



Impact de l'électronarcose sur le bien-être des volailles et la qualité des produits

Etat des lieux des pratiques de narcose dans les abattoirs français

Mots-clés : électronarcose, bien-être animal, abattage, étourdissement, génotype

Auteur : Sarah Guardia ¹, Vérane Gigaud ¹, Clément Moire ¹, Amandine Mika ¹, Cécile Berri ², Laure Bignon ¹

¹ ITAVI, Centre INRA de Tours, 37380 Nouzilly ; ² INRA, UR83 Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly

* E-mail de l'auteur correspondant : bignon.itavi@tours.inra.fr

Travail réalisé dans le cadre de l'UMT BIRD

Pour améliorer l'efficacité de l'étourdissement tout en limitant les défauts de qualité des produits, les paramètres électriques de la narcose doivent tenir compte des caractéristiques des animaux abattus et de l'organisation de la chaîne d'abattage.

Résumé :

L'électronarcose par bain d'eau est le procédé d'étourdissement du poulet de chair le plus répandu en France. Il est encadré par le règlement n° 1099/2009/CE sur la protection des animaux au moment de leur mise à mort. Ce règlement impose certains paramètres électriques minimum pour le réglage de la narcose en vue de protéger l'animal mais ne tient pas compte des impacts potentiels sur la qualité des produits. De plus, il ne donne aucune indication sur les ajustements à apporter en fonction des animaux abattus (poids, génotype) ou de l'organisation de la chaîne d'abattage. L'objectif de la présente étude était donc de faire un état des lieux des pratiques de narcose dans les abattoirs français afin de caractériser les paramètres influençant l'efficacité de la narcose et ses répercussions sur la qualité des produits. Une attention particulière a été portée à l'influence des paramètres électriques en fonction de l'organisation de la chaîne d'abattage. Cette étude a permis de mettre en évidence des facteurs influençant fortement la qualité de l'étourdissement des animaux et la présentation des produits : le génotype et le poids des animaux, l'organisation de la chaîne d'abattage (particulièrement le délai entre narcose et saignée), les paramètres électriques de la narcose et la durée d'application du courant.

Abstract: Impact of electrical stunning on animal protection and food quality

Electrical stunning in a water bath is the most current method used in France in poultry slaughtering. It is governed by European Regulation 1099/2009/CE on « Protection of animals at the time of killing ». This regulation imposes minimum settings of the electrical parameters used for electrical stunning in order to protect the animal but do not take into account the quality of the finished products. It does not mention the adjustments required according to the weight nor the genotype of the slaughtered animals nor the type of organisation of the production chain. The objective of this study was to produce an update on electrical stunning practices in French abattoirs in order to identify the parameters affecting electrical stunning and its impacts on the overall quality of the finished products. Particular attention has been paid to the influence of the type of organisation of the slaughtering chain. This study has emphasised factors greatly affecting electrical stunning quality and finished product appearance: genotype and animal weight, production chain organisation (the time in between stunning and bleeding), electrical stunning parameters and the length of application of the electric current.

INTRODUCTION

La narcose en abattoir, ou étourdissement, permet de maintenir l'animal dans un état d'inconscience jusqu'à sa mise à mort, lui évitant une souffrance inutile. Pour les abatteurs, l'objectif de la narcose est double : limiter le stress et la souffrance des animaux, en accord avec la réglementation et la demande du consommateur, et assurer au consommateur et aux industries de la transformation une qualité des produits conformes à leurs attentes. En effet, le processus de narcose, s'il n'est pas bien contrôlé, peut engendrer des défauts importants de qualité des carcasses et de la viande (Contreras et Beraquet, 2001; Mouchonière et al., 1999).

En France la méthode de narcose la plus généralement utilisée est l'électronarcose par bain d'eau. Son principe repose sur la conduction d'un courant électrique jusqu'au système nerveux de l'animal pour inhiber sa perception de la douleur, ce qui provoque un état d'inconscience. Les paramètres électriques du courant utilisé influencent fortement la qualité de l'étourdissement (EFSA journal, 2004; Mouchonière et al., 1999). Il semblerait cependant que des paramètres électriques induisant un niveau

d'inconscience optimal engendrent une dégradation de la qualité des produits (Contreras et Beraquet, 2001; Gregory and Wilkins, 1990 ; Mouchonière et al., 1999), mais les données de la littérature sont encore assez contradictoires (Santé et al., 2000). Pour encadrer cette pratique, l'Union Européenne a établi le règlement n° 1099/2009/CE sur la protection des animaux au moment de leur mise à mort, applicable dès le 1^{er} janvier 2013 (CE, 2009). Ce règlement ne tient pas compte des impacts potentiels sur la qualité des produits. Il impose des gammes de couples intensité-fréquence mais n'apporte aucune indication sur la prise en compte de facteurs comme l'organisation de la chaîne d'abattage ou les caractéristiques des animaux.

L'objectif de cette étude était donc de faire un état des lieux des pratiques de narcose dans les abattoirs français pour caractériser les paramètres influençant la qualité des produits et l'efficacité de la narcose, puis d'étudier plus finement l'impact des paramètres électriques de la narcose sur ces critères dans des situations d'organisation de chaîne d'abattage différentes.

I. MATERIELS ET METHODES

I.1. Etat des lieux de la pratique française

Dans un premier temps, nous avons réalisé un état des lieux des pratiques d'électronarcose en France et de leur impact sur le bien-être des animaux et la qualité des produits. Pour cela, 21 lots de poulets, tous génotypes confondus ont été suivis dans 8 abattoirs. Un minimum de 2 lots par site a été étudié. Aucune contrainte sur le lot à étudier n'était formulée. Pour chaque lot, nous avons relevé les caractéristiques du lot (effectif, cadence d'abattage, génotype, poids moyen), les paramètres exacts du courant électrique (ampérage, fréquence et tension) l'organisation générale de la chaîne d'abattage (aménagements spécifiques,

temps de narcose, d'égouttage et délais entre narcose et saignée, méthode de saignée), puis nous avons procédé à des mesures de bien-être et de qualité. Les mesures de bien-être animal ont été effectuées à la sortie du dispositif de narcose, au moment de la saignée, peu après la scie pendant l'égouttage, et juste après l'égouttage avant l'échaudage. Des tests de réveil après la narcose et des comptages de différents phénomènes comportementaux (battements d'ailes, redressement du cou, ouverture des yeux), choisis pour leur pertinence et leur faisabilité, ont été réalisés (Tableau 1).

Tableau 1 : Phénomènes comportementaux observés sur la chaîne d'abattage

Type d'observation	Lieu d'observation	Critère d'observation	Conditions de mesure
Battements d'ailes	Sortie du bac de narcose, saignée, égouttage	Battements d'une durée > à 2 sec	
Tensions du cou	Sortie du bac de narcose, saignée, égouttage	Cou redressé à plus de 90° du corps	Observations pendant 3 minutes et conversion en fréquence
Yeux ouverts	Avant échaudage	Ouverture de l'œil > à la moitié de sa capacité	
Réveil	Sortie du bac de narcose	Délais entre narcose et reprise des réactions de l'appareil locomoteur	Mesures sur 3 animaux pris aléatoirement

Concernant la qualité des produits, des observations de défauts potentiellement liés à la narcose ont été réalisées sur les carcasses chaudes (fractures de l'aile, carcasses rouges, croupions rouges et bouts d'ailes rouges), directement sur la

chaîne, juste après leur sortie des plumeuses. Ensuite, des observations sur les filets (hématomes et pétéchiés) ont été menées après la période de ressuage (Tableau 2).

Tableau 2 : Echelle de mesure des défauts de qualité

	Mesures	observations			Conditions de mesure
carcasses	Fractures de l'aile	Fracture avec infiltration sanguine			Observation 3 minutes et conversion en fréquence
	Carcasses rouges	Carcasse rouge sur toute la surface			
		Note 0	Note 1	Note 2	
	Croupions rouges		Hématome à l'extrémité	Hématome sur tout le croupion	Observation 3 minutes et calcul d'un indice : [(nb de notes 1 +2 x nb de note 2)/ nb de notes 0+1+2]
Bouts d'aires rouges	Pas de défaut	Rougisement du dernier segment	Apparition de sang sur plus que le dernier segment		
filets	hématomes	Pas de défaut	1 hématome au niveau de la fourchette	Hématomes en plus de celui de la fourchette	Observation sur 50 filets et calcul d'un indice: [(nb de notes 1 +2 x nb de note 2)/ nb de notes 0+1+2]
	pétéchies		< 5 pétéchies	> 5 pétéchies	

1.2. Impact des paramètres électriques

Dans un second temps, l'impact des paramètres électriques sur le bien-être et la qualité des produits a été testé plus spécifiquement. Cette partie de l'étude a été réalisée sur 16 lots de poulets de génotypes standards et certifiés, dans 3 abattoirs différents. Un minimum de 5 lots par site a été étudié. Les paramètres électriques de la narcose (couple fréquence / intensité) ont été modifiés au milieu de chaque lot. Nous avons travaillé avec les paramètres

électriques standards utilisés par l'abattoir, et des paramètres électriques proches des recommandations réglementaires sur la protection animale (diminution de la fréquence et/ou augmentation de l'intensité, Tableau 3). Il faut cependant noter que dans le cas d'un abattage halal, les paramètres modifiés devaient rester compatibles avec le cahier des charges halal. Ils n'étaient donc pas conformes aux obligations imposées par ce règlement.

Tableau 3 : Statistiques descriptives des modifications de paramètres électriques de la narcose effectuées dans les différents abattoirs (moyenne ± ESM)

Abattoir	Abattoir 1		Abattoir 2		Abattoir 3	
	Usuelles	Modifiées	Usuelles	Modifiées	Usuelles	Modifiées
Conditions d'étude						
Fréquence (Hz)	392 ± 0	198 ± 1	289 ± 3	203 ± 2	300 ± 0	198 ± 0
Tension (V)	60 ± 3	87 ± 4	215 ± 5	249 ± 1	50 ± 0	53 ± 1
Intensité / animal (mA/animal)	58 ± 2	90 ± 2	199 ± 5	248 ± 3	33 ± 1	42 ± 2

Pour chaque lot nous avons relevé le génotype, le poids vif moyen, l'effectif du lot, la cadence d'abattage moyenne par heure et les paramètres exacts du courant électrique (ampérage, fréquence et tension) avant et après modification. Nous avons également étudié l'organisation de la chaîne d'abattage (temps de passage dans le bac d'eau, temps d'égouttage des poulets saignés, délais entre la sortie du dispositif de narcose et la saignée, méthode de saignée). Concernant le bien-être des animaux, les redressements du cou et les battements d'ailes en sortie du bac de narcose et 3

mètres après le poste de saignée ont été mesurés pendant 3 min. Une mesure plus discriminante que celle utilisée en première partie d'étude a été utilisée pour les redressements du cou : il était considéré comme redressé lorsqu'il formait un angle supérieur à 45° par rapport au corps. Concernant les mesures de qualité des produits, les ailes fracturées, les croupions rougis et les bouts d'ailes rougies ont été comptabilisés pendant 3 minutes selon les méthodes précédemment décrites.

1.3. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel StatView. Lorsque les observations comparées n'étaient pas effectuées sur le même lot, des tests de Kruskal-Wallis et Mann-Whitney ont été réalisés pour mettre en évidence des différences. Lorsque les observations comparées étaient effectuées sur le même lot (avant et après

modification des paramètres électriques), des tests de rang de Wilcoxon ont été effectués. Des analyses de corrélations entre variables étudiées ont été réalisées et les significativités ont été mises en évidence par un t-test de Student.

II. RESULTATS ET DISCUSSIONS

II.1. Etat des lieux des pratiques en France

Parmi les 21 lots analysés dans cette étude, une plus forte proportion était de génotype Standard (57%) et le poids vif variait de 1,6 kg à 2,3 kg, tous génotypes confondus. Cette étude nous a permis de caractériser l'organisation des chaînes d'abattage et les paramètres de narcose lors de l'abattage de ces différents lots (Tableau 4). Les abattages de type non rituel (63%) se sont avérés plus fréquents que les abattages de type halal. De même, la saignée unilatérale (67%) était employée plus fréquemment que la saignée de type ventral. Il faut noter la très forte correspondance entre

abattage non rituel et saignée unilatérale et entre abattage halal et saignée ventrale. Il est intéressant de noter que le temps d'immersion dans le bac de narcose et le délai entre narcose et saignée étaient très variables (respectivement entre 2,5 et 26 secondes et entre 8 et 18 secondes). Les paramètres de narcose variaient également fortement avec une intensité délivrée par poulet allant de 37 à 250 mA, une tension variant de 20 à 200 V et une fréquence comprise entre de 118 à 407 Hz (Tableau 4).

Tableau 4 : Etat des lieux des pratiques d'électronarcose observées dans 8 abattoirs

	Nombre de lot	Moyenne	Déviati on standard	Minimum	Maximum
Poids vif (kg)	19	1,97	0,25	1,56	2,32
Intensité totale (mA)	18	1153	521	220	2050
Densité (nombre/bac)	21	19,8	9,8	4	30
Intensité moyenne / animal (mA/animal)	18	71,1	58,2	36,7	250
Tension (V)	21	77,0	51,8	20	200
Fréquence (Hz)	21	244	118	118	407
Temps d'immersion (s)	21	12,5	6,4	2,5	25,7
Délai Narcose-Saignée (s)	21	13,5	3,3	7,9	18,3
Temps d'égouttage (s)	19	158	40,8	113	278
Cadence (nombre/heure)	21	7266	1726	4800	9900

Concernant les observations de bien-être et de qualité, de nombreuses corrélations ont été observées. Il est particulièrement intéressant de noter que lors de cet état des lieux des pratiques françaises, un raccourcissement du temps de réveil, une augmentation des battements d'ailes après la narcose, une augmentation des redressements de cou après la narcose ou après la saignée étaient corrélés à une augmentation des bouts d'ailes rougies. Ces résultats suggèrent qu'une amélioration du bien-être des animaux (diminution des comportements révélateurs de stress ou de souffrance) peut être compatible avec une amélioration de

certains critères de qualité tels que la présentation des ailes. Ces résultats, sont à priori en contradiction avec les études scientifiques réalisées sur l'électronarcose qui suggèrent plutôt une détérioration de la qualité des produits avec l'intensification de la narcose (Contreras et Beraquet, 2001 ; Simonovic et Grashorn, 2010). Les variations observées ne sont donc probablement pas à relier avec les paramètres électriques de narcose mais plutôt avec l'organisation des chaînes d'abattage et les caractéristiques des animaux qui variaient fortement entre lots étudiés.

II.2. Facteurs influençant le bien-être et la qualité

II.2.1. Caractéristiques des animaux

Un impact significatif du génotype a été mis en évidence pour des critères de bien-être et de qualité des carcasses (Tableau 5). Les poulets standards et certifiés présentaient plus de battement d'ailes en sortie de bac de narcose, plus de fractures et plus de croupions rouges que les poulets label. De plus, les poulets standards présentaient plus de croupions rouges que les deux autres génotypes. Ainsi, dans cet état des lieux, les poulets standards apparaissaient les plus sensibles, aux défauts de bien-être mais aussi de qualité.

Ces effets pourraient être liés aux poids vif des animaux fortement corrélés avec leur génotype (les poulets standards étant les plus légers et les labels les plus lourds). Le fait que

les poulets les plus légers (les standards) aient présenté le plus de défauts de bien-être est cohérent avec une étude de Wilkins et al. (1998) qui a montré que les poulets d'un poids vif inférieur à 1,7 kg, retrouvent plus rapidement une forme de conscience après passage dans un bain d'eau électrifié que des poulets d'un poids vif supérieur à 2,7 kg. Concernant les fractures un effet de l'âge d'abattage (qui dépend du génotype) a pu intervenir. En effet, la mesure effectuée ne permet pas de différencier les fractures liées au ramassage de celles liées à la narcose. Or les articulations sont plus fragiles chez des animaux plus jeunes, ce qui peut expliquer que les poulets certifiés et standards, abattus plus précocement que les poulets label, aient présenté plus de fractures causées par le ramassage ou la narcose.

Tableau 5 : Impact du génotype sur différentes observation de bien-être et de qualité

Observations	Génotype			Valeur de p
	Label	Certifié	Standard	
Battements ailes sortie bac (%)	0,081 ^b ± 0,081	0,695 ^a ± 0,158	1,752 ^a ± 0,427	0,04
Fractures (%)	0,722 ^B ± 0,404	3,510 ^A ± 1,188	3,194 ^A ± 0,879	0,07
Indice ailes rouges	0,030 ^b ± 0,009	0,146 ^a ± 0,078	0,306 ^a ± 0,037	<0,01
Indice croupions rouges	0,149 ^b ± 0,025	0,091 ^b ± 0,045	0,336 ^a ± 0,034	<0,01

^{A,B} les valeurs dont les lettres diffèrent sont significativement différentes pour p<0,10

^{a,b} les valeurs dont les lettres diffèrent sont significativement différentes pour p<0,05

II.2.2. Organisation de la chaîne d'abattage

L'allongement du délai entre la sortie du bac de narcose et la saignée au-delà de 14 secondes a entraîné une détérioration du bien-être et de la qualité (Tableau 6). Ainsi, au-delà de 14 secondes nous avons pu observer une augmentation de la fréquence des redressements de cou à la saignée, des battements d'ailes à l'égouttage, une tendance à l'accroissement des redressements de cou à l'égouttage

(p=0,10), un accroissement des yeux ouverts à l'échaudage, ainsi qu'une augmentation de la fréquence d'ailes et croupions rouges, des pétéchies et des hématomes. Un rapport EFSA de 2004 recommande des temps entre narcose et saignée inférieurs à 20 secondes, cependant au vu des résultats de la présente étude, ce seuil pourrait être trop élevé car une dégradation du bien-être et de la qualité est observée dès 14 secondes entre narcose et saignée.

Tableau 6 : Impact du temps entre sortie du bac de narcose et saignée sur différentes observations de bien-être et de qualité

Observations	Temps narcose-saignée		Valeur de p
	<14 sec	>14 sec	
Redressements cou saignée (%)	0,199 ^b ± 0,103	4,209 ^a ± 1,257	0,01
Battements ailes égouttage (%)	0,496 ^b ± 0,162	3,339 ^a ± 1,328	0,02
Redressements cou égouttage (%)	0,552 ^B ± 0,218	2,233 ^A ± 0,780	0,10
Yeux échaudage (%)	1,003 ^b ± 0,378	7,829 ^a ± 2,415	0,05
Indice ailes rouges	0,110 ^b ± 0,034	0,328 ^a ± 0,043	<0,01
Indice croupions rouges	0,159 ^b ± 0,045	0,348 ^a ± 0,026	<0,01
Indice pétéchies	0,269 ^b ± 0,057	0,561 ^a ± 0,036	<0,01
Indice hématomes	0,077 ^b ± 0,022	0,252 ^a ± 0,057	0,03

^{A,B} les valeurs dont les lettres diffèrent sont significativement différentes pour p<0,10

^{a,b} les valeurs dont les lettres diffèrent sont significativement différentes pour p<0,05

II.2.3. Paramètres électriques de la narcose

La modification des paramètres électriques (diminution de la fréquence et / ou augmentation de l'intensité) a eu un impact favorable important sur tous les critères de bien-être observés (Tableau 7). Une diminution de la fréquence des battements d'ailes et des redressements de cou en sortie du bac de narcose de 76% et 45% respectivement, ainsi qu'une diminution de la fréquence des battements d'ailes et des redressements de cou juste après la saignée de 37% et 59% respectivement, ont été observées. Cela va dans le sens des études de Raj (2006) ou Prinz (2009) qui montrent un lien entre intensification de la narcose et qualité de l'inconscience des animaux. En revanche, la modification

des paramètres électriques (diminution de la fréquence et / ou augmentation de l'intensité) a légèrement détérioré la présentation des carcasses. Une tendance à l'augmentation des ailes rouges est observée (+15%, p=0,08) ; cependant ce phénomène disparaît si on ne regarde que les ailes les plus rouges (note 2) qui posent des problèmes de commercialisation. Une augmentation globale des croupions rouges a également été observée (+18%) ainsi que des croupions les plus touchés (note 2). Ces résultats sont cohérents avec la littérature. En effet, plusieurs études montrent un lien entre intensification de la narcose et détérioration de la qualité des produits (Contreras et Beraquet, 2001 ; Simonovic et Grashorn, 2010).

Tableau 7 : Impact de la modification des paramètres électriques de la narcose sur les critères de bien-être et de qualité

	Paramètres électriques utilisés		Valeur de p
	Paramètres usuels	Paramètres modifiés	
Fréquence battements ailes sortie bac (%)	4,37 ^a ± 1,44	1,06 ^b ± 0,34	<0,01
Fréquence redressement cou sortie bac (%)	18,4 ^a ± 3,9	10,1 ^b ± 2,5	<0,001
Fréquence battements ailes saignée (%)	7,38 ^a ± 1,28	4,67 ^b ± 0,91	0,04
Fréquence redressement cou saignée (%)	2,52 ^a ± 0,66	1,03 ^b ± 1,27	<0,01
Indice ailes rouges	0,229 ^B ± 0,068	0,263 ^A ± 0,073	0,08
Indice croupions rouges	0,369 ^b ± 0,052	0,437 ^a ± 0,058	<0,01

^{A,B} les valeurs dont les lettres diffèrent sont significativement différentes pour p<0,10

^{a,b} les valeurs dont les lettres diffèrent sont significativement différentes pour p<0,05

Il est intéressant de noter que d'un abattoir à l'autre la durée d'application du courant électrique variait fortement. Nous avons observé des différences entre abattoirs en termes de bien-être dès la sortie du bac de narcose, qui pourraient être liées au temps de séjour des animaux dans le bac (plus celui-ci serait long, meilleure serait la qualité de l'inconscience). En effet, l'abattoir 2 présentait la durée de narcose la plus courte (7 secondes contre 13 et 20 secondes pour les abattoirs 1 et 3) et les fréquences de battements d'ailes (7% contre 1% pour les abattoirs 1 et 3) et de redressement du cou (29% contre 15% et 2% pour les

abattoirs 1 et 3) les plus élevées en sortie de narcose. On observe d'ailleurs une corrélation significative entre les redressements de cou et la durée de la narcose ($R^2 = 0,60$). Le rapport EFSA (2004) préconise une durée minimale d'une seconde dans le bain et la législation européenne établit qu'une durée minimale de quatre secondes doit être appliquée, indépendamment de la fréquence et de l'intensité électrique utilisées (CE, 2009). Mais au regard de la présente étude, ce temps pourrait être trop faible pour des intensités proches de 200 mA par animal.

CONCLUSION

Cette étude a permis de faire un état des lieux des pratiques d'électronarcose du poulet de chair en France. La narcose est suivie d'une saignée qui peut être unilatérale ou ventrale, les deux systèmes étant largement utilisés sur le territoire français. Les abattages rituels de type halal représentent également une part non négligeable des abattages en France. L'étude a également permis de mettre en évidence certains facteurs influençant le bien-être des animaux et la qualité des produits.

Ainsi, dans cette étude, les poulets standards, les plus légers, étaient les plus sensibles aux problèmes de bien-être et aux défauts de qualité. La durée entre la sortie du bain de narcose et la saignée a aussi un impact fort : un temps supérieur à 14 secondes s'est avéré avoir un effet négatif que ce soit pour le bien-être ou pour la qualité. Les paramètres électriques avaient eux aussi une forte influence sur le bien-être des animaux et dans une moindre mesure sur la qualité. Une augmentation de l'intensité électrique délivrée et/ou une

diminution de la fréquence pour s'approcher de la réglementation européenne ont permis de diminuer le nombre de comportements indicateurs d'un défaut de bien-être tout en ne dégradant que légèrement la qualité des carcasses. Un très fort impact de l'abattoir a également été observé. Celui-ci peut être lié à de nombreux facteurs dont le temps d'exposition des animaux au courant électrique, le temps entre narcose et saignée, et le mode de saignée.

Au vu de cette étude, il semble que des recommandations sur les paramètres électriques optimaux pour l'abattage des poulets doivent porter sur des couples intensité/fréquence et tenir compte de la durée d'exposition des animaux au courant électrique. Cette étude souligne également que pour limiter les problèmes de bien-être et de qualité à l'abattoir, l'organisation même de la chaîne d'abattage est à prendre en compte et en particulier la longueur du bac de narcose et l'espacement entre celui-ci et le poste de saignée.

Références :

- Communauté Européenne, 2009. Règlement N°1099/2009 du conseil du 24 septembre 2009 sur la protection des animaux au moment de leur mise à mort. Journal officiel de l'Union Européenne 303:1-30.
- Contreras C.C. and N.J. Beraquet, 2001. Electrical stunning, hot boning, and quality of chicken breast meat. *Poult. Sci.* 80:501-507.
- European Food Safety Authority, 2004. Opinion of the scientific panel on Animal Health and Welfare on a request from the commission related to welfare aspects of the main systems of stunning and killing the main commercial species of animals. *The EFSA journal* 45:1-29.
- Gregory N.G. and L.J. Wilkins, 1990. Broken bones in chickens: effect of stunning and processing in broilers. *Br. Poult. Sci.* 31: 53-58.
- Mouchonière M., G. Le Pottier, and X. Fernandez, 1999. The effect of current frequency during waterbath stunning on the physical recovery and rate and extent of bleed out in turkeys. *Poult. Sci.* 77:485-489.
- Prinz S., 2009. Waterbath stunning of chickens – Effects of electrical parameters on the electroencephalogram and physical reflexes of broilers. Ph.D. Thesis, Radboud University Nijmegen, Faculty of Social Sciences, Nijmegen, Nederland.
- Raj A.B.M., M. O'Callaghan and T.G. Knowles, 2006. The effects of amount and frequency of alternating current used in water bath stunning and of slaughter methods on electroencephalograms in broilers. *Animal Welfare.* 15:7-18.
- Sante V., G. Le Pottier, T. Astruc, M. Mouchonière, and X. Fernandez, 2000. Effect of stunning current frequency on carcass downgrading and meat quality of turkey. *Poult. Sci.* 79:1208-1214.
- Simonovic S., and M. Grashorn. 2010. Effect of different electrical stunning conditions on meat quality in broilers. XIIIth European Poultry Conference, 23-27 août, Tours, France.
- Wilkins L.J., H.G. Gregory, S.B. Wotton, and L.D. Parkman, 1998. Effectiveness of electrical stunning applied using a variety of waveform-frequency combinations and consequences for carcass quality in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 39:511-518.

Remerciements

Nous remercions FranceAgriMer pour son soutien financier à ce projet. Nous voulons également remercier la FIA pour son aide technique et tous les abattoirs qui nous ont accueillis chaleureusement et qui nous ont permis de réaliser cette étude.