



Optimisation des paramètres de narcose chez le canard

Respect de la protection animale et de la qualité des produits

Résumé

L'étourdissement est une étape importante du processus d'abattage. Il influence directement les étapes suivantes du processus mais également la qualité finale des viandes et des produits. Le règlement 1099/2009 sur la protection des animaux à l'abattoir dresse une liste positive de méthodes d'étourdissement et établit des minima à respecter quelle que soit la méthode d'étourdissement.

Pour l'espèce canard, ce règlement impose des intensités électriques minimales (130 mA pour une fréquence inférieure à 200 Hz) pour l'électronarcose par bain d'eau qui ne sont pas toujours atteintes par les abatteurs. Ces paramètres minimaux ont par ailleurs été définis par rapport à la seule protection des animaux sans tenir compte des aspects qualité des produits. Par ailleurs, outre l'intensité électrique, d'autres facteurs interviennent dans la qualité de l'étourdissement et le maintien de la qualité des produits (fréquence, temps d'application, poids des animaux). Les professionnels du canard gras ont besoin de références pour connaître l'impact des paramètres de narcose sur la qualité des foies gras de canards et des magrets.

Deux études en station expérimentale et une validation terrain en abattoir de canards ont permis de confirmer que la narcose était de meilleure qualité lorsque les paramètres réglementaires étaient appliqués, ce qui va dans le sens d'un meilleur respect de la protection animale à l'abattoir. De plus, ces différentes expérimentations et l'essai terrain n'ont pas permis de mettre en évidence des problèmes de qualité avec les paramètres réglementaires. Cependant, il n'a pas été possible d'étudier l'impact de la longueur du bain ni du temps d'application de ces paramètres sur la qualité des produits.

Contexte

L'étourdissement est une étape importante du processus d'abattage. Il influence directement les étapes suivantes du processus mais également la qualité finale des viandes et des produits. Le règlement 1099/2009 sur la protection des animaux à l'abattoir dresse une liste positive de méthodes d'étourdissement et établit des minima à respecter quelle que soit la méthode d'étourdissement. L'application de ce règlement pose différents problèmes pratiques et économiques (qualité des produits) en fonction des espèces.

Pour l'espèce canard, ce règlement impose des intensités électriques minimales (130 mA pour une fréquence inférieure à 200 Hz) pour l'électronarcose par bain d'eau qui ne sont pas toujours atteintes par les abatteurs. Ces paramètres minimaux ont par ailleurs été définis par rapport à la seule protection des animaux sans tenir compte des aspects qualité des produits. Par ailleurs, outre l'intensité électrique, d'autres facteurs interviennent dans la qualité de l'étourdissement et le maintien de la qualité des produits (fréquence, temps d'application, poids des animaux). Le présent travail vise à connaître l'impact des paramètres de narcose sur la qualité des foies gras de canards et des magrets, et ainsi de définir des paramètres optimaux pour éviter la souffrance des animaux et préserver la qualité des produits.

1. Introduction

Les études effectuées en canards jusqu'à présent se sont focalisées sur la qualité des produits en comparant les différentes méthodes possibles d'anesthésie (sous atmosphère contrôlée, par bain d'eau, avec un pistolet à tige percutante et par étourdissement électrique exclusivement crânien). En canard, aucun impact de la méthode de narcose n'a été recensé sur la couleur des foies et les foies crus présentaient plus de pétéchies avec les techniques d'étourdissement exclusivement crânien et avec un pistolet à tige percutante (Fernandez et al., 2010b). Dans cette même étude, les auteurs concluent que la méthode par bain d'eau conduit à un effet négatif sur les défauts de carcasse bien que l'impact sur les analyses sensorielles ultérieures soit limité (Fernandez et al., 2010a). Gregory and Wotton (1992) ont montré que le contact du bec et de la peau du jabot avec le bain d'eau entraînait un moins bon étourdissement que lorsque toute la tête était immergée. Assez peu d'études se sont intéressées à des variations de courants électriques en relation avec l'efficacité de l'étourdissement et la qualité des produits. Beyssen et al. (2004) ont montré qu'un courant de 150 mA et 600 Hz AC appliqué pendant 4 s était insuffisant pour étourdir correctement les animaux alors que dans leurs études de 2010 (Fernandez et al., 2010 a et b) avec un courant de 130 mA et 50 Hz AC appliqué

pendant 4 s, les animaux étaient morts à la sortie du bain d'eau.

L'objectif de ce projet était d'optimiser les paramètres électriques de narcose pour assurer l'inconscience des animaux et optimiser la qualité des produits.

Electronarcose par bain d'eau : Prescriptions EFSA

- ✓ **Accrochage** : l'accrochage se fait par les 2 pattes. Les animaux trop petits ou visiblement blessés ne doivent pas être accrochés
- ✓ **Durée d'immersion** : les animaux doivent être exposés au courant électrique au moins 4 s.
- ✓ **Paramètres électriques** : intensité minimum à respecter par animal en fonction de la fréquence appliquée :

Fréquence (Hz)	Poulets	Dindes et dindons	Canards et oies	Cailles
< 200 Hz	100 mA	250 mA	130 mA	45 mA
De 200 à 400 Hz	150 mA	400 mA	Interdit	Interdit
De 400 à 1 500 Hz	200 mA	400 mA	Interdit	Interdit

2. Matériel et méthode

2.1. Première phase expérimentale : facteurs de variation de l'impédance

L'objectif de cette première étude expérimentale était de définir les facteurs de variation de l'impédance des animaux selon leur poids, leur emplumement et les paramètres électriques qui leurs étaient appliqués.

2.1.1. Dispositif expérimental

Six modalités expérimentales ont été testées en croisant 3 catégories de poids avec 2 fréquences différentes. En ce qui concerne le poids des animaux, pour optimiser la variabilité observée, (variations de près de 1,5kg observées sur le terrain), 3 souches et 2 techniques de préparation au gavage ont été utilisées. Concernant la fréquence électrique, 2 modalités (50 Hz ; 1000 Hz) définies en comité de pilotage ont été choisies.

Chaque canard a été soumis individuellement à une intensité du courant (I) de 130 mA pendant 4 s quelle que soit la modalité. Deux lots de 90 canards, présentant la même hétérogénéité de poids vif due à la souche et à la méthode de rationnement ont été étourdis (soit un total de 180 canards) puis saignés par section des carotides au cou dans les conditions standardisées d'abattage.

2.1.2. Animaux et bâtiment d'élevage

210 canards mâles de 3 types génétiques ont été mis en place à 1 jour d'âge.

Les différents types génétiques ont été choisis sur leur potentiel de poids différent à 12 semaines lors de la mise en gavage :

- A, souche lourde, N=70
- B, souche intermédiaire, N=70
- C, souche plus légère, N=70

Avant l'arrivée des canetons, les loges d'élevage ont été préalablement préparées : pose des copeaux sur une demi-loge, chauffage du bâtiment 24 h à l'avance.

Jusqu'à l'âge de 4 semaines les canards ont été élevés sur copeaux afin d'éviter les problèmes de boiterie. Ils ont ensuite été placés sur caillebotis progressivement puis intégralement.

2.1.3. Modalités d'élevage

✓ Phase de démarrage : de 0 à 4 semaines d'âge : l'ensemble des canards a été nourri *ad libitum* durant la période de démarrage avec des aliments de type commercial (granulés de 2,5 mm)

✓ Phase de croissance et de finition (de 4 à 12 semaines d'âge) : l'objectif de l'élevage était d'obtenir des canards de poids très différents afin d'étudier l'impact du poids sur l'impédance (de 3.6 kg à 4.8 kg en fin d'élevage). Pour atteindre cet objectif, 2 modes de rationnement ont été pratiqués. Une partie des animaux appartenant à chaque type génétique a été soumise à un rationnement quantitatif alors que l'autre a bénéficié d'un rationnement horaire.

↳ Pour les canards rationnés quantitativement, le rationnement a débuté à l'âge de 6 semaines et a été poursuivi jusqu'à la mise en gavage. Les canards recevaient 80% de la ration classiquement distribuée. De 4 à 6 semaines d'âge, l'aliment a été donné à volonté.

↳ Pour les canards soumis à un rationnement horaire, le rationnement a débuté à l'âge de 8 semaines et a été poursuivi jusqu'à la mise en gavage, les animaux ayant accès à la nourriture une heure par jour. De 4 à 8 semaines d'âge, l'aliment a été distribué à volonté.

2.1.4. Mesures expérimentales en élevage

Une pesée individuelle de l'ensemble des canetons a été réalisée à 4, 8 et 12 semaines d'âge. Une pesée de 50% des canards choisis aléatoirement a été réalisée à 6, 7, 9, 10 et 11 semaines d'âge afin d'ajuster le rationnement alimentaire.

Afin de comparer les ingérés alimentaires de chaque espèce, les quantités d'aliment distribuées ont été notées ainsi que les refus à 4, 8 et 12 semaines.

A 12 semaines d'âge les animaux ont été triés sur leur poids vif afin de constituer, pour chaque modalité expérimentale, des lots identiques en termes de variation de poids, cette dernière devant être maximale.

2.1.5. Gavage et mesures expérimentales

180 (+ 10) canards ont été gavés en cages collectives pendant 23 repas. Les canards n'ayant pas le même potentiel en gavage, 2 courbes de gavage différentes ont été pratiquées : une courbe identique pour les canards de souche légère et intermédiaire et une courbe plus haute pour les canards de souche lourde.

Les quantités distribuées ont été pesées et les ingérés alimentaires des canards en gavage ont été notés individuellement.

Le mélange de gavage utilisé était composé de 62 % de matière sèche (26 % maïs grain, 36 % de farine (Palma 146, Maïsador) et 38 % d'eau.

2.1.6. Abattage, mesures et prélèvements

L'ensemble des canards a été abattu conventionnellement, le même jour, sur la station expérimentale de l'INRA d'Artiguère (électronarcose, saignée, échaudage, plumaison, flambage). Les canards étaient électro-narcosés individuellement. Différents paramètres électriques ont été pratiqués au moment de l'électronarcose des canards à l'aide d'un bain électrifié branché sur un générateur électrique permettant de faire varier à volonté l'intensité et la fréquence du courant.

Les paramètres mesurés étaient les suivants :

- **Poids des animaux vifs**
- **Qualité de la saignée et Emplumement** : la qualité de la saignée a été évaluée par mesure de la quantité de sang évacuée, déterminée par la différence de poids entre le poids vif de l'animal (PV) avant électro-narcose et le poids de l'animal après la saignée (mesure à temps constant après l'acte de saignée). L'emplumement a été déterminé par la différence de poids entre l'animal saigné et l'animal plumé et saigné (PSP). Pour cela, la mesure précédente a été utilisée (poids saigné, PS). Dès son arrivée en salle d'éviscération (zone propre) après plumaison et flambage, l'animal a à nouveau été pesé avec ailes et pattes (PSP). La différence de poids entre PS et PSP = Poids de plumes.
- **Impédance de l'animal** : un testeur a été monté en série sur le circuit électrique destiné à l'électro-narcose afin d'enregistrer la tension (U en volts) lors de l'application du courant. Le générateur utilisé permet de délivrer une intensité fixée à 130 mA dans le cas présent. L'impédance (Z, en Ohm) a été calculée pour chaque animal en s'appuyant sur la loi d'Ohm : $U = Z \cdot I$, soit $Z \text{ (Ohm)} = U \text{ (V)} / 0,13 \text{ A}$;

- **Indicateurs de conscience / inconscience des animaux** : Les battements d'ailes, les redressements du cou et les tremblements ont été filmés et les vidéos ont ensuite été analysées avec le logiciel The Observer®. La latence avant la première occurrence du comportement d'intérêt, leur durée ainsi que leur fréquence ont été enregistrées. Les tremblements et les redressements du cou n'ont été considérés que suite à l'électro-narcose. Les clignements des yeux ont également été évalués visuellement ainsi que le réflexe cornéen (effleurement de la cornée avec le doigt)

2.1.7. Eviscération, mesures et prélèvements

Les canards ont été éviscérés à chaud : ouverture, sortie du foie, du gras abdominal et des viscères.

Les morceaux de carcasses et carcasses ont été gérés comme suit :

- **Foie gras** :
 - o Pesée individuelle
 - o Identification des foies
 - o Refroidissement des foies sur lit de glace et recouverts de papier film dans les clayettes placées en chambre froide.
- **Gras abdominal** : pesée
- **Viscères** : jabots vidés si pleins
- **Carcasses** : accrochées sur les chariots, positionnés en chambre froide dès qu'ils sont complets.

Les canards ont ensuite été disséqués partiellement le lendemain de l'abattage. Les mesures réalisées lors de la dissection étaient les suivantes :

- Poids ressué (sans pattes et bouts d'ailes)
- *Pectoralis major* (magret)
- Peau + gras du magret

Les fractures des têtes humérales ont été observées et notées (0 : pas de fracture, 1 : une aile sur les deux est fracturée, 2 : les deux ailes sont fracturées).

Par ailleurs, différentes mesures ont été effectuées sur les foies gras le lendemain de l'abattage :

- Mesure de la couleur des foies gras à l'aide d'un colorimètre ($L^*a^*b^*$)
- Appréciation visuelle des foies gras

2.1.8. Analyses statistiques

Les critères de qualité des carcasses ont été notés en score, ils ont donc été traités sur les données individuelles à l'aide d'un test du χ^2 . Les résultats sont jugés significatifs au seuil de 5%.

La normalité des données a été vérifiée par approche graphique et grâce aux coefficients d'asymétrie et

d'aplatissement (compris entre -1 et 1). Les données normales ont été traitées par l'analyse des variances (Anova), suivie dans le cas de différences significatives de tests a posteriori de Fisher. Pour les données non normales, des tests non paramétriques de Kruskal Wallis. Puis, dans le cas où des différences significatives étaient révélées, des tests de Mann-Whitney ont été effectués 2 à 2 avec correction de Bonferroni.

2.2. Seconde phase expérimentale : définition d'un couple fréquence / intensité « optimal »

L'objectif de cette étude expérimentale était de définir un couple fréquence / intensité pour l'électronarcose par bain d'eau des palmipèdes à foie gras qui permette à la fois d'assurer l'inconscience des animaux de l'étourdissement jusqu'à leur mort et une qualité des produits conforme aux cahiers des charges

2.2.1 Dispositif expérimental

4 modalités expérimentales relatives à l'électronarcose des canards ont été testées (Tableau 1)

Tableau 1 : Modalités expérimentales testées

Traitement	T1	T2	T3	T4
Effectif	50	50	50	50
Intensité (mA)	50	130	130	130
Fréquence (Hz)	80	80	700	1500
Temps d'application du courant (s)	4			

Chaque canard a été soumis individuellement au courant électrique pendant 4 s quelle que soit la modalité. 4 lots de 50 canards ont été étourdis (soit un total de 200 canards) puis saignés par section des carotides au cou dans les conditions standardisées d'abattage.

2.2.2. Animaux et bâtiment d'élevage

210 canards mâles de la souche génétique B (souche intermédiaire) ont été mis en place à 1 jour d'âge et ont été élevés sur parcours dans des conditions d'élevage standards.

2.2.3. Modalités d'élevage

✓ **Phase de démarrage : de 0 à 4 semaines d'âge** : idem phase 1 (2.1.3)

✓ **Phase de croissance et de finition : de 4 à 12 semaines d'âge** : L'ensemble des canards a été nourri *ad libitum* avec un aliment de type commercial jusqu'à 8 semaines d'âge puis un rationnement horaire a été pratiqué tel que décrit phase 1 (2.1.3).

En fin d'élevage, les canards ont été choisis de façon à ce que le poids à la mise en gavage soit peu hétérogène (écart de 500 g).

2.2.4. Mesures expérimentales en élevage

Une pesée individuelle des canards a été effectuée à 4 et 12 semaines d'âge.

A 12 semaines d'âge les animaux ont été triés sur leur poids vif afin de constituer des sous-groupes homogènes. Un écart de poids de 500 g était toléré.

2.2.5. Gavage et mesures expérimentales

200 (+ 8) canards ont été placés en cages collectives à raison de 4 canards par logement pour la durée du gavage (23 repas).

Le mélange de gavage utilisé était le même que décrit phase 1 (2.1.5).

Les quantités distribuées ont été pesées et le comportement alimentaire des canards en gavage a été noté individuellement.

2.2.6. Abattage, mesures et prélèvements

L'ensemble des canards a été abattu, le même jour, sur la station expérimentale de l'INRA d'Artiguères (électronarcose, saignée, échaudage, plumaison, flambage), de la même façon que décrite dans la phase 1 (2.1.6)

Plusieurs mesures ont été réalisées au cours de l'abattage et de la découpe le lendemain :

- **Poids des animaux vifs** (pesée par cône + automate de pesée)
- **Qualité de la saignée et Emplumement** : tel que décrit phase 1 (2.1.6).
- **Paramètres électriques** : Notification de l'intensité et du voltage lors de l'électronarcose de chaque individu afin de calculer a posteriori l'impédance de l'animal. Le générateur utilisé permettait de délivrer une intensité fixée de valeur définie selon les modalités protocolaires. L'impédance (Z, en Ohm) a été calculée pour chaque animal en s'appuyant sur la loi d'Ohm, $U = Z \cdot I$.
- **Indicateurs de conscience / inconscience des animaux** : Ces observations ont été réalisées juste après étourdissement et pendant l'égouttage. Les 4 indicateurs considérés étaient la posture tonique de l'épilepsie (inconscience) (à partir de films vidéo), les battements d'ailes (conscience) (à partir de films vidéo), la respiration (conscience) par l'observation visuelle des mouvements du cloaque et le clignement spontané des yeux (conscience) par observation visuelle. Afin d'évaluer la fréquence des battements d'ailes et la posture tonique des animaux avant et au moment de l'électronarcose puis après, des vidéos ont été réalisées puis analysées à l'aide du logiciel The Observer®.

2.2.7. Eviscération, mesures et prélèvements

Au moment de l'abattage (J), la carcasse a été ouverte à chaud et plusieurs éléments ont été pesés :

- Carcasses égouttées avec bouts d'ailes et pattes
- Foie gras
- Gras abdominal

Une observation de la qualité des carcasses et du foie a été effectuée. Les critères de qualité des carcasses ont été visualisés à chaud (tête rouge, bouts d'ailes rougis, fractures de têtes humérales, hématomes). La qualité des foies a été évaluée 4h après l'abattage en réalisant une appréciation visuelle des foies gras, en mesurant la couleur à l'aide d'un colorimètre ($L^*a^*b^*$). La quantité de sang résiduel a été appréciée par un dosage de fer héminique. Un test de fonte de foie a également été réalisé. Le pourcentage de fonte du foie a été calculé en ramenant le poids de foie après la cuisson sur le poids de foie avant cuisson et en multipliant par 100.

Les conditions de cuisson du foie pour le test de fonte étaient les suivantes :

- Préchauffage de l'autoclave à 70° C, mise en place des boîtes.
- Dès que l'autoclave est fermé, mettre une contre pression de 0,8 bar.
- Chauffage à 85°C pendant 1h.
- Refroidissement pendant 30 min dans l'autoclave.
- Stockage au froid

L'état d'engraissement des canards a été évalué à J + 1. Le magret droit (*Pectoralis major* + (peau + gras)) a été pesé.

Plusieurs critères de qualité des viandes ont été évalués :

- pH ultime 24h après abattage (prise du pH dans la partie supérieure du *Pectoralis major*, coté aiguillette)
- Couleur à l'aide d'un colorimètre ($L^*a^*b^*$) (prise de mesures sur la partie supérieure du *Pectoralis major*, coté aiguillette)
- Sang résiduel : dosage de fer héminique sur N=25 magrets / traitement.
- Présence d'hématomes sur le magret

2.2.8. Analyses statistiques

Des notations ont été réalisées pour les critères de qualité des carcasses qui ont été ensuite traités sur les données individuelles à l'aide d'un test du χ^2 . Les résultats ont été jugés significatifs au seuil de 5%.

Le même type d'analyse que pour la phase 1 (2.1.8) ont été effectuées.

2.3. Validation sur le terrain

La différence majeure entre l'abattage en conditions expérimentales et commerciales réside dans la longueur

du bain. En effet, en station expérimentale, les canards sont étourdis un par un alors qu'en conditions commerciales, plusieurs canards se retrouvent simultanément dans le bain ce qui d'une part augmente la durée d'exposition des canards au courant, et d'autre part ne certifie pas le niveau d'intensité reçu par canard.

L'objectif de cette étude terrain était donc de valider les résultats obtenus en station expérimentale.

16 lots de 800 canards mâles minimum ont été suivis dans 2 abattoirs. Les canards de chacun de ces lots ont été répartis en sous-lots selon 3 paramètres d'électronarcose différents afin de s'affranchir des biais liés à la variabilité inter-lots.

Les modalités testées étaient les suivantes

- 90 à 320 Hz – 100 à 130 mA (réglages habituels des abattoirs)
- 50 Hz – 130 mA (paramètres réglementaires)
- 1200 Hz – 130 mA

Plusieurs critères de qualité de narcose et des produits ont été observés pour chacun des sous lots :

- Pourcentage de Réflexes Cornéens (RC) juste après la narcose (avant saignée)
- Pourcentage bouts ailes rougis, pourcentage carcasses rouges, pourcentage de têtes rouges, couleurs des foies, pourcentage de foies avec hématomes et/ou pétéchies, ou marbrés.

3. Résultats et discussion

3.1. Première phase expérimentale : facteurs de variation de l'impédance

3.1.1. Distribution des animaux en fonction du traitement électrique

Les différents poids mesurés au cours de l'abattage des canards sont présentés dans le Tableau 2

Au seuil de signification de 5%, la répartition des canards en fonction de leur poids vif ou de leur poids de foie est semblable pour les 2 traitements testés.

L'impédance est identique quelle que soit la fréquence appliquée au canard : 50 ($1503\Omega \pm 219$) et 1000 Hz ($1513\Omega \pm 196$) ($p < 0,05$).

3.1.2. Effet de la lignée

La lignée a tendance à faire varier l'impédance de l'animal ($P=0,066$). Cette faible variation est possiblement liée à l'emplumement des canards qui diffère en fonction des lignées (Tableau 3).

Au regard de la **protection animale**, la lignée n'impacte pas l'efficacité de l'étourdissement.

Tableau 2 : Phase1 - Statistiques descriptives des variables de qualité de carcasses ou de produits pour les canards soumis à 50 ou 1000 Hz

Fréquence (Hz)	Variable	N	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
1000	Impédance (Ohms)	94	1514,0	196,9	961,5	2046,2
	Poids Avant Saignée (g)	92	6381,9	456,2	5236,0	7328,0
	Poids de Sang (g)	91	271,4	34,0	182,0	351,0
	Poids de plumes (g)	89	336,1	46,3	257,5	439,0
	Poids du foie chaud (g)	94	586,8	104,1	351,2	855,7
	Poids de Gras Abdominal (g)	94	182,6	31,9	115,4	269,9
	Poids du muscle <i>pectoralis major</i> (g)	93	307,7	30,2	232,0	376,4
	Poids de peau (g)	94	160,7	28,2	103,6	244,4
50	Impédance (Ohms)	103	1504,5	224,4	1000,0	2046,2
	Poids Avant Saignée (g)	103	6399,3	469,8	5491,0	7377,0
	Poids de Sang (g)	101	256,1	38,7	144,0	367,0
	Poids de plumes (g)	99	354,6	56,3	174,0	494,5
	Poids du foie chaud (g)	102	591,8	94,2	394,3	859,6
	Poids de Gras Abdominal (g)	103	185,2	35,5	101,8	282,6
	Poids du muscle <i>pectoralis major</i> (g)	103	306,3	28,1	252,7	372,4
	Poids de peau (g)	102	154,9	24,5	105,9	221,8

Tableau 3 : Phase 1 - Impact de la lignée de canards sur les différents paramètres mesurés (PV = Poids vif ; Poids FG/PV = Poids du Foie Gras ramené au poids vif de l'animal ; Poids Musc/PV = Poids du muscle Pectoralis major ramené au poids vif de l'animal)

	A	B	C	P
PV	6324 ± 59	6446 ± 59	6440 ± 59	NS
Poids plumes /PV	5,3% ± 0,1 b	5,4% ± 0,1 b	5,7% ± 0,1 a	<0,001
Poids FG/PV	9,3% ± 0,2 a	9,5% ± 0,2 a	8,7% ± 0,2 b	0,004
Poids Musc/PV	5,0% ± 0,04 a	5,0% ± 0,04 a	4,5% ± 0,04 b	<0,001
Impédance Z en Ohms	1561 ± 25a	1459 ± 25b	1508 ± 25ab	0,0663
Pétéchies sur le foie	44,4%	35,29%	43,48%	0,062
Couleur générale rouge des foies	92,4%	80,9%	72,46%	0,051
Luminescence L* des foies	64,63 ± 0,34 b	65,87 ± 0,34 a	66,63 ± 0,34 a	<0,001
Composante rouge a* des foies	10,49 ± 0,24 a	9,68 ± 0,24 b	9,80 ± 0,24a b	0,04

Au regard de la **qualité des produits**, les canards de la souche lourde (souche A) ont tendance à avoir des foies généralement plus rouges et présentant plus de pétéchies ($p < 0,10$) ; ils ont également des foies ayant une luminance moins élevée (Tableau 3). Pour les autres indicateurs de la qualité (composante jaune b* des foies, hématomes, engorgement des vaisseaux, pointe des lobes rouge, hémorragie interne, texture des foies et fractures des têtes humérales), il n'a pas été constaté d'effet des lignées.

3.1.3. Effet de la classe de poids

Les canards ont été partagés en 3 classes de poids (classe 1 de 5236 à 6137g, classe 2 de 6139 à 6623g et classe 3 de 6639 à 7377g) indépendamment de leur lignée et du traitement appliqué (Tableau 4).

Le poids des foies augmentait avec la classe de poids vif des canards (Tableau 4). Ces différences peuvent expliquer les effets observés sur la qualité des foies gras. En effet, dans la classe de poids vif la plus élevée (foies les plus lourds), les foies présentaient une texture granuleuse et plus grasse que dans la classe de poids vif

la plus faible où la texture des foies était plus caoutchouteuse.

Au regard de la **protection animale**, aucun effet de la classe de poids n'a été constaté sur l'efficacité de l'étourdissement pour les différents critères testés (réflexe cornéen avant et après saignée, fréquence-latence-durée totale des battements d'ailes avant et après saignée, fréquence épilepsie, fréquence-latence redressement du cou post saignée, fréquence-latence-durée totale tremblement post saignée)

Tableau 4 : Phase 1 - Poids de foies chauds en fonction des classes de poids vifs des canards

Poids Vifs	Classe Poids Vifs	Poids des foies chauds				
		N	Moyenne	Ecart-type	Min	Max
5236-6137g	1	65	557,8 ^b	109,7	351,2	859,6
6139-6623g	2	64	584,2 ^{ab}	74,4	425,5	800,4
6639-7377g	3	64	623,6 ^a	96,7	449,7	855,7

Au regard de la **qualité des produits**, plus le canard était léger, plus la quantité de sang exsanguinée relative à son poids était élevée (Tableau 5). Aucun effet de la classe de poids n'a été constaté pour les autres critères de qualité des produits (hématomes, engorgement des vaisseaux, hémorragie interne, couleur générale rouge, pétéchiés).

Tableau 5 : Phase 1 – Evaluation de la qualité des produits en fonction de la classe de poids vif

Classes	1	2	3	P
Poids de sang (g)	254 ±29	264 ±32	272 ±46	0,0087
Poids de sang / PV (%)	4,32 ±0,5	4,14 ±0,5	3,93 ±0,7	0,0011

3.1.4 Effet de la fréquence appliquée

Pour chacun des critères considérés, la **protection animale** est mieux respectée pour une fréquence de 50 Hz (Tableau 6). En effet, à 1000 Hz, le nombre de canards ayant des réflexes cornéens, des battements d'ailes et des tremblements est significativement plus important ($P < 0,001$). De même, un plus grand nombre de canards redresse le cou après la saignée lorsqu'une fréquence de 1000 Hz est appliquée ($P < 0,0001$).

Tableau 6 : Phase 1 -Résultats obtenus pour les indicateurs d'efficacité de l'étourdissement en fonction de la fréquence appliquée

	50 Hz	1 000 Hz	P (Khi ²)
Réflexe cornéen après narcose	14/95	36/94	<0,001
Réflexe cornéen après saignée	0/109	13/95	<0,001
Fréquence des battements d'ailes Post Saignée	5/103	71/94	<0,0001
Latence des battements d'ailes Post Saignée (s)	112 ±27	54 ±43	<0,0001
Fréquence Redressement du Cou Post Saignée	4/103	55/94	<0,0001
Latence Redressement du Cou Post Saignée (s)	113 ±24	73 ±46	<0,0001
Fréquence Tremblement Post Saignée	11/103	84/94	<0,0001
Latence Tremblement Post Saignée (s)	107 ±34	39 ±38	<0,0001

Au regard de la **qualité des produits**, le rapport poids de sang sur poids vif est plus élevé pour les canards étourdis à 1000 Hz (Tableau 7). La saignée est donc un peu meilleure à 1000 Hz. Il est également observé que les foies des canards électronarcosés à 1000 Hz sont légèrement plus jaunes, cependant la différence constatée avec le colorimètre n'est pas perceptible par l'œil humain (détecte une différence de couleur pour un écart minimal de 2 points).

Les canards abattus à 50 Hz ont significativement moins d'hématomes mais ont tendance à avoir des foies avec plus de pétéchiés que les canards abattus à 1000 Hz (Tableau 7). Les autres critères de qualité n'ont pas été impactés par la fréquence appliquée.

Tableau 7: Phase 1- Résultats obtenus pour les indicateurs de qualité de carcasse en fonction de la fréquence appliquée aux canards (Poids de sang / PV (%) = poids de sang perdu au cours de la saignée ramenée au poids vif)

	50 Hz*	1 000 Hz*	P
Poids sang/ PV (%)	4,0% ± 0,1	4,3% ± 0,1	< 0,001
Pétéchiés sur le foie (%)	84	79	0,054
Hématomes sur le foie (%)	73,7	74,01	< 0,05
Composante jaune b* foie	31,28 ± 0,28	32,13 ± 0,30	< 0,05

*Moy±erreur std (LS Means)

3.1.5. Conclusion de la première phase expérimentale

Nous avons montré que l'impédance dépendait du poids vif et de la souche. Il est possible qu'un lien existe entre la souche utilisée et l'emplumement des animaux.

Par ailleurs, l'efficacité de l'étourdissement est meilleure à 50 Hz qu'à 1 000 Hz, ce qui suppose que la protection animale est mieux assurée à 50 Hz. De plus, il n'y a pas de différence de qualité sur les critères testés en fonction du traitement même si les foies des canards abattus à 50 Hz ont tendance à présenter plus de pétéchiés et moins d'hématomes.

3.2. Deuxième phase expérimentale : définition d'un couple électrique « fréquence / intensité » optimal

Les différents critères mesurés au cours de l'abattage des canards sont présentés dans le Tableau 8.

3.2.1. Impact des paramètres électriques sur l'impédance

L'impédance des canards abattus aux paramètres 50 mA / 50 Hz était plus élevée que chez les canards abattus selon les autres paramètres (Tableau 9), alors qu'aucune différence significative n'a été observée selon les différents traitements pour les critères : poids avant saignée, poids de plumes ou de gras abdominal ramenés au poids vif de l'animal.

Tableau 9 : impédance (Z) des animaux en fonction des paramètres électriques appliqués

	130mA/50Hz 1	130 / 1200 2	130 / 750 3	50mA / 50 Hz 4	P
Z	1597 ± 36b	1582 ± 35b	1604 ± 36b	1784 ± 35a	<0,001

Tableau 8 : Phase 2 - Statistiques descriptives des différents critères mesurés en fonction des paramètres électriques appliqués

	130 mA / 50 Hz			130 mA / 1200 Hz			130 mA / 750 Hz			50 mA / 50 Hz		
	N	Moy	Ecart-type	N	Moy	Ecart-type	N	Moy	Ecart-type	N	Moy	Ecart-type
Impédance (Ohms)	50	1596,6	256,43	53	1582,2	214,31	51	1607,4	254,81	53	1779,1	274,41
Latence Battements Ailes Post Saignée (s)	52	112,48	25,60	53	64,28	45,63	51	67,22	44,96	53	60,08	39,46
Durée Totale Battements Ailes Post Saignée (s)	52	0,60	2,30	53	9,36	10,28	51	6,94	7,19	53	8,85	7,48
Latence Redressement du Cou Post Saignée (s)	52	118,33	11,42	53	95,26	35,91	51	97,24	33,87	53	89,53	35,48
Latence Tremblement Post Saignée (s)	52	107,2	33,8	53	49,7	35,8	51	43,3	33,4	53	49,0	28,5
Durée Totale Tremblement Post Saignée (s)	52	3,29	9,15	53	20,63	14,26	51	22,57	13,97	53	19,83	10,47
Poids Avant Saignée (g)	52	6155	379	53	6142	374	51	6163	389	53	6206	398
Poids Sang / Poids Vif (%)	49	3,98	0,46	53	4,20	0,60	51	4,23	0,43	53	3,97	0,56
Poids Plume / Poids Vif (%)	48	5,43	0,90	53	5,46	0,95	50	5,30	0,68	52	5,21	0,88
Poids Gras abdominal / Poids Vif (%)	51	2,99	0,39	53	2,91	0,44	48	2,94	0,39	53	2,90	0,32
Poids de Foie/ Poids Vif (%)	52	10,46	2,00	53	10,73	1,91	51	10,33	1,67	53	10,50	2,01
Luminance L* du foie	52	69,6	2,96	53	69,6	2,84	51	69,5	2,63	53	68,8	2,68
Composante rouge a* du Foie	52	12,10	1,70	53	11,98	1,63	51	11,96	1,89	53	12,11	1,71
Composante jaune b* du Foie	51	27,58	2,98	52	27,89	2,86	51	27,58	2,66	52	28,69	2,45
Luminance L* du magret	50	47,20	1,98	52	47,44	2,49	51	47,43	2,14	52	47,42	1,89
Composante rouge a* du Magret	51	25,03	0,99	51	24,89	0,83	50	24,88	0,79	52	24,92	0,94
Composante jaune b* du Magret	51	8,70	1,79	52	8,89	1,37	51	8,65	1,45	52	8,70	1,74
pHu du Magret	50	5,89	0,13	52	5,89	0,05	50	5,88	0,03	51	5,90	0,07
Poids Peau Magret / Poids Vif (%)	51	2,61	0,41	52	2,57	0,32	51	2,62	0,28	53	2,65	0,34
Poids Muscle du Magret / Poids Vif (%)	51	5,00	0,32	51	5,00	0,33	51	5,08	0,33	53	5,10	0,40
Fonte Foie (%)	52	30,66	12,19	53	33,77	13,08	51	33,82	12,32	53	33,15	13,21
Fer (µg/g muscle)	26	3,83	0,81	26	4,10	1,08	25	4,44	1,18	27	3,81	0,82

3.2.2. Impact des paramètres électriques sur l'efficacité de l'étourdissement

Pour chacun des critères présentés dans le Tableau 10, il s'avère que l'efficacité de l'étourdissement est significativement meilleure chez les canards abattus aux paramètres réglementaires (130mA/50Hz) comparée au paramètres 130 mA/750Hz eux-mêmes donnant de meilleurs résultats qu'à 130 mA/1200Hz ou 50mA/50Hz.

Cet avantage des paramètres réglementaires n'a pas été observé pour les battements d'ailes post saignée (fréquence et durée totale), ni pour l'épilepsie (fréquence).

3.2.3. Impact des paramètres électriques sur la qualité des produits

Pour la plupart des critères de qualité des produits (L*, a*, b* du foie et du magret ; pHu du magret ; taux de fonte des foies ; concentration en Fe héminique ; présence d'hématomes sur les foies), aucune différence significative n'a été mise en évidence selon les paramètres appliqués.

La quantité de sang expulsée est moins élevée lorsque les canards ont été abattus à 130 mA / 50 Hz qu'à 130 mA / 1200 Hz ou 130 mA / 750 Hz (Tableau 11). Ce résultat confirme ce qui a été constaté lors de la première expérimentation.

Tableau 10 : Phase2 – Efficacité de l'étourdissement en fonction des paramètres électriques appliqués

	130mA/50Hz	130 / 1200	130 / 750	50mA / 50 Hz	P
Réflexe Cornéen Narcose	6/52	28/51	11/50	23/50	<0,001
Réflexe Cornéen Saignée	0/52	2/51	1/50	3/51	NS
Respiration visualisée au niveau du cloaque Saignée	0/52	3/51	1/50	5/51	0,02
Latence Battements des Ailes Post Saignée (s)	112 ± 26	64 ± 46	67 ± 45	60 ± 39	<0,0001
Latence Redressement du Cou Post Saignée (s)	118,33 ± 11,42	95,26 ± 35,91	97,24 ± 33,87	89,53 ± 35,48	<0,0001
Latence Tremblement Post Saignée	107,18 ± 33,79	49,73 ± 35,82	43,34 ± 33,4	49 ± 28,5	<0,0001

Tableau 11 : Phase 2 - Qualité des produits en fonction des paramètres électriques appliqués avec %Sg/PV = quantité de sang sur le poids vif du canard ramené en pourcents, Nbre Têtes humérales fracturées = moyenne du nombre de têtes humérales fracturées pour chacun des canards (score allant de 0 à 2)

	130 mA / 50 Hz	130 mA / 1200 Hz	130 mA / 750 Hz	50 mA / 50 Hz	p
%Sg/PV	4,0% ± 0,1 c	4,2% ± 0,1 ab	4,2% ± 0,1 a	4,0% ± 0,1 bc	0,01
Nbre Têtes humérales fracturées	1,26 ± 0,8	1,09 ± 0,8	0,92 ± 0,8	0,79 ± 0,8	0,020
pHu Magret	5,89 ± 0,13	5,89 ± 0,04	5,88 ± 0,03	5,89 ± 0,07	0,057
Couleur générale rouge du foie (critère moyen)	14/52	11/52	22/50	21/51	0,073

Par ailleurs, les canards abattus aux paramètres réglementaires présentaient plus de fractures de têtes humérales (130 mA / 50 Hz > 130 mA / 1200 Hz > 130 mA / 750 Hz > 50 mA / 50 Hz) alors qu'au contraire les foies ont eu tendance (P=0,073) à être plus rouge chez les canards abattus aux paramètres 50 mA / 50 Hz et 130 mA / 750 Hz comparés à ceux des canards abattus aux paramètres 130 mA / 50 Hz et 130 mA / 1200 Hz (Tableau 11).

3.2.4. Conclusion de la seconde phase expérimentale

Cette seconde étude a permis de confirmer l'impact du poids vif du canard sur son impédance. Par ailleurs il y a peu d'impacts des paramètres électriques testés sur la qualité des foies ou des magrets et cette faible différence est sans conséquence économique. Cependant, il y a un impact important sur l'efficacité de l'étourdissement en faveur des paramètres réglementaires (130 mA / 50 Hz > 130 mA / 1200 Hz > 130 mA / 750 Hz > 50 mA / 50 Hz).

3.3. Validation sur le terrain

3.3.1. Efficacité de la narcose et qualité des produits

Les canards abattus aux paramètres réglementaires répondaient moins au test du réflexe cornéen et avaient moins de bouts d'ailes rougis (Tableau 12 et Tableau 13).

Aucun effet des paramètres d'électronarcose n'a été mis en évidence sur les autres critères testés qu'étaient le pourcentage de carcasses rouges, pourcentage de têtes rouges, la couleur des foies, pourcentage de foies avec hématomes et/ou pétéchies et le pourcentage de foies marbrés.

3.3.2. Conclusion de la phase terrain

Les observations réalisées sur le terrain ont validé celles des 2 études expérimentales. En effet, l'efficacité de l'étourdissement est meilleure en utilisant les paramètres réglementaires alors que la qualité des produits ne semble pas être affectée par ces mêmes paramètres.

4. Conclusion

Ces trois études ont permis de confirmer que la narcose était de meilleure qualité lorsque les paramètres réglementaires étaient appliqués, ce qui va dans le sens d'un meilleur respect de la protection animale à l'abattoir.

De plus, ces différentes expérimentations et l'essai terrain n'ont pas permis de mettre en évidence des problèmes de qualité avec les paramètres réglementaires. Cependant, le choix des abattoirs a été réalisé en fonction du matériel d'électronarcose présent et notamment de leur capacité à pouvoir faire varier les paramètres électriques et il n'a pas été possible d'étudier l'impact de la longueur du bain ni du temps d'application de ces paramètres sur la qualité des produits : il n'y avait pas plus de carcasses rouges, de têtes

rouges ou de foies de moins bonne qualité (pétéchies, hématomes, rouges...) chez les canards abattus aux paramètres réglementaires.

Remerciements

Ce projet a été conduit dans le cadre du projet FranceAgriMer NARCOVOL et a été cofinancé par le CIFOG. Nous remercions l'unité expérimentale de l'INRA d'Artiguères de nous avoir permis de réaliser les 2 phases expérimentales et les abattoirs pour nous avoir accueillis pour la phase terrain.

Tableau 12 : Validation terrain abattoir n°1 (9 lots suivis) – Résultats de l'évaluation de l'efficacité de l'étourdissement (% RC = pourcentage de réflexes cornéens) et de la qualité des carcasses (% Ailes rougies, Pourcentage de carcasse présentant au moins une des 2 ailes avec un bout rougi)

Paramètres électriques	50 Hz – 130 mA		1200 Hz – 130 mA		Paramètres Abattoir 1		p
Variable	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
% RC	8 ± 3 c		33 ± 12 a		16 ± 5 b		<0,0001
% Ailes rougies	22 ± 5 b		27 ± 3 a		25 ± 4 ab		0,04

Tableau 13 : Validation terrain abattoir n°2 (7 lots suivis) – Résultats de l'évaluation de l'efficacité de l'étourdissement (% RC = pourcentage de réflexes cornéens) et de la qualité des carcasses (% Ailes rougies, Pourcentage de carcasse présentant au moins une des 2 ailes avec un bout rougi)

Paramètres électriques	50 Hz – 130 mA		1200 Hz – 130 mA		Paramètres Abattoir 2		p
Variable	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
% RC	3 ± 0,02 b		21 ± 0,11 a		15 ± 0,13 a		0.0067
% Ailes rougies	33 ± 0,02		34 ± 0,05		32 ± 0,05		NS

Références bibliographiques

- Beyssen C., Babile R. & Fernandez X., 2004. Electrocorticogram spectral analysis and somatosensory evoked potentials as tools to assess electrical stunning efficiency in ducks. *British Poultry Science* (45) 3, 409-415
- Fernandez X., Lahirigoyen E., Auvergne A., Molette C. and Bouillier-Oudot M., 2010a. The effects of stunning methods on product qualities in forcefed ducks and geese. 1. Carcass downgrading and meat quality. *animal*, (4), pp 128-138
- Fernandez X., Lahirigoyen E., Bouillier-Oudot M., Vitezica Z. and Auvergne A., 2010b. The effects of stunning methods on product qualities in forcefed ducks and geese. 2. Fatty liver quality. *animal*, (4), pp 139-146
- Gregory N.G. and Wotton S.B., 1992. Effect of incomplete immersion of the head in waterbath stunners on the effectiveness of electrical stunning in ducks. *Research in veterinary science* (53) 2 : 269-270
- Règlement (CE) N°1099/2009, conseil du 24 septembre 2009 sur la protection des animaux au moment de leur mise à mort, Journal officiel de l'Union européenne

Abstract : Optimisation of the stunning parameters for ducks

Stunning is an important step of the slaughtering process. It influences directly the following steps of the process but also the final quality of meat and products. The regulation 1099/2009 on the animal protection in slaughterhouse raises a positive list of stunning methods and establishes minimum conditions to respect whatever is the stunning method.

In ducks, this regulation imposes minimal electric intensities for the stun by water bath which are not always reached by the slaughterers. These minimal parameters were only defined according to animal protection considerations without taking into account impacts on products quality. Besides the electric intensity, other factors intervene in the stunning efficiency and the preservation of the quality of products (frequency, time of application, weight of animals). It would be essential for the professionals to know the impact of the stunning parameters on the quality of foies gras and breast of ducks.

Two studies in experimental station and an additional validation in professional slaughterhouses for ducks enable to confirm that the stunning was of better efficiency when the regulatory parameters were applied. It goes along a better respect of animal protection at the slaughterhouse. Furthermore, these various experiments and the field validation did not allow to highlight quality problems with the regulatory parameters. However, it was not possible to study the impact of the length of the water bath nor the time of application of these parameters on the quality of products.