

# ELECTRONARCOSE DES POULETS : FACTEURS D'IMPACT DE L'EFFICACITE DE L'ETOURDISSEMENT ET DE LA QUALITE DES PRODUITS

**Bourin Marie<sup>1</sup>, Bignon Laure<sup>1</sup>, Terlouw Claudia<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Institut Technique de l'Aviculture, URA, BP, F-37380 NOUZILLY, France*

<sup>2</sup> *INRA, UMRH – CARAIBE, 63122 ST-GENES-CHAMPANELLE, France*

[bourin@itavi.asso.fr](mailto:bourin@itavi.asso.fr)

## RÉSUMÉ

L'étourdissement des animaux est une étape précédant la saignée qui permet de maintenir l'animal dans un état d'inconscience jusqu'à sa mort. Pour encadrer cette pratique, l'Union Européenne a établi le règlement n° 1099/2009 du Conseil du 24 septembre 2009 sur la protection des animaux au moment de leur mise à mort. La méthode d'étourdissement doit rendre les animaux inconscients et insensibles, de la saignée jusqu'à leur mort, afin de leur épargner de la douleur, de la peur et du stress. En France la méthode d'étourdissement la plus généralement utilisée pour les poulets de chair est l'électronarcose par bain d'eau. Pour cette méthode, le règlement impose un courant minimum devant être distribué à chaque poulet, en fonction de la fréquence appliquée : 100 mA pour une fréquence inférieure à 200 Hz, 150 mA pour une fréquence comprise entre 200 et 400 Hz et 200 mA pour une fréquence comprise entre 400 et 1500 Hz. Cette synthèse bibliographique a pour objectif d'analyser les impacts des différents paramètres électriques et d'autres facteurs d'influence sur l'efficacité de la narcose ainsi que sur la qualité des carcasses et des produits. Les données bibliographiques montrent que l'induction de l'inconscience est meilleure lorsque les fréquences appliquées sont inférieures à 200 Hz et l'intensité appliquée par animal supérieure à 120 mA, alors que la qualité des produits est meilleure lorsque les fréquences appliquées sont supérieures à 1000 Hz et l'intensité appliquée par animal inférieure à 100 mA. De plus, dans des conditions terrain, il est difficile d'assurer que chaque animal reçoive l'intensité de courant requise. En effet, certaines caractéristiques de l'animal, comme le sexe et le poids influencent l'impédance et par ce biais, le courant reçu et donc la qualité de l'électronarcose. D'autres paramètres propres à chaque abattoir, comme l'organisation de la chaîne d'abattage, la durée d'application du courant, la profondeur d'immersion et la qualité de l'eau peuvent également influencer la qualité de l'étourdissement. Enfin, il manque actuellement des données sur les paramètres électriques pour des fréquences intermédiaires (200 – 600 Hz) pour savoir s'il est possible d'obtenir un étourdissement efficace tout en préservant la qualité de la carcasse. Ces tests doivent être réalisés en stations expérimentales et sur le terrain et tenir compte des autres facteurs précédemment cités pouvant influencer et pour lesquels il n'y a pas d'informations disponibles.

## ABSTRACT

### **Electrical stunning of poultry: impact factors of stunning efficiency and meat quality**

The objective of stunning animals before bleeding is to induce unconsciousness, which lasts until the animal dies. The exact rules are described by the European Union in the regulation n°1099/2009 from the 24<sup>th</sup> of September 2009 on the protection of animals at the time of killing. The stunning method should ensure immediate loss of consciousness from bleeding to death of animals, to spare them unnecessary physical hardship, stress and fear. In France, electrical stunning using an electric water bath is the method generally used to stun broilers. The regulation requires a minimum current value distributed to each animal depending on the frequency applied: 100 mA at a frequency of less than 200 Hz, 150 mA at a frequency from 200 to 400 Hz, and 250 mA at a frequency from 400 to 1500 Hz. The objective of this scientific review was to consider the impact of electrical parameters and other influencing factors on stunning efficiency and meat or carcass quality. According to the literature, frequencies lower than 200 Hz associated with a current per animal greater than 120 mA ensures the best induction of unconsciousness, while the product quality is better for frequencies greater than 1000 Hz with a current per animal lower than 100 mA. In addition, under field conditions, it is difficult to guarantee that each animal receives the intended current as various animal characteristics such as gender, weight or quantity of feathers influence its impedance and consequently, the current received and the efficiency of the stunning procedure. Parameters related to the slaughterhouse such as the organisation of the slaughter chain, the duration of current application, the depth of immersion, and the quality of the water influence the quality of the stun. Finally, we lack data on intermediate electrical settings in order to determine if efficient stunning may be obtained while preserving carcass quality. Such tests need to be conducted in experimental settings and under field conditions and take into account the previously mentioned additional factors.

## INTRODUCTION

Sauf dérogation, l'étourdissement des animaux en abattoir est une étape obligatoire précédant la saignée qui permet de maintenir l'animal dans un état d'inconscience jusqu'à sa mort. Pour encadrer cette pratique l'Union Européenne a établi le règlement n° 1099/2009 du Conseil du 24 septembre 2009 sur la protection des animaux au moment de leur mise à mort (CE, 2009). Ce règlement est applicable depuis le 1er janvier 2013. Il dresse une liste de méthodes d'étourdissement possibles et établit des minima à respecter quelle que soit la méthode d'étourdissement utilisée.

Le règlement n° 1099/2009 demande que la méthode d'étourdissement ait un effet immédiat pour rendre les animaux, y compris les volailles, inconscients et insensibles, de la saignée jusqu'à leur mort, afin de leur épargner de la douleur, de la peur et du stress. Raj and Tserveni-Gousi (2000) précisent que suite à l'étourdissement, l'animal doit être suffisamment immobile pour permettre sa saignée. Enfin, pour Fletcher (1999), la méthode d'étourdissement ne doit pas dégrader la qualité de la carcasse et des produits.

En France, de même que dans l'ensemble de l'Europe, la méthode d'étourdissement généralement utilisée pour la volaille est l'électronarcose par bain d'eau (Bignon et al., 2013). Son principe repose sur l'application d'un courant électrique qui traverse le corps de l'animal. Pour ce faire, les volailles sont accrochées par les pattes à des crochets sur la chaîne d'abattage. Celle-ci avance progressivement vers un bain d'eau électrifiée dans lequel les oiseaux sont plongés jusqu'à la base des ailes. La durée d'exposition dépend de la longueur du bain et de la vitesse de la chaîne. L'efficacité de l'étourdissement dépend notamment de l'intensité et de la fréquence du courant reçu par l'animal. Le règlement impose un courant minimal devant être distribué à chaque poulet, en fonction de la fréquence appliquée : 100 mA pour une fréquence inférieure à 200 Hz, 150 mA pour une fréquence comprise entre 200 et 400 Hz et 200 mA pour une fréquence comprise entre 400 et 1500 Hz. En pratique, l'intensité dépend du voltage fixé par les opérateurs, et de la résistance du circuit électrique (dont les animaux font partie). Le voltage est fixé de manière à ce que les animaux reçoivent une intensité de courant qui traverse le corps, y compris le cerveau, permettant une perte de conscience instantanée. Le courant traverse également le cœur, pouvant provoquer en même temps une fibrillation cardiaque, voire un arrêt cardiaque, rendant ainsi l'étourdissement irréversible puisque la mort s'en suit. Si ces bains peuvent bien fonctionner dans certains contextes, il a été estimé que sur le terrain, seul un tiers des poulets passés par le bain sont correctement étourdis, un tiers ne sont pas étourdis correctement alors que le dernier tiers serait en arrêt cardiaque (EFSA, 2004 ; Hindle et al., 2010 ; Mouchonière et al., 1999). Ce manque de maîtrise s'explique pour une grande part par la

présence simultanée de plusieurs oiseaux dans le bain d'eau électrifiée. En effet, le courant reçu par chaque individu dépend à la fois de son impédance propre et de celle de ses voisins. Des variations dans ces impédances provoquent des différences de distribution du courant par oiseau, avec des effets potentiels sur l'efficacité de l'étourdissement et la qualité de viande (Prinz et al., 2012). Cette synthèse a pour objectif d'analyser les impacts des différents paramètres électriques sur la qualité de la narcose et la qualité des carcasses et des produits. Pour réaliser cette synthèse, seuls les articles et revues portant sur l'espèce *Gallus gallus*, mâles et femelles, étourdis par bain d'eau électrifiée, en courant sinusoïdal ont été pris en compte. Au total, plus de 50 articles écrits entre 1987 et 2016 ont été analysés.

## 1. CONSCIENCE ET INCONSCIENCE

### 1.1. Définition

La conscience est un phénomène complexe décrit chez l'humain comme l'ensemble des sentiments et des pensées d'un être vivant, y compris la connaissance de sa propre existence, de ses sensations, et la perception et l'interprétation de son environnement et de son monde intérieur. Il est possible de distinguer 2 composantes de la conscience : la conscience de soi (la capacité à se percevoir comme un être distinct du monde extérieur) et de l'environnement (expérience vécue au travers différentes modalités sensorielles) (Terlouw et al., 2016a).

A contrario, l'inconscience est un état d'insensibilité durant lequel les fonctions cérébrales sont déficientes de façon temporaire ou permanente et où l'animal est incapable de répondre à des stimuli normaux, y compris la douleur. Dans le cadre de l'abattage, l'état d'inconscience résultant de l'étourdissement empêche l'animal de ressentir des douleurs et de la peur (Terlouw et al., 2016a)

La mort signifie l'arrêt irréversible des fonctions vitales, comme par exemple la respiration et la circulation sanguine. Dans le contexte de l'abattage des volailles, les principaux signes d'absence de vie sont l'arrêt permanent de respiration, l'absence de pouls et la présence de pupilles dilatées (EFSA, 2004).

### 1.2. Durée de l'inconscience et de l'insensibilité

L'intervalle entre l'étourdissement et la mort varie en fonction de la longueur et de la vitesse de la chaîne d'abattage et le type de saignée, mais en règle générale, il est inférieur à 90 secondes et se situe en moyenne autour de 20 secondes (EFSA, 2012 ; Raj, 2006).

L'étourdissement doit provoquer l'inconscience et l'insensibilité jusqu'à la mort et ses effets devraient persister pendant une durée minimum de 45 secondes (20 secondes entre la fin de l'électronarcose et la saignée et 25 secondes d'égouttage) (EFSA, 2004 et 2012). En effet, après la saignée des 2 carotides, 25 secondes sont nécessaires pour que la perte de sang

totale provoque une ischémie cérébrale qui sera responsable de lésions cérébrales irréversibles, conduisant à la mort cérébrale de l'animal (EFSA, 2012 et 2013).

## 2. LES INDICATEURS DE CONSCIENCE ET D'INCONSCIENCE

### 2.1. L'électroencéphalogramme (EEG)

L'électroencéphalogramme (EEG) permet de visualiser l'activité électrique du cerveau. En expérimentation, l'EEG peut être utilisé pour déterminer l'inconscience.

Un EEG isoélectrique est un EEG plat qui ne montre plus aucune activité et indique que l'animal est inconscient. Un EEG isoélectrique n'est pas forcément irréversible, mais est souvent associé à la mort cérébrale.

Après l'application correcte d'une électronarcose, l'EEG obtenu présente un profil épileptique incompatible avec le traitement normal des informations venant du corps et de l'extérieur, et est de ce fait associé à l'inconscience (Gregory and Wotton, 1987).

L'état d'inconscience peut aussi être vérifié en mesurant le potentiel évoqué (ou réponse évoquée), qui se traduit par un profil EEG non isolélectrique, signe d'une réponse du système nerveux à une stimulation externe, le plus souvent sensorielle (auditive, visuelle, ou somatosensorielle). Son abolition indique que le système nerveux central n'intègre plus les informations venant des sens et est donc également indicatrice d'une perte de conscience (Erasmus, 2010).

Bien que l'EEG soit considéré comme l'indicateur le plus fiable d'inconscience, il reste limité au laboratoire et est difficilement utilisable pour évaluer l'efficacité de l'étourdissement des volailles dans les abattoirs (Erasmus, 2010).

### 2.2. Les indicateurs terrains

L'évaluation de l'inconscience chez les volailles est une question complexe. Les indicateurs pouvant être utilisés sur le terrain étant seulement indirectement liés à l'état de conscience, il est nécessaire d'en vérifier plusieurs (Boyd, 1994 ; Terlouw et al., 2016b). L'EFSA (2013) a identifié différents indicateurs potentiels (Tableau 1) et recommande d'en vérifier au moins 2 à chacune des étapes qui suivent l'électronarcose et l'acte de saignée. L'animal est déclaré inconscient lorsque les signes de conscience sont absents et les signes d'inconscience sont présents.

L'EFSA a classé ces indicateurs en fonction de leur fiabilité. Le test de réflexe cornéo-palpébral consiste en effleurement du coin de l'œil de l'animal, alors que le clignement spontané de l'œil apparaît sans qu'aucune stimulation de l'œil soit réalisée. Une forte réduction

voire une abolition des réponses positives au test du réflexe cornéen ainsi que l'absence de clignement spontané de l'œil ont été décrits comme étant des indicateurs fiables de l'inconscience (Prinz et al, 2012).

Plusieurs autres indicateurs comportementaux peuvent donner une indication sur l'état de conscience des volailles après l'électronarcose et la saignée. Parmi eux, la reprise de la respiration du poulet est un des premiers signes de retour à la conscience. L'agitation de la tête ou la déglutition spontanée (fait que l'animal avale sa salive) sont également des signes de retour à la conscience qui peuvent être utilisés sur le terrain.

De même, la réponse à un stimulus, tel qu'une piqûre d'épingle, ou un pincement de crête, est un signe de retour à la conscience et est un indicateur pertinent de reprise de conscience lorsqu'il est positif.

## 3. FACTEUR INHERENT A L'ANIMAL : L'IMPEDANCE

Pour une tension donnée, le poulet recevra une intensité en fonction de sa propre impédance, dont la valeur peut être prédite par la loi d'Ohm : Intensité (I en Ampère) = Tension (U en Volt) / Impédance (R en Ohms). Dans le bain d'électronarcose, il est important de noter que les poulets sont en circuit parallèle et que l'intensité du courant reçue n'est pas proportionnelle aux impédances de l'ensemble des poulets présents dans le bain. En effet, si nous avons par exemple 4 poulets au même moment dans le bain d'électronarcose traversé par une tension de 120 V, la mesure du courant total traversant ce bain est de 356 mA, ce qui donne une moyenne de 89 mA par poulet. Or, si les poulets ont des impédances propres de 1000, 1250, 1500 et 2000 Ohms, ils recevront respectivement, 120, 96, 80 et 60 mA. Le poulet recevant 120 mA pourra être mort avant la saignée alors que celui recevant 60 mA sera susceptible d'être conscient au moment de la saignée (Sparrey et al, 1992). Ainsi, pour une même tension, un oiseau, avec une impédance plus faible que ses voisins, reçoit plus de courant et a plus de chances d'être correctement étourdi qu'un oiseau avec une impédance relativement élevée.

Plusieurs études ont montré que l'impédance variait considérablement d'un poulet à l'autre et allait en général de 1000 à 2000 ohms (Gregory and Wotton, 1987).

L'impédance de l'animal diminue lorsque le poids augmente (Wilkins et al, 1998) et les paramètres électriques doivent donc être ajustés en fonction du poids corporel des animaux. De plus, Wilkins et al (1998) ont établi, avec les paramètres 50 Hz et 105 mA, que le poids des animaux avait un effet sur le délai d'apparition des premiers signes d'un retour de conscience. En effet, les oiseaux les plus lourds (poids > 2,7 kg) mettaient plus de temps à se rétablir que les poulets légers (poids < 1,68 kg) (Wilkins et al, 1998).



## 4.2. Inconscience (évaluée par EEG)

Pour induire une activité épileptique au niveau de l'EEG (soit un étourdissement électrique efficace) chez 90 % des poulets, une intensité d'au moins 100, 150 et 200 mA doit être associée à des fréquences de 200, 600 et 800 Hz, respectivement. Pour une fréquence supérieure à 800 Hz, le niveau de courant minimum requis doit être supérieur à 200 mA (Raj and O'Callaghan, 2004 ; Raj et al, 2006).

La durée de cette inconscience et insensibilité dépendra des paramètres électriques appliqués. La probabilité qu'un poulet reste inconscient plus d'une minute a été modélisée pour des fréquences de 50, 400 et 1000 Hz. Dans ce cas, le retour à la conscience est considéré comme positif en cas d'observation d'un réflexe physique, d'une réponse à un stimulus et d'un profil EEG non isoélectrique chez le poulet (Hindle et al, 2010) (Figure 2).

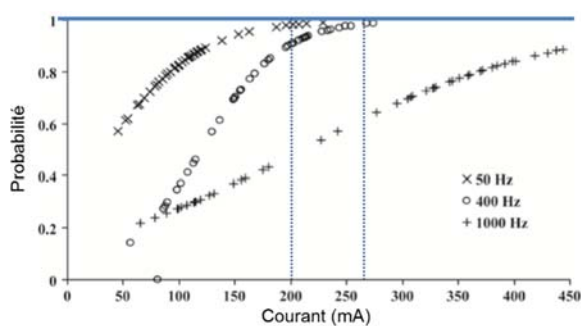


Figure 2 : Probabilité qu'un poulet soit effectivement étourdi (inconscience > 1 min).

L'intensité minimale de courant nécessaire pour atteindre 100 % de réussites augmente avec la fréquence appliquée ; il est de 200 et >250 mA pour 50 et 400 Hz respectivement (Hindle et al, 2010). A une fréquence de 1000 Hz, la probabilité atteint au mieux 90 % pour une intensité de 450 mA minimum (Hindle et al, 2010). Avec les hautes fréquences, les intensités nécessaires pour étourdir 100 % des animaux de façon efficaces sont donc supérieures à celles préconisées dans la réglementation.

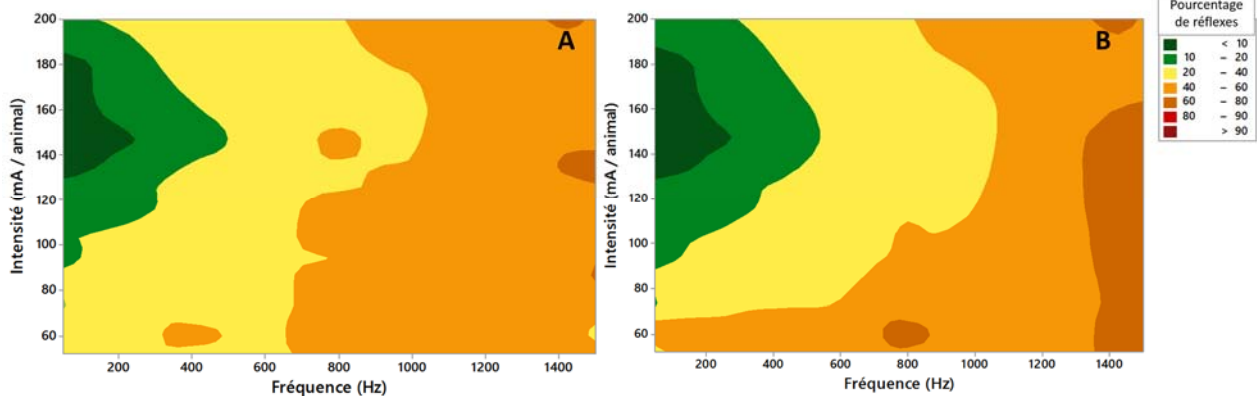


Figure 3 : Effet de l'intensité distribuée par poulet et de la fréquence appliquée sur le pourcentage de réflexes cornéens (A) et de clignements spontanés (B) présents 20 secondes après l'électronarcose

## 4.3. Le réflexe cornéo-palpébral et les clignements spontanés des yeux

Afin d'explorer la relation éventuelle entre les paramètres électriques (intensité et fréquence) et le pourcentage de réflexes cornéens ou la présence de clignements spontanés 20 secondes après électronarcose, un graphique de contour a été réalisé à l'aide du logiciel Minitab. Ce graphique affiche la relation tridimensionnelle en deux dimensions, les facteurs fréquence et intensité (prédicteurs) étant représentés sur les échelles des X et des Y, et les valeurs de réponses, à savoir le pourcentage de réflexes cornéens ou de clignements spontanés, étant représentées par des contours (Prinz et al., 2012 ; Prinz et al., 2010 ; Raj et al., 2006a) (Figure 3). Le nombre de poulets présentant une réponse positive au test du réflexe cornéen ou ayant des clignements spontanés des yeux varie grandement en fonction des paramètres électriques. La proportion de poulets présentant l'un ou l'autre de ces indicateurs est inférieure à 10 % seulement pour une intensité minimale de 130 mA et une fréquence maximale de 200 Hz. Les résultats sont nettement moins bons au fur et à mesure que la fréquence augmente pour atteindre une proportion d'au moins 80 % pour des fréquences supérieures à 800 Hz et des intensités inférieures à 100 mA / poulet (Prinz et al., 2010 ; Prinz et al., 2012 ; Raj et al., 2006)

## 4.4. Les autres indicateurs de conscience

**Reprise de la respiration :** pour de très faibles intensités (< 60 mA / animal) ou des fréquences supérieures à 800 Hz, la reprise de respiration, évaluée 30 secondes après l'électroanesthésie (saignée entre 5 à 7 s après la sortie du bain), est constatée pour la totalité des poulets quelles que soient la fréquence et/ou l'intensité appliquées (Anastasov and Wotton, 2012 ; Raj et al, 2006). Pour des fréquences inférieures à 200 Hz, la proportion de poulets reprenant la respiration diminuent quand l'intensité appliquée augmente et passe sous la barre des 10 % pour une intensité au moins égale à 110 mA / animal (Anastasov and Wotton, 2012 ; Raj et al, 2006).

**Agitation de la tête :** 15 secondes après l'électronarcose, la proportion de poulets qui agitent la tête ou déglutissent augmente avec la fréquence et ce quelle que soit l'intensité impliquée. Cette proportion varie de 10 % aux basses fréquences à 80 % aux hautes fréquences (Raj et al, 2006). Le retour de la respiration, de l'agitation de la tête ou de la déglutition pendant la saignée indique que l'électronarcose n'a pas été suffisamment efficace pour assurer que l'animal meure suite à la saignée sans reprise de conscience.

Contreras et al (2001) ont évalué l'effet de différentes fréquences (200, 350, 500 et 1000 Hz) couplées à une intensité de 30-50 mA et de différents niveaux d'intensités (20 à 125 mA) couplés à une fréquence de 60 Hz, sur la réponse à un test de piqûre d'épingle sur la crête. A 60 Hz, les intensités supérieures à 60 mA / animal permettent un bon étourdissement des animaux (pas de réponse au test de piqûre). En revanche, 25 % des animaux étourdis à une intensité très faible (< 30 mA) répondent positivement à ce stimulus, les autres paramètres testés (30 à 125 mA et 60 Hz et 30 à 50 mA pour 200, 350, 500 et 100 Hz) permettant d'avoir au minimum 86 % des animaux inconscients.

## 5. IMPACT DES PARAMETRES ELECTRIQUES SUR LA QUALITE DES PRODUITS

### 5.1. Qu'est-ce que la qualité des produits ?

La qualité des produits finis, que ce soit celle des carcasses entières ou des découpes (filets...), est très importante pour les transformateurs. Les blessures, les décolorations de la viande ou les os cassés ou disloqués sont des défauts souvent attribués au processus d'abattage (Bilgili, 1999). En conditions commerciales, il est extrêmement difficile d'isoler les défauts liés à l'électronarcose de ceux causés par d'autres facteurs, tels que le ramassage, l'accrochage, les battements d'ailerons, le type de saignée et son efficacité (Bilgili, 1999)

L'exposition du corps de la volaille à un champ électrique stimule tous les tissus excitables et induit des effets qui peuvent être immédiats ou différés. Lors de l'application du champ électrique, les fibres musculaires se contractent simultanément et produisent une hyper-contraction de tous les muscles (phase tonique de l'étourdissement). La contraction des muscles squelettiques faisant suite à l'électronarcose provoque une tension mécanique sur le squelette qui peut conduire à des ruptures des tendons, des fibres musculaires et des vaisseaux sanguins voire même des os. La stimulation électrique des muscles lisses des vaisseaux sanguins peut provoquer une contraction des vaisseaux sanguins augmentant la résistance vasculaire qui, dans certains cas, peut inverser le flux sanguin. La

contraction musculaire couplée à la vasoconstriction peut entraîner une forte augmentation de la pression sanguine et conduire à la rupture de vaisseaux sanguins provoquant des saignements (taches rouges) dans les muscles. Ainsi, l'électronarcose peut avoir un impact sur les hémorragies et la décoloration des filets qui apparaissent *post mortem*. L'occurrence de ces problèmes varie considérablement selon l'abattoir, mais également selon le jour d'abattage et l'oiseau. Néanmoins ces défauts restent une cause majeure de déclassement des carcasses (Boyd, 1994 ; Kranen et al, 2000 ; Raj et al, 2001).

### 5.2. La qualité de la saignée

La saignée a longtemps été considérée comme un facteur important contribuant à la qualité globale de la carcasse. L'effet des paramètres électriques appliqués lors de l'électronarcose sur la qualité de la saignée reste un sujet de débat important concernant notamment le pourcentage de sang évacué et la rapidité à laquelle il s'évacue (Boyd, 1994).

Au cours de la saignée, les poulets perdent entre 35 et 50 % de leur volume de sang total qui représente environ 4 % du poids vif. Un mauvais saignement est en général identifié par des veines alaires engorgées, une peau rouge clair à rouge foncé, un cœur, un foie et une rate engorgés (Goksoy et al, 1999 ; Gregory, 1995).

L'efficacité de la saignée a été évaluée sur des poulets électronarcosés ou non. Après 180 secondes de saignée, la quantité totale de sang perdue est globalement similaire, mais le saignement était plus lent dans les 90 premières secondes chez les poulets électronarcosés. La perte de sang paraît être principalement un processus passif et accéléré par l'activité de pompage cardiaque chez les poulets saignés non étourdis (Papinaho and Fletcher, 1995).

Cependant, chez les poulets électronarcosés, Contreras and Beraquet (2001) ont mis en évidence qu'à 60 Hz, le pourcentage de sang évacué est plus élevé à des intensités entre 20 et 50 mA (49,6 à 30,2 % du poids du corps), que pour des intensités comprises entre 60 et 125 mA / animal (24.7 à 30.2 %). Les oiseaux abattus sans étourdissement perdent le moins de sang (27.2 %).

### 5.3. Qualité de la carcasse

Cinq effets indésirables de l'électronarcose sont associés à l'utilisation de fortes intensités ou tensions : hémorragies au niveau des ailes ; veines engorgées ; rougeurs cutanées, y compris bouts d'ailerons et croupions rouges ; mauvaise qualité de plumaison ; fractures d'os et pétéchies ou coagulation du sang dans le filet. La proportion de carcasses de poulets ayant des os cassés au cours du processus d'abattage peut aller jusqu'à 95 %. (Bilgili, 1999 ; Contreras and Beraquet, 2001 ; Kranen et al, 2000 ; Mota-Rojas et al, 2008).

L'utilisation de hautes fréquences (1500 Hz) provoque moins de fractures au niveau des os qu'une fréquence de 50 Hz (Mota-Rojas et al, 2008). Le même constat est réalisé par Raj et al (2001) lors d'une étude au cours de laquelle les poulets étourdis aux paramètres 120 mA – 50 Hz ont significativement plus d'os cassés (69 % vs 18 %).

L'incidence des hémorragies au niveau des épaules et les bouts d'ailes rouges augmentent avec l'intensité du courant (de 111 à 150 mA), celle des hémorragies au niveau du filet augmentent pour les intensités supérieures à 130 mA (Mota-Rojas et al, 2008). A 50 Hz, la proportion d'hémorragies au niveau des os augmente avec l'intensité (de 80 à 120 mA) et de même que pour les autres sortes d'hémorragies, la proportion est moins importante lorsque des hautes fréquences sont appliquées (Goksoy et al., 1999 ; Wilkins et al., 1998). Le même constat a été réalisé par Raj et al (2001) lors d'une étude au cours de laquelle les poulets étourdis aux paramètres 120 mA – 50 Hz ont un pourcentage d'hémorragies au niveau du filet, associées aux os pectoraux cassés, et d'hémorragies au niveau de l'aiguillette plus importants (68 % vs 18 % et 30 % vs 0 % respectivement) que ceux étourdis à 100 mA – 1500 Hz. La présence de pétéchies sur les filets est également moins importante aux hautes fréquences, pour des intensités variant de 45 à 444 mA, 18 % de filets présentent des pétéchies à 1000 Hz contre 35 % pour 400 Hz et 67 % pour 50 Hz (Hindle *et al.*, 2010)

Par ailleurs, les poulets abattus sans étourdissement présentaient des hématomes au niveau de leurs ailes plus importants que ceux électro-narcosés à haute fréquence (1000 Hz) (Bridi et al, 2012).

#### 5.4. Qualité de la viande

Les critères majeurs de qualité de la viande de volaille sont son apparence, sa texture, sa jutosité, sa saveur et sa capacité à être transformée. L'apparence et la texture sont les critères qui influencent le plus le choix des consommateurs. Avec la tendance croissante à la transformation des produits, la qualité technologique de la viande (capacité à être transformée) est devenue un critère de qualité essentiel. La connaissance des propriétés fonctionnelles de la viande, telles que sa capacité de rétention d'eau, est primordiale pour la formulation des produits (blancs de poulet, saucisses de volailles...) (Fletcher, 2002 ; Goksoy et al, 1999 ; Mota-Rojas et al, 2008 ; Papinaho and Fletcher, 1995).

La qualité de la viande de poulet est étroitement liée au métabolisme musculaire *post-mortem*. En effet, à la mort de l'animal, les muscles continuent de produire de l'ATP grâce à ses réserves en glycogène (voie glycolytique). Cette production d'ATP conduit à une accumulation de lactate et donc une baisse du

pH. Ce phénomène dure jusqu'à épuisement du glycogène dans le muscle ou l'atteinte d'une valeur de pH autour de 5,4 qui inhibe la glycolyse. Dans un même temps, la concentration en ATP diminue au point d'être insuffisante pour dissocier le complexe actine-myosine ce qui induit un durcissement du muscle appelé *rigor mortis*. Les écarts d'ampleur et de vitesse de mise en place de la *rigor mortis* peuvent affecter la qualité sensorielle et technologique de la viande de volaille. Les hautes valeurs de pH aboutissent à une viande dite DFD (Dark, Firm and Dry ou foncée, ferme et sèche) qui aura une durée de conservation moins bonne qu'une viande normale. Une diminution rapide du pH immédiatement après l'abattage s'accompagne d'une accélération de la *rigor mortis* et d'une production de viande dite PSE (Pale, Soft and Exudative), qui est pâle, a une faible capacité de rétention d'eau et est dure après la cuisson (Berri, 2000).

L'utilisation de l'électro-narcose pour étourdir les poulets semble augmenter la tendreté des filets. Comparés à des poulets non étourdis, les poulets électro-narcosés avaient un niveau d'ATP supérieur, de lactate inférieur et des valeurs de pH plus élevées et une moindre production de carcasses dites PSE (Fletcher, 2002 ; Bridi et al., 2012). Cette différence peut s'expliquer par une moindre activité physique des animaux étourdis pendant la mise à mort, et donc un métabolisme moins rapide et par conséquent une installation de la *rigor mortis* plus tardive. Ce retard est accentué avec l'utilisation d'un courant de forte intensité. Cependant le pH ultime (pHu) du muscle, sa tendreté ou la qualité générale de la viande ne sont pas influencés par la méthode d'abattage (Fletcher, 2002).

Alors que peu efficace pour induire l'inconscience, l'utilisation de hautes fréquences (>400 Hz) réduit la force nécessaire à la rupture du filet (*Pectoralis major*) et l'utilisation de très hautes fréquences (> 1000 Hz) réduit les pertes en eau à la cuisson. L'électro-narcose à très haute fréquence améliore le rendement technologique de la viande quel que soit le niveau de courant appliqué (Xu et al, 2011). Enfin, les animaux abattus sans étourdissement préalable à la saignée, ont une viande avec un pHu plus faible, une luminosité et un indice de couleur rouge plus élevés que ceux électro-narcosés.

Enfin, alors que des paramétrages intermédiaires (100-200 Hz, 100 mA) donnent de bons résultats en termes d'efficacité de l'étourdissement, il manque actuellement des données sur les qualités des carcasses. Ce type de paramétrage pourrait permettre de concilier un étourdissement efficace et la préservation de la qualité de la carcasse (Bourguet *et al.*, 2015).

#### CONCLUSION

Il a été montré que la qualité de l'étourdissement est meilleure lorsque les fréquences appliquées sont

inférieures à 200 Hz et l'intensité appliquée par animal supérieure à 120 mA, et ce quels que soient les indicateurs testés. Cependant, il est à noter que pour des fréquences inférieures à 100 Hz, une forte proportion des poulets entrent en fibrillation cardiaque et meurent avant même d'être saignés. Dans ces cas-là, la perte de conscience est irréversible et des interrogations subsistent concernant la qualité de l'évacuation du sang des muscles en profondeur. Les hautes fréquences (> 800 Hz), n'induisent pas de fibrillation cardiaque, et le temps d'inconscience provoqué par l'électronarcose peut être insuffisant pour respecter la protection animale à l'abattoir, puisque les animaux sont susceptibles de reprendre conscience avant la saignée et au cours de l'égouttage. Pour une fréquence de 1000 Hz, il a été montré qu'une intensité de 450 mA était nécessaire pour provoquer un étourdissement durant une minute chez 90 % des animaux, alors que pour cette fréquence, le règlement actuel demande un minimum de 200 mA, ce qui est insuffisant au regard de la protection animale. En effet, pour une intensité de 200 mA et une fréquence de 1000 Hz, la probabilité qu'un poulet soit correctement étourdi passe à 40 %. (Hindle et al, 2010).

Cependant la qualité des produits apparaît meilleure lorsque les fréquences appliquées sont supérieures à 1000 Hz et l'intensité appliquée par animal inférieure à 100 mA, et ce quels que soient les critères évalués. Les paramètres permettant d'obtenir une bonne qualité des produits sont à l'opposé de ceux permettant de garantir la qualité de la narcose.

Enfin, alors que des paramétrages intermédiaires (<400 Hz, 100 mA) donnent de bons résultats en

termes d'efficacité de l'étourdissement, il manque actuellement des données sur les qualités des carcasses. Ce type de paramétrages pourrait permettre de concilier un étourdissement efficace et la préservation de la qualité de la carcasse.

Afin de garantir l'efficacité de l'électronarcose et la qualité des produits, il est important de bien maîtriser chaque étape du processus d'abattage, allant du déchargement des poulets, jusqu'à leur saignée. Le processus d'abattage est à prendre dans son ensemble et ne peut pas être réduit aux seuls paramètres électriques. En effet, la conception du bain d'eau (profondeur d'immersion, préchocs, ...), la qualité de l'eau (les salissures peuvent augmenter la résistance du système) et le temps d'application du courant (4 secondes minimum réglementairement et peut aller jusqu'à 20 secondes dans certains abattoirs) sont autant de paramètres à prendre en considération. Par ailleurs, l'impédance de l'animal reste un facteur de variation majeur surtout dans les systèmes de bain d'eau multiple ou le courant est appliqué par le biais d'un générateur de tension. Il apparaît donc important de bien maîtriser l'homogénéité des lots pour éviter une trop grande variabilité de l'impédance des poulets, puisqu'elle change en fonction des caractéristiques physiques des animaux.

## REMERCIEMENTS

Cette synthèse a été réalisée grâce au soutien financier de la DGAL et du CIPC.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anastasov, M. I. and S. B. Wotton. 2012. *Animal Welfare* 21(2): 247-256.
- Berri, C. 2000. *Worlds Poultry Science Journal* 56(3) : 209-224
- Bignon, L.; Mika, A.; Berri, C.; et al. 2013. Actes des 10emes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras du 26 au 28 mars, 2013, La Rochelle, France Pages: 450-454
- Bilgili, S. F. 1999. *Poultry Science* 78(2): 282-286.
- Bourguet, C., Deiss V., Terlouw C. 2015. *Bulletin des GTV*, 79 : 95-101
- Boyd, F. 1994. *Journal of Agricultural & Environmental Ethics* 7(2): 221-236.
- Bridi, A. M., N. A. N. Fonseca, et al. 2012." *Semina-Ciencias Agrarias* 33(6): 2451-2459.
- CE Communauté Européenne. 2009. *Journal officiel de l'Union Européenne* 303:1-30
- Contreras, C. C. and N. J. Beraquet. 2001. *Poultry Science* 80(4): 501-507.
- EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW). 2004 *EFSA Journal*, 45, 1-29
- EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW). 2012 *EFSA Journal* 2012 10(6) : 2757
- EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW). 2013 *EFSA Journal* 2013;11(12):3521 [65 pp.]
- Erasmus, M. A., P. V. Turner, et al. 2010. *Journal of Applied Poultry Research* 19(3): 288-298.
- Fletcher, D. L. 1999. *Poultry Science* 78(2): 277-281.
- Goksoy, E. O., L. J. McKinstry, et al. 1999. *Poultry Science* 78(12): 1796-1800.
- Gregory, N. G., L. J. Wilkins, et al. 1991. *British Veterinary Journal* 147(1): 71-77.
- Gregory, N. G. and S. B. Wotton. 1987. *British Veterinary Journal* 143(2): 175-183.
- Gregory, N. G. and S. B. Wotton. 1992. *Research in Veterinary Science* 53(2): 250-251.
- Grilli, C., A. R. Loschi, et al. 2015. *British Poultry Science* 56(1): 1-5.



- Hindle, V. A., E. Lambooi, et al. 2010. Poultry Science 89(3): 401-412.
- Kranen, R. W., E. Lambooi, et al. 2000. Worlds Poultry Science Journal 56(2): 93-126.
- Gregory, N.G. 1995 Chapter 2 Of Processing Of Poultry, Edited By G. C. Mead Afric Institute Of Food Research, Bristol Laboratory, Langford, Bristol, Uk Pp 31-63.
- Mota-Rojas, D., Maldonado, M., Becerril, M., Flores, S., González-Lozano, M., Alonso-Spilsbury, M., Camacho-Morfin, D., Ramírez, R., Cardona, A., & Morfin-Loyden, L. 2008. International Journal of Poultry Science, 7, 1-5.
- Mouchoniere, M., G. Le Pottier, et al. 1999. Poultry Science 78(3): 485-489.
- Papinaho, P. A. and D. L. Fletcher 1995. Poultry Science 74(9): 1527-1532.
- Pirrotta, A. 2011, Eukaryon 7
- Prinz, S. 2009 World Poultry Science Association, Proceedings of the 19th European Symposium on Quality of Poultry Meat, 13th European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products, Turku, Finland, 21-25 June 2009 Pages: 1-8
- Prinz, S., G. Van Oijen, et al. 2012. Poultry Science 91(4): 998-1008.
- Prinz, S., G. Van Oijen, et al. 2010. Poultry Science 89(6): 1265-1274.
- Raj, A. B. M. 2003. Worlds Poultry Science Journal 59(1): 89-98.
- Raj, A. B. M. and S. P. Johnson 1997. British Poultry Science 38(2): 190-194.
- Raj, A. B. M. and M. O'Callaghan 2004. British Poultry Science 45(2): 230-236.
- Raj, A. B. M., M. O'Callaghan, et al. 2006. Animal Welfare 15(1): 7-18.
- Raj, A. B. M., L. J. Wilkins, et al. 2001. British Poultry Science 42(1): 51-56.
- Raj, M. 1998. Poultry Science 77(12): 1815-1819.
- Raj, M. and A. Tserveni-Gousi. 2000. Worlds Poultry Science Journal 56(4): 291-304.
- Savenije, B., E. Lambooi, et al. 2002. Poultry Science 81(4): 572-578.
- Sparrey, J. M., M. E. R. Paice, et al. 1992. British Poultry Science 33(5): 907-916.
- Terlouw, C., Bourguet, C., Deiss, V. 2016a, Meat Science 118 : 133-146
- Terlouw, C., Bourguet, C., Deiss, V. 2016b Meat Science 118 : 147-156
- von Wenzlawowicz, M. and K. von Holleben. 2001. Archiv Fur Geflugelkunde 65(5): 193-198.
- Wilkins, L. J., N. G. Gregory, et al. 1998. British Poultry Science 39(4): 511-518.
- Xu, L., L. Zhang, et al. 2011. Poultry Science 90(8): 1823-1830.