

Année 2009

**ETOURDISSEMENT ELECTRIQUE DES
ANIMAUX DE BOUCHERIE : ACCEPTABILITE
PAR LES COMMUNAUTES RELIGIEUSES**

THESE

Pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant

LA FACULTE DE MEDECINE DE CRETEIL

le.....

par

Esthel, Jaclyn, Elvire THIERI-PIGÉ

Née le 2 décembre 1984 à Paris (Paris)

JURY

Président : M.

Professeur à la Faculté de Médecine de CRETEIL

Membres

Directeur : M. Henri BRUGERE

Assesseur : M. Vincent CARLIER

Professeurs à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

Invité : M. Jean-Pierre KIEFFER

LISTE DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT

Directeur : M. le Professeur MIALOT Jean-Paul

Directeurs honoraires : MM. les Professeurs MORAILLON Robert, PARODI André-Laurent, PILET Charles, TOMA Bernard
Professeurs honoraires: MM. BUSSIERAS Jean, CERF Olivier, LE BARS Henri, MILHAUD Guy, ROZIER Jacques, CLERC Bernard

DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET PHARMACEUTIQUES (DSBP)

Chef du département : Mme COMBRISSEON Hélène, Professeur - Adjoint : Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences

-UNITE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES Mme CREVIER-DENOIX Nathalie, Professeur M. DEGUEURCE Christophe, Professeur* Mme ROBERT Céline, Maître de conférences M. CHATEAU Henri, Maître de conférences	- UNITE D'HISTOLOGIE , ANATOMIE PATHOLOGIQUE M. CRESPEAU François, Professeur M. FONTAINE Jean-Jacques, Professeur * Mme BERNEX Florence, Maître de conférences Mme CORDONNIER-LEFORT Nathalie, Maître de conférences
-UNITE DE PATHOLOGIE GENERALE , MICROBIOLOGIE, IMMUNOLOGIE Mme QUINTIN-COLONNA Françoise, Professeur* M. BOULOUIS Henri-Jean, Professeur	- UNITE DE VIROLOGIE M. ELOIT Marc, Professeur * Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences
-UNITE DE PHYSIOLOGIE ET THERAPEUTIQUE M. BRUGERE Henri, Professeur Mme COMBRISSEON Hélène, Professeur* M. TIRET Laurent, Maître de conférences	-DISCIPLINE : PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES M. MOUTHON Gilbert, Professeur
-UNITE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE Mme ENRIQUEZ Brigitte, Professeur * M. TISSIER Renaud, Maître de conférences M. PERROT Sébastien, Maître de conférences	-UNITE DE GENETIQUE MEDICALE ET MOLECULAIRE M. PANTHIER Jean-Jacques, Professeur Mlle ABITBOL Marie, Maître de conférences
-UNITE : BIOCHIMIE M. MICHAUX Jean-Michel, Maître de conférences M. BELLIER Sylvain, Maître de conférences	-DISCIPLINE : ETHOLOGIE M. DEPUTTE Bertrand, Professeur
	-DISCIPLINE : ANGLAIS Mme CONAN Muriel, Ingénieur Professeur agrégé certifié

DEPARTEMENT D'ELEVAGE ET DE PATHOLOGIE DES EQUIDES ET DES CARNIVORES (DEPEC)

Chef du département : M. POLACK Bruno, Maître de conférences - Adjoint : M. BLOT Stéphane, Maître de conférences

- UNITE DE MEDECINE M. POUCHELON Jean-Louis, Professeur* Mme CHETBOUL Valérie, Professeur M. BLOT Stéphane, Maître de conférences M. ROSENBERG Charles, Maître de conférences Mme MAUREY Christelle, Maître de conférences	- UNITE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE M. FAYOLLE Pascal, Professeur * M. MAILHAC Jean-Marie, Maître de conférences M. MOISSONNIER Pierre, Professeur Mme VIATEAU-DUVAL Véronique, Maître de conférences Mme RAVARY Béangère, Maître de conférences (rattachée au DPASP) M. ZILBERSTEIN Luca, Maître de conférences contractuel M. HIDALGO Antoine, Maître de conférences contractuel
- UNITE DE CLINIQUE EQUINE M. DENOIX Jean-Marie, Professeur M. AUDIGIE Fabrice, Maître de conférences* Mme MESPOULHES-RIVIERE Céline, Maître de conférences contractuel Melle PRADIER Sophie, Maître de conférences contractuel	- UNITE DE RADIOLOGIE Mme BEGON Dominique, Professeur* Mme STAMBOULI Fouzia, Maître de conférences contractuel
-UNITE DE REPRODUCTION ANIMALE Mme CHASTANT-MAILLARD Sylvie, Maître de conférences* (rattachée au DPASP) M. NUDELMANN Nicolas, Maître de conférences M. FONTBONNE Alain, Maître de conférences M. REMY Dominique, Maître de conférences (rattaché au DPASP) M. DESBOIS Christophe, Maître de conférences Mlle CONSTANT Fabienne, Maître de conférences (rattachée au DPASP) Melle DEGUILLAUME Laure, Maître de conférences contractuel (rattachée au DPASP)	- DISCIPLINE : OPHTALMOLOGIE Mlle CHAHORY Sabine, Maître de conférences contractuel
	- UNITE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES M. CHERMETTE René, Professeur M. POLACK Bruno, Maître de conférences* M. GUILLOT Jacques, Professeur Mme MARIGNAC Geneviève, Maître de conférences contractuel Mlle HALOS Léniaig, Maître de conférences
	-UNITE DE NUTRITION-ALIMENTATION M. PARAGON Bernard, Professeur * M. GRANDJEAN Dominique, Professeur

DEPARTEMENT DES PRODUCTIONS ANIMALES ET DE LA SANTE PUBLIQUE (DPASP)

Chef du département : M. MAILLARD Renaud, Maître de conférences - Adjoint : Mme DUFOUR Barbara, Maître de conférences

-UNITE DES MALADIES CONTAGIEUSES M. BENET Jean-Jacques, Professeur* Mme HADDAD/ HOANG-XUAN Nadia, Maître de conférences Mme DUFOUR Barbara, Maître de conférences	- UNITE DE ZOOTECHNIE, ECONOMIE RURALE M. COURREAU Jean-François, Professeur M. BOSSE Philippe, Professeur Mme GRIMARD-BALLIF Bénédict, Professeur Mme LEROY Isabelle, Maître de conférences M. ARNE Pascal, Maître de conférences M. PONTER Andrew, Maître de conférences*
-UNITE D'HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE M. BOLNOT François, Maître de conférences * M. CARLIER Vincent, Professeur Mme COLMIN Catherine, Maître de conférences M. AUGUSTIN Jean-Christophe, Maître de conférences	- UNITE DE PATHOLOGIE MEDICALE DU BETAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR M. MILLEMANN Yves, Maître de conférences* Mme BRUGERE-PICOUX Jeanne, Professeur (rattachée au DSBP) M. MAILLARD Renaud, Maître de conférences M. ADJOU Karim, Maître de conférences
- DISCIPLINE : BIOSTATISTIQUES M. SANAA Moez, Maître de conférences	

Mme CALAGUE, Professeur d'Education Physique

* Responsable de l'Unité

Mme GIRAUDET Aude Clinique équine, Ingénieur de recherche

REMERCIEMENTS

Au professeur de la Faculté de Médecine de Créteil,
Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse,
Hommage respectueux.

A Monsieur le Professeur Henri BRUGERE
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort,
Pour avoir accepté de diriger et corriger cette thèse,
Pour sa disponibilité tout au long de ce travail,
Pour tous ses conseils,
Pour les précieuses informations qu'il m'a fournies,
Qu'il trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.

A Monsieur le Professeur Vincent CARLIER
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort,
Pour avoir accepté d'être l'assesseur de cette thèse et d'y apporter ses corrections,
Qu'il trouve ici l'assurance de ma profonde reconnaissance.

A Monsieur le Docteur Jean-Pierre KIEFFER,
Pour m'avoir proposé cette étude,
Pour m'avoir donné les premières pistes de recherche,
Qu'il trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.

A mon père et ma sœur, j'aurais aimé vous avoir à ma soutenance, vous me manquez.

A ma mère pour son soutien malgré les difficultés, et pour tous ses conseils.

A Jean-Charles pour sa présence, son aide, ses encouragements pour ma thèse et pour la vie de tous les jours.

Au groupe 2, le groupe que c'est le mieux, pour m'avoir laissé un souvenir inoubliable de ces années de clinique.

A Marie-Pierre pour toutes nos années d'amitié, et pour être toujours là aujourd'hui.

A ma poulotte Capucine, devenue aujourd'hui une grande ancienne.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIERES	1
INTRODUCTION.....	3
PREMIÈRE PARTIE - LES DIFFERENTES TECHNIQUES D'ABATTAGE :	
EXIGENCES RELIGIEUSES ET DONNEES PHYSIOLOGIQUES	5
A) Les différents modes d'abattage rituel	7
1) Abattage Halal.....	7
2) Shechita et viande Kasher	9
B) Les différentes techniques d'étourdissement	12
1) L'étourdissement au pistolet à tige.....	12
2) L'étourdissement au dioxyde de carbone.....	14
3) L'étourdissement électrique	15
4) Physiologie de l'étourdissement électrique.....	16
DEUXIÈME PARTIE - LES PARAMÈTRES D'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DE LA CARCASSE CHEZ LES OVINS ET LEUR MESURE.....	
A) Exsanguination.....	29
1) Intérêt de la saignée.....	29
2) Mesure de l'exsanguination	31
B) pH et maturation de la viande	32
1) Evolution <i>post mortem</i> du pH	32
2) Mesure du pH.....	32
C) Couleur.....	32
1) Facteurs influençant la couleur de la viande	32
2) Mesure de la couleur	34
D) Pouvoir de rétention d'eau, pertes d'eau à la cuisson et par exsudation.....	35
1) Définitions et facteurs d'influence	35
2) Mesure du pouvoir de rétention d'eau, de la perte d'eau à la cuisson et par exsudation.....	36
E) Tendreté.....	37
1) Définition et facteurs d'influence.....	37

2) Mesure de la tendreté	37
TROISIÈME PARTIE - INFLUENCE DE L'ÉTOURDISSEMENT SUR LA QUALITÉ DE LA VIANDE	41
A) Analyse des données publiées	43
1) Influence de l'étourdissement sur l'exsanguination et les hémorragies musculaires.....	43
2) Influence de l'étourdissement sur l'évolution du pH <i>post mortem</i>	46
3) Influence de l'étourdissement sur la couleur.....	53
4) Influence de l'étourdissement sur le pouvoir de rétention d'eau, les pertes d'eau à la cuisson et par exsudation.....	60
5) Influence de l'étourdissement sur la tendreté.....	65
B) Discussion	70
1) Effet de l'étourdissement sur les paramètres de quantification de la qualité de la viande	70
2) Bilan général sur la qualité des animaux abattus avec étourdissement, par rapport à l'abattage rituel	76
CONCLUSION	77
BIBLIOGRAPHIE	79
ANNEXES	87

INTRODUCTION

La convention européenne sur la protection des animaux à l'abattoir (*Convention européenne du 10 mai 1979, RS 0.458*) interdit tout abattage sans étourdissement préalable, mais autorise chaque Etat membre à prévoir d'éventuelles dérogations, notamment dans le cadre de l'abattage rituel pour respecter les règles dictées par les religions. De même, la directive européenne 93/119/CE impose un étourdissement préalable à l'abattage mais prévoit une dérogation au profit des communautés religieuses. Ces dispositions actuellement en vigueur ont fait l'objet d'une révision par le règlement adopté par le Conseil de l'Europe le 22 juin 2009 (*Conseil de l'Europe, 2009*), mais dans les grandes lignes, la situation réglementaire de l'abattage rituel n'est pas modifiée.

Ainsi, la réglementation sur l'étourdissement à l'abattoir diffère selon les pays dans le monde et au sein même de l'Europe. Si la Suède, la Norvège, l'Islande et la Suisse interdisent l'abattage sans étourdissement, celui-ci est toléré par exemple en France, au Royaume-Uni et aux Etats-Unis. Il existe même des pays comme l'Autriche où l'étourdissement est imposé seulement dans certaines provinces.

L'utilisation de l'étourdissement est donc fortement disparate dans la réglementation mondiale. De plus, si les règles dictées par la religion interdisent l'utilisation de certaines techniques d'abattage, rien ne semble empêcher l'étourdissement électrique dans l'abattage Halal musulman ou la Shechita juive.

L'abattage rituel sans étourdissement tel qu'il est pratiqué actuellement en France est prévu par le Codex Alimentarius, la directive communautaire 93/119/CE et réglementé par le Code rural en ce qui concerne la bientraitance animale. Selon ces textes, la jugulation (ou section des carotides et des jugulaires) doit être réalisée par un sacrificateur compétent pratiquant une section franche des deux carotides sur un animal correctement immobilisé, de manière à provoquer un saignement rapide, abondant et complet. Toutefois, malgré de bonnes techniques d'abattage, la perte de connaissance peut survenir jusqu'à 5 minutes après la saignée chez un bovin adulte (*Newhook et Blackmore, 2006*).

Pour garantir la bientraitance animale au cours des procédés d'abattage rituel, il semble donc indispensable d'étourdir les animaux avant la saignée. Le procédé choisi devra non seulement

respecter les exigences religieuses, mais aussi n'avoir aucune influence négative sur la qualité de la carcasse.

En effet, toute technique d'abattage avec ou sans étourdissement occasionne des modifications physiologiques (stress, fibrillation cardiaque, pédalage, convulsions) qui peuvent avoir un impact important sur l'aspect, le goût et la qualité microbiologique de la viande. Dans notre exposé, outre la dimension religieuse qui impose une réversibilité de l'étourdissement, nous nous intéresserons tout particulièrement à l'acceptabilité de l'étourdissement du point de vue de la qualité de la viande car ce point est généralement utilisé par les autorités religieuses comme argument pour rejeter l'étourdissement quelles qu'en soient les modalités.

L'objectif de cette étude bibliographique sera donc de juger des effets de l'étourdissement sur la qualité de la viande, puis d'étudier les différents paramètres de son appréciation pour déterminer si l'introduction de l'étourdissement électrique dans l'abattage rituel est compatible avec les exigences religieuses et pourrait être acceptée.

PREMIÈRE PARTIE

LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES D'ABATTAGE :
EXIGENCES RELIGIEUSES ET DONNEES PHYSIOLOGIQUES

A) Les différents modes d'abattage rituel

Les techniques d'abattage que nous évoquerons ici sont uniquement les deux techniques utilisées en abattage rituel musulman (Halal) et juif (Shechita). Ces techniques diffèrent de l'abattage réalisé conformément à la réglementation non seulement par l'absence d'étourdissement, mais aussi par d'autres obligations conditionnant la certification des viandes par les autorités religieuses.

1) Abattage Halal

L'expression islamique Halal désigne toute chose ou tout acte qui n'est pas explicitement interdit dans les textes religieux islamiques (*Bergeaud-Blackler, 2006*). Parmi ces textes définissant le cadre du Halal se trouve le Coran, mais aussi les traditions rapportées du fondateur de l'Islam (Hadith, Sunna) et dans la législation religieuse (Fiqh). Dans le cadre de notre étude, nous nous intéresserons exclusivement aux prescriptions alimentaires carnées, bien que ces textes comportent aussi des prescriptions concernant tous les aspects de la vie quotidienne.

Les quatre interdits principaux concernant les produits carnés sont (*Daoudi, 2006*):

- la consommation d'animaux morts hors abattage rituel,
- la consommation de sang répandu,
- la consommation de viande de porc,
- la consommation de viande dédiée à un autre dieu que Allah.

a) Les animaux morts

Les animaux considérés comme morts hors abattage rituel sont ceux qui sont décédés sans cause humaine (maladie, choc, vieillesse) ou ceux qui sont tués par un moyen jugé illicite. Les moyens jugés illicites concernent notamment les animaux étouffés, assommés, morts par des coups, suite à une chute ou dévorés par un prédateur.

Il existe un lien avec l'étourdissement, car l'étourdissement au pistolet à tige captive est assimilable à un coup sur la tête permettant d'assommer l'animal. Cette technique d'étourdissement n'est donc pas acceptable par la communauté musulmane.

En ce qui concerne l'étourdissement au dioxyde de carbone, certains auteurs assimilent cette pratique à un étranglement car on observe une anoxie (*Riaz et Chaudry, 2003*). Cependant, ce gaz est également utilisé comme anesthésie, il ne tue pas l'animal et ses effets sont totalement réversibles contrairement à l'étranglement. De plus, le Coran définit la bête étouffée comme une bête victime d'un étranglement qui consiste à resserrer autour de son cou une chaîne ou d'introduire sa tête en un espace très restreint. Cette description ne correspond clairement pas à la technique d'étourdissement au dioxyde de carbone.

b) Le sang répandu

Dans la religion islamique, la consommation de sang est interdite. L'animal abattu doit donc être correctement saigné, et les produits carnés dérivés du sang sont interdits.

Le sang n'a pas de valeur symbolique concernant l'âme de l'animal. Sa présence en quantité excessive dans la carcasse paraît plutôt révéler une imperfection de l'abattage et être l'indicateur d'une mauvaise aptitude à la conservation, il s'agit ici d'une préoccupation davantage d'ordre sanitaire que religieux.

Le sang résiduel qui persiste inévitablement dans le muscle après la saignée est toléré dans la mesure où la saignée est réalisée correctement et le plus complètement possible. Cela implique donc que le procédé d'étourdissement choisi ne porte pas préjudice à la qualité de l'exsanguination.

c) Le porc

La consommation de viande de porc sous toutes ses formes (viande, charcuterie, gélatine, graisse utilisée comme décoration dans des préparations industrielles, etc.) est interdite. Ainsi, notre étude portera essentiellement sur les ruminants, en particulier les ovins et bovins.

d) La viande dédiée à un autre Dieu

Pour que la viande d'un animal puisse recevoir la certification Halal, l'abattage doit être réalisé par un sacrificateur reconnu par les autorités religieuses départementales ou régionales. Au moment de la jugulation, celui-ci doit prononcer le nom d'Allah et orienter l'animal vers la Mecque afin de lui dédier la viande. Si aucun nom ou un autre nom que celui d'Allah est prononcé, la viande est déclarée illicite.

2) Shechita et viande Kasher

La Shechita est la méthode juive visant à abattre les animaux de boucherie, ordonnée par Dieu à Moïse sur le Mont Sinaï et décrite dans le Talmud (*Levinger, 2000*).

L'abattage doit être réalisé sans étourdissement par une incision simple et rapide du cou à l'aide d'un couteau long et aiguisé à bout non pointu. L'incision doit être franche, réalisée d'une traite, sans pression ni lacération des tissus. Le sang doit ensuite couler abondamment en flots continus.

Dans le cadre de la Shechita, l'interdiction de consommer du sang répandu est bien plus stricte qu'en abattage Halal. En effet, le sang répandu doit être couvert de terre ou de cendres, et le sang retenu dans la carcasse doit être retiré par les procédés kasher (rinçage, trempage, salaison, grill sur une flamme obligatoire par exemple pour le foie).

En pratique, l'animal soumis à la Shechita ne manifeste pas de réaction de recul au moment de la jugulation (*Rosen, 2004*). Il est plongé dans une phase de repos où il ne bouge plus, chancelle sans chercher à retrouver l'équilibre, mais reste debout (*Levinger, 2000*). La durée nécessaire à la perte de conscience de l'animal est variable selon son espèce et sa taille : une vache de 12 ans est inconsciente 20 secondes après la jugulation mais un taureau de 3 ans peut rester jusqu'à 2 minutes et demie vigile pendant la saignée (*Hoffman, 1900*). Environ 30 secondes après la jugulation, on observe une intensification de la respiration qui devient plus lente et plus profonde, probablement liée selon Rosen (2004) à « des spasmes musculaires du diaphragme ou à des signaux inhabituels provenant du cerveau hypoxique ». Cette interprétation est toutefois discutable d'un point de vue physiologique et rend la publication suspecte, puisque la sensibilité à l'hypoxie est essentiellement périphérique (ex : corpuscules carotidiens) et non localisée au cerveau.

Après 15 à 150 secondes de repos, on observe pendant 4 minutes une seconde phase de fortes contractions musculaires des membres (*Levinger, 2000 ; Rosen, 2004*). Il s'agit de contractions désordonnées ne répondant pas à un stimulus particulier, sans tentative de redressement. Si certains auteurs interprètent ces spasmes comme des réactions conscientes (*Blaufuss, 1927*), d'autres ont montré que la stimulation des centres moteurs du cortex était impossible après jugulation (*Lieben, 1926; Hock, 1927*) et qu'il s'agissait uniquement de réflexes dus à des signaux efférents anormaux envoyés aux muscles par la moelle épinière hypoxique (*Duke, 1958*). Ces réflexes peuvent être abolis par la dépolarisation électrique de la moelle épinière, ce qui prouve qu'il ne s'agit pas d'une quelconque manifestation de conscience ou de perception de la douleur (*Gilbert et Devine, 1984*). On peut les assimiler à la locomotion désordonnée observée chez les animaux décapités ou décérébrés, causés par la libération brutale du contrôle central sur la moelle épinière et totalement indépendant des centres nerveux supérieurs (*Jones, 2004*).

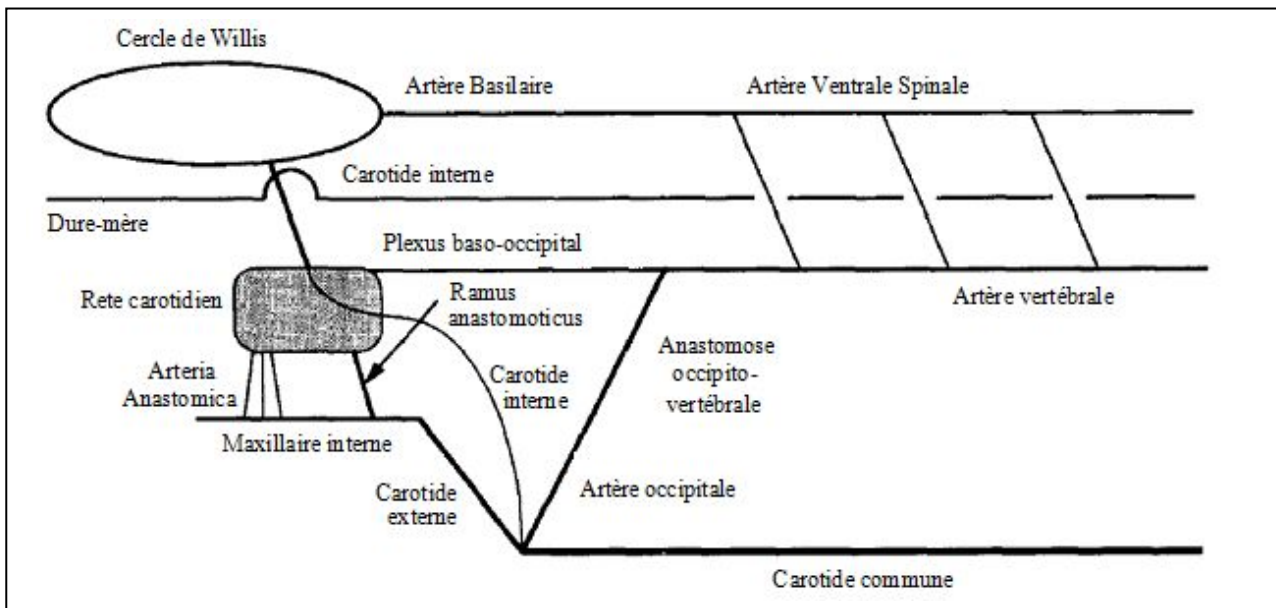
Toutefois, plusieurs cas sont rapportés dans la littérature où l'animal ne perd pas conscience ou se relève plusieurs minutes après la jugulation (*Rosen, 2004*):

- en cas d'obstruction des carotides suite à l'imbibition du tissu conjonctif par le sang déversé (pseudo anévrisme ou « ballooning ») (*Gregory, 2006 et 2008*)
- en cas de Shechita incorrectement réalisée (section incomplète, couteau insuffisamment aiguisé...)
- chez les bovins, par persistance d'une irrigation sanguine du cerveau par les artères vertébrales, phénomène souvent couplé à l'obstruction des carotides.

La prévalence de l'obstruction des carotides est variable selon les espèces. Selon une étude, elle peut toucher 16% des bovins adultes, 25% des veaux mais ne concerne pas les agneaux (*Gregory, 2006*). Après coupure, l'extrémité sectionnée de l'artère de rétracte et du sang imbibe le tissu conjonctif péri vasculaire, obstruant partiellement l'orifice de saignée et ralentissant l'exsanguination.

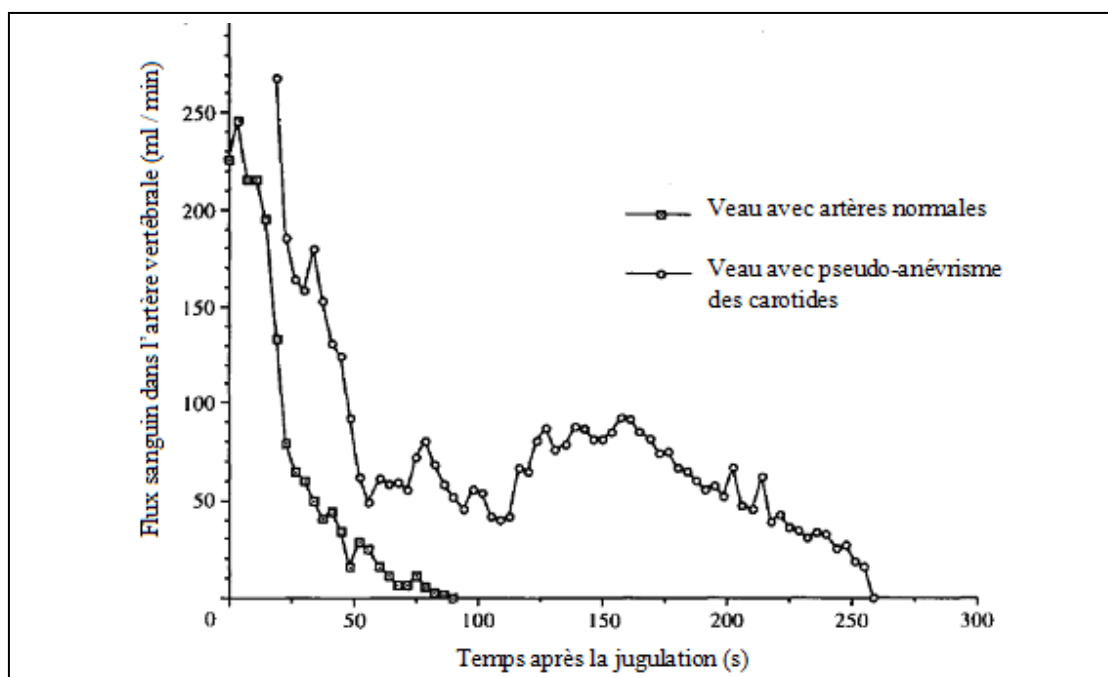
Ce phénomène influence considérablement la vitesse de la perte de conscience chez les bovins et surtout le veau, car ils possèdent une vascularisation collatérale irriguant le cerveau par une anastomose entre les artères vertébrales et les artères carotides (voir figure 1).

Figure 1 : Vascularisation du cerveau chez le veau (Baldwin et Bell, 1963)



Les expériences menées par Anil et al. en 1995 ont porté sur 6 veaux étourdis électriquement puis saignés. Dans cette étude, 3 veaux sur 6 ont présenté une occlusion partielle des carotides, ce qui révèle une incidence encore plus importante que celle observée par Gregory et al. (2006). Lorsque la saignée est perturbée par l'obstruction des carotides, un flux important de sang (30% de sa valeur initiale) peut être maintenu dans les artères vertébrales, 3 minutes après la Shechita (voir figure 2).

Figure 2 : Comparaison du flux artériel vertébral chez deux veaux après jugulation (Anil et al., 1995)



Ainsi, lorsqu'un veau présente une obstruction partielle des carotides (ballooning), le ralentissement de la saignée couplé au flux sanguin vertébral sont suffisants pour alimenter le cerveau en oxygène et retarder l'obtention de l'insensibilité complète et d'un EEG plat (voir tableau 1).

Tableau 1 : Influence de l'occlusion partielle des carotides sur l'obtention de l'insensibilité et d'un EEG plat chez 6 veaux (Anil et al., 1995)

Etat des carotides	Durée d'obtention de l'EEG plat (secondes)	Durée nécessaire à la perte des potentiels évoqués visuels (secondes)
Occlusion partielle	39	44
Occlusion partielle	127	Non obtenu
Occlusion partielle	124	80
Normales	54	8
Normales	36	8
Normales	38	8

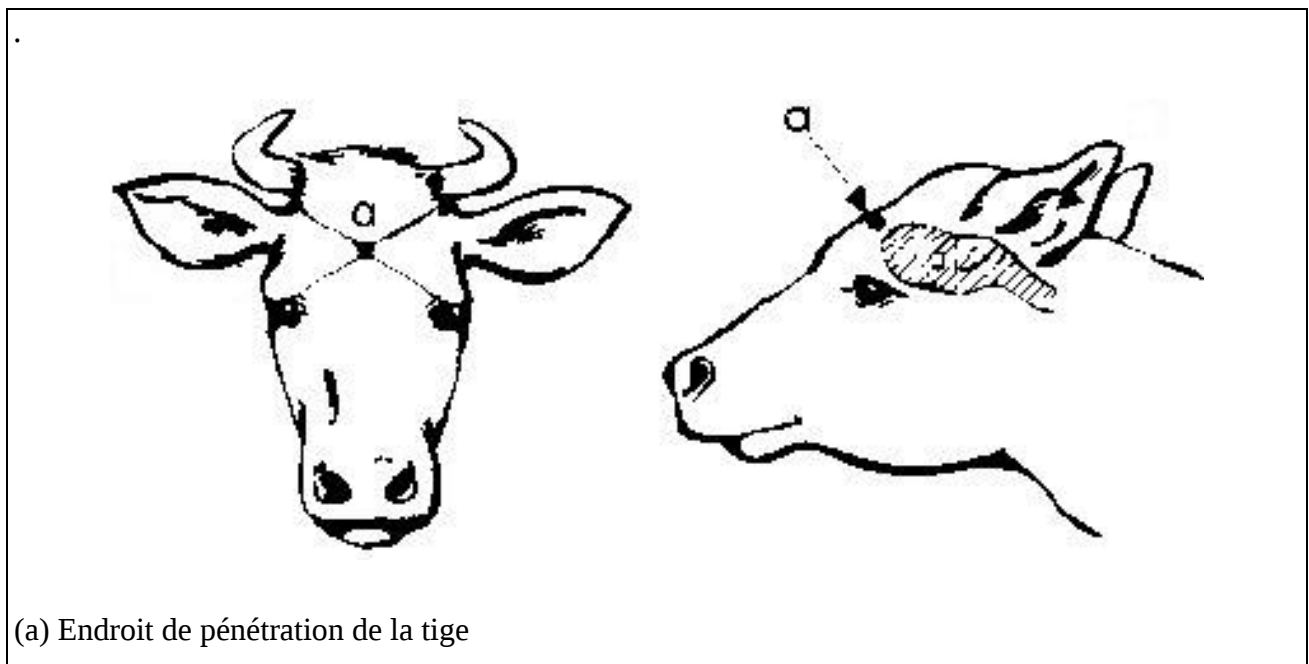
B) Les différentes techniques d'étourdissement

1) L'étourdissement au pistolet à tige

Il existe deux types de pistolets pour l'étourdissement des animaux de boucherie : le pistolet à tige perforante et le pistolet à tige non perforante.

Le pistolet à tige perforante ou « captive bolt » est constitué d'une tige à extrémité aiguisée propulsée par l'explosion d'une charge de poudre (cartouche sans projectile), dont la puissance est adaptée à la taille de l'animal (Chevillon, 2005). La précision de l'impact est très importante afin d'atteindre le cerveau et de ne pas occasionner de souffrance : le pistolet doit être placé perpendiculairement au front, avec son extrémité contre le front en direction du centre de l'encéphale, à 2 cm maximum de l'intersection entre deux lignes imaginaires allant de la base de la corne à l'œil controlatéral (Marzin et al., 2008).

Figure 3 : Lieu de pénétration de la tige perforante (Canadian Food Inspection Agency, 2009)



Selon la littérature (Anil *et al.*, 2002), cette technique présente l'inconvénient d'augmenter le risque de diffusion hématogène de tissu cérébral, et donc d'être à risque vis-à-vis de l'Encéphalopathie Spongiforme Bovine. Pour prévenir ce risque, le respect du point de pénétration de la tige perforante est capital. En effet, il correspond à l'endroit du crâne où il n'y a pas de sinus frontal et si la tige perfore ailleurs, elle touche et lèse le cerveau, provoquant ainsi des embolies de tissus cérébraux. Ce risque est encore renforcé lors de l'utilisation d'un pistolet à air comprimé à la place de la cartouche captive, qui peut propulser une importante quantité de tissu cérébral dans la circulation sanguine. Toutefois ces considérations ont perdu de leur intérêt avec la quasi disparition de l'Encéphalopathie Spongiforme Bovine.

Le pistolet à tige non perforante, provoque avec son bout arrondi un enfoncement de la boîte crânienne et assomme l'animal dans le but de le rendre insensible. Il doit être appliqué à l'intersection des deux diagonales reliant les cornes et les yeux opposés (Önenç *et Kaya*, 2004). S'il n'est pas correctement appliqué, il peut provoquer une douleur et des blessures.

Ces techniques ne respectent pas les exigences de l'abattage Halal ou de la Shechita : en effet il est interdit d'assommer l'animal ou de le blesser à l'aide d'un instrument autre que le couteau de jugulation. Nous n'évoquerons donc pas ces techniques dans la suite du développement.

2) L'étourdissement au dioxyde de carbone

Il s'agit d'un procédé d'étourdissement au cours duquel les animaux sont placés dans une fosse dont l'air est constitué de plus de 70% de CO₂, jusqu'à perte de conscience complète. Il provoque une narcose lorsqu'une concentration minimale en oxygène est maintenue, mais il est également utilisé comme procédé d'euthanasie en l'absence d'oxygène (par exemple, chez les animaux de laboratoire). Ce procédé est connu pour provoquer moins de pétéchies et d'hémorragies dans la carcasse que l'étourdissement électrique (Gregory, 2005).

Le dioxyde de carbone est un stimulant respiratoire, provoquant lorsqu'il est inhalé en excès une acidose respiratoire, une hypercapnie et une polypnée réflexe. Cela a pour conséquence une hyperventilation et donc une inhalation croissante de gaz, c'est pourquoi un animal exposé au dioxyde de carbone perdra connaissance très vite.

De nombreuses études ont porté sur l'acceptabilité de l'étourdissement et de l'euthanasie au dioxyde de carbone, ainsi que sur les proportions de gaz nécessaires.

On a tout d'abord observé qu'une concentration suffisante de gaz carbonique est indispensable pour obtenir une narcose, car en dessous de cette concentration, les animaux sont davantage excités qu'anesthésiés (Olfert *et al.*, 1993). En exposant des mammifères à une atmosphère constituée d'environ 30% O₂ et 60% CO₂ pendant 3 minutes environ, on obtient une anesthésie profonde (McArthur, 1976). Au-delà de 60% de CO₂, on observe une perte très rapide de conscience (Defra, 2005 ; Green, 1987).

Pourtant, l'étude du comportement de rats soumis à une atmosphère constituée d'au moins 25% de CO₂ montre qu'ils trouvent cette atmosphère aversive (Defra, 2005). De même, les porcs sont moins enclins à entrer dans une pièce pour manger des pommes si celle-ci contient du CO₂ (Raj *et Gregory*, 1995 ; Bercerril-Herrera *et al.*, 2009). Dans le cadre de l'euthanasie, il est rapporté que les volailles, porcs ou chats exposés à 40% ou plus de CO₂ toussent, secouent la tête et étirent leur cou pour respirer (Defra, 2005). L'expérience a également été réalisée sur des humains qui décrivent l'exposition à plus de 50% de CO₂ comme déplaisante, et à plus de 80% comme douloureuse (Danneman *et al.*, 1997). Cette aversion serait due à la sensation acide du CO₂ lorsqu'il est inspiré (Gregory, Raj *et al.*, 1990 ; Bercerril-Herrera *et al.*, 2009).

Selon plusieurs auteurs, l'anoxie – ou manque d'oxygène - n'est pas ressentie par l'animal, mais le dioxyde de carbone stimule la respiration en induisant une dyspnée, une polypnée, et une détresse respiratoire (*Raj et Gregory, 1995*). La dyspnée causée par le dioxyde de carbone « active des régions du cerveau associées à la douleur et induit une réponse émotionnelle de panique » (*Dr Raj, Communiqué de presse de l'UPC, 2005*). Cette opinion traduit une position d'antagonisme à l'utilisation du CO₂, bien qu'elle ne précise pas la nature de la détresse respiratoire ni sur les supposées « régions du cerveau associées à la douleur ». En réalité, la question du CO₂ est soulevée depuis plusieurs décennies et les argumentaires demeurent à ce jour encore très succincts.

Pour y remédier, l'utilisation de l'argon est conseillée par de nombreux auteurs car ce gaz possède des effets narcotiques satisfaisants (*Preckel et Schlack, 2005*). Selon le Dr Raj (*Communiqué de presse de l'UPC, 2005*), ce gaz est préférable au dioxyde de carbone car il induit une anoxie plutôt qu'une suffocation. Cependant, cette explication reste elle aussi très sommaire et dépourvue de justification physiologique. Si l'argon reste peu utilisé de par son prix élevé, une des deux méthodes utilisées en Angleterre (*Gregory, 2005 ; Gregory, 2008*) est un mélange contenant 60% d'argon et 30% de CO₂.

Ainsi, bien qu'elle ait fait ses preuves et qu'elle soit utilisée communément dans de nombreux pays, la méthode d'étourdissement au CO₂ est encore controversée et pourrait causer un stress avant l'abattage. C'est probablement ce stress que certains auteurs assimilent à une strangulation, qui rendrait la méthode illégale selon les principes Halal (*Riaz et Chaudry, 2003*). De plus, les gaz utilisés sont assez coûteux et la proportion de gaz constituant le mélange doit être soigneusement et continuellement vérifiée. L'absence de danger pour le personnel doit être également garantie par un contrôle régulier des installations et des procédures utilisées. Nous ne reviendrons pas sur cette technique dans la suite de l'exposé, car elle paraît en l'état actuel moins acceptable que l'étourdissement électrique pour des utilisateurs réticents.

3) L'étourdissement électrique

Il existe deux techniques d'étourdissement électrique :

- la première par passage d'un courant électrique au travers de la tête uniquement (« head-only stunning ») à l'aide de deux électrodes situées derrière les oreilles, et qui rend l'animal inconscient et insensible. La mise en place des électrodes sous forme de pince à l'angle

interne de chacun des yeux permet également une bonne conduction du courant, toutefois cette technique n'est pas utilisée en pratique car les associations de protection animale la considèrent comme une maltraitance de l'animal.

- La seconde par passage d'un courant électrique au travers de tout le corps (« head to back stunning »), où le cœur est placé en fibrillation, aboutissant à un arrêt circulatoire. Cette seconde technique ne peut pas être utilisée, car le cœur doit battre et assurer la circulation pendant la saignée.

Pour garantir un étourdissement complet et ne pas infliger de souffrance à l'animal, les caractéristiques de l'appareillage et du courant doivent être contrôlées avec soin.

Tout d'abord, les électrodes doivent être correctement positionnées et le contact avec la peau doit être correct sans excès de laine et avec humidification si nécessaire. Les caractéristiques du courant doivent être constantes et s'afficher sur l'écran de l'appareil : pour éviter tout étourdissement partiel et toute sensation aversive d'électrisation chez l'animal, l'appareil ne doit pas fonctionner s'il n'est pas en mesure de délivrer un courant suffisant.

Les courants recommandés dans la littérature sont de 1,5A et 50 Hz. La durée et le voltage sont variables selon les auteurs, respectivement de 3 à 10 secondes et de 110 à 250 V (*Gregory, 2005 ; Linares et al., 2007 et 2008 ; Velarde et al., 2003*). Un courant trop faible peut ne pas suffire à rendre l'animal inconscient, tandis qu'un courant trop fort peut tuer l'animal.

4) Physiologie de l'étourdissement électrique

L'étourdissement électrique par la tête uniquement, s'il est correctement appliqué, occasionne une perte de conscience avec une crise de type épileptiforme d'une durée d'environ 30 secondes chez les ovins, 45 secondes chez les bovins (*Cook et al., 1996*). Cette crise d'épilepsie serait due à l'activation de récepteurs au L-glutamate (surtout) et au L-aspartate dans le cerveau.

Cette crise se manifeste chez l'animal en deux à trois phases de durée variable selon les auteurs. La première est un épisode tonique de 10 à 17 secondes (*Velarde et al., 2002 ; Simmons, 1995 ; Gregory et Wotton, 1988*) marquée par un tétanos généralisé et des mouvements de flexion – extension des membres. Ces mouvements sollicitent tous les muscles qui entrent en contraction, et peuvent par conséquent occasionner des modifications biochimiques.

La seconde phase est une phase clonique de 17 à 43 secondes (Gregory et Wotton, 1988) dominée par des mouvements de pédalage. De la même manière, ces mouvements de pédalage tendent à diminuer les réserves de glycogène dans le muscle, ce qui peut avoir une influence sur la chute de pH et par conséquent sur qualité *post mortem* de la carcasse.

Il peut exister une troisième phase, elle aussi clonique et du même type que la seconde phase, mais elle est inconstante.

L'étourdissement électrique est un phénomène réversible : une récupération spontanée est observée en moyenne après 31 secondes chez le mouton, et 48 secondes chez le veau (Cook et al., 1996).

Enregistrement de l'EEG :

Plusieurs auteurs se sont proposés d'évaluer l'état de conscience et de sensibilité des animaux de boucherie après étourdissement et jugulation par mesure de l'activité électrique cérébrale.

Ainsi, on peut confirmer l'inconscience d'un animal grâce à l'électro-encéphalogramme (EEG) et à l'électro-corticogramme (ECoG) en observant l'évolution de la fréquence et de l'amplitude des ondes au cours des processus d'abattage. De manière générale, on observe chez les animaux anesthésiés que la perte de conscience s'accompagne d'une diminution de la fréquence et d'une augmentation de l'amplitude des ondes sur l'EEG.

Chez l'animal d'expérimentation, on enregistre l'EEG en insérant les électrodes dans des orifices préalablement creusés sous anesthésie locale dans la boîte crânienne jusqu'à la dure-mère (Levinger, 2000). On appelle ce tracé électro-corticogramme ou ECoG. Dans l'expérience présentée dans le tableau 2 et la figure 1, les EEG de 17 moutons ont été enregistrés suite à l'abattage par Shechita (Hazem et al., 1978).

La référence qui permet de considérer de façon sûre que l'animal est insensible après jugulation est l'obtention d'un tracé EEG plat, ce qui correspond à un état de mort cérébrale. Toutefois, la perte de sensibilité totale intervient probablement plusieurs secondes avant la mort cérébrale, mais le moment exact reste inconnu.

Les expériences de Cook et al. (1996) ont porté sur 9 veaux et 6 moutons divisés en trois groupes égaux : le premier soumis à un étourdissement seul, le second à une jugulation seule et le troisième à une jugulation après étourdissement électrique, dans le but d'enregistrer leur électro-encéphalogramme. Les résultats sont présentés sur le tableau 2.

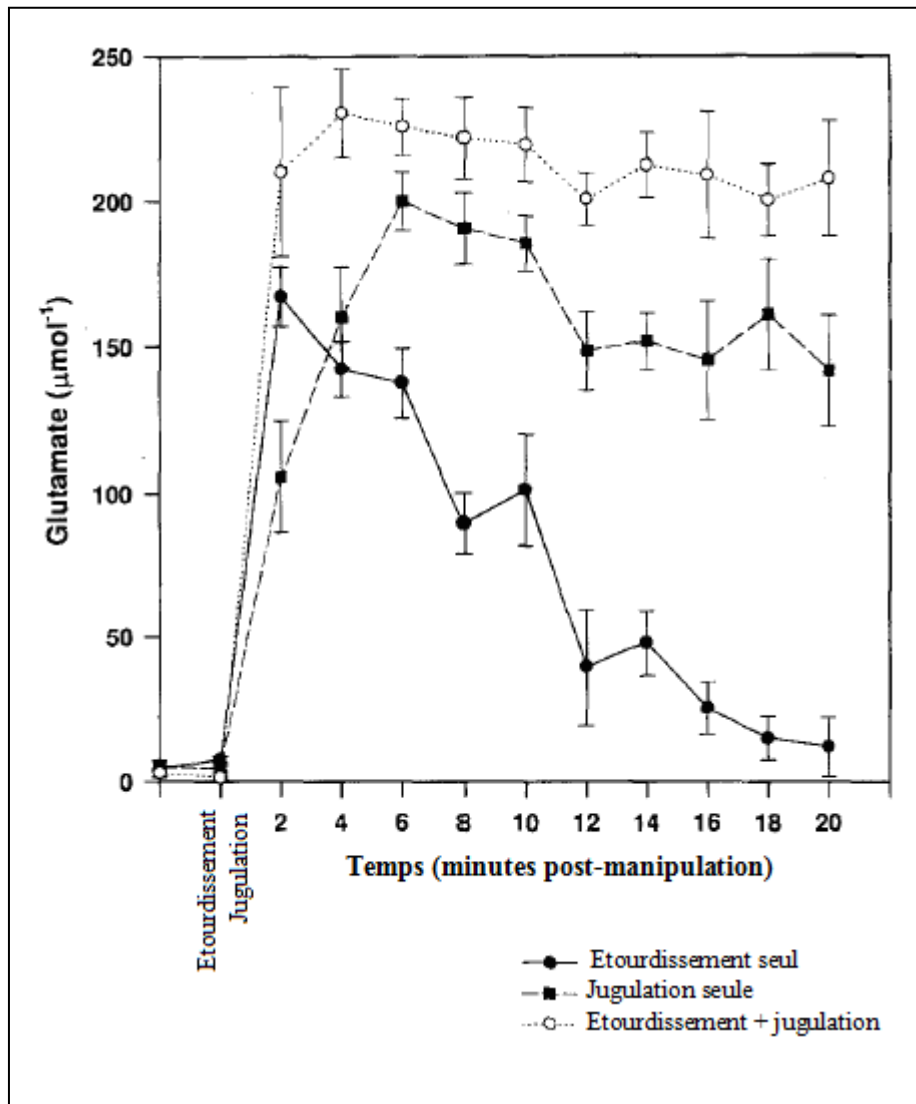
Tableau 2 : Amplitude de l'EEG avant et après abattage, et durée d'obtention d'un EEG plat chez le veau et le mouton (Cook et al., 1996)

	Amplitude initiale	Amplitude après étourdissement électrique	Temps nécessaire à l'obtention de l'EEG plat (secondes)	
			Mouton	Veau
Etourdissement seul	10-50 μ V	200-600 μ V	-	-
Jugulation seule	10-50 μ V	80-150 μ V	9,5 sec.	82 sec.
Etourdissement + Jugulation	10-50 μ V	250-600 μ V	5-8 sec.	40-50 sec.

On observe dans les trois cas une augmentation de l'amplitude caractéristique d'une baisse de vigilance. L'amplitude est davantage augmentée lorsqu'on étourdit les animaux avant l'abattage. Ces résultats confirment que l'EEG plat est obtenu nettement plus tardivement chez le veau que chez le mouton, toutefois on peut accélérer la mort cérébrale en cumulant étourdissement et jugulation.

Selon cette même étude, il y aurait une synergie de l'étourdissement et de la jugulation dans le déclenchement de la mort cérébrale. En effet, la quantité de glutamate extracellulaire libérée dans le cerveau est nettement augmentée après étourdissement et jugulation, comparé à la jugulation ou l'étourdissement seuls (voir figure 3). Or, cet acide aminé est une des causes favorisant la crise épileptiforme sur l'EEG, et la mort cérébrale.

Figure 3 : Variation de la concentration en glutamate extracellulaire ($\mu\text{mol/L}$) chez le veau après étourdissement, jugulation seule ou étourdissement puis jugulation (Cook et al., 1996).



Ainsi, l'utilisation de l'étourdissement électrique couplé à la jugulation permettrait d'obtenir un EEG plat plus rapidement chez le veau et, dans une moindre mesure, chez le mouton. Ce résultat reste néanmoins à nuancer, étant donné le nombre limité d'animaux pris en compte dans cette étude et l'écart relativement faible chez le mouton (5 à 8 secondes après étourdissement contre 9,5 secondes sans étourdissement).

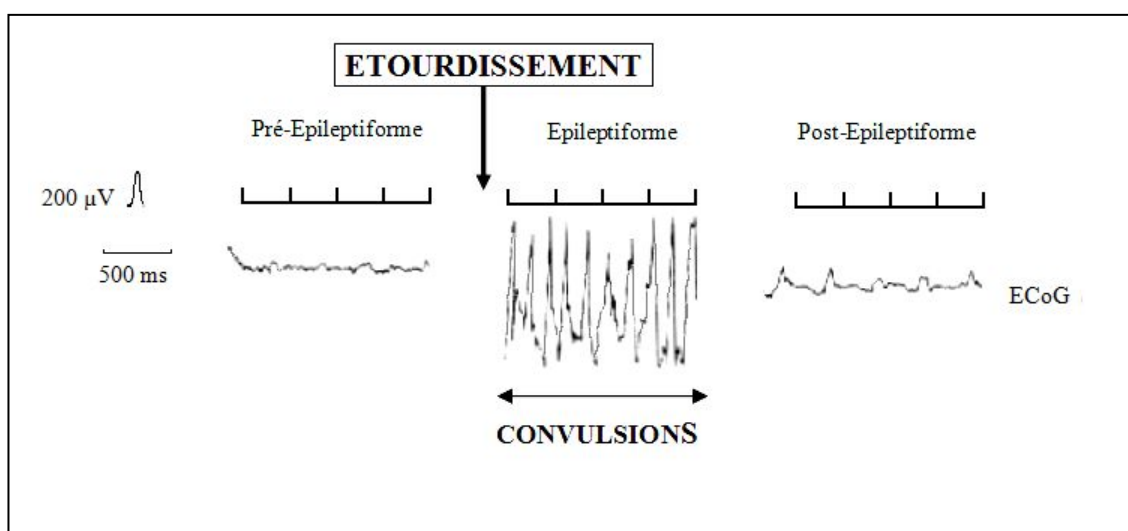
D'autres auteurs ont décrit l'évolution de l'EEG chez le mouton, après jugulation sans étourdissement (*Levinger, 2000 ; Hazem et al., 1978*) :

- A : pendant 2 secondes, un rythme bêta constitué d'ondes de haute fréquence et basse amplitude similaire à l'amplitude initiale
- B : puis pendant environ 5 secondes, un rythme gamma de basse fréquence et haute amplitude. On note ici aussi la diminution de la fréquence et l'augmentation de l'amplitude, caractéristique d'une baisse de vigilance
- C : pendant 2 secondes, de nouveau des ondes de haute fréquence et basse amplitude
- D : enfin après des ondes gamma à amplitude réduite, on obtient l'arrêt total de l'activité corticale

L'état d'inconscience est atteint au bout d'environ 6 secondes chez le mouton (*Nangeroni et Kennett, 1963 ; Levinger, 2000*), ce qui correspond à la fin de la phase d'ondes à haute amplitude, et au début des convulsions.

Sur l'EEG d'un animal étourdi électriquement, on observe un tracé d'hyper synchronisation identique à celui d'une crise d'épilepsie pendant une durée de 40 – 45 secondes (voir *figure 4*), au cours duquel l'animal est inconscient.

Figure 4 : EEG d'un mouton avant et après étourdissement électrique (*Gregory et Wotton, 1985*) :



Etude des réflexes :

Il est difficile de déterminer les critères à prendre en compte pour situer la perte de conscience et de sensibilité. Un premier critère étudié dans la littérature est la récupération des réflexes et de la respiration spontanée.

Chez les ovins abattus par Shechita, on observe une intensification de la respiration qui devient plus lente et profonde pendant 60 secondes, puis une diminution jusqu'à l'arrêt respiratoire après 90 secondes (Levinger, 2000). Le réflexe de clignement au toucher cornéen, quant à lui, est aboli après 38,5 secondes en moyenne chez les bovins. La perte de conscience et de sensibilité, si l'on se réfère à la respiration et aux réflexes, n'est donc pas immédiate lors d'abattage rituel.

Toutefois, le réflexe de clignement au toucher cornéen, réflexe court dépendant du tronc cérébral et n'impliquant pas les structures corticales, est un des derniers à disparaître lors d'une anesthésie avant la mort cérébrale. Ainsi, le temps nécessaire à la perte de ce réflexe est sans doute plus long que le temps nécessaire à la perte de la sensibilité (Dunoyer, 2008). **L'absence des réflexes après 38,5 secondes montre donc un état d'analgésie profonde**, mais leur présence avant 38,5 secondes n'est pas un critère suffisant pour affirmer de manière certaine que l'animal est sensible.

Après étourdissement électrique, la respiration spontanée et le réflexe de clignement au toucher cornéen disparaissent dès l'application du courant puis réapparaissent respectivement à 28,5 et 38,5 secondes après le choc vers la fin de la phase épileptiforme; tandis que les réflexes nociceptifs n'apparaissent qu'après 240 secondes (voir paragraphe suivant sur la stimulation douloureuse de la dentine). Dans ce cas, **l'absence du clignement au toucher cornéen montre une analgésie efficace jusqu'à 38,5 secondes**. Cette analgésie persiste probablement davantage, mais la durée exacte n'est pas déterminable par les réflexes.

Sensibilité et potentiels évoqués :

Si les réflexes sont fréquemment utilisés pour évaluer l'état de conscience des animaux, certains auteurs jugent cette méthode insuffisante pour garantir l'insensibilité à la douleur.

D'un côté, on peut sous-estimer l'analgésie car certains réflexes comme le clignement au toucher cornéen disparaissent très tardivement dans le cadre d'une anesthésie, ce qui laisse à penser que la douleur n'est déjà plus ressentie bien avant sa disparition. A l'inverse, on peut la surestimer car l'absence de réflexe au pincement d'une oreille est souvent retenu comme signe d'insensibilité, bien

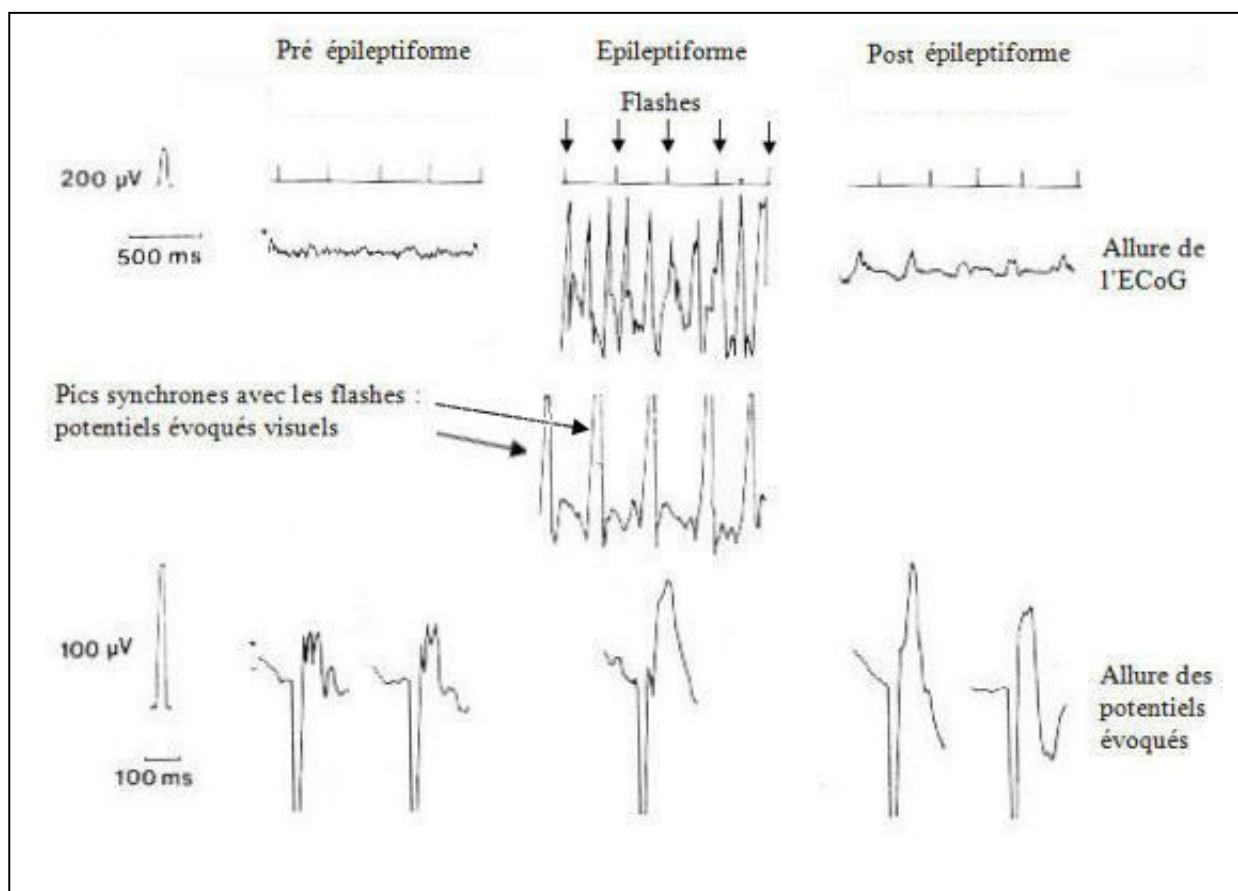
que ce type de réflexe fasse intervenir une réponse motrice. Or, il est possible que l'animal soit sensible sans pouvoir exprimer une réponse motrice (Gregory et Wotton, 1988), et ainsi qu'il ressente la douleur sans pouvoir y répondre.

On a donc recherché un indicateur plus fiable de la sensibilité à la douleur, qui ne ferait pas intervenir de réponse motrice et ne surévaluerait pas la durée d'analgésie : il s'agit de l'étude des potentiels évoqués corticaux sur l'électro-corticogramme (ECoG).

a) Potentiels évoqués visuels :

Dans une première publication portant sur les potentiels évoqués visuels (1985), Gregory et Wotton ont étudié l'électro-corticogramme de 12 moutons soumis à des flashes de lumière avant, pendant et après étourdissement électrique (figure 5).

Figure 5 : ECoG d'un mouton soumis à des flashes de lumière (Gregory et Wotton, 1985).



Ce graphique indique:

- sur la première ligne, la fréquence des flashes, où chaque tiret vertical correspond à un flash de lumière
- sur la deuxième et troisième ligne d'ECoG : les ECoG avant, pendant et après la crise épileptiforme
- sur la ligne du bas : les allures des potentiels évoqués par sommation de plusieurs potentiels (un potentiel évoqué seul étant trop faible pour être bien représenté et visible). Le pic vers le bas correspond au stimulus, et le pic vers le haut qui suit correspond la réponse sous forme de potentiel évoqué.

Sur les 12 sujets, 8 ont présenté des potentiels évoqués nets pendant la crise épileptiforme sur l'ECoG, synchrones avec les flashes de lumière, qu'on peut observer sur l'ECoG au centre de la figure 5. On observe sur la dernière ligne que ces potentiels évoqués obtenus pendant la crise sont tout à fait comparables aux potentiels obtenus avant la crise. Cela prouve donc que les ondes épileptiformes ne surpassent pas les afférences sensibles et qu'une réponse des voies sensorielles visuelles est possible même après étourdissement.

Toutefois, le but de ces expériences est d'évaluer la sensibilité à la douleur, et non pas la sensibilité à n'importe quel stimulus. Or, les flashes lumineux sont bien un stimulus sensible, mais ils ne reproduisent pas la douleur de la jugulation. De ce fait, le même auteur a soulevé le problème qu'un stimulus non douloureux n'était pas forcément fiable, et étudié quelques années plus tard les potentiels évoqués par un courant électrique sur la dentine d'une incisive (*Gregory et Wotton, 1988*).

b) Potentiels évoqués douloureux :

L'étude de Gregory et Wotton (1988) a montré sur 6 moutons anesthésiés que ceux-ci répondent à une stimulation électrique du palais mais pas à une stimulation de la dentine d'une incisive. La différence entre la stimulation du palais et de la dentine est que la première fait intervenir des composantes sensorielles non douloureuses (somatosensorielles), alors que la seconde ne met en jeu

qu'une composante douloureuse. De la même façon, l'auteur cite pour exemple le stimulus d'une claque sur le museau, qui produit un bruit et un mouvement de la tête en plus de la douleur et peut occasionner un potentiel évoqué sensitif non douloureux.

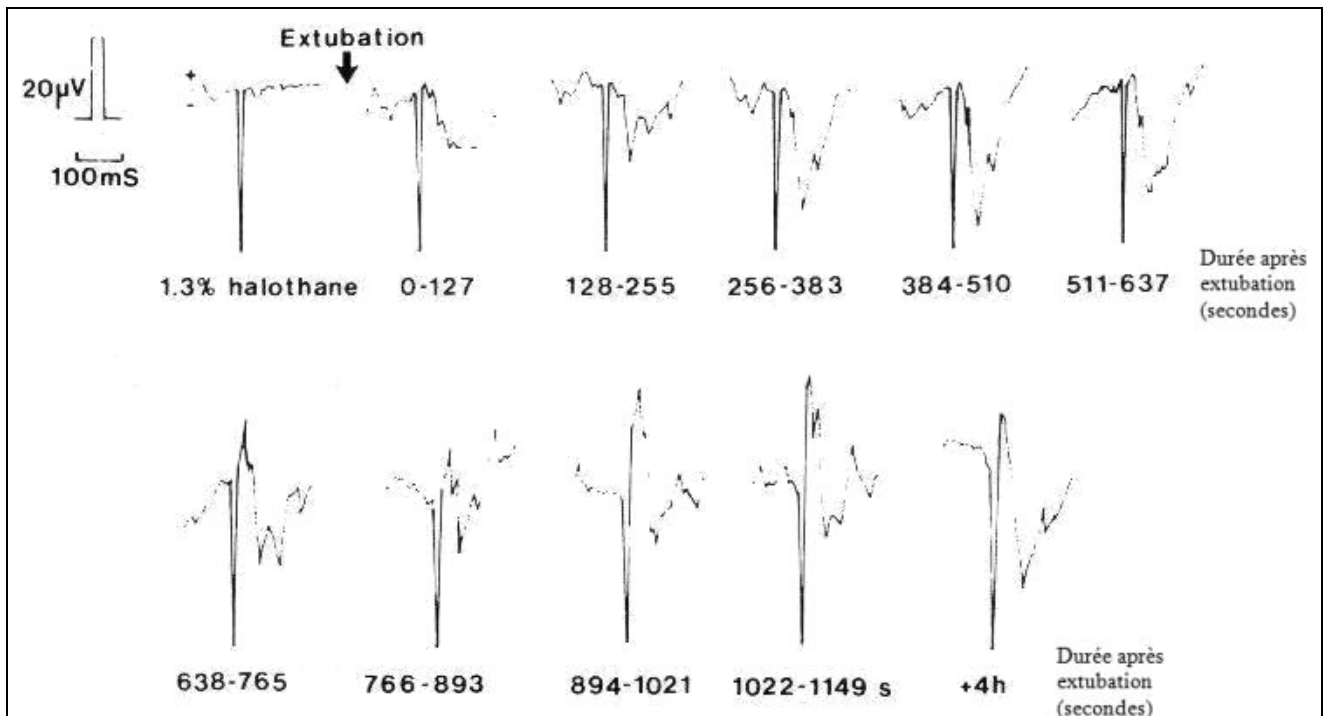
Selon ces résultats, un animal rendu insensible à la douleur par anesthésie peut malgré tout répondre à une stimulation somatosensorielle. On peut en conclure que la réponse aux flashes lumineux n'implique pas forcément une sensibilité à la douleur.

Une nouvelle étude basée sur le même principe a porté sur les potentiels évoqués recueillis suite à la stimulation de la dentine d'une incisive, stimulus sensitif exclusivement douloureux. Le but de l'étude était de comparer les potentiels recueillis lors du réveil d'une anesthésie à l'halothane ou suite à un étourdissement.

Un groupe de 14 moutons a été soumis à ce stimulus après anesthésie et étourdissement. Parmi eux :

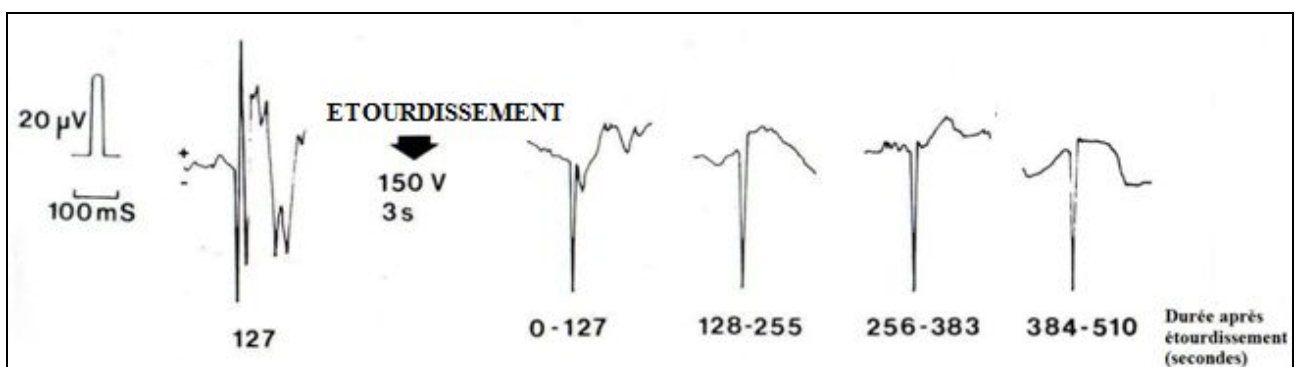
- aucun mouton n'a présenté de potentiel évoqué douloureux sous anesthésie, et les potentiels augmentaient graduellement jusqu'à 10 minutes après extubation (*figure 6*)
- 8 moutons n'ont présenté aucun potentiel évoqué douloureux jusqu'à 9,5 minutes après étourdissement (*figure 7*)
- 5 moutons n'ont présenté aucun potentiel évoqué douloureux jusqu'à 2 à 6 minutes après étourdissement
- 1 mouton a présenté des potentiels évoqués moins de 2 minutes après étourdissement

Figure 6 : Potentiels évoqués douloureux enregistrés à l'ECoG au cours du réveil d'une anesthésie à l'halothane (Gregory et Wotton, 1988).



Sur le premier tracé où l'animal était anesthésié avec 1,3% d'halothane, le potentiel évoqué est totalement absent. On observe seulement le pic vers le bas correspondant à la stimulation (artefact de stimulation), mais aucune réponse ensuite. Au fur et à mesure du réveil, les potentiels réapparaissent progressivement.

Figure 7 : Potentiels évoqués douloureux enregistrés à l'ECoG suite à l'étourdissement électrique (Gregory et Wotton, 1988)



Sur le premier schéma avant étourdissement (« stun »), on observe un potentiel évoqué complet. Après étourdissement (« stun »), le potentiel évoqué a presque disparu et ne réapparaît progressivement qu'après plusieurs minutes. Ce tracé est comparable à celui du réveil d'anesthésie.

Selon ces résultats, contradictoires avec ceux des potentiels visuels non douloureux à l'exception d'un mouton, l'étourdissement électrique permet une analgésie de qualité d'une durée d'au moins 2 minutes.

De plus selon la même étude (*Gregory et Wotton, 1988*), le réflexe de clignement au toucher cornéen et la respiration spontanée reviennent avant les potentiels évoqués douloureux. Cela illustre bien la sous-évaluation de la période d'analgésie par l'étude des réflexes, décrite dans le paragraphe précédent.

L'étude des potentiels évoqués douloureux, qui apparaît plus fiable que l'étude des réflexes pour évaluer l'analgésie, prouve donc l'intérêt de l'étourdissement pour obtenir une insensibilité à la douleur avant la saignée.

Bilan : L'étourdissement électrique est une technique réversible, conforme avec les exigences religieuses musulmanes et juives, permettant d'obtenir une perte de vigilance brutale accompagnée à l'EEG d'un tracé de crise épileptiforme. Au cours de cette phase, l'animal n'est plus en mesure de fournir une réponse corticale aux stimulus douloureux. Ainsi, cette technique permet d'insensibiliser l'animal assez longtemps pour qu'il ne ressente la douleur pendant la saignée, avant l'obtention de l'EEG plat.

Or, lors d'abattage sans étourdissement, l'incidence de l'obstruction partielle des carotides chez les bovins après jugulation est loin d'être négligeable, et les artères vertébrales peuvent alors suffire à irriguer le cerveau et retarder la perte de conscience. Par conséquent, l'étourdissement électrique présente un intérêt tout particulier chez cette espèce.

DEUXIÈME PARTIE

LES PARAMÈTRES D'APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DE LA CARCASSE CHEZ LES OVINS ET LEUR MESURE

De nombreux facteurs, dont la technique d'abattage, peuvent influencer sur la qualité de la carcasse. Par exemple, un stress ou des mouvements incontrôlés suite à l'étourdissement peuvent être la cause d'hématomes, d'effusions de sang dans le muscle, de perturbations biochimiques se répercutant sur le pH musculaire, voire de fractures osseuses. L'objectif de cette partie sera d'étudier les paramètres à prendre en compte pour juger les effets de l'étourdissement électrique sur la qualité des carcasses.

A) Exsanguination

1) Intérêt de la saignée

La saignée après jugulation est une étape capitale pour la qualité de la viande, car la présence de sang dans la carcasse nuit à la qualité microbiologique et à l'aspect de la viande.

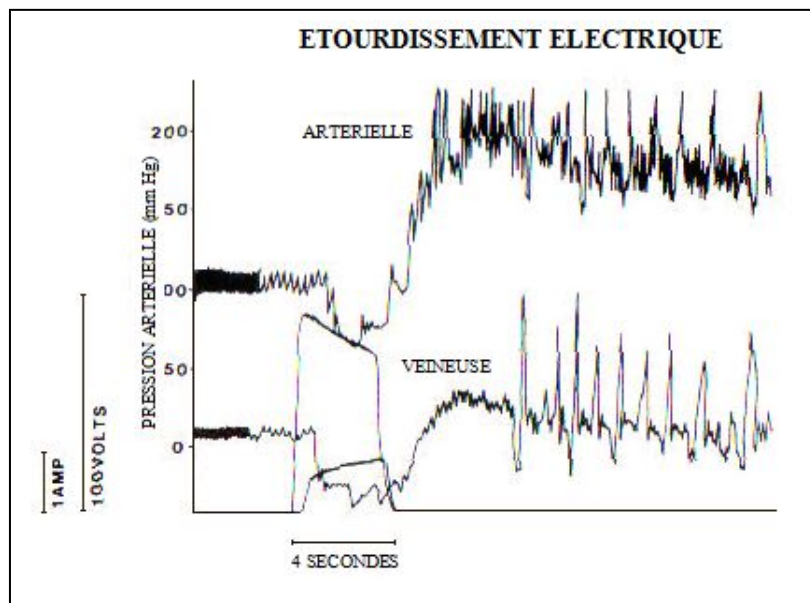
En effet, après la mort de l'animal, une partie des bactéries du tube digestif passe dans le courant sanguin : il s'agit notamment de Streptocoques (*bovis*, *faecalis*, *faecium*, *durans*), *Clostridium sp* ou *Salmonella spp* (Lawrie, 1991). Ce passage peut-être augmenté par de mauvaises conditions d'entretien pendant la période d'attente à l'abattoir telles qu'un stress avant abattage. De plus, la plaie de jugulation peut occasionner l'entrée de bactéries du milieu extérieur dans le sang à partir du couteau, de la peau ou du milieu extérieur (Lawrie, 1991).

Le sang de l'animal est donc une des principales sources de contamination microbiologique de la viande au cours de l'abattage, il ne doit donc pas rester dans le muscle après la saignée.

Celui-ci peut également altérer l'aspect de la viande, en formant des pétéchies et effusions de sang dans le muscle difficilement acceptables par le consommateur. Ce phénomène, appelé tiquetage (ou « blood splash »), est principalement localisé au niveau de l'endocarde, des muscles intercostaux et du diaphragme, mais peut également concerner d'autres muscles de la carcasse. Selon de nombreux auteurs (Kirton *et al.*, 1980-1981 ; Gilbert *et Devine*, 1982 ; Gregory, 2005), ces hémorragies sont favorisées par l'étourdissement électrique car il occasionne une forte augmentation de la pression artérielle systolique.

En effet, on observe pendant les douze secondes suivant l'application du courant un triplement de la pression artérielle jusqu'à 300mmHg que l'on peut observer sur la figure 8 (Gilbert et Devine, 1982). L'auteur a obtenu ces résultats en mesurant, à l'aide d'une canule dans l'artère carotide, la pression artérielle de 115 agneaux (d'une trentaine de kg de poids vif) soumis à un étourdissement électrique.

Figure 8 : Pression artérielle et veineuse chez un agneau anesthésié soumis à un étourdissement électrique par un courant de 100V, 1A pendant 4secondes (Gilbert et Devine, 1982)



Ainsi, si la saignée n'est pas réalisée très vite après l'application du courant, cette hausse brutale de pression artérielle peut causer la rupture des plus petits capillaires sanguins et occasionner des hémorragies musculaires (Velarde et al., 2003). La présence ou non d'hémorragies musculaires est donc un indicateur indirect intéressant à prendre en compte pour évaluer les dommages causés par l'étourdissement sur la qualité de la viande. Toutefois, le tiquetage est également observé chez des animaux abattus sans étourdissement électrique, ce qui laisse penser que d'autres facteurs interviennent dans leur formation.

De plus, dans l'abattage halal, il est recommandé d'enlever la plus grande quantité de sang possible (Daoudi, 2006). Les exigences kasher sont encore plus strictes à ce niveau, puisque la viande doit être saignée au maximum puis préparée de manière à enlever le sang par salage ou grill (Rosen, 2004).

2) Mesure de l'exsanguination

L'efficacité de l'exsanguination dépend de plusieurs paramètres résumés dans le Tableau 3 (Gregory, 2005).

Dans les différentes études portant sur la qualité de la carcasse à l'abattoir, deux méthodes satisfaisantes sont décrites pour la mesurer. La première est de collecter le sang de l'animal suspendu au-dessus d'un large bac en matière plastique placé sur une balance digitale, dans le but de noter le poids de sang perdu toutes les 10 secondes. La seconde, quant à elle, vise à mesurer la quantité d'hémoglobine résiduelle dans le muscle. Une dernière méthode consiste à collecter le sang de l'animal couché sur une table, mais comporte l'inconvénient de ne pas reproduire les conditions standard réellement utilisées en abattoir.

Pendant la collecte du sang, la vitesse d'exsanguination est estimée en calculant le temps nécessaire à atteindre 25, 50, 75 et 90% de saignée (Anil *et al.*, 2004). L'efficacité, quant à elle, est obtenue en notant le pourcentage de sang perdu après 90s comme pourcentage par rapport au poids vif (Velarde *et al.*, 2003).

Tableau 3. : Facteurs influençant la qualité de l'exsanguination à l'abattoir (Gregory, 2005)

<i>Facteurs affectant la vitesse et l'efficacité de l'exsanguination</i>
Arrêt cardiaque après étourdissement (absent dans l'étourdissement par la tête seulement)
Vaisseaux sanguins sectionnés (section incomplète, mal réalisée)
Taille et profondeur de la plaie de jugulation
Position de la carcasse – horizontale ou verticale
Vasodilatation ou vasoconstriction
Contractions musculaires toniques comprimant les capillaires et vaisseaux sanguins
Activité clonique causant un efflux de sang par la plaie de jugulation

L'influence de la position de la carcasse est discutée par les différents auteurs (Gregory, 2005 ; Chrystall *et al.*, 1981) : en effet certaines études ont obtenu plus de sang chez les veaux saignés couchés par rapport à ceux saignés suspendus (Hess et Völlm, 1964). D'autres études, au contraire, ont obtenu plus de sang chez les moutons saignés suspendus par rapport à ceux saignés couchés (Warriss, 1978).

B) pH et maturation de la viande

1) Evolution *post mortem* du pH

A la suite de l'abattage, le muscle est le siège d'importantes modifications biochimiques dues à l'anoxie tissulaire, à l'épuisement en ATP et à la transformation du glycogène.

Tout d'abord, immédiatement après l'abattage, le glycogène contenu dans les muscles est partiellement transformé en acide lactique par glycogénolyse anaérobie. La durée et l'intensité de cette réaction dépendent de l'espèce, de la quantité de glycogène disponible et du pH d'inactivation des enzymes en cause. Un effort violent au moment du transport ou de l'abattage, telles les convulsions provoquées par l'étourdissement, peuvent ainsi influencer sur la glycogénolyse.

Suite à la formation d'acide lactique, le pH du muscle diminue fortement. Ce processus est une étape capitale de la transformation du muscle en viande, c'est pourquoi il est nécessaire d'étudier dans quelle mesure l'étourdissement électrique peut le modifier.

2) Mesure du pH

Le pH de la viande après abattage est mesuré dans la majorité des études à l'aide d'un pH-mètre relié à une électrode pénétrante (Önenç et Kaya, 2004). La mesure est réalisée directement sur la carcasse au niveau du muscle long du dos (*Longissimus dorsi*) entre la douzième et treizième côte (Velarde et al., 2003).

Pour suivre l'évolution du pH, on le mesure classiquement directement après préparation de la carcasse, 15 et 45 minutes *post mortem* puis 24h *post mortem*.

C) Couleur

1) Facteurs influençant la couleur de la viande

La couleur de la viande dépend de la teneur en myoglobine et de son état physique (Monin, 1988). La myoglobine est une chromoprotéine constituée d'une protéine, la globine, et d'un groupement

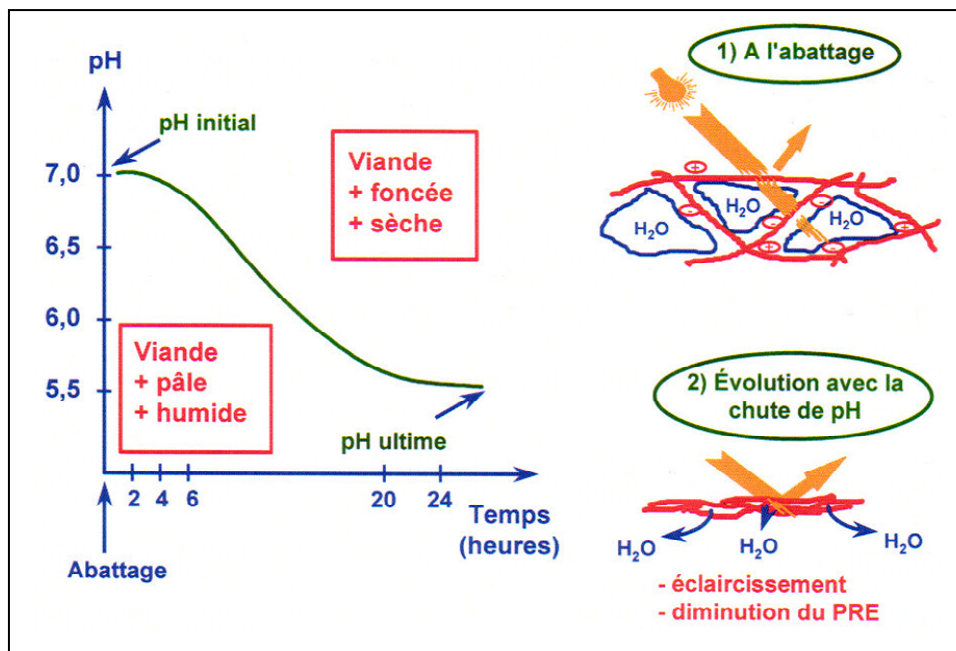
hème qui contient un atome de fer. Le rôle de cette protéine est de fixer l'oxygène sanguin et de le stocker avant son utilisation par la mitochondrie pour la respiration cellulaire.

La couleur de la myoglobine dépend de l'état du fer qu'elle contient, qui peut être :

- sous forme réduite sans oxygène fixé : la myoglobine sera pourpre
- sous forme réduite avec oxygène : elle sera rouge vif (oxymyoglobine)
- sous forme oxydée : elle sera brune (metmyoglobine)

Le pH de la viande a aussi une forte impact sur sa couleur, puisqu'il influe sur la structure du muscle. Comme le montre la figure 9 (*Institut de l'élevage, 2007*), le pH est presque neutre à l'abattage et la répulsion entre les filaments protéiques de la fibre musculaire entraîne une séquestration de nombreuses molécules d'eau. Ainsi, la lumière est fortement absorbée et peu réfléchiée, et la viande apparaît plus foncée. A l'inverse, lorsque le pH chute, les filaments protéiques se resserrent et chassent les molécules d'eau. La lumière est alors fortement réfléchiée par la viande, qui devient plus pâle.

Figure 9 : Influence du pH sur la couleur et le pouvoir de rétention d'eau (*Institut de l'élevage, 2007*)



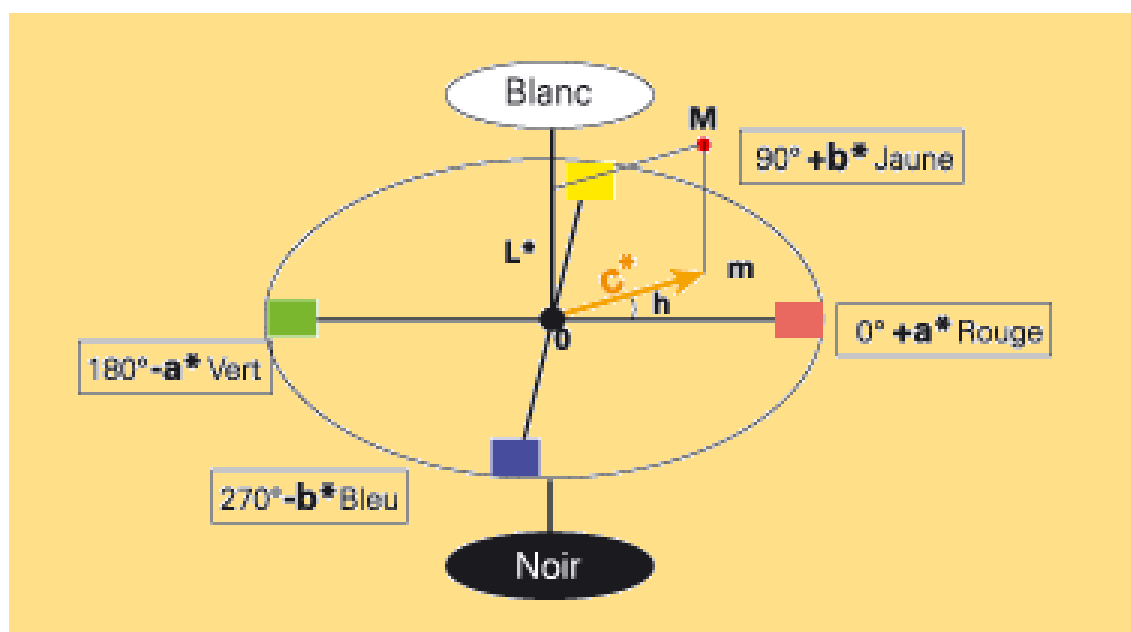
2) Mesure de la couleur

La couleur est classiquement mesurée à 24h *post mortem* sur le muscle long du thorax grâce à un colorimètre (Velarde et al., 2003 ; Önenç et Kaya, 2004 ; Linares et al., 2007).

Le colorimètre mesure la couleur et les différences de couleur comme nous les percevons visuellement et les exprime grâce à une méthode graphique dite des « coordonnées cylindriques » (voir figure 10):

- L^* représentant la clarté (lightness)
- C^* représentant la saturation (ou pureté de la teinte)
- h représentant l'angle de teinte (hue)
- a^* et b^* étant respectivement le coefficient de couleur rouge et jaune

Figure 10 : Cercle colorimétrique



Si la couleur est proche du centre du cercle colorimétrique, elle sera dite "sale". A l'inverse, elle sera de plus en plus saturée, donc vive, lorsqu'elle s'en éloigne.

L'angle de teinte h part de l'axe a^* et est exprimé en degrés. Un angle de 0° correspond à $+a^*$ (rouge), 90° à $+b^*$ (jaune), 180° à $-a^*$ (vert) et 270° à $-b^*$ (bleu). Pour un angle de 45° , on sera donc entre le rouge et le jaune.

On observe sur ce cercle, avec a^* et b^* positifs, que :

- plus a^* est élevé, plus la viande est rouge
- plus b^* est élevé, plus la viande est jaune

D) Pouvoir de rétention d'eau, pertes d'eau à la cuisson et par exsudation

1) Définitions et facteurs d'influence

L'eau est présente dans le muscle sous deux formes : l'eau liée aux protéines par des liaisons hydrogène ou par des forces attractives, et l'eau libre retenue uniquement par des forces capillaires (*Monin, 1988*). La teneur en eau est très variable selon les individus et notamment selon leur âge, car elle diminue notablement chez les animaux âgés. La place disponible pour l'eau libre évolue également pendant la maturation puisqu'elle dépend de l'état du réseau protéique myofibrillaire et est influencée par le raccourcissement des sarcomères au moment de la chute du pH et de la mise en place de la rigidité cadavérique.

Le **pouvoir de rétention d'eau** ou « Water Holding Capacity » d'une viande est sa capacité à retenir son eau lors de l'application de forces externes comme le découpage, la cuisson ou la compression. Ainsi, sa mesure donne des indications sur l'aspect de la viande crue, dans les pertes d'eau à la cuisson et dans la jutosité de la viande cuite. Le pouvoir de rétention d'eau peut être étudié par la mesure des pertes pendant la conservation (drip loss) et pendant la cuisson (cooking loss).

La **perte à la cuisson** ou « cooking loss » indique la perte de poids de la viande au cours de la cuisson. Une perte trop importante de poids à la cuisson est mal acceptée par le consommateur qui portera un jugement très défavorable sur la qualité de la viande, d'où l'importance de ce paramètre.

La **perte d'eau par exsudation** ou « drip loss » indique la perte d'eau pendant le stockage de la viande, qui ne doit pas être trop importante sous peine de réduire considérablement le poids à la vente de la carcasse.

Le pouvoir de rétention d'eau, au même titre que la couleur, dépend en grande partie du pH de la viande (voir *figure 9*). En effet, le pH quasi neutre à l'abattage est associé à une structure musculaire où les filaments protéiques se repoussent, emprisonnant de l'eau dans l'espace qui les sépare. Le pouvoir de rétention d'eau est donc plus élevé lorsque le pH est proche de 7. Au contraire, la chute de pH a pour conséquence de rapprocher ces filaments en chassant l'eau, abaissant par conséquent la capacité de rétention d'eau.

2) Mesure du pouvoir de rétention d'eau, de la perte d'eau à la cuisson et par exsudation

Comme précédemment, les mesures de qualité portent sur le muscle long du dos (*Longissimus dorsi*).

La capacité de rétention d'eau est donnée en pourcentage d'eau libre, c'est-à-dire en pourcentage d'eau libérée par la viande au cours de sa maturation par rapport au poids de viande initial (*Linares et al., 2007 et 2008 ; Grau et Hamm, 1953*). Dans la littérature, la quantité d'eau libérée est mesurée à 24h et 7j *post-mortem* en plaçant 5g de viande sur un papier filtre entre deux plaques de verre sur lesquels on exerce une pression de 2,250kg pendant 5 minutes (*Önenç et Kaya, 2004*).

La perte à la cuisson est exprimée en pourcentage de perte après cuisson au bain marie pendant 45mn à 85°C par rapport au poids initial de la viande crue (*Vergara et al., 2005*).

La perte par exsudation est donnée en pourcentage de perte de poids après stockage à 2°C pendant 7 jours par rapport au poids initial de la viande (*Vergara et al., 2005*).

E) Tendreté

1) Définition et facteurs d'influence

La tendreté est la facilité avec laquelle la viande peut être coupée par cisaillement. Elle est évaluée par la mesure de la force de cisaillement, ou « shear force » (SF), nécessaire à couper la viande. Ainsi, plus la force de cisaillement (SF) est élevée, moins la viande est tendre. La tendreté est un paramètre important pour le consommateur qui n'apprécie pas une viande difficile à mastiquer.

La tendreté dépend de la structure du réseau myofibrillaire du muscle, qui est liée :

- au type génétique des animaux et à leurs conditions d'élevage
- aux conditions d'abattage des animaux où le stress et ses modifications biochimiques ont un effet non négligeable sur l'évolution *post mortem* des viandes
- l'évolution *post mortem* du muscle avec la chute de pH et l'installation de la rigidité cadavérique, au cours de laquelle les myofibrilles des muscles se réorganisent et les sarcomères se raccourcissent, surtout pour les muscles en position relâchée sur la carcasse suspendue

2) Mesure de la tendreté

La tendreté est évaluée en mesurant la force de cisaillement nécessaire pour couper un échantillon de viande cuite en 6 sections de 1cm² d'épaisseur et 2-3 cm de long (*Vergara et Gallego, 2000*). Etant donné que le paramètre mesuré est la force nécessaire à la découpe de la viande, la tendreté sera inversement proportionnelle à la valeur mesurée : plus la force à appliquer pour couper la viande est élevée, moins la viande est tendre.

Dans les études citées en référence, la texture a été mesurée à l'aide d'un analyseur de texture de type TAXT2. Avant découpage, l'échantillon est cuit au bain-marie à 70°C pendant 15mn puis séché au papier-filtre.

Tableau 4 : Valeurs témoin des paramètres évaluant l'excanguination et la qualité de la carcasse chez les animaux abattus sans étourdissement.

	Nombre d'animaux	% de sang perdu / poids vif	pH	Couleur 24h post mortem	Capacité de rétention d'eau (% d'eau rejetée)	Cooking Loss 7j (%)	Drip Loss 7j (%)	Force de cisaillement 72h (kg/cm ²)
Linares et al. 2007	20		15mn	L* 39,9 ± 0,49	24h	6,04 ± 0,36	0,52 ± 0,03	
			45mn	a* 17,39 ± 0,29				
			24h	b* 5,15 ± 0,12	7j			
Velarde et al. 2003	43	4,3 ± 0,01	15mn	L* 39,0 ± 0,48	24h			
			45mn	a* 15,4 ± 0,33				
			24h	b* 4,0 ± 0,16	7j			
Önenç et Kaya 2004	20		15mn	L* 6,5 ± 0,06	24h	23,01 ± 1,74		
			45mn	a* 5,99 ± 0,55				
			24h	b* 47,01 ± 0,94	7j			
Vergara et Gallego 2000	24		15mn	L* 6,19 ± 0,05	24h			3,89 ± 0,31
			45mn	a* 5,77 ± 0,07				
			24h	b* 7,9 ± 0,35	7j			
Vergara et al. 2005	23		15mn	L* 6,41 ± 0,04	24h	14,92 ± 1,09	0,73 ± 0,13	8,44 ± 0,34
			45mn	a* 6,33 ± 0,09				
			24h	b* 5,78 ± 0,02	7j			
Anil et al. 2004	48	3,98 ± 0,318	15mn	L* 6,6 ± 0,08	24h			
			45mn	a* 5,7 ± 0,16				
			24h	b* 43,0	7j			
Moyenne	29,7	4,1	15mn	L* 6,6	24h	14,7	0,6	6,2
			45mn	a* 6,4				
			24h	b* 5,7	7j			

On observe sur le tableau 2 les valeurs témoins mesurées dans les études comparant l'étourdissement électrique avec l'abattage sans étourdissement. Ces valeurs sont relativement concordantes selon les études, à l'exception des pertes d'eau à la cuisson (CL) et de la tendreté. Ainsi, même sur des animaux abattus de manière identique, on peut observer de légères variations. Ces différences peuvent s'expliquer par des variations interspécifiques et inter-individuelles :

- la différence de pertes d'eau à la cuisson peut être due au fait que Önenç et Kaya (2004) ont travaillé sur des veaux, et les autres auteurs sur des moutons
- la différence observée sur la tendreté entre les deux études de Vergara et al. peut se justifier car il a travaillé d'abord chez l'agneau sevré de 25 kg (2000), puis chez l'agneau de lait de 12 kg (2005) qui serait moins tendre que le premier.

Bilan :

Les indicateurs retenus pour l'étude de la qualité de la viande après étourdissement sont donc : la qualité de l'exsanguination (quantité de sang perdue, incidence d'hémorragies musculaires), le pH, la couleur, la capacité de rétention d'eau, les pertes d'eau à la cuisson et par exsudation, et la tendreté.

Ces paramètres sont représentatifs de tous les aspects de la qualité de la viande : organoleptique (tendreté), visuelle (couleur, perte d'eau, hémorragies) et microbiologique (exsanguination). Fortement interdépendants, ils sont influencés non seulement par les conditions d'abattage - jugulation mal réalisée, stress, conditions de maturation – mais aussi par le sexe, l'âge des animaux et les conditions d'élevage. Les variations interindividuelles doivent donc être interprétées avec précaution.

TROISIÈME PARTIE

INFLUENCE DE L'ÉTOURDISSEMENT SUR LA QUALITE DE LA VIANDE

A) Analyse des données publiées

Pour qu'une technique d'étourdissement soit acceptable par rapport aux méthodes traditionnelles, il est nécessaire qu'elle ne dégrade pas la qualité de la carcasse. De ce fait, un certain nombre d'expérimentateurs (*Vergara et Gallego, 2000 ; Vergara et al., 2005 ; Velarde et al., 2003 ; Anil et al., 2004 ; Önenç et Kaya, 2004 ; Linares et al., 2007*) ont cherché à comparer les paramètres de qualité de la viande entre un groupe d'animaux abattus après étourdissement électrique et un groupe abattu sans étourdissement selon la méthode musulmane. Les conditions d'amenée, d'abattage puis de préparation de la carcasse étaient les conditions standard utilisées dans le commerce.

Les paramètres du courant sinusoïdal utilisé pour l'étourdissement étaient contrôlés, mais variables entre les études : 110V pendant 5 secondes (*Vergara et al., 2005 ; Linares et al., 2007*), 125V pendant 10 sec (*Vergara et Gallego, 2000*), 250 V pendant 3 secondes (*Velarde et al., 2003*), 350 V pendant 3 secondes (*Anil et al., 2004*), 400V et 1,5A pendant 10s chez les bovins (*Önenç et Kaya, 2004*). Seule la fréquence de 50 Hz était constante dans toutes les expériences. Ces valeurs sont plus élevées que les paramètres réellement utilisés en abattoir, en particulier le voltage de 400V utilisé par Önenç et Kaya sur des taureaux (2004).

Les résultats chiffrés de toutes les études sont donnés en Annexe I.

1) Influence de l'étourdissement sur l'exsanguination et les hémorragies musculaires

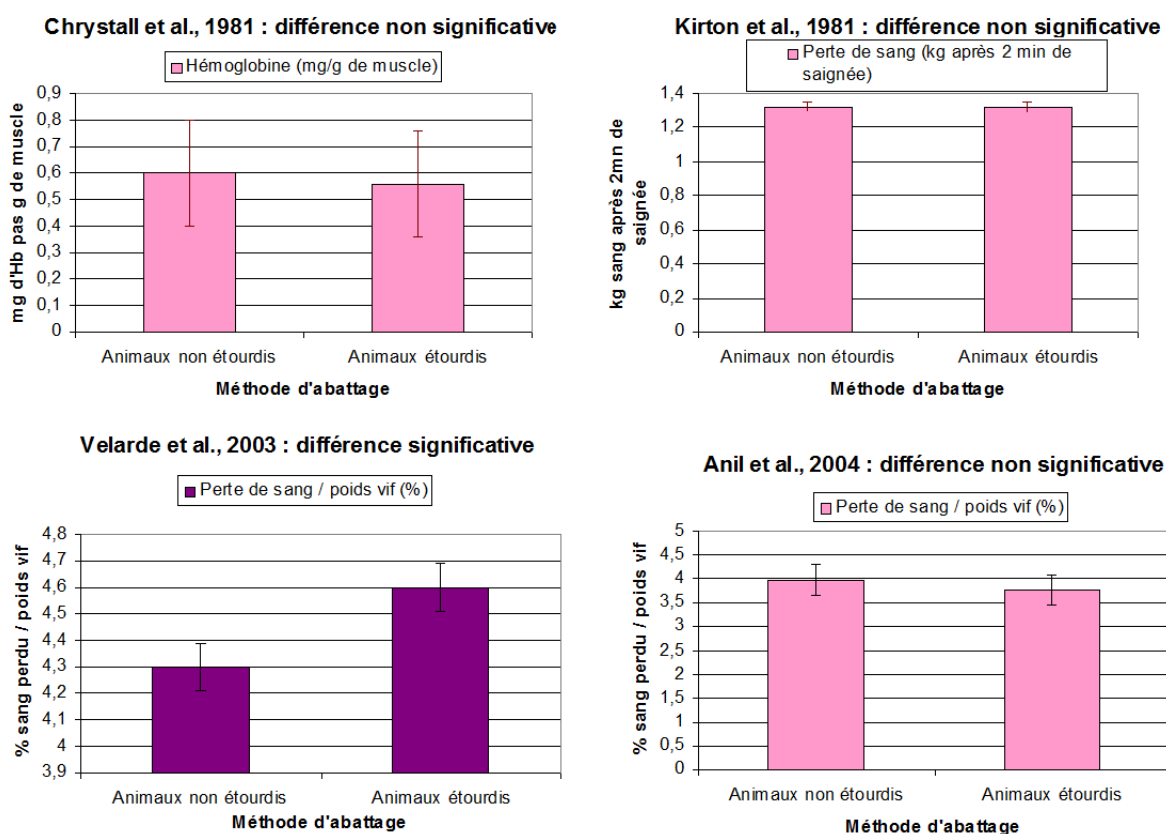
Quatre études, deux récentes et deux plus anciennes, ont comparé l'efficacité de l'exsanguination avec et sans étourdissement électrique. Dans chacune d'elles, il est important de noter que l'on a travaillé avec l'étourdissement par la tête uniquement, et donc que la pompe cardiaque était fonctionnelle pendant la durée de la saignée.

Les études ont porté :

- sur des agneaux d'environ 30kg, dont 10 abattus sans étourdissement et 10 abattus après étourdissement électrique (*Chrystall et al., 1981*)
- sur des agneaux d'environ 30kg, dont 40 abattus sans étourdissement et 40 abattus après étourdissement électrique (*Kirton et al., 1980-1981*)

- sur des agneaux de 12-14 semaines d'environ 20kg, dont 21 abattus sans étourdissement et 22 abattus après étourdissement électrique (*Velarde et al., 2003*)
- sur des moutons adultes de 22 à 68 kg, dont 30 abattus sans étourdissement et 18 abattus après étourdissement électrique (*Anil et al., 2004*)

Figure 11 : Comparaison de l'efficacité de l'exsanguination avec ou sans étourdissement

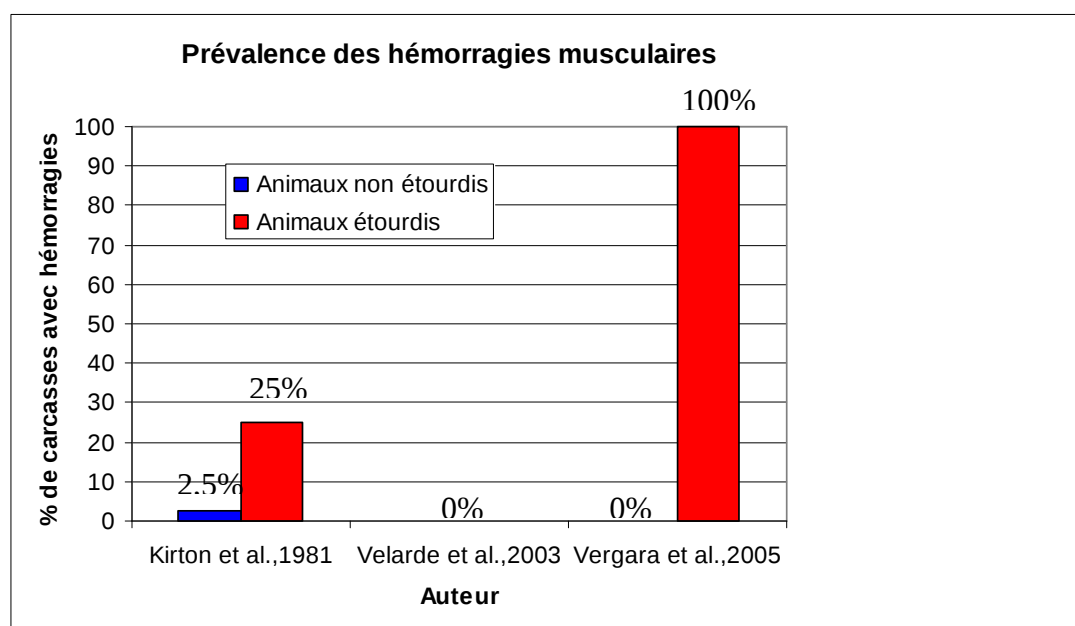


Ces quatre études ont évalué la qualité de l'exsanguination de trois manières différentes : par la quantité d'hémoglobine musculaire (*Chrystall et al., 1981*), par le poids de sang perdu en 2 minutes (*Kirton, 1981*), ou par le pourcentage de sang perdu par rapport au poids vif (*Velarde et al., 2003 ; Anil et al., 2004*). Toutes s'accordent sur le fait qu'aucun effet négatif n'est observé sur l'exsanguination après étourdissement électrique, avec un effet non significatif chez la majorité des auteurs. L'étude de Velarde et al. (2003) montre même que l'étourdissement électrique peut avoir un effet positif sur celle-ci, avec 4,3% du poids vif en sang perdu chez les animaux non étourdis, contre 4,6% chez les animaux étourdis électriquement.

D'autre part, l'étude de Anil et al. a évalué non pas la quantité de sang perdue, mais la vitesse de saignée en comparant le temps nécessaire à atteindre 25, 50, 75 et 90% de saignée. Aucune différence significative n'est observée, excepté un temps plus court pour atteindre 90% d'exsanguination chez les animaux étourdis électriquement.

Quelques études, dont les résultats sont présentés sur la figure 11, ont eu comme objectif d'évaluer la qualité de la saignée par la recherche d'hémorragies macroscopiques dans les muscles. Le nombre d'animaux utilisé dans les deux premières études est donné précédemment, et l'étude de Vergara et al. (2005) a porté sur des agneaux de lait d'environ 13 kg, dont 8 abattus sans étourdissement et 15 étourdis électriquement.

Figure 12 : Comparaison de prévalence des hémorragies musculaires avec ou sans étourdissement



Lors de ses expériences, Vergara a observé des hémorragies musculaires chez tous les animaux étourdis (incidence de 100%), tandis qu'il n'en a détecté aucune chez les animaux abattus vigiles. La proportion de carcasses présentant des hémorragies musculaires est donc ici largement supérieure chez les animaux sujets à l'étourdissement. Kirton rapporte des résultats moins tranchés (25% chez les étourdis contre 2,5% chez les autres), prouvant que ces hémorragies existent également chez les animaux non soumis à l'étourdissement électrique, mais parvient malgré tout aux mêmes conclusions. Ces résultats concordent avec la majorité des publications, qui affirment que l'étourdissement a un effet négatif en accroissant la proportion d'hémorragies dans le muscle (*Gilbert et Devine, 1982 ; Gregory, 2005*). Cependant, Velarde et al. (2003) ne trouve dans son étude aucun animal présentant des hémorragies, même parmi les animaux étourdis avant abattage.

2) Influence de l'étourdissement sur l'évolution du pH *post mortem*

L'évolution du pH *post mortem* dépend majoritairement de la glycolyse anaérobie qui a lieu dans le muscle après l'abattage (*Cassens, 1966*). En effet, le glycogène contenu dans le muscle est transformé en acide lactique, ce qui provoque une baisse de pH. Suite à l'étourdissement électrique, on suspecte des modifications de pH car l'activité musculaire intense qui suit l'application du choc électrique peut affecter les réserves de glycogène du muscle et ainsi accélérer la chute de pH (*Linares et al., 2007 ; Monin, 1988*).

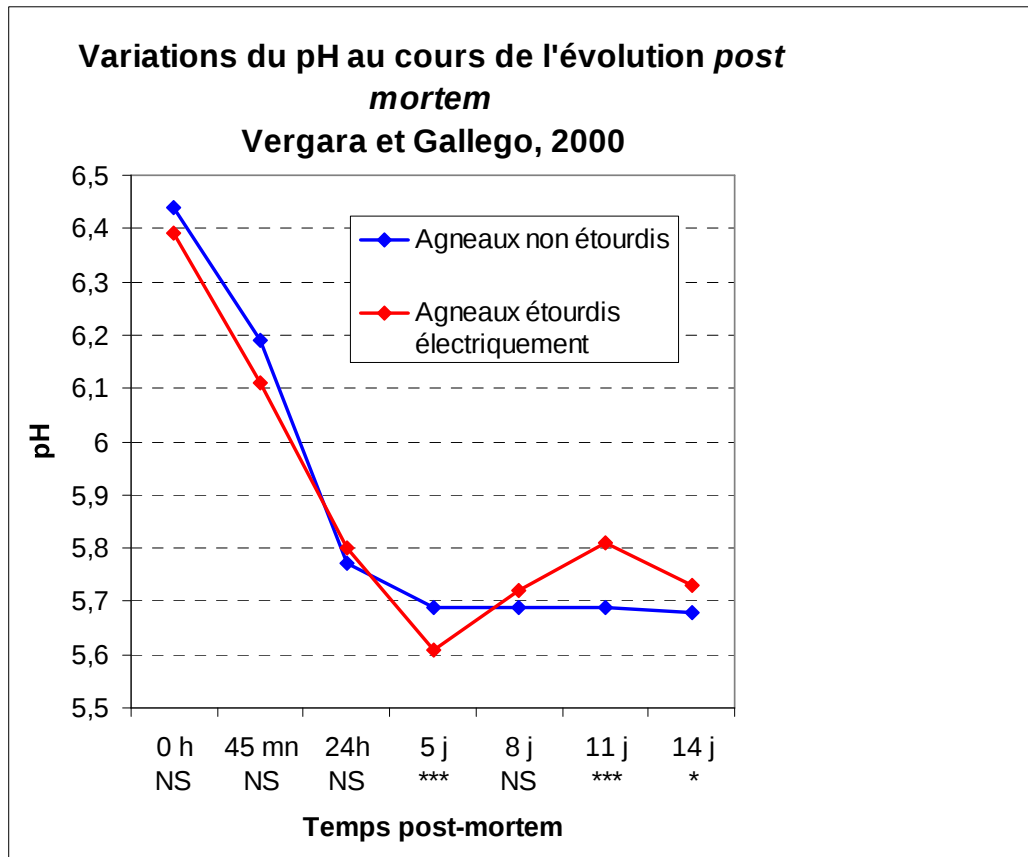
Le pH est un facteur capital à prendre en compte dans l'évaluation de la qualité de la viande, dans la mesure où il influence de nombreux autres paramètres comme la couleur et la capacité de rétention d'eau. En effet, une diminution trop rapide et importante du pH après l'abattage réduit la capacité de rétention d'eau et affaiblit l'intensité de la couleur de la viande (*Monin, 1988*). Ainsi, une perturbation de la chute du pH pourra rendre la viande trop pâle et trop exsudative pour être acceptable par le consommateur.

Ainsi, plusieurs études expérimentales ont porté sur l'influence de l'étourdissement sur la chute de pH. Les résultats obtenus sont présentés dans les graphiques ci-dessous.

La figure 13 présente les résultats de l'étude de Vergara et Gallego (2000) sur des agneaux mâles d'environ 25 kg, dont 12 abattus sans étourdissement et 12 étourdis électriquement.

Figure 13 : Comparaison du pH au cours de l'évolution post mortem avec ou sans étourdissement (Vergara et Gallego, 2000)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif



Sur la figure 13, on observe une différence significative de pH :

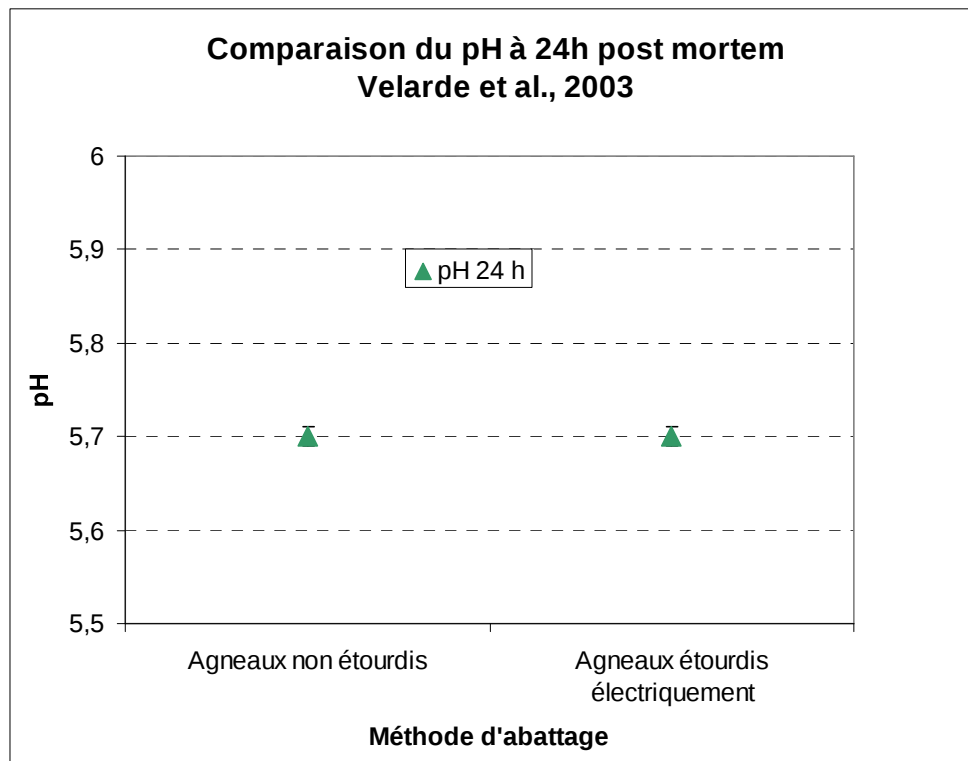
- à 5 jours, avec un pH de 5,61 chez les animaux étourdis et 5,69 chez les non étourdis
- à 11 jours, avec un pH de 5,81 chez les animaux étourdis et 5,69 chez les non étourdis
- à 14 jours, avec un pH de 5,73 chez les animaux étourdis et 5,68 chez les non étourdis

Toutefois, aucune différence n'existe à l'abattage, après 45 minutes, 24 heures et 8 jours *post mortem*. Selon ces résultats, le pH serait significativement plus bas à 5 jours chez les animaux étourdis, puis il remonterait à partir de 11 jours, devenant plus élevé que chez les animaux non étourdis.

La figure 14 présente les résultats obtenus dans les expériences de Velarde et al. en 2003, déjà présentées dans le paragraphe sur l'exsanguination.

Figure 14 : Comparaison du pH au cours de l'évolution post mortem avec ou sans étourdissement (Velarde et al., 2003)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

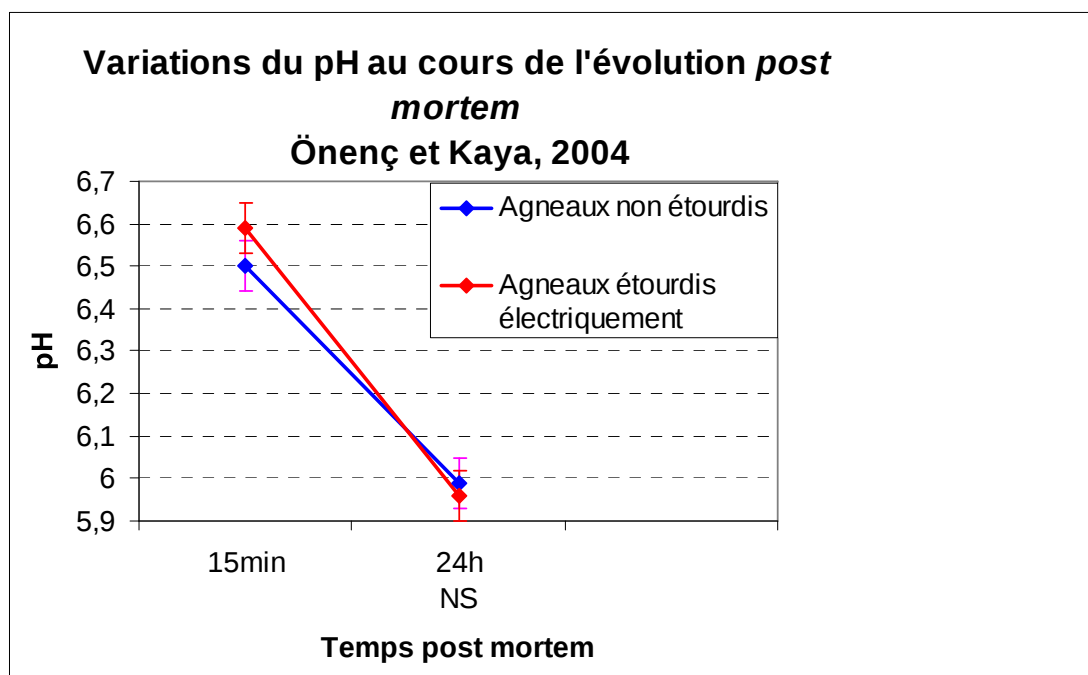


Contrairement aux autres études, celle de Velarde et al. ne concerne que le pH à 24 heures *post mortem*. Ici, l'auteur obtient un pH de 5,7 quelle que soit la technique d'abattage.

La figure 15 présente les résultats de l'étude de Önenç et Kaya (2004) portant sur des jeunes taureaux, dont 10 abattus sans étourdissement et 10 étourdis électriquement.

Figure 15 : Comparaison du pH au cours de l'évolution post mortem avec ou sans étourdissement (Önenç et Kaya, 2004)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif



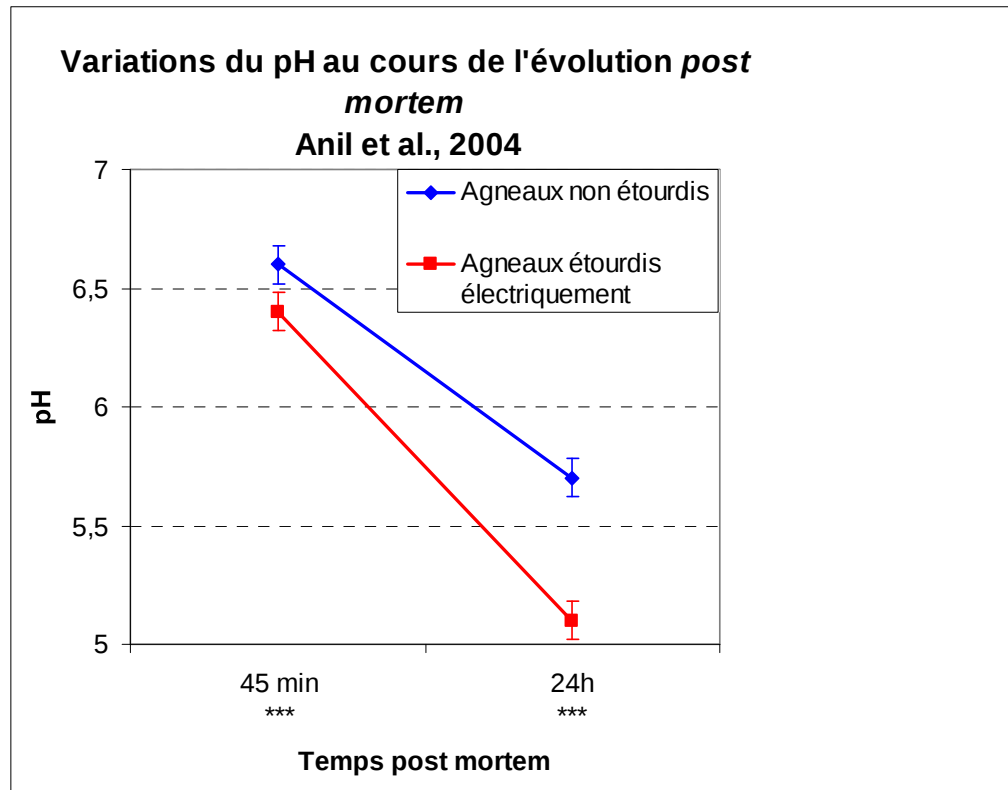
De même que Velarde et al., Önenç et Kaya n'ont observé aucune différence significative sur le pH à 15 minutes et 24h *post mortem*, avec un pH à 24h de 5,96 chez les animaux étourdis ; contre 5,99 chez les non étourdis. Ils ont également étudié la pente des deux droites obtenues avec et sans étourdissement (voir tableau 5), et n'ont constaté aucune différence significative dans la chute de pH entre 15 minutes et 24 heures.

Tableau 5 : Comparaison de chute de pH avec ou sans étourdissement (Önenç et Kaya, 2004)

(Önenç et Kaya, 2004)	Agneaux non étourdis	Agneaux étourdis électriquement	Significativité
Chute de pH (heure ⁻¹)	$2,14.10^{-2}$	$3,04.10^{-2}$	NS
(pH 15mn – pH 24h)/24h			

Figure 16 : Comparaison du pH au cours de l'évolution post mortem avec ou sans étourdissement (Anil et al., 2004)

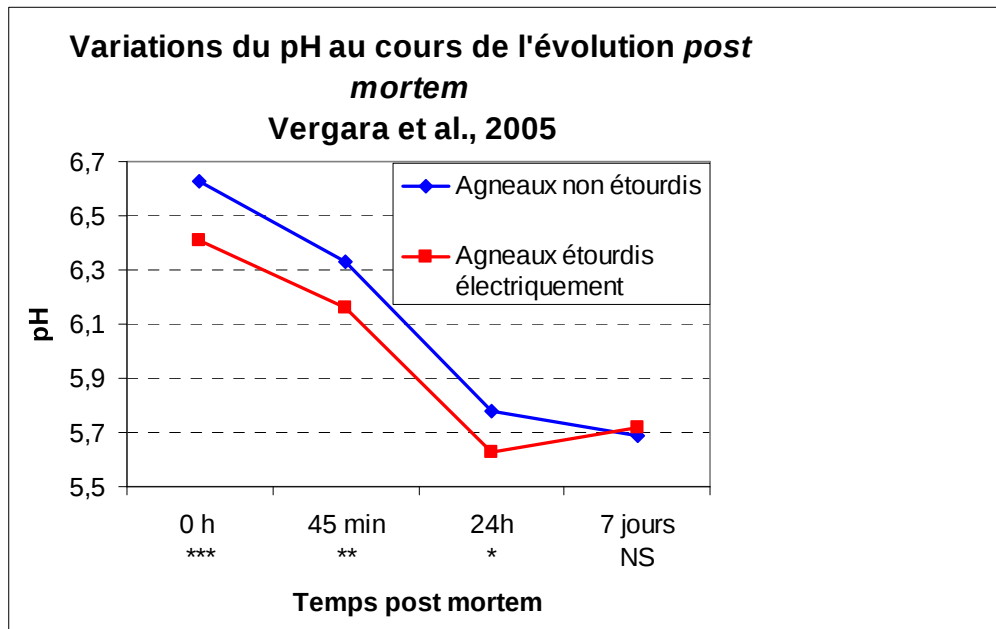
NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif



Contrairement aux études précédentes, le pH à 45 minutes et 24h *post mortem* est ici significativement plus bas chez les animaux étourdis. En effet, à 24 heures *post mortem*, le pH mesuré par Anil et al. est de 5,1 dans le groupe d'animaux étourdis ; contre 5,7 dans l'autre groupe. On peut cependant s'interroger sur la fiabilité de ces mesures, car le pH minimum rapporté dans la littérature dans les viandes déjà trop acides est de 5,5 au minimum (*Institut de l'élevage, 2007*). L'obtention d'un pH atteignant 5,1 paraît donc peu crédible et pourrait être liée à une erreur de mesure, la détermination du pH de la viande étant une opération délicate.

Figure 17 : Comparaison du pH au cours de l'évolution post mortem avec ou sans étourdissement (Vergara et al., 2005)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif



Ces résultats, concordant avec ceux de Anil et al. (2004), révèlent un pH après étourdissement significativement plus bas de 0 à 24 heures *post mortem*. Par exemple, à 24 heures, le pH n'atteint que 5,63 dans le groupe étourdi ; tandis qu'il est de 5,78 dans l'autre groupe.

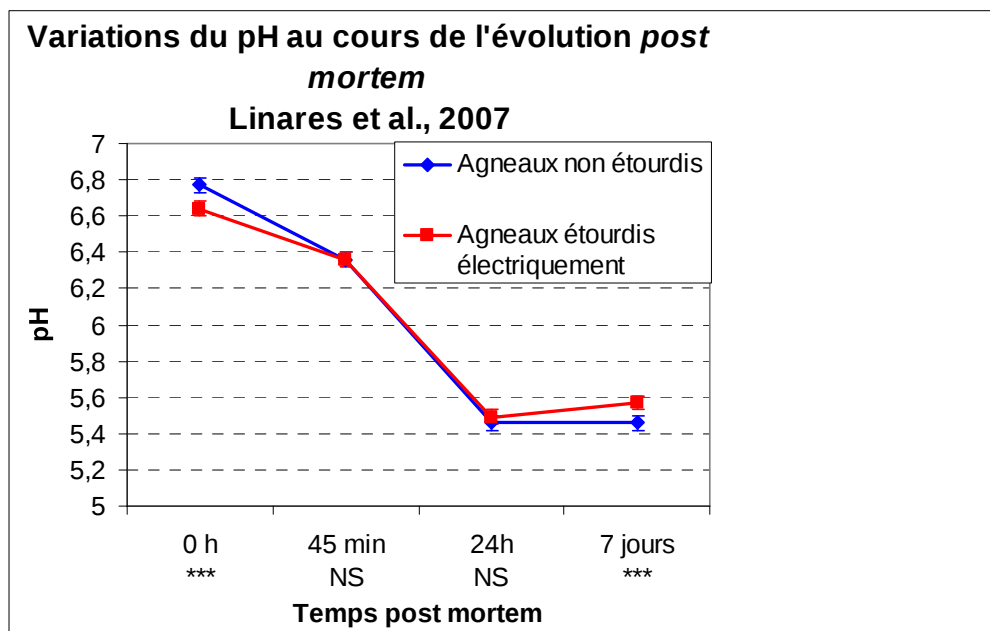
Cependant, cette différence disparaît à 7 jours, avec un pH de 5,72 dans le groupe étourdi et de 5,69 dans l'autre groupe. Le pH de la viande à la fin de l'expérience n'est donc pas influencé par l'étourdissement.

De plus, comme dans ses expériences réalisées en 2000, Vergara et al. observent une remontée de pH à 24 heures chez les animaux soumis à un étourdissement.

La figure 18 présente les résultats obtenus par Linares et al. (2007) sur des agneaux de 70 jours et d'environ 25kg, dont 10 abattus sans étourdissement et 10 étourdis électriquement.

Figure 18 : Comparaison du pH au cours de l'évolution post mortem avec ou sans étourdissement (Linares et al., 2007)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif



On observe sur la figure 18 un pH immédiatement après abattage significativement plus bas chez les animaux étourdis (6,64) que chez les non étourdis (6,77), comme l'avaient souligné Vergara et al. en 2005. Néanmoins, cette différence disparaît à 45 minutes et 24h *post mortem*. A 7 jours, on observe une remontée du pH à 5,57 chez les animaux étourdis, alors qu'il n'atteint que 5,46 en l'absence d'étourdissement. Cela a également été observé par Vergara dans ses deux études (2000 ; 2005).

Bilan : L'évolution du pH entre 0 et 24h *post mortem* **diffère selon les études**. Certains auteurs **rapportent une différence non significative** avec ou sans étourdissement (Vergara et Gallego, 2000 ; Velarde et al., 2003 ; Önenç et Kaya., 2004) tandis que **d'autres observent un écart significatif** (Vergara et al., 2005 ; Anil et al., 2004 ; Linares et al., 2007). Ces derniers, qui observent une différence significative s'accordent sur le fait que les **animaux étourdis présentent un pH plus bas que les autres**.

De plus, les deux études qui ont porté sur le **pH à 5 jours** montrent une **remontée** de celui-ci chez les animaux étourdis électriquement (*Vergara et Gallego, 2000 ; Linares et al., 2007*).

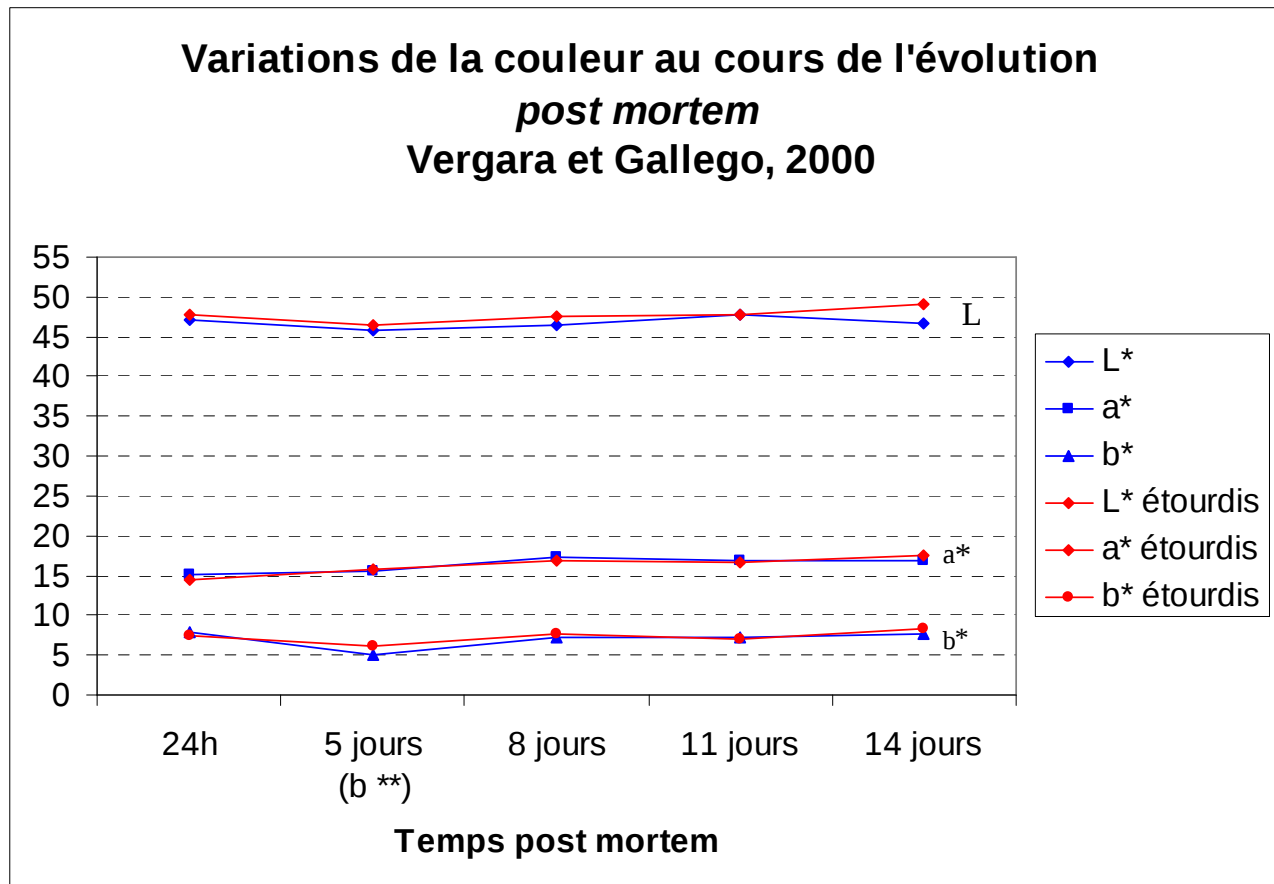
Ces résultats peuvent toutefois être remis en question, car les **différences observées sont minimes et ne sont pas observées par tous les auteurs**. Il est en effet difficile d'affirmer que les pH-mètres employés soient d'une sensibilité suffisante pour prendre en compte des différences de 0,1 unités de pH. De plus, ces différences ne concernent souvent **qu'une seule mesure dans toute la maturation** et ne révèlent **pas une évolution de pH fondamentalement différente**. Or, on sait que le pH n'est pas seulement lié à l'étourdissement ; mais aussi aux conditions d'élevage, de transport, d'abattage et aux facteurs propres à l'animal. Etant donné le nombre relativement faible d'études (6 dont la moitié seulement observe une différence significative), on ne peut donc **pas exclure que ces variations mineures et ponctuelles soient dues à un biais dans les études**.

3) Influence de l'étourdissement sur la couleur

Les références bibliographiques présentées pour l'étude de la couleur sont les mêmes que celles de l'exsanguination et le pH. Le nombre d'animaux de l'étude est donc le même et ne sera pas précisé. Les paramètres utilisés pour la mesure sont L* (clarté de la couleur), a* (coefficient de couleur rouge), b* (coefficient de couleur jaune) et h* (angle de teinte), dont la représentation graphique en coordonnées cylindriques est illustrée dans la figure 10.

Figure 19 : Comparaison de la couleur par la méthode des coordonnées cylindriques au cours de l'évolution post mortem avec ou sans étourdissement (Vergara et Gallego, 2000)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

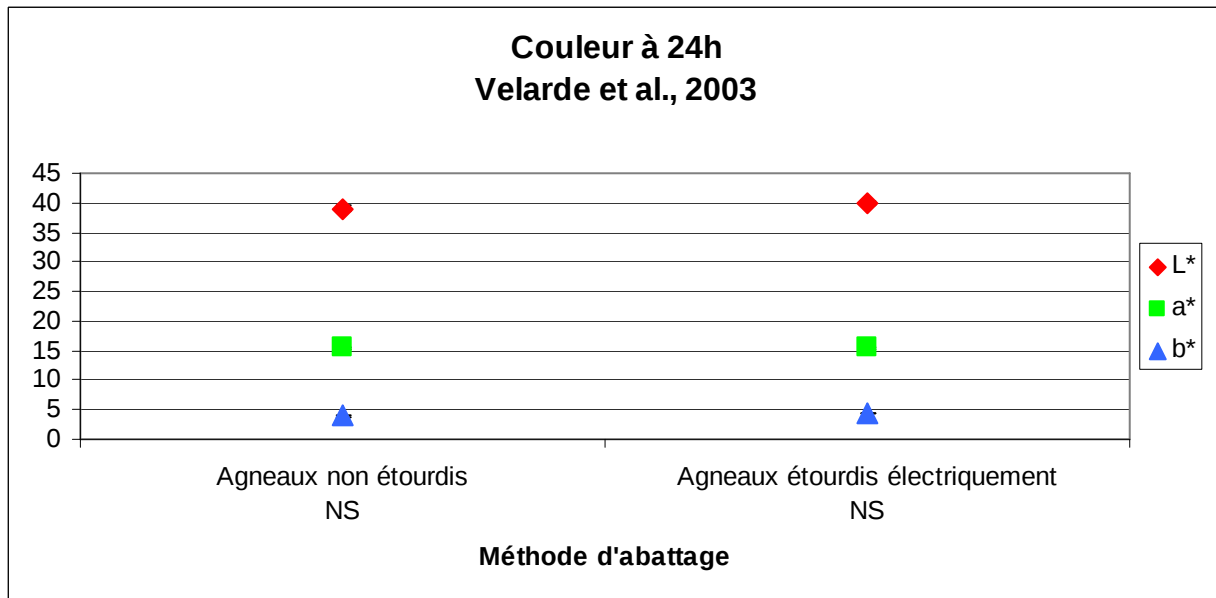


Ces trois courbes représentant L*, a* et b* mettent en évidence les très faibles différences observées entre les deux groupes d'animaux (étourdis et non étourdis).

Aucune différence n'est très significative entre 24 heures et 14 jours *post mortem*, toutefois on note une valeur de b* à 5 jours légèrement supérieure chez les animaux étourdis ($6,13 \pm 0,37$) par rapport aux animaux non étourdis ($5,07 \pm 0,26$). Cela correspond à une viande plus jaune. Ces différences disparaissent néanmoins dès 8 jours, et n'ont pas d'influence sur la couleur finale de la viande.

Figure 20 : Comparaison de la couleur par la méthode des coordonnées cylindriques au cours de l'évolution post mortem avec ou sans étourdissement (Velarde et al., 2003)

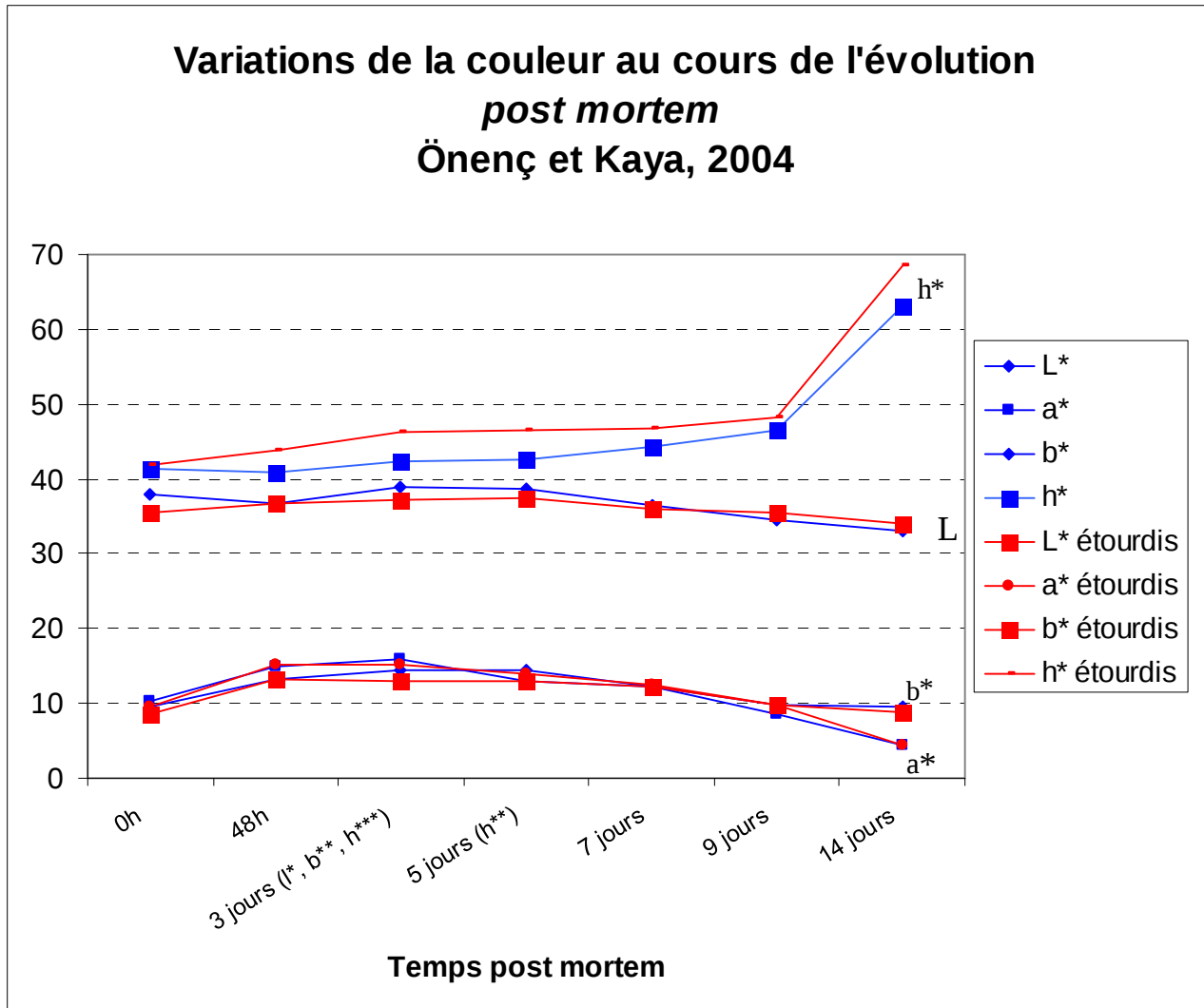
NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif



Ces paramètres de couleur, mesurés à 24 heures par Velarde et al., ne sont pas significativement différents entre les groupes. Cela confirme les résultats du graphe précédent (Vergara et Gallego, 2000) à 24 heures *post mortem*.

Figure 21 : Comparaison de la couleur par la méthode des coordonnées cylindriques au cours de l'évolution post mortem avec ou sans étourdissement (Önenç et Kaya, 2004)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif



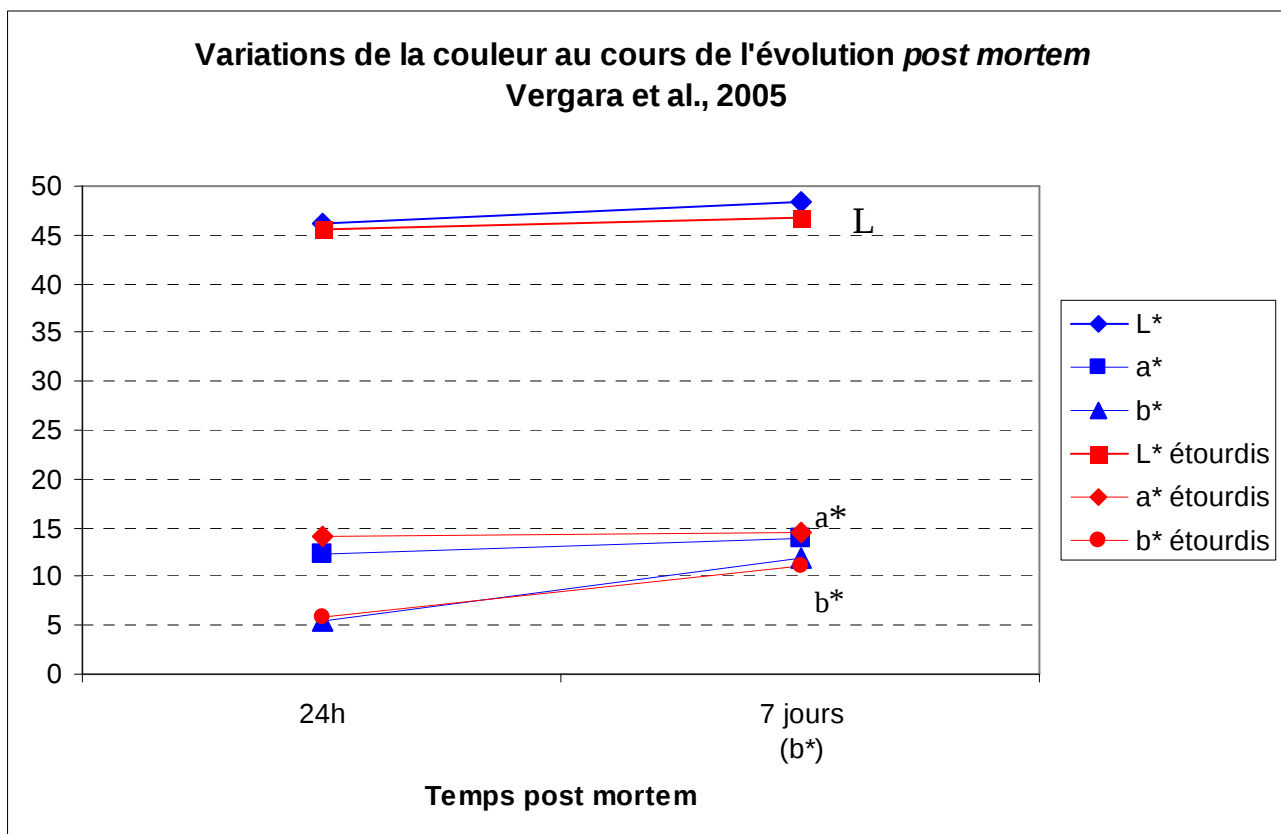
L'étude d'Önenç et Kaya présente un paramètre de mesure supplémentaire pour la couleur : le ton de couleur h^* , ou angle de teinte. Celui-ci est significativement plus élevé à 3 jours chez les étourdis ($46,29 \pm 1,13$) par rapport aux animaux non étourdis ($42,34 \pm 1,13$). Une différence significative existe également sur h^* à 5 jours. Cela signifie en terme de couleur perçue que le h^* des animaux étourdis sera plus proche de 90° , donc que la viande sera plus jaune que celle des non-étourdis (voir figure 10).

De plus, b^* à 3 jours est légèrement inférieure chez les animaux étourdis ($12,99 \pm 0,51$) que chez les animaux non étourdis ($14,55 \pm 0,51$), même si cette différence reste minime sur le graphique. Cela correspond à une viande légèrement moins jaune.

Toutes ces différences significatives à 3 et 5 jours s'estompent dès 7 jours de maturation. Ainsi, elles ne sont que ponctuelles et n'affectent pas la couleur, l'un des éléments de la qualité finale de la viande.

Figure 22: Comparaison de la couleur par la méthode des coordonnées cylindriques au cours de l'évolution post mortem avec ou sans étourdissement (Vergara et al., 2005)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif



Aucune différence très significative n'est à noter à 24 heures et 7 jours *post mortem* sur les paramètres mesurés ici. On observe une valeur de b^* à 7 jours est légèrement supérieure chez les animaux étourdis ($11,08 \pm 0,29$) que chez les animaux non étourdis ($11,83 \pm 0,36$). Cela correspondrait à une viande plus jaune, mais cette différence est très discrète et à peine remarquable sur le graphique.

Figure 23 : Comparaison de la couleur à 24h avec ou sans étourdissement (Anil et al., 2004)

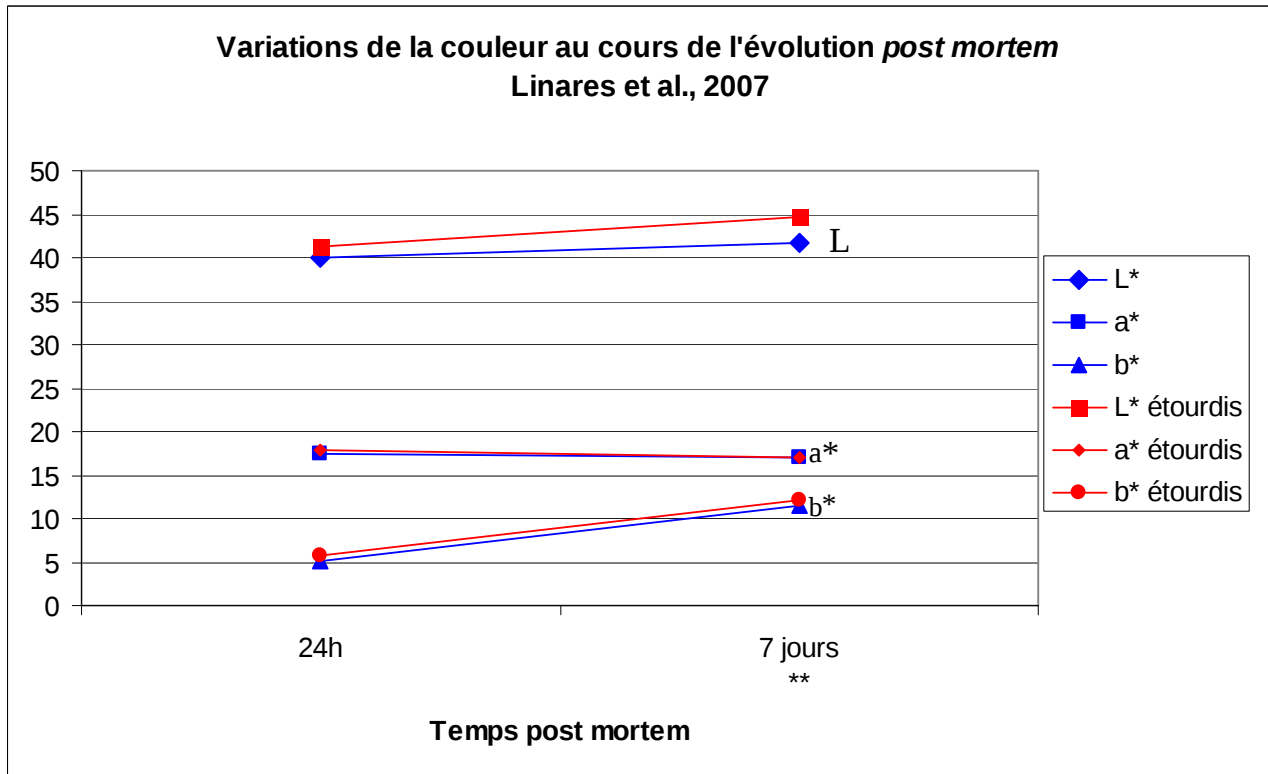
NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

(Anil et al., 2004)	Agneaux non étourdis	Agneaux étourdis électriquement	Significativité
Couleur (score de pâleur par rapport à un panel de couleurs)	2,8 ± 0,19	2,5 ± 0,19	*

Dans cette étude de Anil et al., la couleur n'est pas mesurée par colorimètre selon L*, a* et b*, mais évaluée par des juges selon une gamme de couleur. La couleur de la viande des animaux étourdis est jugée plus pâle que celle des animaux non étourdis, bien que la différence soit relativement faible.

Figure 24 : Comparaison de la couleur par la méthode des coordonnées cylindriques au cours de l'évolution post mortem avec ou sans étourdissement (Linares et al., 2007)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif



A 24 heures, aucune différence significative de couleur n'existe entre les animaux étourdis et les non étourdis, comme dans les études de Vergara et Gallego (2000) et Velarde et al. (2003).

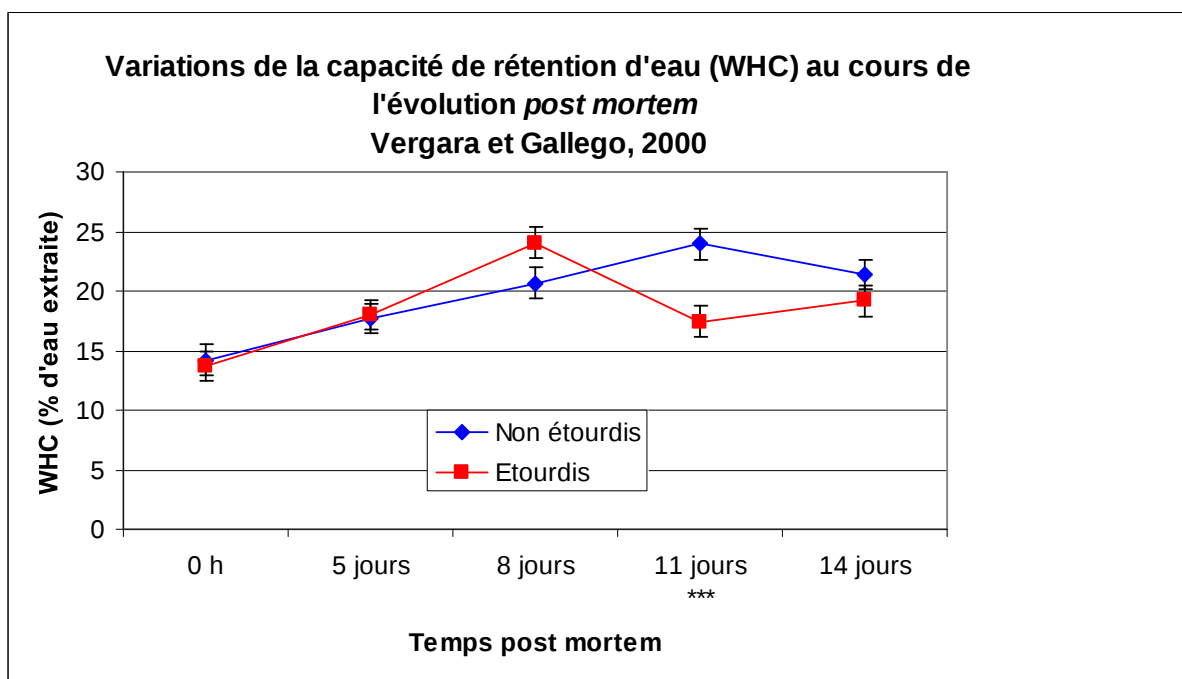
Après 7 jours, la viande est très significativement plus pâle avec une valeur de L* plus élevée chez les animaux étourdis ($44,7 \pm 0,71$) que chez les non étourdis ($41,6 \pm 0,58$), contrairement aux résultats obtenus par Önenç et Kaya (2004). On observe également un a* plus élevé ($17,11 \pm 0,59$) chez les étourdis que chez les non étourdis ($16,99 \pm 0,53$), et un b* plus élevé ($12,15 \pm 0,41$) chez les étourdis que chez les non étourdis ($11,55 \pm 0,12$). Cela signifie que la viande des animaux étourdis est plus rouge et plus jaune.

Bilan : Les études s'accordent toutes sur le fait **qu'aucune différence significative de couleur n'est observée à 24 heures *post mortem* et à partir de 8 jours**. Plusieurs études notent des **différences entre 3 et 7 jours *post mortem***, mais celles-ci restent **ponctuelles, de faible amplitude et peu concordantes entre les différents auteurs**.

4) Influence de l'étourdissement sur le pouvoir de rétention d'eau, les pertes d'eau à la cuisson et par exsudation

Figure 25 : Comparaison de la capacité de rétention d'eau (WHC) avec ou sans étourdissement (Vergara et Gallego, 2000)

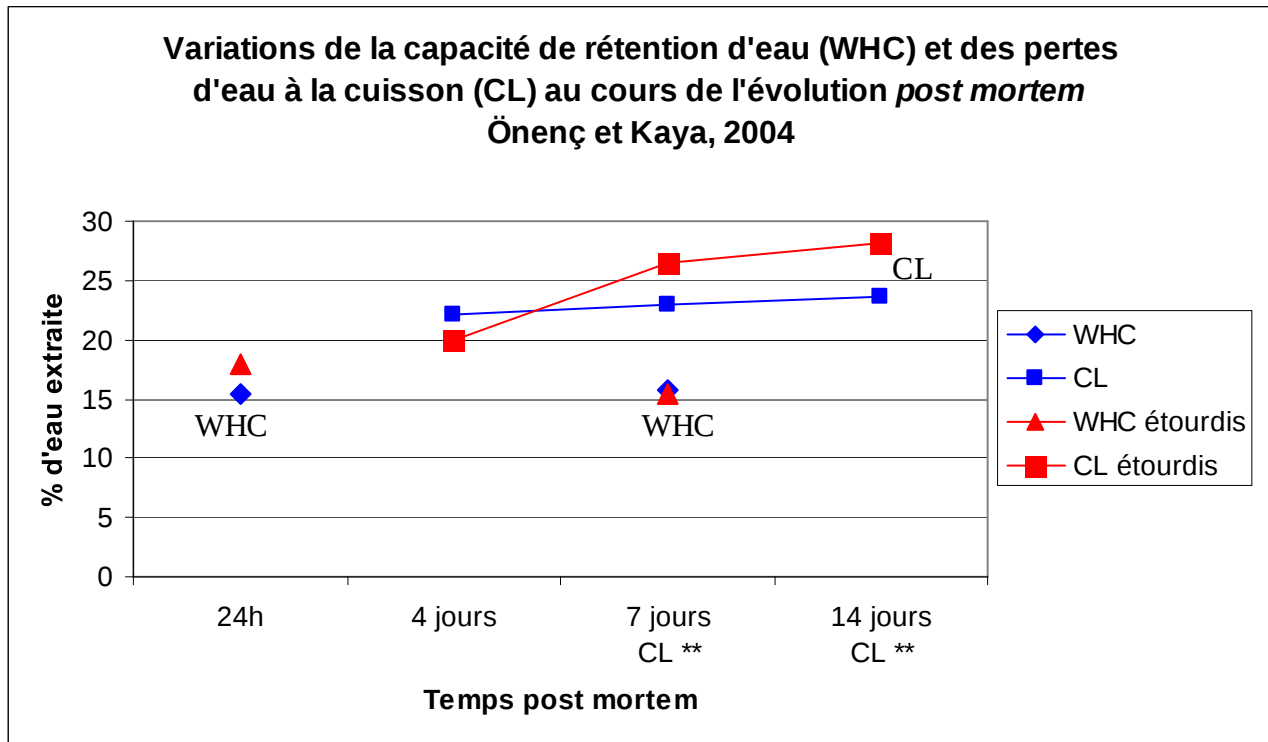
NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif



Selon ces résultats, le pouvoir de rétention d'eau à 11 jours serait plus faible chez les animaux étourdis électriquement ($17,46 \pm 1,07$) que chez les non étourdis ($23,96 \pm 0,85$). Aucune autre différence significative n'est à noter. On retiendra que la différence observée à 11 jours n'existe plus à 14 jours et n'affecte donc pas la qualité finale de la viande.

Figure 26 : Comparaison de la capacité de rétention d'eau (WHC) et des pertes d'eau à la cuisson (CL) avec ou sans étourdissement (Önenç et Kaya, 2004)

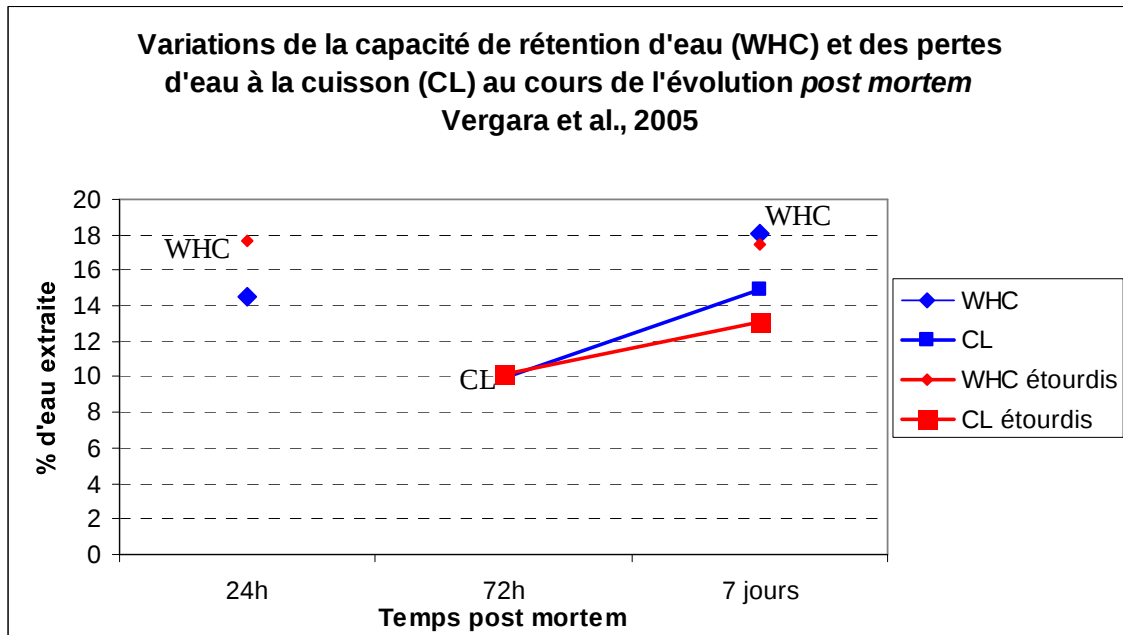
NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif



Aucune différence significative n'est observée initialement pour la capacité de rétention d'eau. Les pertes d'eau à la cuisson, quant à elles, sont significativement plus élevées à partir de 7 jours chez les animaux étourdis.

Figure 27 : Comparaison de la capacité de rétention d'eau (WHC) et des pertes d'eau à la cuisson (CL) avec ou sans étourdissement (Vergara et al., 2005)

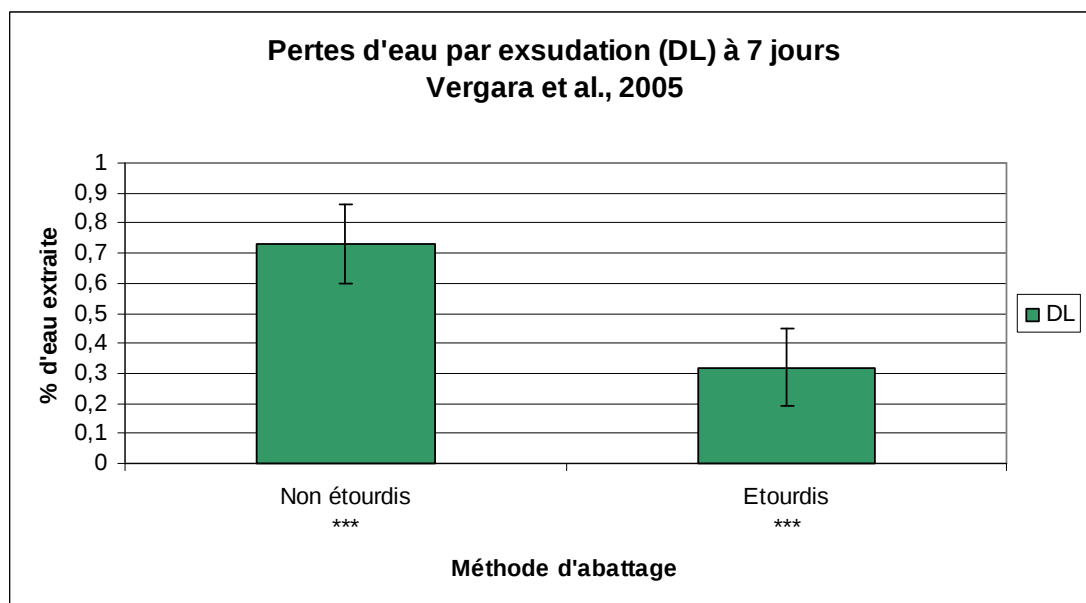
NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif



Aucune différence significative n'est observée pour la capacité de rétention d'eau et les pertes d'eau à la cuisson.

Figure 28 : Comparaison de la perte d'eau par exsudation (DL) avec ou sans étourdissement (Vergara et Gallego, 2000)

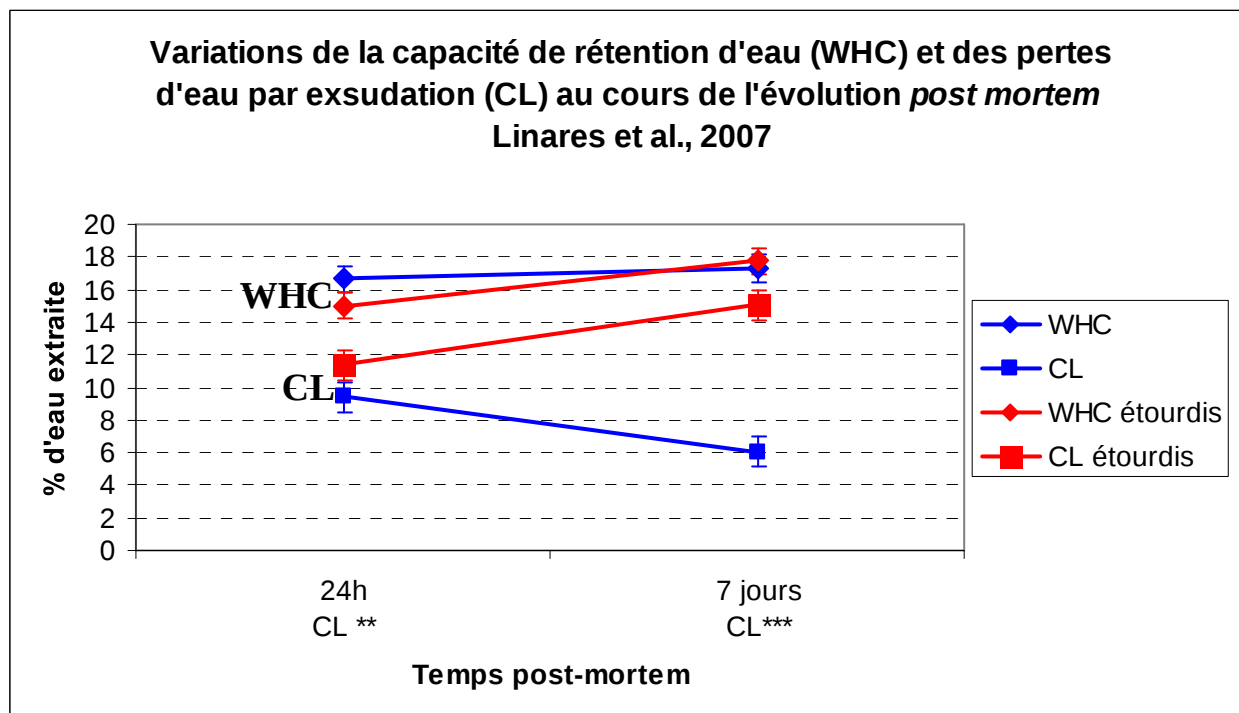
NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif



Selon cette étude, les pertes d'eau par exsudation à 7 jours seraient plus faibles chez les animaux étourdis électriquement ($0,32 \pm 0,03$) que chez les non étourdis ($0,73 \pm 0,13$).

Figure 29 : Comparaison de la capacité de rétention d'eau (WHC) et des pertes d'eau à la cuisson (CL) avec ou sans étourdissement (Linares et al., 2007)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

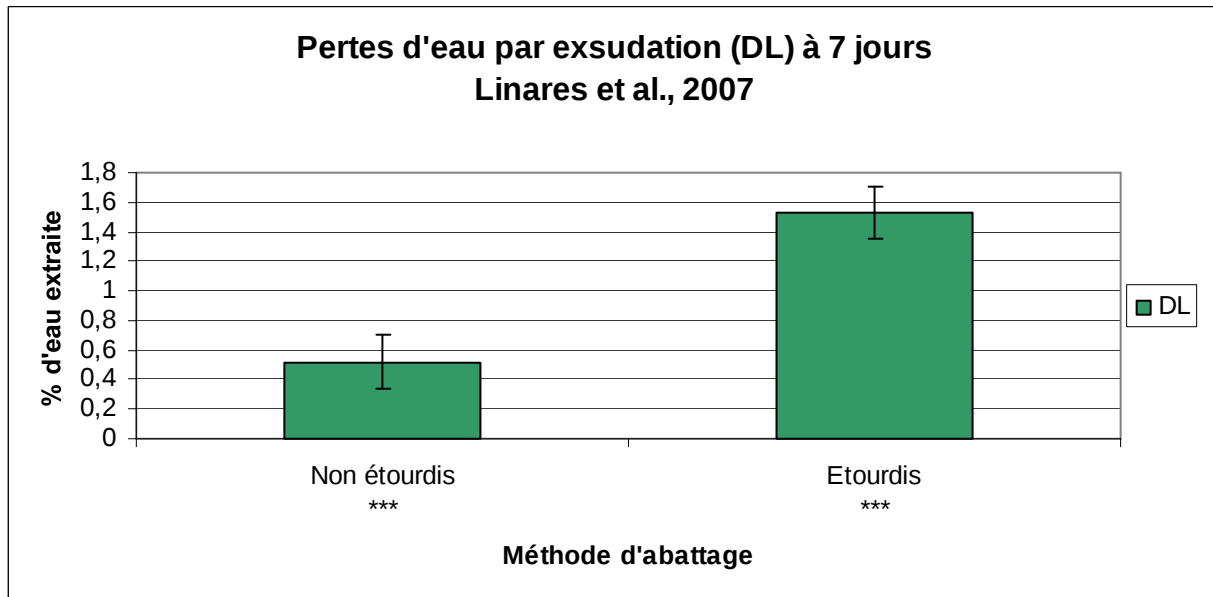


Selon cette étude, les pertes d'eau à la cuisson seraient plus élevées chez les animaux étourdis électriquement ($11,35 \pm 1,3$ à 24h ; $15,09 \pm 0,92$ à 7j) que chez les animaux non étourdis ($9,44 \pm 0,58$ à 24h ; $6,04 \pm 0,36$ à 7j).

Aucune différence n'est notée concernant la capacité de rétention d'eau, ce qui concorde avec deux autres études (Önenç et Kaya, 2004 ; Vergara et al., 2005).

Figure 30 : Comparaison des pertes d'eau par exsudation (DL) avec ou sans étourdissement (Linares et al., 2007)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif



De même, les pertes par exsudation à 7 jours seraient plus élevées chez les animaux étourdis électriquement ($1,53 \pm 0,18$) que chez les non étourdis ($0,52 \pm 0,03$). Cela concorde avec l'étude de Vergara et al. (2005).

Bilan : Le pouvoir de rétention d'eau ne dépend pas de l'étourdissement selon tous les auteurs sauf Vergara et Gallego (2000), qui observent une valeur significativement plus faible après étourdissement à 11 jours *post mortem*. Malgré tout, cette différence ne concerne qu'un point dans toute la maturation, et n'existe plus à 14 jours.

Les **effets de l'étourdissement sur les pertes à la cuisson (CL)** sont très variables entre les études, malgré le fait que les méthodes de mesure de ce paramètre aient été les mêmes : ils sont non significatifs pour une des études et significatifs pour les deux autres. Ces deux derniers auteurs observent tous deux une élévation chez les animaux soumis à l'étourdissement (Önenç et Kaya, 2004 ; Linares et al., 2007).

Selon les deux études disponibles, les **pertes par exsudation (DL) à 7 jours *post mortem* présentent des différences significatives selon la technique d'abattage**. Cependant, les

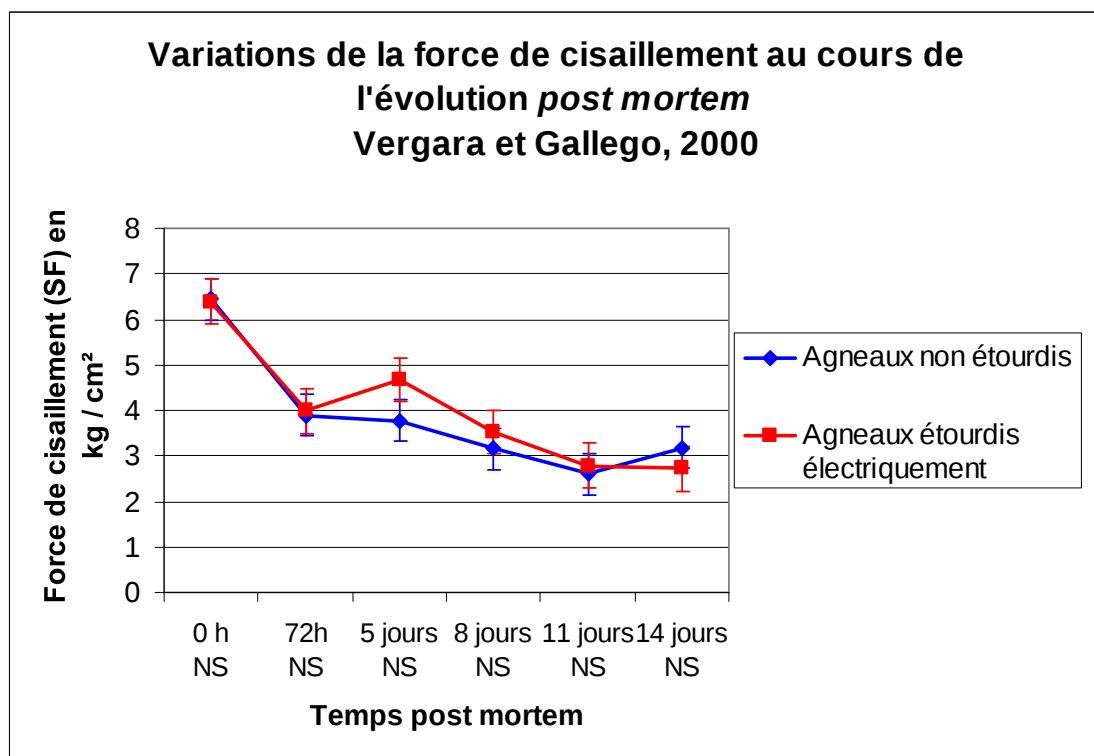
résultats de ces deux études divergent, avec des pertes supérieures chez les animaux non étourdis dans l'étude de Vergara et al. (2005) et chez les animaux étourdis dans l'étude de Linares et al. (2007).

5) Influence de l'étourdissement sur la tendreté

Comme précisé en seconde partie, l'étude de la tendreté se fait par la mesure de la force de cisaillement nécessaire à couper la viande (« shear force » (SF)), variant comme une fonction inverse de la tendreté. Ainsi, plus la force de cisaillement est faible, plus la viande est tendre.

Figure 31 : Comparaison de la force de cisaillement (indicateur de la tendreté) avec ou sans étourdissement (Vergara et Gallego, 2000)

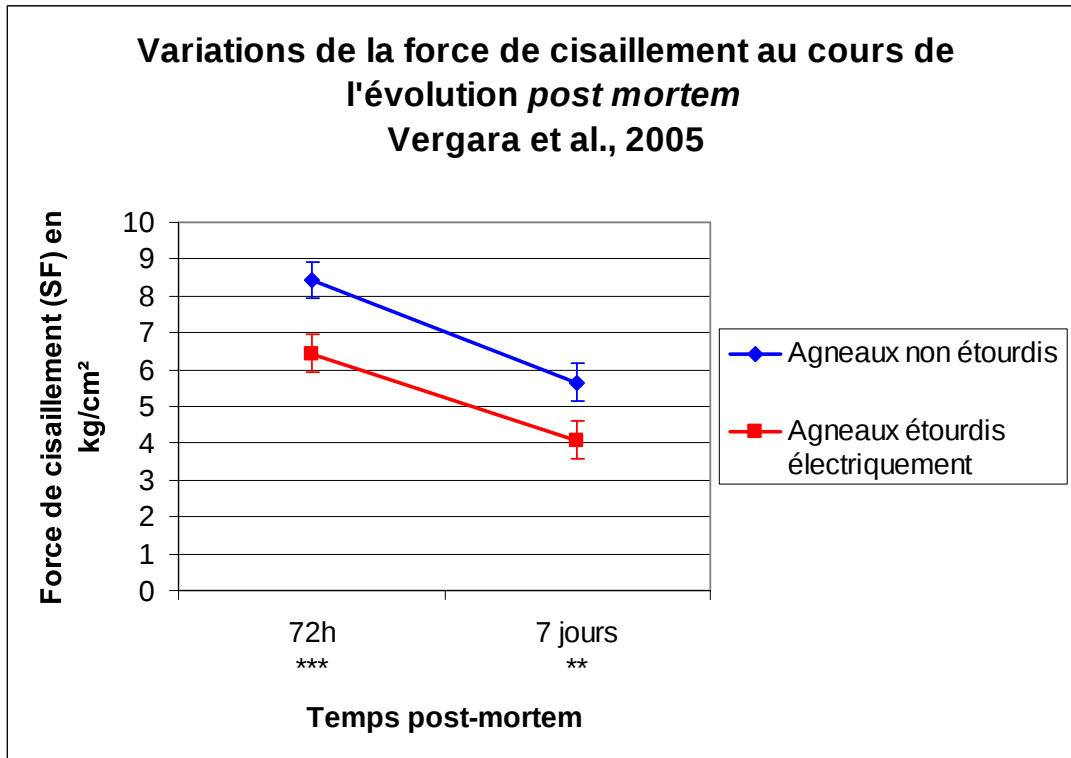
NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif



On observe sur la figure 31 que la force de cisaillement diminue en fonction du temps. Ainsi, la viande devient de plus en plus tendre au fur et à mesure de la maturation. D'autre part, aucune différence significative de tendreté n'existe entre les deux groupes d'animaux.

Figure 32 : Comparaison de la force de cisaillement (indicateur de la tendreté) avec ou sans étourdissement (Vergara et al., 2005)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

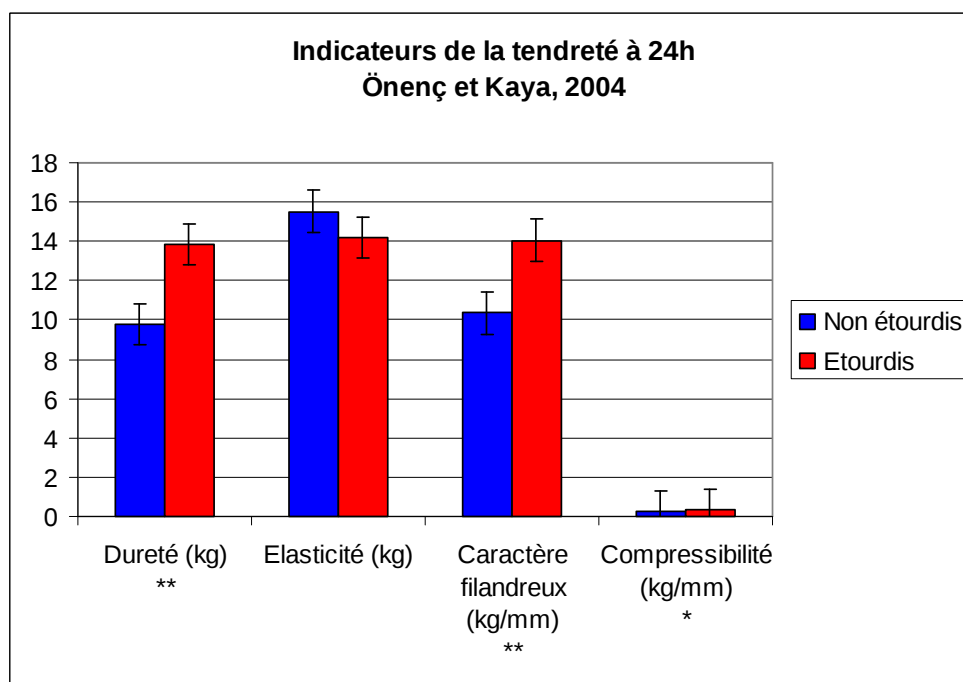


Les résultats publiés par Vergara et al. en 2005 sont en opposition avec les résultats de Vergara et Gallego (2000), puisqu'il observe ici une différence significative de tendreté à 72 heures et 7 jours *post mortem*, avec une force de cisaillement de 4,09 kg/cm² chez les animaux étourdis contre 5,66 kg/cm² chez les non étourdis. Cela correspond à une viande plus tendre chez les animaux étourdis électriquement, donc plus acceptable par le consommateur.

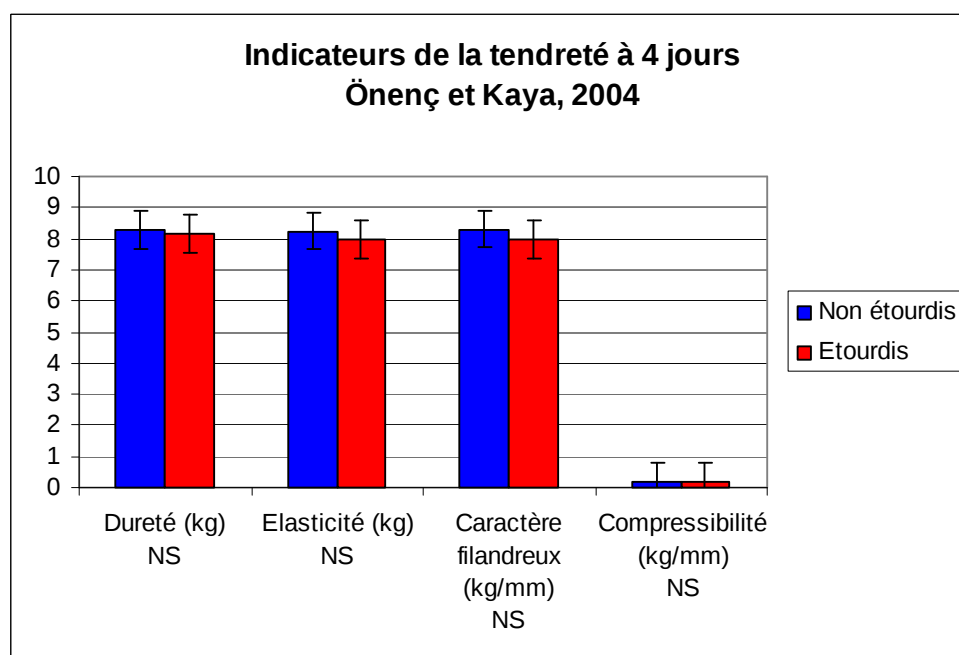
L'expérience présentée sur la figure 33 porte sur quatre aspects de la tendreté : la dureté, l'élasticité, le caractère filandreux et la compressibilité. Sur cette figure, plus les quatre paramètres sont élevés, moins la viande sera tendre.

Figure 33 : Comparaison des indicateurs de tendreté avec ou sans étourdissement à 24 heures, 4 jours, 7 jours et 14 jours (Önenç et Kaya, 2004)

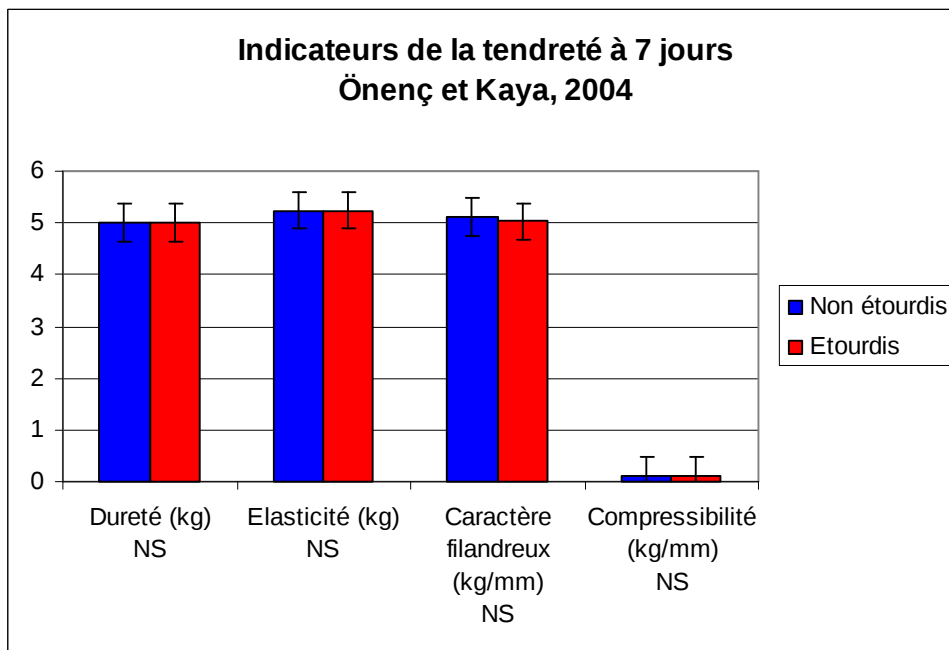
NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif



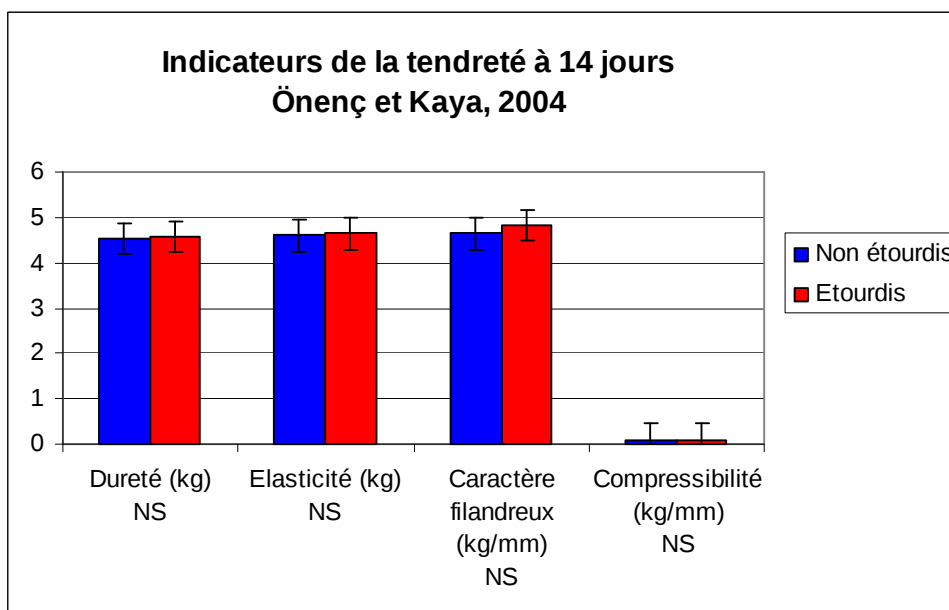
On note ici une différence significative de tendreté à 24 heures, avec une dureté, un caractère filandreux et une compressibilité accrus chez les animaux étourdis. La viande serait donc globalement moins tendre chez ces animaux à 24 heures *post mortem*.



On note que les quatre paramètres étudiés ont diminué entre 24 heures et 4 jours, avec par exemple une dureté de 13,83 kg à 24 heures ; et 8,17 kg à 4 jours. Cela confirme l'augmentation de la tendreté avec la maturation observée par les autres auteurs.



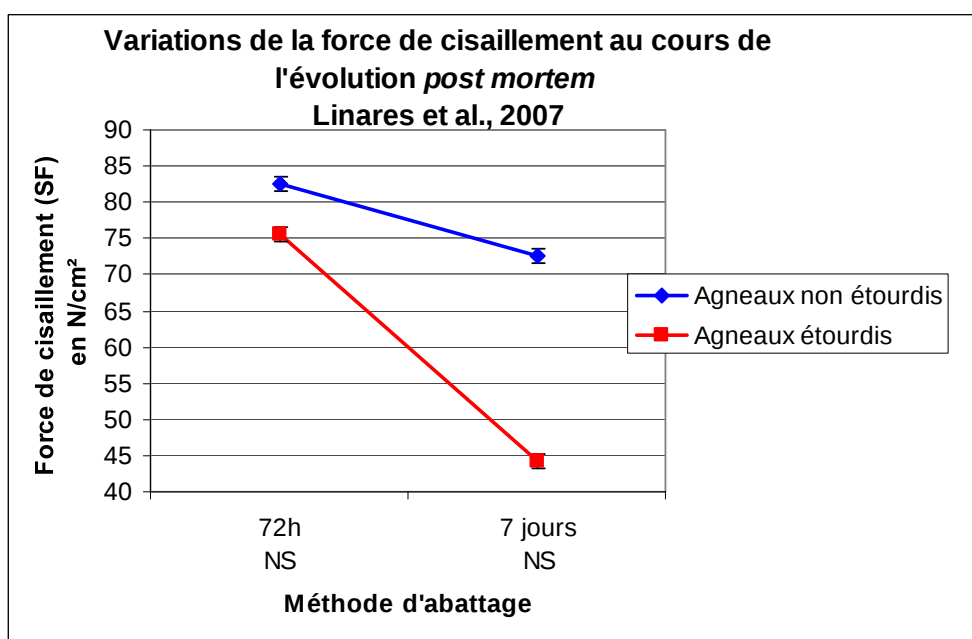
De même que précédemment, on observe une augmentation de la tendreté entre 4 et 7 jours de maturation.



Contrairement aux mesures à 24 heures *post mortem*, aucune différence significative de tendreté n'est observée à 4, 7 et 14 jours. Ainsi, la différence observée à 24 heures n'est que transitoire et n'affecte pas la qualité finale de la viande.

Figure 34 : Comparaison de la force de cisaillement (indicateur de la tendreté) avec ou sans étourdissement (Linares et al., 2007)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif



Ici également, on observe que la force nécessaire à couper la viande diminue avec la maturation, donc que celle-ci s'attendrit. D'autre part, ces résultats de Linares et al. concordent avec ceux obtenus par Vergara et al. en 2005, qui ne note aucune différence de tendreté à 72 heures et 7 jours.

Bilan : Plusieurs études considèrent l'étourdissement sans incidence sur la tendreté (Vergara et Gallego, 2000 ; Linares et al., 2007), mais Önenç et Kaya (2004) observent une viande moins tendre à 24 heures. Toutefois, cette différence disparaît dès 4 jours et n'a aucune incidence sur la suite de la maturation, elle ne remet donc pas en cause l'acceptabilité de la viande par le consommateur. Vergara et al. (2005), au contraire, observe une viande plus tendre à 24 et 72 heures chez les animaux étourdis. Ces expériences indiquent donc que l'étourdissement n'a pas d'effet négatif sur la tendreté, l'un des facteurs de la qualité finale de la viande.

B) Discussion

1) Effet de l'étourdissement sur les paramètres de quantification de la qualité de la viande

En tenant compte de toutes les études réalisées, on observe que l'étude menée sur les bovins (*Önenç et Kaya, 2004*) donne les mêmes résultats que les autres études menées sur les moutons (*Anil et al., 2004*) et agneaux. Les résultats obtenus s'appliquent donc a priori aussi bien aux bovins qu'aux ovins. On notera que comme dans toute étude expérimentale, les auteurs réalisent leurs mesures sur un échantillon restreint d'animaux (10 à 40 animaux par groupe selon les études). Ainsi, les résultats obtenus doivent être considérés en gardant à l'esprit qu'ils proviennent d'un faible nombre d'études ne portant que sur un nombre limité d'animaux.

De manière générale, les études analysées précédemment présentent d'importantes contradictions dans leurs conclusions sur tous les paramètres étudiés (hémorragies, pH, couleur, rétention d'eau, tendreté). Certaines d'entre elles ne trouvent aucune différence entre les groupes, d'autres trouvent des variations mais ne sont pas forcément d'accord sur le sens de ces variations. Or, des modifications dans l'ampérage, le temps de contact et l'emplacement des électrodes ont une incidence sur les hémorragies musculaires, le pH et les pertes d'eau chez le porc (*Channon et al., 2003 ; Becerril-Herrera et al., 2009*). Le tableau 6 ci-dessous résume les paramètres de courant utilisés dans les six études :

Tableau 6 : Paramètres de courant utilisés dans les expériences décrites en A)

	Ampérage (A)	Voltage (V)	Durée (secondes)
Vergara et Gallego, 2000	Non renseigné	125	10
Velarde et al., 2003	Non renseigné	250	3
Önenç et Kaya, 2004	1,5	400	10
Anil et al., 2004	Non renseigné	350	3
Vergara et al., 2005	Non renseigné	110	5
Linares et al., 2007	Non renseigné	110	5

Hormis Önenç et Kaya, les auteurs ne mentionnent pas l'ampérage utilisé dans leurs expériences. Il est donc difficile de vérifier si l'ampérage a un impact sur les paramètres de qualité de la viande. Cependant, le voltage et la durée d'étourdissement varient entre les études, ce qui peut expliquer des variations entre les résultats.

Le nouveau règlement adopté par le Conseil de l'Europe le 22 juin 2009 impose le relevé des paramètres d'étourdissement, dans le but d'évaluer l'efficacité de la méthode utilisée et de mettre en place des procédures d'abattage acceptables, normalisées, et propres à chaque abattoir. Ces procédures, établies sur le terrain en fonction des contraintes de chaque établissement, auront pour but de réduire le nombre d'animaux étourdis de manière incomplète ou saignés trop tardivement. Les animaux étourdis devront faire l'objet de contrôles réguliers pour s'assurer qu'ils ne reprennent pas conscience avant l'abattage.

On notera sur le tableau 6 que le voltage utilisé dans les études peut atteindre 400V, valeur peu compatible avec les exigences de sécurité du personnel. Pour introduire l'étourdissement électrique chez les bovins, il sera donc indispensable de trouver un bon compromis entre le haut voltage nécessaire pour cette espèce et la sécurité de l'opérateur.

a) Effets de l'étourdissement sur l'exsanguination

Si les études les plus anciennes étudient l'exsanguination en kg de sang sur des animaux couchés sur une table (*Kirton et al., 1980-1981*), les études plus récentes mesurent le sang en pourcentage de poids vif et réalisent la saignée sur un animal suspendu. Or, aucune de ces techniques ne reproduit les conditions réelles de la chaîne d'abattage, puisque l'animal n'est pas couché pendant la saignée, et qu'il est également interdit de le suspendre vigile directement après la jugulation. Il serait dans tous les cas préférable de reproduire les conditions réelles et de prendre en compte le poids vif qui peut varier, toutefois la position couchée et l'inconnue sur le poids vif ne semblent pas influencer sensiblement les résultats puisque les résultats de l'étude de 1981 sont comparables aux autres.

Selon les résultats présentés en A), l'étourdissement électrique par la tête seulement n'a pas d'effet négatif sur la qualité de l'exsanguination. On peut même observer un effet positif de l'étourdissement sur la quantité de sang perdu, pouvant s'expliquer par la sécrétion de catécholamines lors de l'étourdissement, qui provoque une vasoconstriction périphérique augmentant la fuite du sang par la plaie de jugulation. De plus, les spasmes musculaires présents

après le choc électrique chassent le sang des muscles et diminuent la quantité de sang résiduel (Velarde *et al.*, 2003 ; Anil *et al.*, 2004, Gregory, 2005).

A l'inverse, l'étourdissement électrique a des effets néfastes sur la présence d'hémorragies dans le muscle. Plusieurs études montrent qu'une proportion beaucoup plus importante de carcasses présentent ces hémorragies dans les groupes d'animaux préalablement étourdis. Toutefois, une étude (Velarde *et al.*, 2003) ne constate d'hémorragie dans aucun des groupes. Cela prouve qu'il est possible d'étourdir les animaux avant l'abattage sans provoquer aucune hémorragie musculaire. Comme l'indiquent les expériences de Gilbert et Devine (1982) présentées en deuxième partie, la présence d'hémorragies peut s'expliquer par un intervalle relativement long entre l'étourdissement et la saignée, qui laisserait le temps à la hausse de pression artérielle de causer la rupture des capillaires sanguins. L'absence d'hémorragies dans cette étude peut donc s'expliquer par un intervalle étourdissement – jugulation très réduit. Selon l'auteur de cette étude, pratiquer la jugulation 12 secondes après étourdissement provoque une chute de pression artérielle alors qu'elle vient d'atteindre son maximum, ce qui ne laisse pas au sang le temps de sortir des vaisseaux rompus vers le muscle ou d'autres tissus (Velarde *et al.*, 2003). Dans toutes les études, on ne dispose que de peu d'informations sur l'intervalle étourdissement – jugulation, ainsi il est difficile d'affirmer que celui-ci est responsable des différences observées avec l'étude de Velarde *et al.* (2003). Hormis la question des hémorragies musculaires, il est recommandé dans tous les cas de saigner l'animal aussi vite que possible après étourdissement, pour éviter que celui-ci ne reprenne conscience avant la mort.

b) Effets de l'étourdissement sur le pH

Selon certains auteurs (Vergara *et Gallego*, 2000 ; Velarde *et al.*, 2003 ; Önenç *et al.*, 2004), la différence de pH entre les deux groupes ne serait pas significative. Cependant, d'autres (Vergara *et al.*, 2005 ; Anil *et al.*, 2004 ; Linares *et al.*, 2007) ont observé un pH significativement plus bas chez les animaux étourdis, ce qui signifierait une maturation plus rapide. La chute de pH lors de la maturation influe sur d'autres paramètres tels la tendreté, puisque celle-ci dépend de l'évolution biochimique du muscle dès la mort de l'animal.

Il est cependant nécessaire de noter que ces différences de pH sont ponctuelles comme par exemple dans l'étude de Vergara et Gallego (2000) où elles ne sont observées qu'à 5 et 11 jours *post mortem*. De plus, elles sont de faible amplitude, avec par exemple un pH à 7 jours de 5,46 (étourdis) contre 5,57 (non étourdis) dans l'étude de Linares et al.. Ces différences, ne touchant qu'une partie des études, ne prouvent donc pas une évolution systématiquement très différente de pH au cours de la maturation.

Le pH plus bas chez les animaux étourdis à 24 heures *post mortem* peut s'expliquer par des différences de caractéristiques du courant (ampérage, voltage, durée d'exposition) entre les études. En fonction des paramètres du courant, on peut par exemple observer des convulsions plus ou moins violentes. Or, une activité musculaire intense accélère la glycolyse *post mortem* et par conséquent la chute de pH (Vergara et Gallego, 2000 ; Velarde et al., 2003 ; Önenç et Kaya, 2004 ; Linares et al., 2007). Ainsi, parmi les études présentées, on peut supposer que les convulsions ont été moins violentes dans les études qui n'ont observé aucun écart significatif de pH (Vergara et al., 2005 ; Petersen et Blackmore, 1982 ; Linares et al., 2007). Cela peut être dû à un courant plus adapté et/ou à une jugulation plus rapide qui n'aurait pas laissé le temps à l'animal de convulser avant la mort.

Malheureusement, on ne dispose souvent que de peu d'informations sur le temps écoulé à la seconde près entre l'étourdissement et la jugulation, hormis la mention « immédiatement après étourdissement » (Vergara et Gallego, 2000 ; Önenç et Kaya, 2004 ; Vergara et al., 2005). Or, les études qui donnent un chiffrage précis de cet intervalle montrent qu'il peut varier du simple au triple entre 8-10 secondes (Linares et al., 2007) et 30 secondes (Anil et al., 2004), et ce bien qu'il soit capital de saigner le plus rapidement possible les animaux. Une autre étude (Becerril-Herrera et al., 2009) rapporte même des intervalles d'une valeur moyenne de 63 secondes, ce qui est bien au dessus des 12 secondes après lesquelles la pression artérielle atteint sa valeur maximale.

D'autre part, dans toutes les études considérées, le pH est mesuré uniquement sur le muscle long du dos directement sur la carcasse par une électrode pénétrante entre 0 et 24h heures, puis sur un échantillon de muscle prélevé après 24 heures (Vergara et Gallego, 2000 ; Velarde et al., 2003 ; Önenç et Kaya, 2004 ; Anil et al., 2004). Or, une mesure de pH faite seulement sur une petite partie de muscle ne donne pas forcément un résultat représentatif de l'ensemble des muscles de la carcasse (Anil et al., 2004). Ce manque d'échantillons pourrait expliquer les différences trouvées parmi les

études, aussi serait-il intéressant de mesurer dans d'autres expériences le pH sur plusieurs muscles (Anil et al., 2004).

L'élévation du pH après 5 jours chez les animaux étourdis dans les expériences de Vergara et Gallego (2000) et Linares et al. (2007) peut être lié à un stress pendant la phase de transport ou de repos. Un stress avant l'abattage peut en effet fortement diminuer les réserves musculaires en glycogène, qui seront par conséquent épuisées à 5 jours *post mortem*. Ainsi, en l'absence de glycogène, la production d'acide lactique cesse à 5 jours et le pH ne diminue plus (Linares et al., 2008 ; Foury et al., 2005).

c) Effets de l'étourdissement sur la couleur

L'étude de Anil et al. (2004) présente l'inconvénient d'évaluer la couleur par des juges sur une gamme de couleur, au cours d'une expérience sensorielle dont les modalités sont inconnues. Par exemple, il n'est pas précisé si les juges notent à l'aveugle ou en connaissant le but de l'étude, la viande qui correspond à tel ou tel traitement. Ce jugement peut donc être biaisé. Toutefois, l'étude de Linares et al. (2007) confirme ces résultats par des mesures instrumentales et les rend donc fiables.

Selon Yoshioka et al. (2005) dans son étude sur les porcelets, la pâleur de la viande des animaux étourdis pourrait s'expliquer par un niveau élevé en cortisol suite à l'étourdissement. Une autre étude rapporte au contraire une corrélation négative entre la pâleur et cette hormone, mettant en doute ce résultat (Apple et al., 1995 ; Linares et al., 2007). De plus, comme précisé précédemment, il est peu probable que le cortisol ait pu atteindre un niveau suffisant pour rendre la viande plus pâle entre l'étourdissement et la saignée.

De même que pour le pH, la couleur n'est mesurée que sur un échantillon de muscle (Anil et al., 2004), ce qui pourrait expliquer les divergences entre les études.

d) Effets de l'étourdissement sur le pouvoir de rétention d'eau, les pertes d'eau à la cuisson et par exsudation

Deux facteurs peuvent influencer les pertes par exsudation (*Linares et al., 2007*) :

- la chute rapide de pH chez les animaux étourdis correspond à une maturation plus rapide de la viande, donc à une protéolyse plus rapide. Or, celle-ci s'accompagne d'un raccourcissement des sarcomères associée à une hausse des pertes par exsudation.
- la remontée du pH à 7 jours, liée à une baisse du niveau de glycogène, occasionne également une hausse des pertes par exsudation.

Dans les études de Vergara et al. (2005) et Linares et al. (2007), on observait une chute rapide puis une remontée de pH qui pourrait expliquer les différences significatives de pertes par exsudation. Toutefois, ces deux études divergent dans la nature de la différence significative, ce qui rend difficile l'interprétation de ces données.

e) Effets de l'étourdissement sur la tendreté

La tendreté de la viande serait elle aussi liée au pH, puisque celui-ci intervient dans la réorganisation des sarcomères. Selon Vergara et al. (2005), plus la chute de pH est importante, plus la viande est tendre. Toutefois, ses résultats ne semblent pas confirmer cette théorie puisque la viande des animaux étourdis à 7 jours est plus tendre alors qu'il n'existe aucune différence significative de pH entre les deux groupes. La viande des animaux étourdis est également plus tendre à 24 heures, mais on ne dispose malheureusement d'aucune valeur de pH entre 24 heures et 7 jours. Önenç, lui, observe une viande moins tendre à 24 heures mais aucune différence significative de pH.

Vergara et al. (2005) affirment également qu'un pH à 24 heures compris entre 5,7 et 6,1 serait lié à une viande plus dure. Si l'on observe en effet une valeur de pH incluse dans cette fourchette (5,78) chez les animaux non étourdis, et non incluse dans cette fourchette (5,63) chez les animaux non étourdis, il serait peu probable qu'une si faible différence de pH (0,15 unités) puisse avoir un impact sensible sur la tendreté.

Au vu de ces observations, si le pH a un impact sur la tendreté, il est clair que cette relation n'est pas linéaire ni proportionnelle et que d'autres facteurs d'influence entrent en compte.

2) Bilan général sur la qualité des animaux abattus avec étourdissement, par rapport à l'abattage rituel

Si l'on considère l'ensemble des paramètres de qualité de la viande, les différences de qualité entre les deux groupes d'animaux - étourdis et non étourdis - sont minimales. Lorsqu'elles sont significatives à une étape de la maturation, l'évolution à long terme n'est pas fondamentalement différente et la qualité finale est comparable.

On notera que le nombre d'études est faible par rapport à l'ensemble des animaux abattus, et que peu d'animaux sont disponibles par groupe d'animaux, avec seulement 10 à 40 animaux par lot. Ainsi, il y a un besoin de recherche évident pour que le nombre d'études soit représentatif et les résultats généralisables. Pour l'instant on ne peut malheureusement pas trouver, dans les données publiées, des informations numériques en nombre suffisant pour établir une normalisation des différents paramètres.

Les prochaines publications devraient s'intéresser davantage aux points cruciaux négligés jusqu'à présent, à savoir les paramètres du courant et le délai étourdissement – jugulation. Des études faisant varier ces facteurs peuvent être envisagées, dans le but de fixer par la suite des normes à respecter en abattoir. En effet, en l'état actuel des données, on peut supposer que la fixation de valeurs réglementaires pour les paramètres de courant et les délais avant la jugulation permettra de confirmer l'équivalence des qualités des viandes obtenues avec ou sans étourdissement.

Bien évidemment, le contexte sociétal n'a pas été abordé dans cette étude mais il intervient très largement dans la position des parties prenantes non religieuses dans le débat, au même titre que les données commerciales. Il est probable que la pression de la société n'ira pas en diminuant au cours des années à venir.

On retiendra donc de cette synthèse bibliographique que les autorités religieuses, qui sont tenues informées en permanence des impératifs de protection animale, devront écarter de leur discours l'argument d'une différence de qualité pour rejeter l'introduction de l'étourdissement électrique dans l'abattage rituel.

CONCLUSION

L'abattage étant une pratique forcément douloureuse pour l'animal, la réglementation impose un étourdissement préalable utilisant une technique rapide, indolore, efficace et sûre pour le manipulateur. A l'inverse, les religions musulmane et juive abattent traditionnellement les animaux sans les étourdir car aucune atteinte à l'intégrité de l'animal n'est tolérée hormis la jugulation. Ce précepte a tout d'abord pour but de préserver le bien-être animal, en interdisant toute maltraitance avant la mise à mort. De plus, les autorités religieuses rejettent l'étourdissement car elles le considèrent comme néfaste à la qualité de la viande, point sur lequel elles sont également soucieuses.

Or, l'étourdissement électrique par la tête seulement, contrairement aux autres techniques d'étourdissement, ne cause pas de blessures et ne tue pas l'animal sur lequel il est appliqué. En effet, il n'arrête pas le cœur mais provoque une crise épileptiforme avec perte de conscience au cours de laquelle la sensibilité aux stimuli nociceptifs est fortement réduite, comme dans le cadre d'une anesthésie ou d'une crise d'épilepsie. Son introduction dans l'abattage rituel n'est donc pas en contradiction avec les contraintes religieuses.

Jusqu'à présent, 6 études ont porté sur l'évaluation de la qualité de la viande après étourdissement électrique, avec un total de 178 animaux. Elles ont eu pour objectif de comparer la qualité de la viande entre un groupe d'animaux abattus sans étourdissement, en évaluant le pH, la couleur, les pertes d'eau et la tendreté au cours de la maturation.

Si quelques différences de qualité existent dans une partie des études, elles sont néanmoins de très faible amplitude et n'apparaissent que ponctuellement dans la maturation. L'évolution globale de la viande dans les 7 jours suivant l'abattage est la même quel que soit le groupe, et il n'y a donc pas de perte de qualité suite à l'étourdissement électrique. De plus, la conservation des fonctions cardiaques permet une exsanguination efficace, ce qui est conforme aux exigences microbiologiques, halal et kasher, où le maximum de sang doit être extrait de la carcasse lors de la saignée.

Lorsqu'on considère l'ensemble des données disponibles, on observe des résultats parfois peu concordants entre les auteurs, montrant que la technique d'étourdissement, plus que l'étourdissement lui-même, peut avoir une influence sur la qualité de la viande. En effet, la crise épileptiforme est caractérisée par des convulsions intenses, une libération de catécholamines et donc une hausse de la pression artérielle. Or, ces phénomènes, dont l'intensité et la durée dépendent des paramètres du courant et du délai étourdissement – jugulation, influencent le pH et l'incidence des hémorragies musculaires. Il est donc préférable d'éviter une prolongation de cette crise dans le temps et de saigner les animaux avant que les convulsions ne deviennent trop intenses.

Ainsi, comme le montrent les études où aucune différence significative n'existe, on peut obtenir une viande de qualité égale avec ou sans étourdissement. Cela est probablement possible en utilisant un courant adapté et en prenant soin d'abattre les animaux dans les 10-15 secondes après étourdissement.

D'autres études avec un plus grand nombre d'animaux, prenant en compte les caractéristiques du courant et l'intervalle étourdissement – saignée seront nécessaires pour confirmer ce résultat. On peut prévoir que la mise en place des nouveaux règlements concernant l'abattage fourniront des données relatives aux paramètres d'étourdissement et à la qualité des carcasses en nombre suffisant pour valider l'absence d'effet défavorable sur la qualité de la viande. Toutefois on peut d'ores et déjà affirmer qu'en l'état actuel des connaissances, il n'y a pas lieu de considérer une éventuelle dégradation de la qualité de la viande comme un argument valable pour rejeter l'étourdissement électrique. Cette technique, assurant une insensibilisation totale de l'animal au moment des étapes les plus difficiles de sa mise à mort, peut donc tout à fait être introduite dans le cadre de l'abattage rituel.

BIBLIOGRAPHIE

ANIL M.H., YESILDERE T., AKSU H., MATUR E., McKINSTRY J.L., ERDOGAN O. et al.: Comparison of religious slaughter of sheep with methods that include pre-slaughter stunning, and the lack of differences in exsanguination, packed cell volume and meat quality parameters, *Animal Welfare*, 2004, **13**, 387-392.

ANIL M.H., LOVE S., HELPS C.R., HARBOUR D.A.: Potential for carcass contamination with brain tissue following stunning and slaughter in cattle and sheep, *Food Control*, 2002, **13**, 431 – 436.

ANIL M.H., McKINSTRY J.L., GREGORY N.G., WOTTON S.B. et SYMONDS H.: Welfare of Calves – 2. Increase in Vertebral Artery Blood Flow Following Exsanguination by Neck Sticking and Evaluation of Chest Sticking as an Alternative Slaughter Method, *Meat Science*, 1995, **41** (2), 113 – 123.

APPLE J.K., DIKEMAN M.E., MINTON J.E., McMURPHY R.M., FEDDE M.R., LEITH D.E. et UNRAH J.A. : Effect of restraint and isolation stress and epidural blockade on endocrine and blood metabolite status, muscle glycogen depletion, and incidence of dark-cutting longissimus muscel in sheep, *J.Anim.Sci.*, 1995, **73**, 2295-2307.

BALDWIN B.A. et BELL F.R., Blood flow in the carotid and vertebral arteries of the sheep and calf, *J. Phys.*, 1963, **167**, 448-462.\$

BECERRIL-HERRERA M., ALONSO-SPILSBURY M., LEMUS-FLORES C., GUERRERO-LEGARRETA I., OLMOS-HERNANDEZ A., RAMIREZ-NECOECHEA R. et MOTA-ROJAS D.: CO2 stunning may compromise swine welfare compared with electrical stunning, *Meat Science*, 2009, **81**, 233-237.

BERGEAUD-BLACKLER F. - Les produits halal : définition et contexte économique, *Bulletin de liaison du CTSCCV*, 2006, **15** (1), 9-13.

BLAUFUSS E.: Betrachtungen über die Ausführungen von R. Hock, *Deutsche Schlachthofzeitung*, 1927, **27**, 504.

CANADIAN FOOD INSPECTION AGENCY : Appendix 4 – Humane Euthanasia of Cattle, modifié le 16/04/09, <http://www.inspection.gc.ca/english/animas/heasan/man/bseesb/6e.shtml>

CASSENS R.G.: General aspects of Postmortem Changes, *Physiology and Biochemistry of Muscle as Food*, Briskey, E. J., Cassens, R. G., and Trautman, J. C., University of Wisconsin Press, Madison, 1966, 181-196.

CHANNON H.A., PAYNE A.M. et WARNER R.D. : Comparison of CO2 stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pig on carcass and meat quality, *Meat Science*, 2003, **65**, 1325-1333.

CHEVILLON P. : Préparation et départ de la ferme : les dernières 24h à la ferme, *Colloque sur la production porcine*, CRAAQ, Sainte-Hyacinthe, 18/10/2005, 1-23

CHRYSTALL B.B., DEVINE C.E et NEWTON K.G.: Residual blood in lamb muscles, *Meat Science*, 1980-1981, **5**, 339-345.

Code rural Livre II Titre I : Articles R 214-64, R 214-70, R 214-73, R 214-74 et R 214-75.

Conseil de l'Europe : Nouveau règlement du Conseil sur la protection des animaux au moment de leur mise à mort, Bruxelles, 22 juin 2009, disponible sur EUROPA, portail de l'Union Européenne http://ec.europa.eu/food/animal/welfare/slaughter/ce_proposal_animal_time_killing_fr.htm

Convention européenne du 10 mai 1979 sur la protection des animaux d'abattage, RS 0.458.

COOK C.J., MAASLAND S.A., DEVINE C.E., GILBERT K.V. : Changes in the release of amino acid neurotransmitters in the brain of calves and sheep after head-only electrical stunning and throat cutting, *Research in Veterinary Science*, 1996, **60**, 255-261.

DANNEMAN P.J., STEIN S. et WALSHAW S.O. : Humane and practical implications of using carbon dioxide mixed with oxygen for anaesthesia or euthanasia of rats, *Laboratory Animal Science*, 1997, **47**, 376 – 385.

DAOUDI A.: Les produits carnés Halal – Charcuteries et préparations bouchères, éd. Maé, 2006, 492 p.

DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs) : Review of effectiveness, environmental impact, humaneness and feasibility of lethal methods for badger control, A report to European Wildlife Division, 20 October 2005, <http://www.defra.gov.uk/animalh/tb/pdf/review-201005.pdf>.

Directive 93/119/CE du Conseil du 22 décembre 1993, sur la protection des animaux au moment de leur abattage ou de leur mise à mort.

Directive générale du Codex Alimentarius CAC/GL 24-1997, sur l'emploi du terme « halal » et les conditions nécessaires à son obtention.

DUITTOZ A. : Axe corticotrope et adaptation au stress, cours UE 6 Neuroendocrinologie, Université de Tours, 2002-2003 (http://old.sciences.univ-tours.fr/master-biorepro/francais/m1-neuroendo/Cortico/cortico_p11.htm)

DUNOYER P. : La réglementation applicable dans le domaine de l'abattage rituel, *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, 2008, **61** (4), 341-350.

DUKE HH. : Humane slaughter fact sheet, *Cornell University School of Veterinary Medicine*, Ithaca N.Y., 1958.

FORREST J.C., ABERLE E.D., HEDRICK H.B., JUDGE M.D. et MERKEL R.A. : Principles of meat science, W.H. Freeman & co., San Francisco, 1975, 376 p.

FOURY A., DEVILLERS N., SANCHEZ M.-P, GRIFFON H., LE ROY P., MORMEDE P. : Stress hormones, carcass composition and meat quality in Large White x Duroc pigs, *Meat Science*, 2005, **69**, 703-707.

GILBERT K.V. et DEVINE C.E.: Effect of electrical stunning methods on petechial haemorrhages and on the blood pressure of lambs, *Meat Science*, 1982, **7**, 197-207.

GILBERT K.V. et DEVINE C.E.: Electrical stunning and stillness of lambs, *Meat Science*, 1984, **11**, 45-58.

GRAU R. et HAMM R.: Muscle as a Food, Food Science and Technology. A series of monographs, 1953, NY : Academic Press, 1985, 459 p.

GREEN C. : Animal anaesthesia, *Laboratory Animal Handbook 8*, Laboratory Animals LTD, London, 1987, 300 p.

GREGORY N.G. et WOTTON S.B.: Sheep slaughtering procedures IV. Responsiveness of the brain following electrical stunning, *British Vet. Journal*, 1985, **141**, 74-81.

- GREGORY N.G. et WOTTON S.B.: Sheep slaughtering procedures V. Responsiveness to potentially painful stimuli following electrical stunning, *British Vet. Journal*, 1988, **144** (6) 573-80.
- GREGORY N.G., RAJ A.M., AUDSLEY A.R.S., DALY C.C.: Effect of CO₂ on man, *Fleischwirtschaft*, 1990, **70**, 1173-1174.
- GREGORY N.G.: Animal welfare and Meat Science, N.Y., U.S.A, 1998, Cabi Publishing, 304 p.
- GREGORY N.G. : Recent concerns about stunning and slaughter, *Meat Science*, 2005, **70**, 481-491.
- GREGORY N.G., SHAW F.D., WHITFORD J.C., PATTERSON-KANE J.C. : Prevalence of ballooning of the severed carotid arteries at slaughter in cattle, calves and sheep, *Meat Science*, 2006, **74**, 655-657.
- GREGORY N.G. : False aneurysms in carotid arteries of cattle and water buffalo during shechita and halal slaughter, *Meat Science*, 2008, **79**, 285-288.
- GRIOT B.: L'anesthésie des porcs, *Techni-porc*, 1998, **21** (4), 35-38
- HAZEM A.S., GROSS R., SCHULZE W. : Objektivierung von Schmerz und Bewusstsein im Rahmen der konventionellen und rituellen Schlachtung von Wiederkäuern. Abschlussbericht, *Veterinärschule Hannover*, 1978.
- HESS E. et VÖLLM J. : 10th European Meeting of Meat Research Workers, 1964, Roskilde, Denmark - Paper C2.
- HOCK R. : Zur Schächtfrage, *Deutsche Schlachthofzeitung*, 1927, **27**, 443
- HOFFMAN A.: Das Schächten, *Arch. Wissenschaftl. Prakt. Tierheilkunde*, 1900, **26**, 99.
- INSTITUT DE L'ELEVAGE (INTERBEV) : Le point sur la qualité des carcasses et des viandes de gros bovins, compte-rendu n°17 05 32 022, décembre 2007, 85 p.
- JONES D.A., ROUND J.M., DE HAAN A.: Skeletal Muscle from Molecules to Movement: A Textbook of Muscle Physiology for Sport, Exercise, Physiotherapy and Medicine, Edinburgh, New York : Churchill Livingstone, 2004, 202 p.

- KIRTON A.H., FRAZERHURST L.F., WOODS E.G. et CHRYSTALL B.B.: Effect of electrical stunning method and cardiac arrest on bleeding efficiency, residual blood and blood splash in lambs, *Meat Science*, 1980-1981, **5**, 347-353.
- LAWRIE A.W. : Meat Science, Fifth Edition, Pergamon Press, Oxford, 1991, 293 p.
- LEVINGER I.M.: Untersuchungen zum Schächtproblem, Thesis, Zürich, 1961.
- LEVINGER I.M.: Shechita in the light of year 2000, éd. Machon MASKILL'DAVID, Jerusalem, 2000, 204 p.
- LIEBEN S.: Untersuchungen am Hirne des Rindes während dessen Tötung durch Halsschnitt, *Prager Archiv für Tiermedizin und Pathologie*, 1926, **6**, 149.
- LINARES M.B., BORNEZ R., VERGARA H. : Effect of different stunning systems on meat quality of light lamb, *Meat Science*, 2007, **76**, 675-681.
- LINARES M.B., BORNEZ R., VERGARA H. : Effect of stunning system on meat quality of Manchego suckling lamb packed under modified atmospheres, *Meat Science*, 2008, **78**, 279-287.
- LINARES M.B., BORNEZ R., VERGARA H.: Cortisol and catecholamine levels in lambs : Effects of slaughter weight and type of stunning, *Livestock Science*, 2008, **115** (1), 53-61.
- MARZIN V., COLLOBERT J.F., JAUNET S., MARREC L.: Critères pratiques de mesure de l'efficacité et de la qualité de l'étourdissement par tige perforante chez le bovin, *Revue de Médecine Vétérinaire*, 2008, **159**, 8-9, 423-430.
- McARTHUR J.A. : Carbon dioxide euthanasia of small animals (including cats), *Humane Destruction of Unwanted Animals*, Herts (UK) : The Universities Federation of Animal Welfare, 1976, pp 9-17.
- MONIN G.: Evolution *post mortem* du tissu musculaire et conséquences sur les qualités de la viande de porc, *Journée Rech. Porcine en France*, 1988, **20**, 201-214.
- NANGERONI L.L. and KENNETT P.D.: An electroencephalographic study of the effect of shechita slaughter on cortical function of ruminants (Report), Department of Physiology, New York State Veterinary College, Cornell University, Ithaca, New York, 1963.

NEWHOOK J.C. et BLACKMORE D.K. : Electroencephalographic studies of stunning and slaughter of sheep and calves – Part 2 : the onset of permanent insensibility in sheep during slaughter, *Meat Science*, 1982, **6**, 221-233.

NEWHOOK J.C. et BLACKMORE D.K. : Electroencephalographic studies of stunning and slaughter of sheep and calves – Part 2 : the onset of permanent insensibility in calves during slaughter, *Meat Science*, 1982, **6**, 295-300.

OLFERT E., CROSS B. et McWILLIAM A. : Manuel sur le soin et l'utilisation des animaux d'expérimentation, *Conseil canadien de protection des animaux*, Ottawa, 1993, 311p.

ÖNENC A. et KAYA A. : The effects of electrical stunning and percussive captive bolt stunning on meat quality of cattle processed by Turkish slaughter procedures, *Meat Science*, 2004, **66**, 809-815.

PETERSEN G.V., BLACKMORE D.K. : The effect of different slaughter methods on the *post mortem* glycolysis of muscle in lambs, *New Zealand Veterinary Journal*, 1982, **30**, 195-198.

PRECKEL B. et SCHLACK W. : Inert gases as the future inhalational anaesthetics?, *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 2005, **19** (3), 365-379.

RAJ A.M. et GREGORY N.G.: Welfare implications of gas stunning of pigs. Determination of aversion to the initial inhalation of carbon dioxide or argon, *Animal Welfare*, **4**, 273-280.

RIAZ M., CHAUDRY M. : Halal Food Production, CRC Press, 2003, 402 p.

ROSEN S.D: Physiological insights into Shechita, *The Veterinary Record*, 2004, **154**, 759-765.

SCHULZE W., SCHULZE-PETZOLD H., HAZEM A.S. et GROSS R. : Versuche zur Objektivierung von Schmerz und Bewusstsein bei erkonventionellen (Bolzenschussbetäubung) sowie religionsgesetzlichen (Schächtschnitt) Schlachtung von Schaf und Kalb, *Deutsche tierärztl. Wochenschrift*, 1978, 85-62.

SIMMONS N.J. : The use of high frequency currents for the electrical stunning of pigs. PhD Thesis (1995), University of Bristol UK.

United Poultry Concerns (UPC) : Communiqué “Humaneness of killing birds with carbon dioxide is disputed by science”, 30 mars 2005, Machipongo, USA, <http://www.upc-online.org/nr/33005co2.htm>.

VELARDE A., GISPERT M., DIESTRE A. et MANTECA X. : Effect of electrical stunning on meat and carcass quality in lambs, *Meat Science*, 2003, **63**, 35-38.

VELARDE A., RUIZ-DE-LA-TORRE J.L., ROSELLO C., FABREGA E., DIESTRE A. et MANTECA X. : Assessment of return to consciousness after electrical stunning in lambs, *Animal welfare*, 2002, **11**, 333-341.

VELARDE A., GISPERT M., DIESTRE A., MANTECA X.: Effect of electrical stunning on meat and carcass quality in lambs, *Meat Science*, 2003, **63**, 35-38.

VERGARA H., LINARES M.B., BERRUGA M.I. et GALLEGO L.: Meat quality in suckling lambs : effects of pre-slaughter handling, *Meat Science*, 2005, **69**, 473-478.

VERGARA H. et GALLEGO L.: Effect of electrical stunning on meat quality of lamb, *Meat Science*, 2000, **56**, 345-349.

WARRISS P.D.: Factors affecting the residual blood content of meat, *Meat Science*, 1978, **2**, 155-159.

YOSHIOKA G., IMAEDA N., OHTANI T., HAYASHI K. : Effects of cortisol on muscle proteolysis and meat quality in piglets, *Meat Science*, 2005, **71** (3), 590-593.

ANNEXES

1) Exsanguination

Tableau A : Comparaison de l'exsanguination avec ou sans étourdissement

Auteur, année	Variable mesurée	Animaux non étourdis	Animaux étourdis	Significativité de la différence
<i>Chrystall et al., 1981</i>	Hémoglobine (mg/g de muscle)	$0,6 \pm 0,18$	$0,56 \pm 0,2$	NS
<i>Kirton et al., 1981</i>	Sang (kg après 2 min de saignée)	$1,322 \pm 0,031$	$1,319 \pm 0,031$	NS
<i>Velarde et al., 2003</i>	Perte de sang / poids vif (%)	$4,3 \pm 0,01$	$4,6 \pm 0,09$	***
<i>Anil et al., 2004</i>	Perte de sang / poids vif (%)	$3,98 \pm 0,318$	$3,78 \pm 0,318$	NS

2) pH

Tableau B : Comparaison du pH au cours de la maturation avec ou sans étourdissement (*Vergara et Gallego, 2000*)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

<i>Vergara et Gallego, 2000</i>	Agneaux non étourdis	Agneaux étourdis électriquement	Significativité de la différence
pH 0 h	$6,44 \pm 0,05$	$6,39 \pm 0,06$	NS
pH 45 min	$6,19 \pm 0,05$	$6,11 \pm 0,07$	NS

pH 24h	5,77 ± 0,07	5,80 ± 0,04	NS
pH 5 jours	5,69 ± 0,01	5,61 ± 0,01	***
pH 8 jours	5,69 ± 0,03	5,72 ± 0,03	NS
pH 11 jours	5,69 ± 0,03	5,81 ± 0,02	***
pH 14 jours	5,68 ± 0,02	5,73 ± 0,01	*

Tableau C : Comparaison du pH au cours de la maturation avec ou sans étourdissement (Velarde et al., 2003)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

(Velarde et al., 2003)	Agneaux non étourdis	Agneaux étourdis électriquement	Significativité
pH 24 h	5,7 ± 0,01	5,7 ± 0,01	NS

Tableau D : Comparaison du pH au cours de la maturation avec ou sans étourdissement (Önenç et Kaya, 2004)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

(Önenç et Kaya, 2004)	Agneaux non étourdis	Agneaux étourdis électriquement	Significativité
pH 15min	6,50 ± 0,06	6,59 ± 0,06	NS
pH 24h	5,99 ± 0,55	5,96 ± 0,55	NS

Tableau E : Comparaison du pH au cours de la maturation avec ou sans étourdissement (Vergara et al., 2005)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

Vergara et al., 2005	Agneaux non étourdis	Agneaux étourdis électriquement	Significativité
pH 0 h	6,63 ± 0,09	6,41 ± 0,04	***
pH 45 min	6,33 ± 0,08	6,16 ± 0,03	**
pH 24h	5,78 ± 0,02	5,63 ± 0,03	*
pH 7 jours	5,69 ± 0,02	5,72 ± 0,02	NS

Tableau F : Comparaison du pH au cours de la maturation avec ou sans étourdissement (Anil et al., 2004)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

(Anil et al., 2004)	Agneaux non étourdis	Agneaux étourdis électriquement	Significativité
pH 45 min	6,6 ± 0,08	6,4 ± 0,08	***
pH 24h	5,7 ± 0,16	5,1 ± 0,16	***

Tableau G : Comparaison du pH au cours de la maturation avec ou sans étourdissement (Linares et al., 2007)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

<i>Linares et al., 2007</i>	Agneaux non étourdis	Agneaux étourdis électriquement	Significativité
pH 0 h	6,77 ± 0,04	6,64 ± 0,05	***
pH 45 min	6,36 ± 0,04	6,36 ± 0,04	NS
pH 24h	5,46 ± 0,01	5,49 ± 0,01	NS
pH 7 jours	5,46 ± 0,00	5,57 ± 0,01	***

3) Couleur

Tableau H : Comparaison de la couleur au cours de la maturation avec ou sans étourdissement (Vergara et Gallego, 2000)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

<i>Vergara et Gallego, 2000</i>					
Non étourdis			Etourdis		
L*	a*	b*	L*	a*	b*
24h	47,01 ± 0,94	15,06 ± 0,68	47,83 ± 0,53	14,5 ± 0,35	7,52 ± 0,2
5 jours (b **)	45,9 ± 0,78	15,65 ± 0,32	46,45 ± 0,97	15,69 ± 0,5	6,13 ± 0,37
8 jours	46,44 ± 0,85	17,35 ± 0,32	47,65 ± 1,07	16,8 ± 0,48	7,64 ± 0,4
11 jours	47,73 ± 1,11	16,88 ± 0,38	47,85 ± 1,38	16,57 ± 0,51	7,02 ± 0,36
14 jours	46,76 ± 0,95	16,98 ± 0,32	49,09 ± 1,08	17,63 ± 0,4	8,43 ± 0,41

Tableau I: Comparaison de la couleur au cours de la maturation avec ou sans étourdissement (Velarde et al., 2003)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

(Velarde et al., 2003)	Agneaux non étourdis	Agneaux étourdis électriquement	Significativité de la différence
L*	39,0 ± 0,48	39,9 ± 0,46	NS
A*	15,4 ± 0,33	15,4 ± 0,31	NS
B*	4,0 ± 0,16	4,4 ± 0,16	NS

Tableau J: Comparaison de la couleur au cours de la maturation avec ou sans étourdissement (Önenç et Kaya, 2004)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

Önenç et Kaya, 2004	Non étourdis				Etourdis			
	L*	a*	b*	h*	L*	a*	b*	h*
0h	37,91 ± 1,14	10,31 ± 0,57	9,45 ± 0,57	41,46 ± 1,13	35,55 ± 1,14	9,5 ± 0,57	8,58 ± 0,57	41,78 ± 1,13
48h	36,79 ± 1,41	14,87 ± 0,97	13,16 ± 0,9	40,86 ± 0,91	36,78 ± 1,41	15,08 ± 0,97	13,32 ± 0,9	43,73 ± 0,91
3 jours (l*, b**, h***)	39,02 ± 1,02	15,8 ± 0,84	14,55 ± 0,51	42,34 ± 1,13	37,27 ± 1,02	15,2 ± 0,84	12,99 ± 0,51	46,29 ± 1,13
5 jours (h**)	38,77 ± 1,22	13,05 ± 0,73	14,41 ± 0,58	42,66 ± 1,31	37,45 ± 1,22	13,91 ± 0,73	12,97 ± 0,58	46,54 ± 1,31
7 jours	36,47 ± 1,09	12,18 ± 0,83	12,18 ± 0,65	44,39 ± 1,35	36,07 ± 1,09	12,55 ± 0,83	12,31 ± 0,65	46,82 ± 1,35
9 jours	34,44 ± 0,18	8,66 ± 1,16	9,72 ± 0,63	46,55 ± 2,9	35,53 ± 0,18	9,67 ± 1,16	9,9 ± 0,63	48,13 ± 2,9
14 jours	33,13 ± 1,15	4,41 ± 0,9	9,44 ± 0,65	63,23 ± 3,39	33,99 ± 1,15	4,44 ± 0,9	8,81 ± 0,65	68,46 ± 3,39

Tableau K: Comparaison de la couleur au cours de la maturation avec ou sans étourdissement (Vergara et al., 2005)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

Vergara et al., 2005	Non étourdis			Etourdis		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
24h	46,14 ± 1,19	12,2 ± 0,9	5,52 ± 0,37	45,59 ± 0,6	14,09 ± 0,67	5,77 ± 0,27
7 jours (b*)	48,48 ± 1,07	13,88 ± 0,97	11,83 ± 0,36	46,86 ± 0,73	14,46 ± 0,5	11,08 ± 0,29

Tableau L: Comparaison de la couleur à 24h avec ou sans étourdissement (Anil et al., 2004)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

(Anil et al., 2004)	Agneaux non étourdis	Agneaux étourdis électriquement	Significativité
Couleur (score de pâleur par rapport à un panel de couleurs)	2,8 ± 0,19	2,5 ± 0,19	*

Tableau M: Comparaison de la couleur au cours de la maturation avec ou sans étourdissement (Linares et al., 2007)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

Linares et al., 2007	Non étourdis			Etourdis		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
24h	39,9 ± 0,49	17,39 ± 0,29	5,15 ± 0,12	41,3 ± 0,58	17,95 ± 0,45	5,66 ± 0,36
7 jours **	41,6 ± 0,58	16,99 ± 0,53	11,55 ± 0,12	44,7 ± 0,71	17,11 ± 0,59	12,15 ± 0,41

4) Capacité de rétention d'eau, pertes d'eau à la cuisson, pertes d'eau par exsudation

Tableau N: Comparaison de la capacité de rétention d'eau avec ou sans étourdissement (Vergara et Gallego, 2000)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

Vergara et Gallego, 2000		
	Non étourdis	Etourdis
0 h	14,19 ± 0,75	13,7 ± 1,02
5 jours	17,67 ± 0,78	17,99 ± 1,08
8 jours	20,69 ± 1,28	24,06 ± 1,27
11 jours ***	23,96 ± 0,85	17,46 ± 1,07
14 jours	21,37 ± 0,91	19,19 ± 0,9

Tableau O : Comparaison de la capacité de rétention d'eau avec ou sans étourdissement (Önenç et Kaya, 2004)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

(Önenç et Kaya, 2004)				
	Non étourdis		Etourdis	
	WHC	CL	WHC	CL
24h	15,5 ± 1,11		17,99 ± 1,11	
4 jours		22,04 ± 1,53		20,01 ± 1,53
7 jours CL **	15,8 ± 1,78	23,01 ± 1,74	15,5 ± 1,78	26,42 ± 1,74
14 jours CL **		23,68 ± 1,64		28,12 ± 1,64

Tableau P : Comparaison de la capacité de rétention d'eau, des pertes d'eau à la cuisson et par exsudation avec ou sans étourdissement (Vergara et al., 2005)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

Vergara et al., 2005						
Non étourdis				Etourdis		
	WHC	CL	DL	WHC	CL	DL
24h	14,56 ± 1,97			17,71 ± 0,96		
72h	9,96 ± 1,24			10,11 ± 0,78		
7 jours	18,12 ± 1,61	14,92 ± 1,09	0,73 ± 0,13	17,47 ± 1,54	13,09 ± 1,24	0,32 ± 0,03

Tableau Q : Comparaison de la capacité de rétention d'eau, des pertes d'eau à la cuisson et par exsudation avec ou sans étourdissement (Linares et al., 2007)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

Linares et al., 2007						
Non étourdis				Non étourdis		
	WHC	CL	DL	WHC	CL	DL
24h						
CL **	16,63 ± 1,59	9,44 ± 0,58		15,02 ± 1,55	11,35 ± 1,3	
7 jours						
CL ***	17,29 ± 0,81	6,04 ± 0,36	0,52 ± 0,03	17,74 ± 0,81	15,09 ± 0,92	1,53 ± 0,18

5) Tendreté

Tableau R: Comparaison de la tendreté avec ou sans étourdissement (Vergara et Gallego, 2000)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

<i>Vergara et Gallego, 2000</i>	Agneaux non étourdis	Agneaux étourdis électriquement	Significativité de la différence
SF 0 h	6,44 ± 0,05	6,39 ± 0,06	NS
SF 72h	3,89 ± 0,31	3,99 ± 0,21	NS
SF 5 jours	3,77 ± 0,45	4,67 ± 0,49	NS
SF 8 jours	3,16 ± 0,36	3,52 ± 0,18	NS
SF 11 jours	2,60 ± 0,25	2,79 ± 0,27	NS
SF 14 jours	3,18 ± 0,22	2,72 ± 0,22	NS

Tableau S : Comparaison de la tendreté avec ou sans étourdissement (Vergara et al., 2005)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

<i>Vergara et al., 2005</i>	Agneaux non étourdis	Agneaux étourdis électriquement	Significativité
SF 72h	8,44 ± 0,34	6,44 ± 0,40	***
SF 7 jours	5,66 ± 0,51	4,09 ± 0,45	**

Tableau T : Comparaison de la tendreté avec ou sans étourdissement à 24 heures, 4 jours, 7 jours et 14 jours (Önenç et Kaya, 2004)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

Önenç et Kaya, 2004	Etourdis			
	Dureté (kg)	Elasticité (kg)	Filandreux (kg/mm)	Compressibilité (kg/mm)
24h				
Dureté, filandreux **				
Compressibilité *	9,8 ± 0,94	15,52 ± 1,06	10,35 ± 0,96	0,22 ± 0,02
4 jours	8,28 ± 0,51	8,25 ± 0,78	8,31 ± 0,6	0,2 ± 0,01
7 jours	5 ± 0,36	5,24 ± 0,38	5,11 ± 0,36	0,11 ± 0,07
14 jours	4,53 ± 0,26	4,6 ± 0,35	4,65 ± 0,29	0,1 ± 0,01

Önenç et Kaya, 2004	Non étourdis			
	Dureté (kg)	Elasticité (kg)	Filandreux (kg/mm)	Compressibilité (kg/mm)
24h				
Dureté, filandreux **	13,83 ±			
Compressibilité *	0,94	14,18 ± 1,06	14,06 ± 0,96	0,32 ± 0,02
4 jours	8,17 ± 0,51	7,97 ± 0,78	7,99 ± 0,6	0,19 ± 0,01
7 jours	5,01 ± 0,36	5,24 ± 0,38	5,03 ± 0,36	0,11 ± 0,07
14 jours	4,58 ± 0,26	4,64 ± 0,35	4,83 ± 0,29	0,1 ± 0,01

Tableau U : Comparaison de la tendreté avec ou sans étourdissement (Linares et al., 2007)

NS : non significatif / * : douteux / ** : significatif / *** : très significatif

Linares et al., 2007	Agneaux non étourdis	Agneaux étourdis électriquement	Significativité
SF 72h	82,51 ± 0,75	75,65 ± 0,68	NS
SF 7 jours	72,52 ± 1,00	44,29 ± 0,62	NS

ETOURDISSEMENT ELECTRIQUE DES ANIMAUX DE BOUCHERIE : ACCEPTABILITE PAR LES COMMUNAUTES RELIGIEUSES

NOM et Prénom : THIERI-PIGE Esthel

Résumé

La réglementation actuellement en vigueur sur l'abattage comporte, pour des motifs de respect des religions, une dérogation autorisant l'abattage sans étourdissement. Toutefois, lors d'une jugulation sans étourdissement, si la perte de conscience est rapide chez les ovins, certains bovins adultes peuvent rester vigiles jusqu'à 5 minutes après le début de la saignée.

L'objectif de cette étude est de déterminer si l'étourdissement électrique pourrait être accepté en tant que procédé d'insensibilisation respectant à la fois le bien-être des animaux et les exigences religieuses, en particulier du point de vue de la qualité de la viande. Dans ce but, nous avons analysé les études comparant les paramètres actuellement utilisés par les professionnels pour évaluer la qualité des carcasses entre les animaux abattus après étourdissement électrique et ceux abattus sans étourdissement.

Les paramètres d'évaluation de qualité de la viande des 6 études comparatives (au total 178 animaux) ont été compilés. En dépit d'une certaine hétérogénéité entre les protocoles et du faible nombre d'animaux il n'est pas apparu d'effet défavorable de l'étourdissement électrique sur la qualité de la viande et l'on peut penser que des études ultérieures concordantes permettront de rendre l'usage de ce mode d'étourdissement acceptable pour les communautés religieuses.

Mots clés : ABATTAGE, TECHNIQUE D'ABATTAGE, ABATTAGE RITUEL, ETOURDISSEMENT, ETOURDISSEMENT ELECTRIQUE, QUALITE DE LA VIANDE, RELIGION, VIANDE HALAL, VIANDE CASHER, SHECHITA, BIEN-ETRE ANIMAL

Jury :

Président : Pr.

Directeur : Pr. Henri BRUGERE

Assesseur : Pr. Vincent CARLIER

Invité : Dr. Jean-Pierre KIEFFER

Adresse de l'auteur :

Mlle THIERI-PIGE Esthel

4 villa Félix Faure

75019 PARIS

ELECTRICAL STUNNING OF FOOD ANIMALS : ACCEPTABILITY BY RELIGIOUS COMMUNITIES

SURNAME : THIERI-PIGE

Given name : Esthel

Summary

The inforce regulation at present about slaughter includes, owing to the respect of religions, a derogation allowing slaughter without stunning. Yet, at the time of a sticking without stunning, if the loss of consciousness is fast for the ovine race, some adult cattle can remain vigile as much as 5 minutes after the beginning of the bleeding.

The purpose of this survey is to determine if the electrical stunning could be accepted within the scope of the religious slaughter as an anaesthesia process which shows consideration for both having concern for the animal welfare and the religious requirements, particularly as far as the meat quality is concerned. Accordingly, we have analysed the surveys comparing the parameters used at the moment by meat professionals to evaluate meat quality between without stunning animals and with stunning ones.

The meat quality parameters of the 6 comparative surveys (178 animals as a whole) were compiled. In spite of a certain heterogeneity between the protocols and the small number of animals, no unfavourable effect due to stunning occurred on meat quality and it is very likely that further surveys which tally with one another would make this procedure more acceptable for the religious communities who refuse to adopt it at the moment.

Keywords: SLAUGHTER, SLAUGHTERING PROCEDURES, RELIGIOUS SLAUGHTER, STUNNING, ELECTRICAL STUNNING, MEAT QUALITY, RELIGION, HALAL MEAT, KOSHER MEAT, SHECHITA, ANIMAL WELFARE.

Jury :

President : Pr.

Director : Pr. Henri BRUGERE

Assessor : Pr. Vincent CARLIER

Guest : Dr. Jean-Pierre KIEFFER

Author's address:

Miss THIERI-PIGE Esthel

4 villa Felix Faure

75019 PARIS