent indiquer des lésions limitées ou transitoires du tronc cérébral.

Annexe 3 : Indicateurs d'efficacité de l'étourdissement d'un animal selon la méthode utilisée. D'après GRANDIN, Temple et NORTH AMERICAN MEAT INSTITUTE ANIMAL WELFARE COMMITTEE, 2017. *Recommended Animal Handling Guidelines & Audit Guide: A Systematic Approach to Animal Welfare*. North American Meat Institute. pp. 131.

Signs of a Properly Stunned Animal by Stunning Method									
	Head	Tongue	Back	Eyes	Limbs	Vocalization	Respiration	Tail	Response to pain
Cattle captive bolt	Must appear dead, hang straight and floppy	Straight and limp	Hanging straight, no righting reflex	No natural blinking. Wide open, blank stare, no response to touch; nystagmus absent	Uncoordinated kicking of hind legs acceptable, no righting reflex present	None	Rhythmic breathing (ribs moving in and out at least twice) is absent. Agonal gasping not acceptable.	Relaxes shortly after being on the rail	A pinch or pinprick may be applied to nose only and no response should be observed.
Cattle electric	Must appear dead, hang straight and floppy	Straight and limp	Hanging straight, no righting reflex	Eyes may vibrate (nystagmus), but no natural blinking	Uncoordinated kicking of hind legs acceptable, no righting reflex present	None	Agonal gasping like a fish out of water normal. Rhythmic breathing (ribs moving in and out at least twice) is absent.	Relaxes shortly after being on the rail	A pinch or pinprick may be applied to nose only and no response should be observed.
Pigs CO ₂	Must appear dead, hang straight and floppy	Straight and limp	Hanging straight, no righting reflex	No natural blinking	Uncoordinated kicking of hind legs acceptable, no righting reflex present	None	Agonal gasping like a fish out of water normal. Rhythmic breathing (ribs moving in and out at least twice) absent.	Relaxes shortly after being on the rail	A pinch or pinprick may be applied to nose only and no response should be observed.
Pigs electric	Must appear dead, hang straight and floppy	Straight and limp	Hanging straight, no righting reflex	Eyes may vibrate (nystagmus), but no natural blinking	Uncoordinated kicking of hind legs acceptable, no righting reflex present	None	Agonal gasping like a fish out of water normal. Rhythmic breathing (ribs moving in and out at least twice) is absent.	Relaxes shortly after being on the rail	A pinch or pinprick may be applied to nose only and no response should be observed.
Pigs captive bolt	Must appear dead, hang straight and floppy	Straight and limp	Hanging straight, no righting reflex	No natural blinking. Wide open, blank stare, no response to touch; nystagmus absent	Uncoordinated kicking of hind legs acceptable, no righting reflex present	None	Rhythmic breathing (ribs moving in and out at least twice) is absent. Agonal gasping not acceptable.	Relaxes shortly after being on the rail	A pinch or pinprick may be applied to nose only and no response should be observed.
Sheep electric	Must appear dead, neck hangs on angle with limp and floppy head	Straight and limp	Due to anatomical differences in sheep, back may not hang completely straight; no righting reflex	Eyes may vibrate (nystagmus), but no natural blinking	Uncoordinated kicking of hind legs acceptable, no righting reflex present	None	Agonal gasping like a fish out of water normal. Rhythmic breathing (ribs moving in and out at least twice) is absent.	Relaxes shortly after being on the rail	A pinch or pinprick may be applied to nose only and no response should be observed.

Annexe 4 : Substances impliquées dans la perception et la modulation de la douleur à différents niveaux (liste non exhaustive). Les délais ont été estimés. D'après BUREAU ETRE, 2020. *Synthèse bibliographique sur l'abattage des bovins en France avec et sans étourdissement : Identification des sources de stress et de douleur*. Bureau d'Etudes et Travaux de Recherche en Ethologie - BOURGUET Cécile, DEVRIENDT Noémie, TERLOUW Claudia, RIBEROLLES Gautier. pp.73.

NIVEAU	SUBSTANCES IMPLIQUEES DANS LA PERCEPTION DE LA DOULEUR	PROVENANCE	EFFET SUR LA PERCEPTION DE LA DOULEUR	LIEU D'ACTION	DELAIS	REFERENCE(S)
LESION	Protons, ATP, adénosine	Cellules lésées	Stimulation des nocicepteurs	Terminaisons nerveuses du nocicepteur primaire	Immédiat	Basbaum <i>et al.</i> , 2009 Besson, 1999 Ringkamp, 2013
	Somatostatine	Nocicepteur primaire, cellules du système immunitaire	Atténuation du message nociceptif		Immédiat	Ringkamp, 2013
	Acétylcholine muscarinique	Cellules de la peau et du système immunitaire	Atténuation du message nociceptif		Immédiat	Basbaum <i>et al.</i> , 2009 Ringkamp, 2013
	Bradykinine, ATP	Plasma	Stimulation des nocicepteurs		Immédiat	Ringkamp, 2013
	Sérotonine	Plasma (plaquettes)	Stimulation des nocicepteurs		Immédiat	
	Prostaglandines, histamine, bradykinine, sérotonine, interleukine, interféron, facteur de nécrose tumorale	Cellules du système immunitaire	Stimulation des nocicepteurs		Rapide	Basbaum <i>et al.</i> , 2009 Ringkamp, 2013
	Endorphines, enképhaline, dynorphine	Cellules du système immunitaire	Atténuation du message nociceptif		Réponse à l'inflammation	Stein, 2013
	Acétylcholine muscarinique, somatostatine	Cellules de la peau et du système immunitaire	Atténuation du message nociceptif		Immédiat	Ringkamp, 2013
	Substance P, peptide relié au gène calcitonine	Nocicepteur primaire	Réponse inflammatoire		Vaisseaux sanguins, cellules immunitaires	Rapide
MOELLE EPINIERE	Substance P, peptide relié au gène calcitonine, glutamate	Nocicepteur primaire	Augmentation du message nociceptif	Nocicepteur secondaire	Réponse secondaire à la douleur ou à la nociception	Ringkamp, 2013
	Opioides	SNC (voies descendantes)	Atténuation du message nociceptif	Nocicepteurs primaire et secondaire		Millan, 2002
	Adrénaline	Plasma	Atténuation du message nociceptif		Réponse au danger ou au stress	McMahon, 2013
	GABA, Glycine	Neurones inhibiteurs	Faibles quantités: atténuation du message nociceptif Fortes quantités: stimulation des nocicepteurs	Nocicepteur secondaire	Réponse anticipatoire ou secondaire à la douleur	Todd, 2010 Zeilhofer, 2013

NIVEAU	SUBSTANCES IMPLIQUEES DANS LA PERCEPTION DE LA DOULEUR	PROVENANCE	EFFET SUR LA PERCEPTION DE LA DOULEUR	LIEU D'ACTION	DELAIS	REFERENCES
STRUCTURES SOUS-CORTICALES	Endorphines, enképhaline, vasopressine, ocytocine	Hypothalamus	Atténuation du message nociceptif	Nocicepteur secondaire au niveau de la moelle épinière	Réponse au danger ou au stress Réponse anticipatoire ou secondaire à la douleur	Millan, 2002
	Histamine	Hypothalamus	Augmentation du message nociceptif			
	Dopamine	Hypothalamus	Atténuation ou augmentation du message nociceptif			
	Opiïdes	Tronc cérébral	Atténuation du message nociceptif			
	Sérotonine, adrénaline	Tronc cérébral	Atténuation ou augmentation du message nociceptif			
	Cholécystokinine, substance P	Tronc cérébral	Augmentation du message nociceptif			
CORTEX	Opiïdes	SNC	Atténuation de la composante affective	Système limbique		Ghelardini <i>et al.</i> , 2015 Nandigama <i>et al.</i> , 2003
	Opiïdes	SNC	Atténuation de la composante affective	Cortex insulaire	Potentiellement rapide	Lee, 2014
	Pour le reste, largement inconnu	SNC	Processus d'attention et de traitement d'information, conscience	Augmentation, atténuation	Rapide	Millan, 2002

Thibault DUJARDIN

Abattage des bovins adultes sans étourdissement en France : principes, description pratique, perspectives d'évolution et relations avec la qualité de la viande

Slaughter of cattle without stunning in France: principles, practical description, evolution prospects and relations with meat quality

Thèse d'État de Doctorat Vétérinaire : Nantes, le 17/07/2023

RESUME

L'abattage des bovins adultes sans étourdissement en France se fait majoritairement au titre de l'abattage rituel requis par les autorités religieuses juives et musulmanes, sur prescription des textes sacrés. Dérogatoire pour permettre la liberté religieuse et par rapport à l'étourdissement conventionnel utilisant un pistolet à tige perforante avant la saignée, il consiste en la section complète, appelée égorgement, des artères carotides, des veines jugulaires, de la trachée et de l'œsophage de l'animal. Au titre de la protection animale, cette pratique suscite des réserves de la part de certains acteurs, notamment scientifiques, arguant que la survenue de l'inconscience induite par la perte massive de sang ne se fait pas sans douleur ni stress pour l'individu. En plus d'un défaut technique dans la réalisation de l'acte (ex : lame non aiguisée parfaitement sur toute sa longueur), les contacts des tissus sectionnés avec le plat de la lame du couteau, l'aspiration trachéale de sang ou les ré-incisions des tissus sont autant de sources de stress et de nociception. Un étourdissement réversible préalable à la saignée, comme il n'altère pas le bon fonctionnement de la conscience s'il n'est pas succédé par un égorgement, permet d'insensibiliser l'animal auparavant, ce qui favorise la bientraitance. Il est ainsi systématiquement pratiqué dans la production de viande halal en Nouvelle-Zélande, et reconnu compatible par les responsables musulmans. La pratique du soulagement après l'égorgement précipite l'induction de l'insensibilité et réduit la période de stress pour l'animal. Quelle que soit la technique d'induction d'inconscience choisie, la qualité de la saignée n'est pas affectée néanmoins l'absence d'étourdissement peut influencer la qualité de la viande produite.

MOTS CLES :

- Abattage
- Bovin
- Viande
- Abattage rituel
- Saignée
- Protection animale
- Qualité de la viande

DATE DE SOUTENANCE : 17/07/2023