



*Convention INPT / CIFOGR RD N° 2001/02*

*Convention ENSAT / MAP-DGAL*

*Contrat de Développement Technologique INPT / OFIVAL*

*Quelle méthode et quels paramètres  
techniques pour optimiser  
l'étourdissement avant l'abattage des  
canards et des oies gavés*

**RAPPORT FINAL**

**Responsables Scientifiques**

Xavier Fernandez et René Babilé

ENSAT- Laboratoire de Zootechnie et Qualités des Produits Animaux

Avenue de l'Agrobiopole – B.P. 107

31326 CASTANET TOLSAN

Tel. 05.62.19.39.69

Fax. 05.62.19.39.01

Mel. fernandez@ensat.fr

**OCTOBRE 2005**

## SOMMAIRE

<b>Introduction – Rappels du contexte</b>	<b>3</b>
<b>Etape 1 – Electronarcose ‘tête seulement’</b>	<b>5</b>
<b>Etape 2- Etourdissement an atmosphère modifiée</b>	<b>19</b>
<b>Etape 3 – Comparaison des méthodes sur le plan des qualités des produits</b>	<b>34</b>
<b>Conclusions générales</b>	<b>72</b>
<b>Annexe 1 – Descriptif détaillé du projet</b>	<b>76</b>
<b>Annexe 2 – Grille d’observation des carcasses et des foies</b>	<b>86</b>

## INTRODUCTION - RAPPEL DU CONTEXTE

### ORGANISME PORTEUR DU PROJET

ENSA Toulouse, Laboratoire de Zootechnie et Qualités des Produits Animaux

### RESPONSABLES SCIENTIFIQUES

Xavier Fernandez (INRA) et René Babilé (ENSAT)

### OBJECTIFS DU PROJET

Le projet vise à acquérir des connaissances scientifiques qui permettront d'argumenter l'adoption d'une nouvelle réglementation concernant les méthodes d'étourdissement spécifiques aux palmipèdes gras. Ces méthodes devront répondre à la fois aux exigences en matière de protection des animaux et de qualités des carcasses, du foie gras et des viandes.

### DESCRIPTIF DU PROGRAMME

Le descriptif détaillé du programme est présenté en annexe 1 du présent rapport. Le programme comporte trois étapes principales :

- l'étape 1 est consacrée à la recherche des paramètres du courant permettant d'obtenir un étourdissement efficace avec la technique de l'électronarcose 'tête seulement',
- l'étape 2 est consacrée à l'identification d'une procédure d'étourdissement au gaz permettant d'obtenir un étourdissement qui réponde aux contraintes en matière de protection des animaux,
- l'étape 3 consiste en une comparaison des différentes techniques sur le plan des qualités des produits (foies gras, magrets, carcasses).

**ETAPE 1**  
**ELECTRONARCOSE**  
**‘TETE SEULEMENT’**

## ETAPE 1 – ELECTRONARCOSE ‘TETE SEULEMENT’

### I- Remarques préliminaires

Evaluer l'efficacité d'une méthode d'étourdissement revient à apprécier l'état de sensibilité, ou la capacité de perception, des animaux. Lorsqu'il est efficace, l'étourdissement avant la saignée induit une profonde perturbation du fonctionnement cérébral qui se manifeste, entre autres, par une perte de sensibilité, c'est à dire par une incapacité du cerveau à intégrer une information provenant des organes et tissus périphériques. Ces perturbations peuvent être induites soit par le passage d'un courant électrique dans le cerveau (électronarcose) soit par l'inhalation d'atmosphères modifiées (étourdissement au gaz). L'évaluation objective de l'efficacité d'une méthode d'étourdissement repose donc sur la mesure électrophysiologique des fonctions cérébrales, c'est à dire de l'état électrique des neurones, et fait donc appel à l'interprétation des électroencéphalogrammes (EEG). Chez les oiseaux, l'enregistrement de l'EEG n'est pas possible avec des électrodes placées sur la peau du crâne, contrairement à l'homme. Il faut donc implanter chirurgicalement les électrodes d'enregistrement à la surface du cortex, sous anesthésie générale.

### II- Acquisition du matériel et des méthodes

La personne recrutée en CDD pour l'exécution du programme, le Dr Vétérinaire Clotilde Beyssen, a démarré son activité par un séjour de deux semaines à l'Université de Bristol (Laboratoire du Dr M. Raj). Au cours de ce séjour, Mlle Beyssen s'est initiée à l'implantation chirurgicale d'électrodes intracrânielles chez la volaille. Ces électrodes sont destinées à l'enregistrement des électroencéphalogrammes. Dès son retour au Laboratoire de Zootechnie, nous avons adapté cette technique au cas particulier du canard gras, en portant une attention particulière à l'anesthésie en vue de la chirurgie. Nous avons défini un protocole d'anesthésie décrit ci-dessous.

Mise au point d'un protocole d'anesthésie adapté aux canards gavés, afin de procéder à l'implantation des électrodes. Un protocole a été mis au point rapidement. Il permet d'anesthésier correctement des animaux en fin de gavage, sans aucun accident ni en cours d'anesthésie, ni au réveil. Ce protocole est le suivant :

- Induction au masque de l'anesthésie gazeuse à l'Isoflurane (en mélange avec de l'oxygène médical à un débit de 1.5-2.0 l/min),
- Dès que l'animal est anesthésié, il est intubé avec une sonde trachéale. Le mélange oxygène – Isoflurane est ventilé pendant la totalité de l'intervention,
- Arrêt de l'Isoflurane à la fin de la chirurgie,

- Maintien du débit d'oxygène via la sonde trachéale jusqu'au réveil de l'animal et l'extubation spontanée.

### **III- Recherche des paramètres du courant pour l'électronarcose 'tête seulement'**

#### ***III.1- Phase A : Détermination de l'impédance de la tête des canards***

Cette expérience avait pour but de déterminer l'impédance moyenne de la tête des canards gavés, lorsque l'on applique un courant électrique en utilisant une pince bi-temporale. Un générateur de courant constant (150 mA, 50 Hz, sinusoïdal) a été utilisé pour appliquer le courant pendant 4 s. La tension a été enregistrée sur le circuit et l'impédance calculée par la loi d'Ohm ( $U = Z \times I$ , où  $U$  est la tension,  $I$ , l'intensité du courant fixée ici à 150 mA et  $Z$  est l'impédance). Cette expérience a permis d'établir les observations suivantes :

- dans le cas présent où le courant est appliqué au travers d'un corps biologique, l'impédance n'est pas constante. Elle est maximale au début de l'application du courant puis diminue jusqu'à une valeur stabilisée. C'est le comportement classique de ce que l'on appelle les bio-impédances,
- les valeurs d'impédances mesurées étaient extrêmement variables. A titre d'illustration, les résultats obtenus sur 8 animaux sont représentés dans le tableau 1,
- sur la base de ces valeurs d'impédance, nous avons calculé l'intensité du courant reçu par l'animal lorsque l'on utilise les systèmes d'électronarcose bi-temporale tels que ceux que l'on rencontre dans le cas de l'abattage à la ferme. Ces systèmes délivrent un courant de 90 V. L'intensité du courant traversant le crâne de l'animal est, dans ces conditions, très variable, et par conséquent, pour une même tension appliquée, l'efficacité de l'étourdissement sera également très variable.

**Tableau 1-** Exemples de valeurs d'impédances initiale et stabilisée lors de l'application d'un courant sinusoïdal de 150 mA (50 Hz, 4 s)

Animal	Impédance initiale ( $\Omega$ )	Impédance stabilisée ( $\Omega$ )	Intensité calculée pour une tension de 90 V
1	530	410	220 mA
2	450	350	260 mA
3	1250	750	120 mA
4	700	500	180 mA
5	845	490	180 mA
6	2000	1975	50 mA
7	2290	2250	40 mA
8	780	390	230 mA

### *III.2- Recherche des paramètres du courant pour un étourdissement efficace chez les canards*

#### Expérience 1

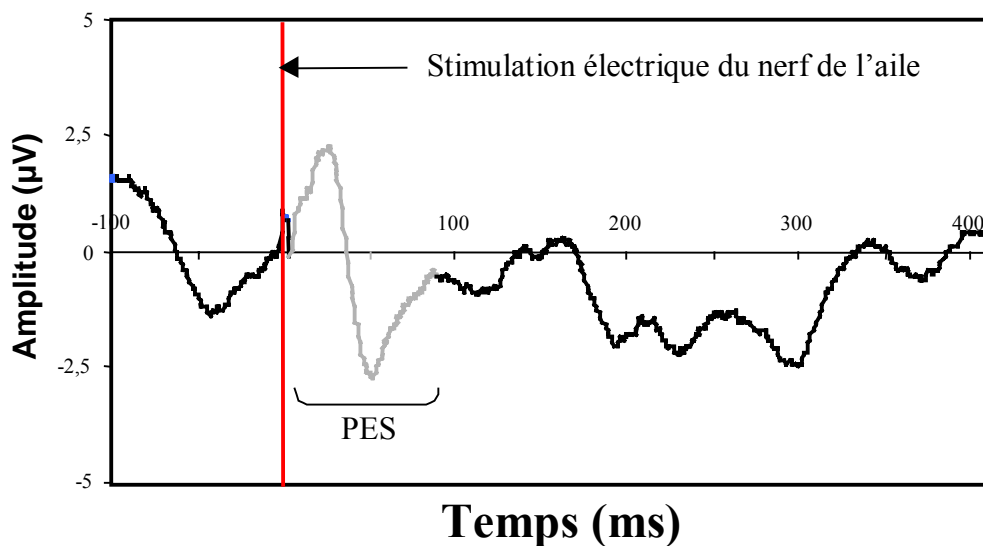
Une première expérimentation, à caractère préliminaire, a été réalisée dans le but d'étudier la forme de l'électroencéphalogramme (EEG) et des potentiels évoqués en réponse à une électronarcose à 150 ou 200 mA (courant sinusoïdal de 50 Hz, appliqué pendant 4 secondes) chez des canards mulards en fin de gavage (entre le 9ème et 12ème jour de gavage). La procédure consistait à enregistrer l'EEG sur l'animal vigile, puis pendant quelques minutes après l'étourdissement. Des observations comportementales ont été également réalisées (réponse à la stimulation physique). Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

- sur un nombre restreint d'animaux, et seulement à 200 mA, l'EEG post-électronarcose montrait une forme typique d'un étourdissement efficace : période épileptique caractérisée par des signaux de type 'polyspike' (amplitude élevée à une fréquence de l'ordre de 3 Hz), suivie d'une phase de suppression totale ou partielle de l'EEG, puis reprise progressive de l'activité électrique. Sur la majorité des animaux, cette évolution de l'EEG n'était pas observée et les potentiels évoqués n'étaient pas supprimés (voir figure 1 pour un exemple de potentiel évoqué somesthésique), ce qui traduisait un étourdissement inefficace.

- l'amplitude générale des EEG était faible, en comparaison de résultats antérieurs obtenus sur d'autres espèces avicoles. Une expérience a été réalisée dans le but d'optimiser la qualité du signal.

**Figure 1** : Exemple de potentiel évoqué somesthésique (PES) obtenu chez un canard gavé

*Les potentiels évoqués somesthésiques sont obtenus en moyennant un nombre choisi d'époques d'électroencéphalogrammes entourant la stimulation somesthésique (stimulation électrique au niveau du nerf de l'aile; 5 V, 2 Hz). L'apparition du potentiel évoqué (partie en gris sur la figure) signifie que le cerveau est capable d'intégrer une information nerveuse périphérique (la stimulation du nerf de l'aile) ; elle est donc un indicateur de l'état de sensibilité de l'animal.*



### Expérience 2

Cette essai a été réalisé avec des canards mulards en fin de gavage. L'électrode de référence (correspondant à l'hémisphère cérébral sur lequel apparaît le potentiel évoqué) a été placée à plusieurs endroits de la surface du cortex afin d'identifier la localisation anatomique permettant d'obtenir le potentiel évoqué dont l'amplitude est la plus importante.

Il n'a pas été possible de définir une configuration qui permettait d'obtenir, de manière systématique pour un animal et sur tous les animaux, un signal de PES interprétable. Par conséquent, à ce stade de l'étude, il était nécessaire de définir un autre critère objectif que la présence ou l'absence de PES, pour évaluer l'efficacité de l'étourdissement. L'expérience suivante a donc été réalisée pour évaluer la possibilité d'utiliser un traitement particulier de l'EEG, i.e. les transformés de Fourier, pour étudier l'efficacité de l'étourdissement.

### Expérience 3

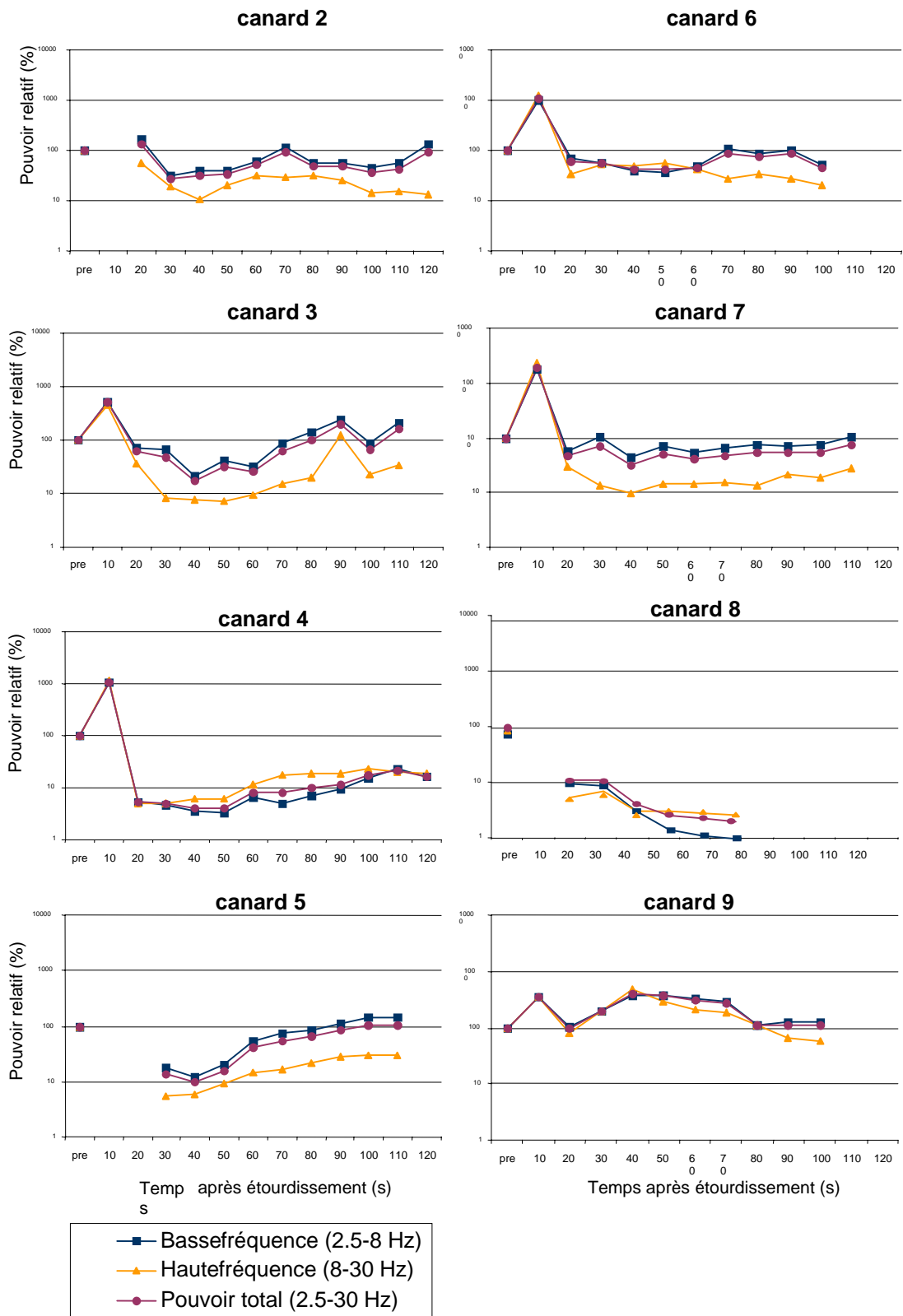
Cette expérience avait pour but de valider une méthode alternative à l'analyse des potentiels évoqués pour définir l'efficacité d'une méthode d'étourdissement à partir de l'enregistrement de l'EEG.

Pour ce faire, et afin de réduire les coûts expérimentaux, nous avons travaillé sur des canards mulards maigres. La procédure consistait à enregistrer l'EEG sur des animaux avant et après une électronarcose en bain électrifié (courant alternatif sinusoïdal, 150 mA, 600 Hz pendant 4 s). Deux méthodes d'évaluation des réponses cérébrales ont été utilisées :

- l'observation des potentiels évoqués somesthésiques,
- l'analyse des changements de fréquences de l'EEG par les transformés de Fourier.

La figure 2 montre l'évolution du pouvoir relatif de l'EEG en réponse à l'électronarcose. Les résultats indiquent que seul le canard 8 semble étourdi efficacement puisque le pouvoir relatif de l'EEG, quelle que soit les fréquences considérées, tombe en dessous de 10 % après l'électronarcose et ne remonte plus au dessus.

**Figure 2.** Effet de l'électroanesthésie en bain électrifié ( 150 mA - 600 Hz AC, 4s ) sur le pouvoir relatif de l'EEG dans les fréquences basses, hautes et totales (échelle logarithmique)



Le tableau 2 présente les résultats de la correspondance entre le calcul du pouvoir relatif de l'EEG et l'observation des potentiels évoqués somesthésiques. Les résultats indiquent qu'il existe une très bonne correspondance entre les deux méthodes. Lorsque le pouvoir relatif est diminué en deçà de 10 % de la valeur avant étourdissement, il y a absence de PES et l'on peut conclure à un état d'insensibilité.

Par conséquent, pour le reste des travaux, nous avons choisi d'évaluer l'efficacité de l'étourdissement par l'analyse des fréquences de l'EEG, cette méthode permettant de ne pas alourdir la procédure par l'enregistrement des potentiels évoqués.

**Tableau 2-** Analyses par transformés de Fourier des fréquences de l'EEG et potentiel évoqués (PES) chez des canards soumis à une électroanesthésie en bain électrifié (150 mA, 600 Hz, 4 s)

	Méthode	PRE-STUN	1-10s	10-20s	20-30s	30-40s	40-50s	50-60s	60-70s	70-80s	80-90s
<b>3</b>	PES	+	NC	+	+	+	+	+	+	+	+
	Total PR	100	492.7	60.2	48.2	17.5	31.4	25.3	63.9	102.9	200.2
	Haut PR	100	441.1	35.59	8.01	7.80	7.07	9.47	14.80	19.52	119.7
			7								8
<b>4</b>	PES	+	NC	-	-	-	-	-	-	+	+
	Total PR	100	1070.	5.3	4.8	4.1	4.0	8.0	8.3	10.0	11.7
	Haut PR	100	1127.	5.0	5.0	6.3	6.0	11.6	17.7	18.5	18.4
			8								
<b>6</b>	PES	+	NC	+	+	+	+	+	+	+	+
	Total PR	100	1063.	60.8	56.2	42.8	40.9	46.1	89.5	73.3	83.9
	Haut PR	100	1279.	33.3	51.1	49.0	54.4	42.4	28.1	33.5	27.0
			7								3
<b>7</b>	PES	+	NC	+	+	+	+	+	+	+	+
	Total PR	100	1961.	47.2	71.7	31.8	48.9	39.6	46.9	53.5	52.0
	Haut PR	100	2348.	29.2	13.3	9.4	13.9	14.5	15.3	13.7	20.9
			8								9
<b>8</b>	PES	+	NC	+	+	-	-	-	-	NC	NC
	Total PR	100	NC	13.3	13.3	2.7	1.2	1.0	0.9	NC	NC
	Haut PR	100	NC	5.2	8.2	2.1	2.1	1.9	1.6	NC	NC
<b>9</b>	PES	+	NC	+	+	+	+	+	+	+	+
	Total PR	100	345.2	98.7	201.6	390.7	365.1	309.1	269.8	108.7	112.1
	Haut PR	100	348.1	81.5	202.0	487.6	289.5	209.4	185.1	109.7	63.8

*Pre-stun* : avant l'étourdissement

PES : potentiel évoqué somesthésique, + : présence des PES, - : absence des PES

Total PR : Pouvoir relatif des fréquences de l'EEG dans la bande 2.5 à 30 Hz, en % de la valeur avant étourdissement ("pre stun")

Haut PR : Pouvoir relatif des fréquences de l'EEG dans la bande 8 à 30 Hz, en % de la valeur avant étourdissement ("pre stun")

NC : non calculé

## Expérience 4

Cette expérience a été réalisée dans le but de déterminer l'intensité minimale de courant requise pour un étourdissement efficace chez les canards gavés, en utilisant la méthode 'tête seulement'.

### *Méthodes*

Des canards mulards en fin de gavage (n= 45) ont été utilisés dans cette étude. Après l'implantation chirurgicale des électrodes d'enregistrement des EEG, ils ont été soumis à une électronarcose via une pince bi-temporale. Le courant utilisé était un courant alternatif sinusoïdal de 50 Hz, dont l'intensité était fixée à 100 (n= 4), 200 (n= 12), 300 (n= 13), 400 (n= 9) ou 600 mA (n= 7). Le courant était appliqué pendant 4 s et les animaux étaient saignés par section ventrale des carotides et des jugulaires, 10 s après la fin de l'électronarcose. Les EEG étaient enregistrés pendant 30 s avant l'application du courant, puis à partir de la fin de l'application du courant.

### *Principaux résultats*

Le tableau 3 présente les résultats de cette étude.

Les résultats indiquent qu'une intensité supérieure à 400 mA est nécessaire pour induire un étourdissement efficace chez tous les animaux, c'est à dire :

- une insensibilisation immédiate, effective dès la fin de l'application du courant,
- une insensibilité qui dure jusqu'à ce que l'animal meure des suites de la saignée.

Ces conclusions étaient basées sur l'analyse des pouvoirs relatifs du spectre de l'EEG, comme nous l'avons décrit dans l'expérience 3.

**Tableau 3** – Efficacité de l'étourdissement en fonction de l'intensité du courant (50 Hz, 4 s) lors de l'électronarcose 'tête seulement' chez les canards gavés.

Intensité du courant	n	Etourdissement efficace <sup>1</sup>	Etourdissement non efficace	
			Dès la fin de l'application du courant <sup>2</sup>	Retour de la sensibilité avant la mort par la saignée <sup>3</sup>
100 mA	4	1	2	1
200 mA	12	7	1	4
300 mA	13	10	1	2
400 mA	9	6	1	2
600 mA	7	7	-	-

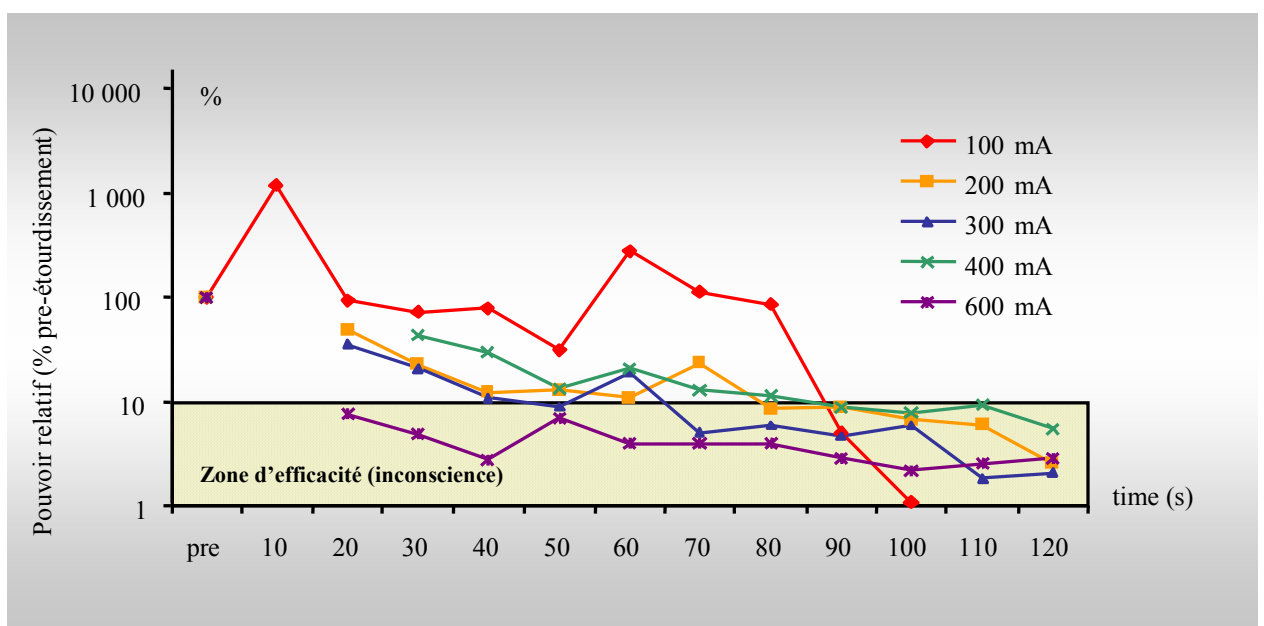
<sup>1</sup> lorsque le pouvoir relatif de l'EEG reste inférieur à 10 % pendant toute la période après l'application du courant

<sup>2</sup> lorsque le pouvoir relatif de l'EEG reste supérieur à 10 % pendant une période variable après l'application du courant

<sup>3</sup> lorsque le pouvoir relatif de l'EEG est inférieur à 10 % après l'application du courant mais remonte au delà de cette valeur avant que l'animal ne meure des suites de la saignée.

La figure 3 reprend ses résultats en illustrant l'évolution du pouvoir relatif de l'EEG (exprimé en % du pouvoir total avant étourdissement), en fonction du traitement.

**Figure 3-** Evolution du pouvoir relatif de l'EEG (exprimé en % du pouvoir total avant étourdissement) en fonction de l'intensité du courant utilisé pour l'électronarcose tête seulement (AC 50 Hz, 4 s) chez les canards



Les résultats indiquent clairement que seul le traitement à 600 mA permet d'obtenir en moyenne, et quelque soit le temps post-étourdissement, un pouvoir relatif compatible avec le diagnostic d'insensibilité (pouvoir relatif < 10 %).

### III.3- Recherche des paramètres du courant pour un étourdissement efficace chez l'oie

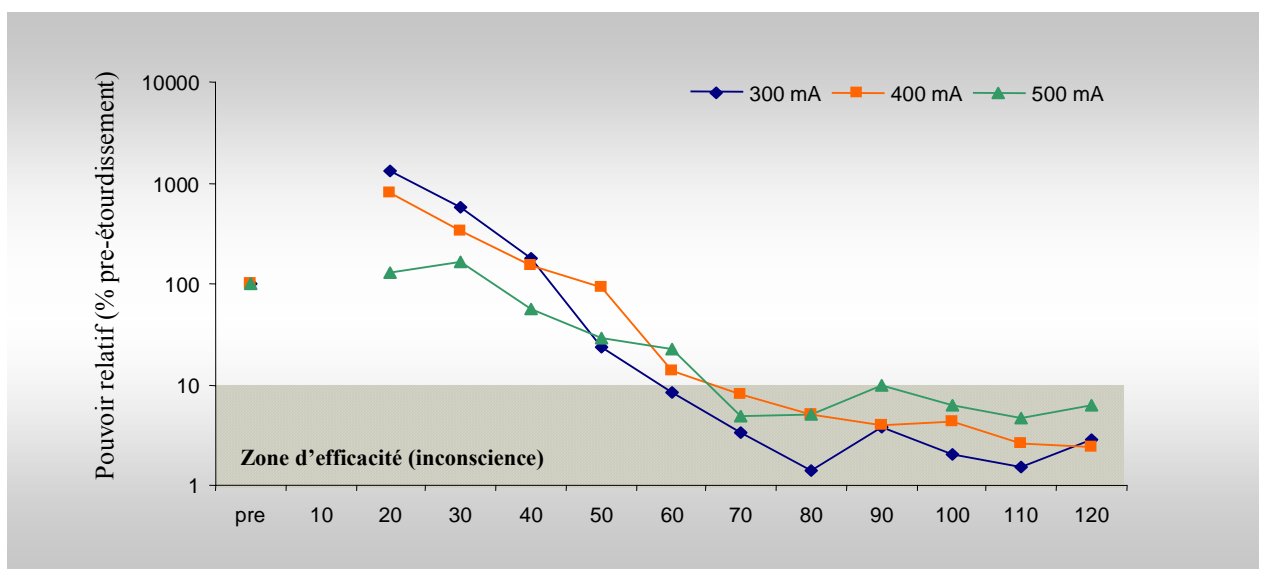
Une expérience similaire à l'expérience 4 chez le canard a été réalisée chez l'oie gavée. Compte tenu des résultats qui avaient été obtenus chez le canard, le nombre de modalités retenues a été diminué pour les oies (300, 400 et 500 mA ont été testés)

#### Méthodes

Des oies en fin de gavage à la ferme expérimentale de l'oie (ASSELDOR, 24 Coulaures) ont été utilisées dans cette étude (n= 22). Après l'implantation chirurgicale des électrodes d'enregistrement des EEG, les oies ont été soumises à une électronarcose via une pince bi-temporale. Le courant utilisé était un courant alternatif sinusoïdal de 50 Hz, dont l'intensité était fixée à 300 (n= 7), 400 (n= 6), ou 500 mA (n= 9). Le courant était appliqué pendant 4 s et les animaux étaient saignés par section ventrale des carotides et des jugulaires, 10 s après la fin de l'électronarcose. Les EEG étaient enregistrés pendant 30 s avant l'application du courant, puis à partir de la fin de l'application du courant.

#### Résultats

**Figure 4-** Evolution du pouvoir relatif de l'EEG (exprimé en % du pouvoir total avant étourdissement) en fonction de l'intensité du courant utilisé pour l'électronarcose tête seulement (AC 50 Hz, 4 s) chez les oies



Ces résultats montrent qu'un courant de 500 mA n'était pas suffisant pour obtenir un étourdissement efficace chez tous les animaux (Figure 4). Il est probable, bien que cela n'ait pas été testé, qu'un courant bien supérieur à 500 mA soit nécessaire pour satisfaire les contraintes relatives à la protection des animaux. Ce courant devrait être de l'ordre de 700-800 mA. Si l'on considère une impédance moyenne de la tête chez les oies qui doit être proche de celle des canards (soit 500 à 600  $\Omega$  en phase stabilisée), les tensions qui doivent être délivrées chez l'oie correspondent à des valeurs comprises entre 350 et 500 V. Ces valeurs sont très élevées pour une application manuelle et il est très probable que la structure de la filière ne permette pas le développement d'équipements automatisés. La technique d'étourdissement par électronarcose 'tête seulement' semble donc peu adaptée à la filière oies grasses.

#### **IV- Etude préliminaire à l'Etape 3- Comparaison des méthodes en terme de qualités de présentation des foies gras et des carcasses chez l'oie gavée.**

Une étude préliminaire a été réalisée dans le but de comparer plusieurs méthodes d'étourdissement avant l'abattage chez l'oie gavée, du point de vue de la qualité de la saignée et des qualités de présentation des foies gras et des carcasses.

##### Méthodes

Au total, 124 femelles et 127 mâles ont été utilisés dans cette étude réalisée à la ferme de l'oie (Coulaures, ASSELDOR). Les animaux sont entrés en gavage à l'âge de 12 s et ont été gavés pendant 19 jours. Le jour de l'abattage, les animaux ont été soumis à l'une des méthodes d'étourdissement suivante :

- électronarcose en bain électrifié (courant sinusoïdal de 50 Hz, 50 mA, 4s)
- électronarcose 'tête seulement' (courant sinusoïdal de 50 Hz, 200 mA, 4s)
- étourdissement mécanique utilisant un pistolet à tige perforante (le pistolet est appliqué au sommet du crâne et la tige perce la boîte crânienne de haut en bas).
- un groupe était abattu sans étourdissement préalable

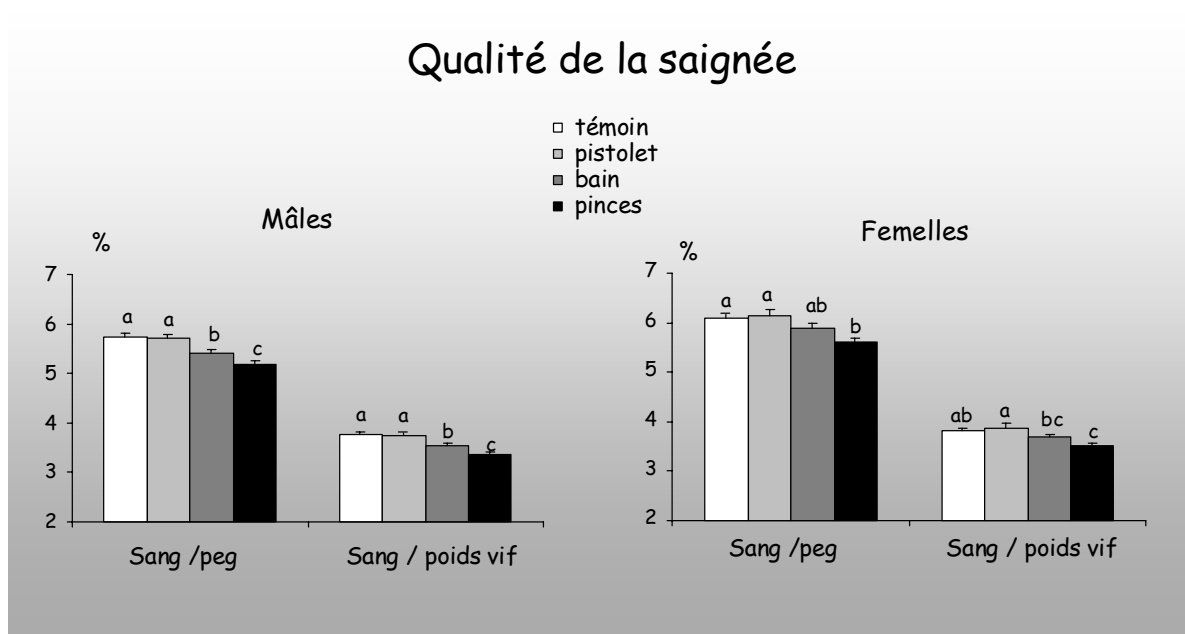
Le sang évacué au cours de la saignée était récupéré dans des sachets plastiques, fixés autour du cou des animaux. La quantité de sang récupéré après 3 min de saignée était pesée et l'amplitude de la saignée était exprimée en % du poids vif. A 25-30 min *post mortem*, le foie était récupéré et les défauts d'aspects étaient notés selon une grille subjective établie par l'encadrement technique de la Ferme de l'Oie.

Le lendemain de l'abattage, les carcasses étaient découpées et l'incidence (présence ou absence) des défauts de présentation les plus courants étaient notés : pétéchies sur les muscles *pectoralis major* et *pectoralis minor*, extrémité des ailes rouges, fracture de la tête de l'humérus.

### Principaux résultats

Comme l'indiquent les résultats exposés sur la figure 5, l'étourdissement mécanique donnaient les meilleurs résultats en terme de saignée, parmi les trois méthodes d'étourdissement testées, alors que les résultats les moins favorables étaient obtenus avec l'électronarcose 'tête seulement'.

**Figure 5-** Influence de la technique d'étourdissement sur la qualité de la saignée (exprimée en % du poids vif avant gavage (peg) ou à l'abattage (poids vif)).

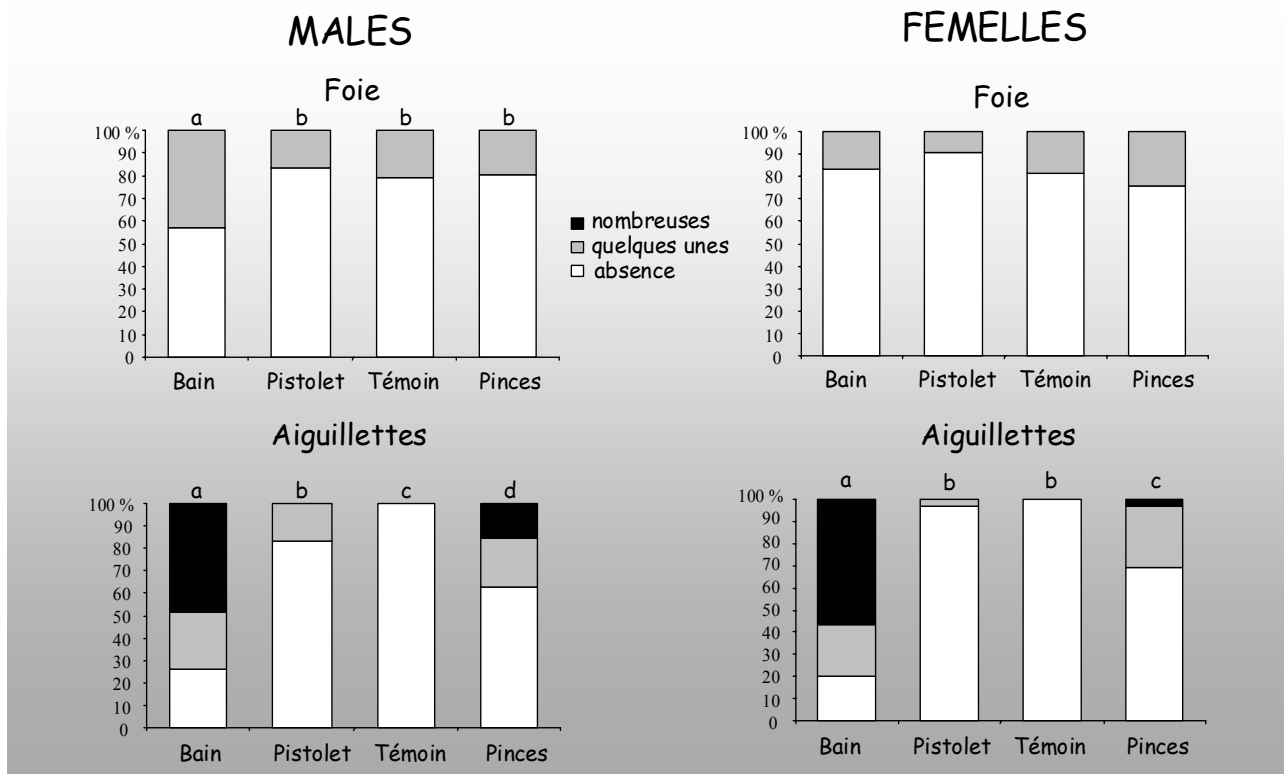


Seule les incidences des pétéchies sur le foie (mâles seulement) et sur les aiguillettes (mâles et femelles) étaient significativement influencées par la technique d'étourdissement (Figure 6).

L'incidence des pétéchies sur les foies gras des mâles était la plus élevée pour l'électronarcose en bain électrifié (les trois autres groupes ne différaient pas significativement entre eux).

Sur les aiguillettes (muscle *pectoralis minor*), l'incidence des pétéchies était la plus élevée dans le cas de l'électronarcose en bain, puis dans le cas de l'électronarcose 'tête seulement'. Les animaux étourdis par la méthode 'mécanique' étaient semblables aux témoins sur ce critère (très faible incidence du défaut, voire nulle).

**Figure 6** - Influence des techniques d'étourdissement sur l'incidence des pétéchies sur les foies et les muscles chez les oies gavées.



### III.5- Conclusions

Les résultats obtenus indiquent que chez les canards et les oies, l'intensité du courant requis pour un étourdissement efficace dans le cas de la méthode 'tête seulement' est élevée (supérieure à 400 mA). En terme pratique, cela pose le problème de la sécurité de ce poste de travail qui, pour l'instant et en ce qui concerne cette technique, paraît difficilement automatisable. De plus, les résultats obtenus chez les oies montrent que la technique 'tête seulement' ne donne pas les meilleurs résultats en matière de qualités d'aspect des foies gras.

A la lumière de ces observations, les travaux envisagés sur les atmosphères modifiées apparaissent particulièrement pertinents.

**ETAPE 2**

**ETOURDISSEMENT EN**

**ATMOSPHERE MODIFIEE**

## ETAPE 2 – ETOURDISSEMENT EN ATMOSPHERE MODIFIEE

### I- Introduction – Démarche expérimentale

L'étape 2 du programme consistait à évaluer la possibilité d'utiliser les atmosphères modifiées pour étourdir/tuer les animaux avant la saignée, tout en respectant les contraintes sur le plan de la protection des animaux.

Bien que la comparaison de l'ensemble des méthodes sur le plan de la qualité des produits n'était prévue que dans l'étape 4, nous avons introduit quelques appréciations simples de l'impact des différentes techniques d'étourdissement au gaz sur les qualités des produits, afin de choisir dès l'étape 3, la méthode d'étourdissement au gaz qui ait le moins d'effets défavorables sur les qualités des produits.

Ainsi, pour les canards et les oies, la démarche expérimentale était la suivante :

- 1- enregistrement et interprétation des comportements en terme de cinétique d'induction de l'insensibilité ,
- 2- mesure de la cinétique de saignée,
- 3- observation des défauts d'aspects des foies gras et des carcasses.

### II- Résultats

#### *II.1- Protocole expérimental – Matériel et méthodes*

Les animaux ont été exposés à deux types de procédure d'étourdissement au gaz :

- les procédures mono-phases qui consistent à n'utiliser qu'une seule composition de l'atmosphère à laquelle les animaux sont exposés pendant 3 min,
- les procédures bi-phases qui combinent une première étape d'induction de l'insensibilité dans des conditions permettant de limiter les réactions aversives, et une seconde étape qui prolonge et intensifie l'insensibilité.

Différents mélanges gazeux ont été testés sur d'autres espèces avicoles (poulet et dinde, essentiellement). Ces mélanges se sont révélés d'efficacité variable mais tous conduisent à un étourdissement de la totalité des animaux avec une fréquence très élevée (près de 100 %) d'animaux qui sont également tués au cours de cette opération. Les résultats de la littérature montrent par ailleurs que lorsque les animaux sont étourdis dans un mélange gazeux dont ils sont extraits avant de mourir,

ils recouvrent très vite la sensibilité (en une trentaine de secondes en moyenne) (Raj & Gregory, 1990). Ainsi, sur le plan de la protection des animaux, il n'est pas recommandé d'utiliser une méthode qui ne soit pas irréversible.

C'est dans cette optique que nous avons travaillé en testant les différentes procédures, et les différents mélanges décrits dans le tableau 4.

**Tableau 4-** Mélanges et procédures d'étourdissement au gaz utilisés

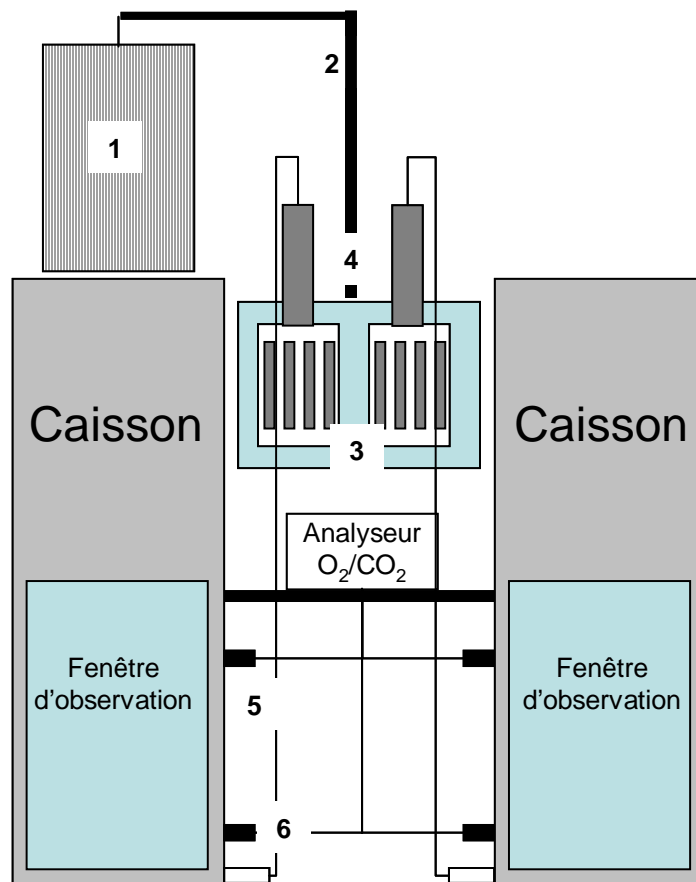
Procédures mono-phases		Procédures bi-phases		
Argon (60%) CO <sub>2</sub> (30 %)	N <sub>2</sub> O (50%) CO <sub>2</sub> (50 %)	O <sub>2</sub> (40 %) CO <sub>2</sub> (30 %)	O <sub>2</sub> (30 %) CO <sub>2</sub> (40 %)	O <sub>2</sub> (30 %) CO <sub>2</sub> (30 %) N <sub>2</sub> O (30 %)
3 min	3 min	2 min	2 min	2 min
		CO <sub>2</sub> (> 80 %) - O <sub>2</sub> (< 2 %)		
		2 min		

Chacun des mélanges repose sur les principes suivants (Barton-Gade *et al.*, 2001):

- pour le mélange Argon-CO<sub>2</sub>, la combinaison de l'anoxie (déplacement de l'air par un gaz inerte, l'argon) et de l'effet anesthésiant du CO<sub>2</sub>,
- pour le mélange N<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>, la combinaison de l'anoxie, de l'effet anesthésiant du CO<sub>2</sub> et de l'effet euphorisant du N<sub>2</sub>O (le gaz « hilarant »),
- pour les mélanges CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>, la combinaison de l'effet anesthésiant du CO<sub>2</sub> et de l'effet euphorisant d'un enrichissement en oxygène. Ce mélange a été développé chez les volailles maigres et il est supposé induire un étourdissement grâce au CO<sub>2</sub> sans les réactions aversives généralement associées à l'inhalation de ce gaz à forte concentration. Il nécessite néanmoins d'être complété par une phase d'étourdissement profond combinant l'anoxie et l'effet anesthésiant du dioxyde de carbone à très forte concentration (la seconde phase CO<sub>2</sub> > 80 %),
- pour le mélange CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>O, le principe est le même que ci-dessus mais l'effet euphorisant est supposé être accentué par la présence de N<sub>2</sub>O.

La figure 7 schématise l'installation permettant l'exposition aux différentes atmosphères. Il convient de noter que le changement de phase passe obligatoirement par une exposition à l'air qui ne dure que 5 s approximativement, car la cage est introduite par le haut du caisson.

**Figure 7-** Schéma de l'installation d'étourdissement au gaz



Un animal est placé dans la cage (1) qui est manipulée grâce à axe télescopique pivotant (2). La cage est plongée au fond du caisson où l'atmosphère est contrôlée. Chacun des gaz arrive dans un débit-mètre étalonné sur un tableau de contrôle (3) où son débit est fixé en fonction de la part relative dans le mélange. Les gaz entrant dans la composition d'un mélange passent par un mélangeur (4) avant l'introduction dans la partie basse du caisson. Le mélange est contrôlé en continu en position haute (5; hauteur de la tête de l'animal sur ses pattes) ou basse (6; hauteur de la tête de l'animal lorsqu'il est couché), grâce à l'analyseur  $O_2/CO_2$ .

Pendant l'exposition au gaz, les animaux sont filmés. Les films sont ensuite analysés de façon à identifier les différents comportements exprimés, le temps auxquels ils surviennent et, pour certains d'entre eux (convulsions, battements d'ailes), une notation subjective de la sévérité du comportement est réalisée. Les comportements enregistrés sont présentés dans le tableau 5.

**Tableau 5-** Séquence des comportements enregistrés au cours de l'exposition aux gaz

Mono-Phase ou phase 1 du bi-phase	Phase 2 du bi-phase
<ul style="list-style-type: none"><li>- secoue la tête,</li><li>- halète,</li><li>- chancelle,</li><li>- tombe sur le ventre,</li><li>- renverse la tête (opisthotonos),</li><li>- bat des ailes (score de sévérité),</li><li>- convulse (score de sévérité),</li><li>- reprise de la respiration</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- reprise des halètements,</li><li>- trémulations et/ou convulsions,</li><li>- reprise de la respiration profonde,</li><li>- arrêt respiratoire définitif,</li><li>- relâchement musculaire</li></ul>

A l'issue de l'exposition au gaz, l'animal est extrait de la cage, pesé et accroché sur un portique équipé d'un crochet d'abattoir. L'animal est saigné (1 min après la sortie du caisson) par une section bilatérale des vaisseaux sanguins du cou (artères et veines). Le sang est récupéré dans un récipient posé sur une balance électronique, elle-même reliée à un ordinateur ce qui permet l'acquisition automatique du poids de sang récupéré toutes les 10 s.

Le foie est extrait de la carcasse à 20 min *post mortem* et placé immédiatement à +4°C. Les carcasses ne sont pas plumées mais placées également en chambre froide après éviscération. Après quelques heures de réfrigération (au moins 3 h), les foies et les carcasses sont examinés et notés selon des grilles d'appréciation spécifiques présentées en annexe 2.

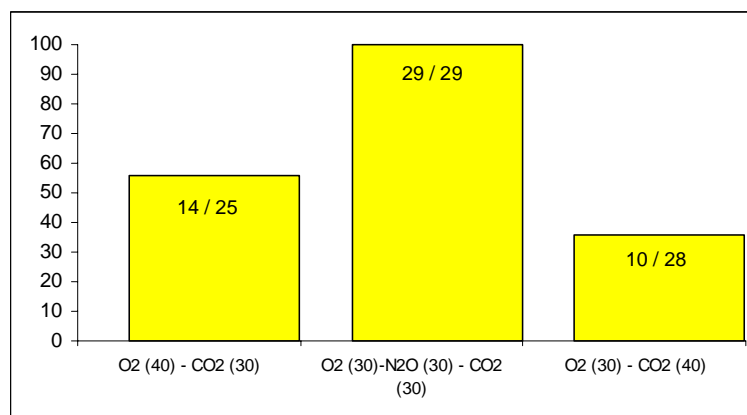
## **II.2- Résultats obtenus chez les canards**

Remarque : les animaux utilisés étaient des canards mulards, gavés à la pâtée à l'âge de 12 semaines. Les animaux étaient abattus à différents stades de gavage (23, 25 ou 27 repas) mais le protocole était équilibré de sorte que chacune des modalités expérimentales comportait en proportion identique les trois durées de gavage. Le dernier repas était distribué 8 h avant l'abattage.

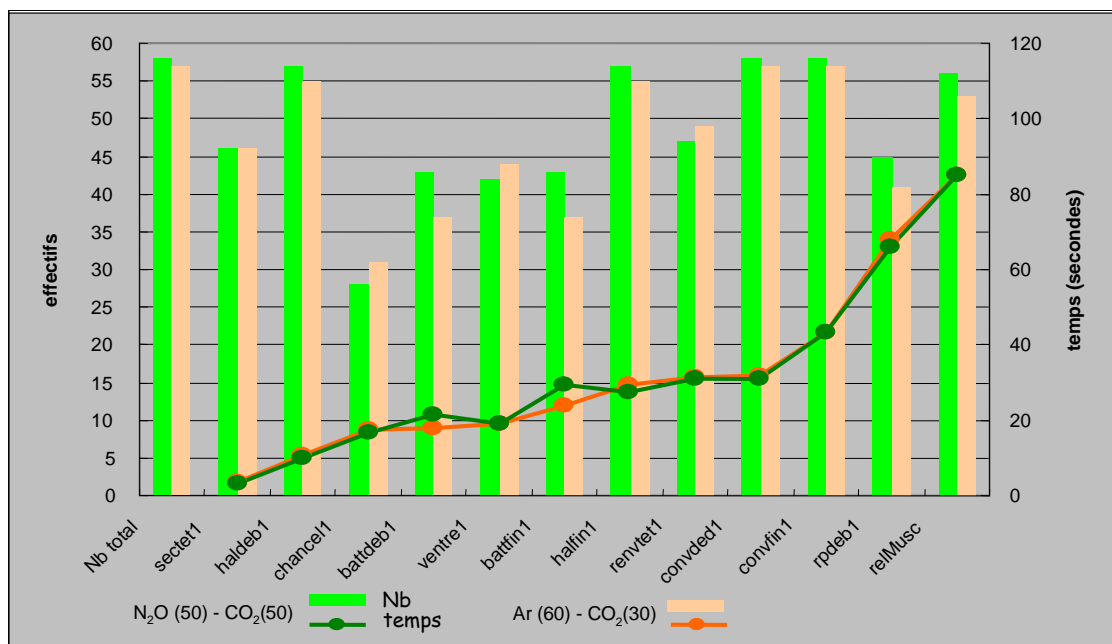
### *II.2.1- Comportement des animaux au cours de l'exposition au gaz*

Dans la procédure bi-phase, le nombre d'animaux qui présentaient des signes d'éveil à l'issue de la première phase (mouvements, yeux ouverts, perte incomplète de la posture, tonicité musculaire...) variait entre les trois modalités (figure 8). La totalité des animaux exposés au mélange CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>O/O<sub>2</sub> présentaient des signes d'éveil alors que cette proportion était de 14/25 et 10/28 pour les mélanges O<sub>2</sub> (40)/CO<sub>2</sub> (30) et O<sub>2</sub> (30)/CO<sub>2</sub> (40), respectivement.

**Figure 8-** Fréquence (%) des canards présentant des signes d'éveil à l'issue de la première phase de l'étourdissement bi-phase.



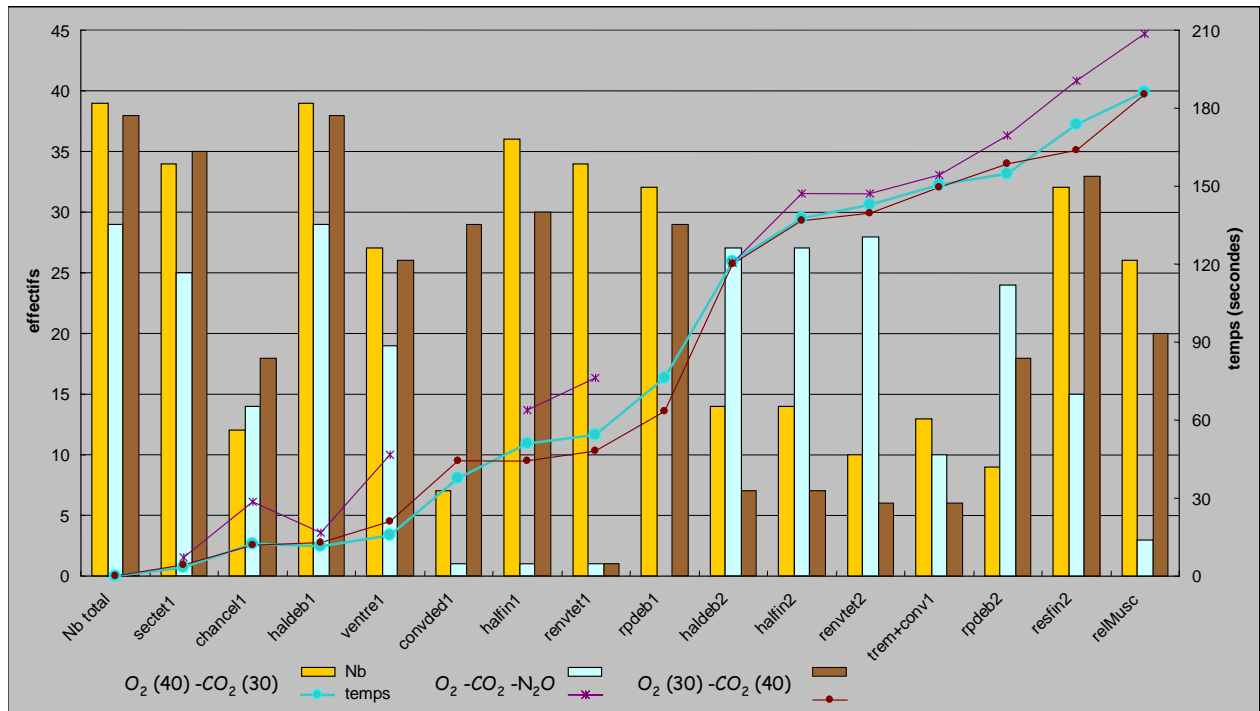
**Figure 9-** Séquence et fréquence des comportements exprimés pendant l'exposition des canards au gaz dans la procédure mono-phase



Comme le montre la figure 9, lors de l'exposition aux deux atmosphères utilisées pour la procédure mono-phase, les animaux secouent la tête très rapidement (en 2-3 s), halètent (5 s), commencent à chanceler (10 s) et presque simultanément à battre des ailes (pour près de la moitié d'entre eux). La totalité des animaux expriment de violentes convulsions qui démarrent vers la trentième seconde, immédiatement après l'opisthotonos, et durent approximativement 10 s. On constate une reprise de la

respiration post-convulsion chez une majorité des animaux puis un relâchement total de la musculature lorsque l'animal meurt approximativement 90 s après l'introduction dans l'atmosphère en moyenne. Il est important de noter qu'il n'y a pas de différence notable entre les deux techniques en ce qui concerne la séquence des comportements et la fréquence des animaux qui les expriment.

**Figure 10-** Séquence et fréquence des comportements exprimés pendant l'exposition des canards au gaz dans la procédure bi-phase

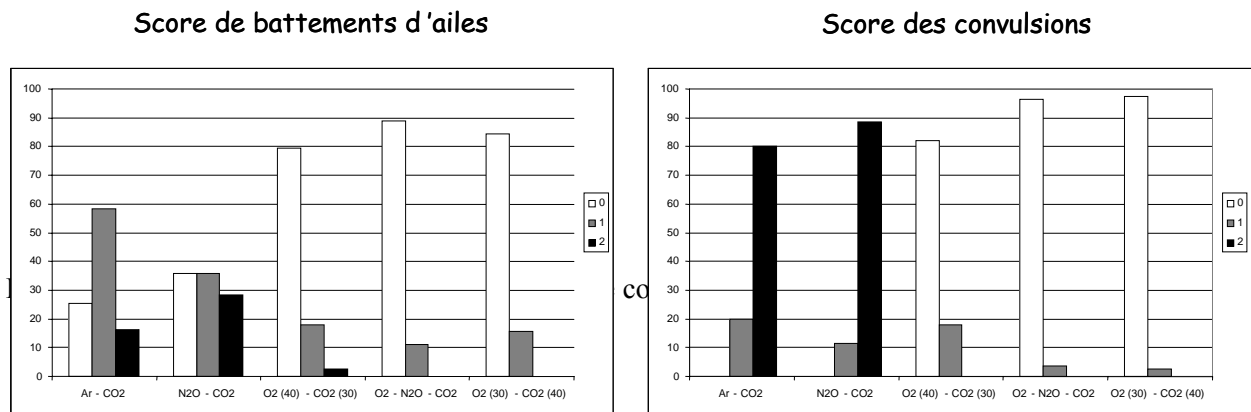


Les résultats des comportements exprimés au cours de la première phase des procédures bi-phases montrent des différences notables en fonction de la composition des atmosphères (figure 10). L'information principale qui ressort de l'observation de ces résultats est que le mélange CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>O est totalement inefficace : une proportion importante des animaux tombent sur le ventre mais ils restent totalement éveillés (un seul halète, renverse la tête et convulse). Les animaux entrent donc dans l'atmosphère enrichie en CO<sub>2</sub> alors qu'ils sont conscients. Les signes de perte de sensibilité surviennent au cours de cette seconde phase (renversement de la tête convulsion). Si l'on considère que le CO<sub>2</sub> est un gaz irritant lorsqu'il est inhalé à concentration élevée (> 35 %) comme le suggèrent des travaux antérieurs réalisés chez le poulet, la procédure utilisant en phase le mélange CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>O/O<sub>2</sub> ne peut être recommandée.

Les deux procédures basées sur l'utilisation du mélange CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> présentent des séquences sensiblement équivalentes au cours de la première phase (figure 10). En revanche, une proportion plus

importante d'animaux (29/38) expriment des convulsions dans le mélange O<sub>2</sub> (30)/CO<sub>2</sub> (40), que dans le mélange O<sub>2</sub> (40)/CO<sub>2</sub> (30) (7/39, seulement), ce qui explique que l'apparition de l'opisthotonos soit difficilement détectable dans le premier groupe car elle survient simultanément à l'initiation des convulsions. Les deux atmosphères ne diffèrent pas notablement sur le plan des comportements exprimés au cours de la seconde phase (figure 10). En revanche, sur le plan de la sévérité des convulsions et des battements d'ailes, le mélange O<sub>2</sub> (40)/CO<sub>2</sub> (30) présente une distribution des scores moins favorable que celle observée pour le mélange O<sub>2</sub> (30)/CO<sub>2</sub> (40) (figure 11).

**Figure 11-** Distribution des scores de sévérité des battements d'ailes et des convulsions en fonction des mélanges (pour les procédures bi-phases, les scores correspondent aux comportements exprimés pendant la première phase) (en % des comportements observés)

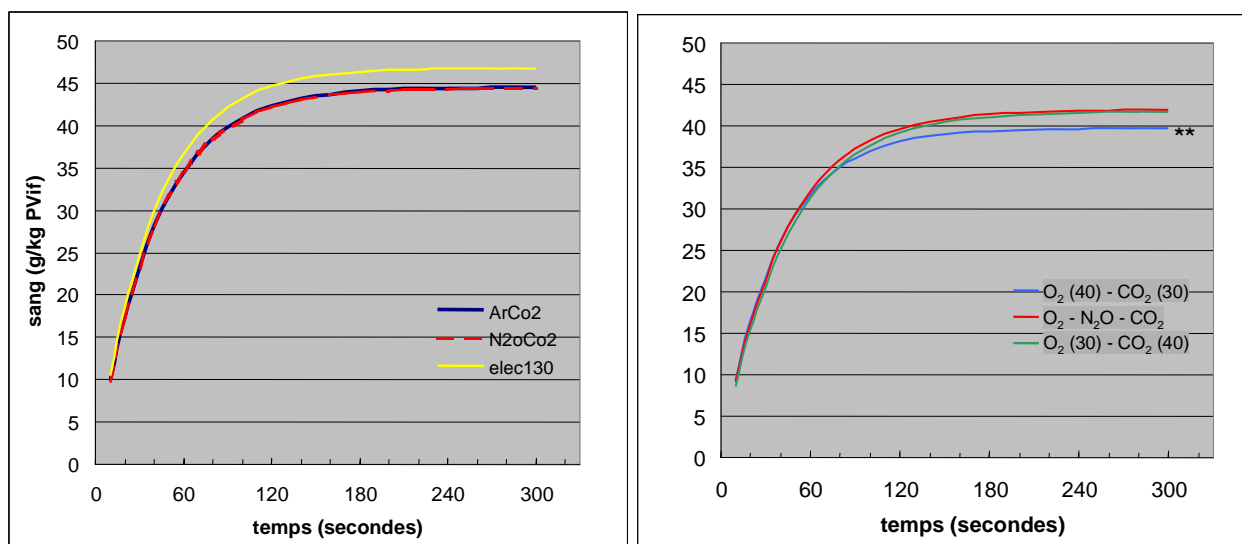


### II.2.2- Cinétique de la saignée

Les deux procédures mono-phases ne différaient pas significativement sur le plan de la cinétique de saignée (figure 12). La quantité maximale de sang récupéré correspond approximativement à 4.5 % du poids vif et cette quantité est atteinte à 180 s. En revanche, la saignée était moins rapide et moins importante que celle observée chez une dizaine d'animaux étourdis par électronarcose en bain électrifié (130 mA, 50 Hz, 4 s).

Dans le cas des procédures bi-phases, la quantité maximale de sang récupéré est très proche de la situation observée en mono-phase (de l'ordre de 4.2 % du poids vif), à l'exception du mélange O<sub>2</sub>(40)/CO<sub>2</sub> (30) pour lequel la saignée est significativement moins importante.

**Figure 12-** Cinétique de la saignée chez les canards en fonction de la procédure et du mélange gazeux



### II.2.3- Incidence des défauts d'aspects des foies gras et des carcasses

L'incidence des différents défauts de présentation des foies et des carcasses est présentée dans le tableau 6.

**Tableau 6-** Incidence des défauts d'aspects sur le foie gras et les carcasses (0=absence ; 1=présence), en fonction de la procédure d'étourdissement au gaz chez les canards gavés.

	Ar - CO <sub>2</sub>		N <sub>2</sub> O-CO <sub>2</sub>		O <sub>2</sub> (40) - CO <sub>2</sub> (30)		O <sub>2</sub> - N <sub>2</sub> O - CO <sub>2</sub>		O <sub>2</sub> (30) - CO <sub>2</sub> (40)	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
<b>FOIE</b>										
petechies	53	2	47	6	34	4	26	0	37	1
pointes rouges	35	20	48	5	29	9	19	7	29	9
engorgement	24	31	23	30	11	27	20	6	14	24
Foie rouge	41	14	36	17	33	5	25	1	33	5
hématomes plastron	30	25	21	32	7	31	3	23	7	31
hématomes superficiels	42	13	44	9	33	5	24	2	28	10
hématomes profonds	47	8	42	11	37	1	24	2	35	3
veines éclatées	51	4	50	3	35	3	25	1	35	3
<b>CARCASSE</b>										
pétéchies pectoraux	53	2	52	1	37	1	25	1	37	0
épanchements capsulaires	45	5	45	1	36	2	25	1	34	4
arrachement tête humérale	39	12	40	11	34	4	16	10	33	4
fracture aile	30	25	35	18	36	2	26	0	36	2
fracture poignet	39	16	33	20	37	1	25	1	38	0

En ce qui concerne le foie gras, la différence la plus notable concerne l'incidence des « foies rouges » et des hématomes profonds qui est significativement supérieure dans le cas des procédures mono-phases. Pour les procédures mono-phases, le mélange Ar-CO<sub>2</sub> se caractérise par une incidence plus

importante des pointes de lobe rouge, mais une incidence plus faible des hématomes superficiels et des hématomes profonds, que le mélange N<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub>.

Dans le cas des procédures bi-phases, il convient de souligner, le positionnement défavorable du mélange O<sub>2</sub> (30)-CO<sub>2</sub> (40) sur le plan de l'engorgement des veines et des hématomes superficiels.

La grande majorité des défauts observés sur les carcasses présentent une incidence plus élevée dans le cas des procédures mono-phases que dans le cas des procédures bi-phases (tableau 6). Parmi les procédures bi-phases, l'utilisation du protoxyde d'azote entraîne une augmentation de l'incidence des arrachements de la tête humérale, très probablement liée au fait que les animaux battent plus des ailes dans ce cas au cours de l'exposition à la seconde phase de l'étourdissement.

#### *2.2.4- Conclusions générales sur les procédures au gaz chez les canards*

Les résultats indiquent clairement que les procédures mono-phases sont à proscrire car elles induisent des réponses comportementales violentes qui peuvent avoir des conséquences défavorables sur les qualités de présentation des produits. De plus, l'interprétation de ces convulsions sur le plan de la protection des animaux reste sujette à caution. Selon Coenen *et al.* (2005), elles surviennent chez le poulet à un stade où l'état de sensibilité ne peut pas être exclu, sur la base de l'observation de l'électroencéphalogramme. Par conséquent, sur le plan de la protection des animaux, il est préférable de privilégier une technique qui induise le moins de réponses comportementales telles que les convulsions et/ou les battements d'ailes violents.

Le mélange O<sub>2</sub> (30 %) - CO<sub>2</sub> (40 %) semble être le meilleur compromis :

① sur le plan de la réactivité des animaux, c'est le mélange qui permet d'obtenir le moins de réactions physiques et l'étourdissement apparent le plus rapide, sans retour de réactions lors de l'exposition au CO<sub>2</sub> à forte concentration

② sur le plan de la cinétique de saignée, il ne pose pas de problème particulier par rapport aux autres méthodes (alors que l'analogue O<sub>2</sub> (40 %) -CO<sub>2</sub> (30 %) donne la moins bonne saignée).

③ sur le plan des défauts de présentation, il ne pose pas de problème particulier par rapport aux autres techniques

Nous avons donc retenu cette technique pour la phase finale du programme qui concerne la comparaison de différentes techniques d'étourdissement sur les qualités des produits.

### **II.3- Résultats obtenus chez les oies**

*Remarque : compte tenu des résultats défavorables obtenus chez les canards en utilisant les deux procédures mono-phases, ces techniques n'ont pas été testés chez les oies où les procédures bi-phases, seulement, ont donc fait l'objet des expérimentations.*

#### *II.3.1- Comportement des animaux au cours de l'exposition au gaz*

Les comportements exprimés par les oies au cours de l'exposition aux différents mélanges étaient sensiblement différents de ceux exprimés par les canards. Les séquences observées sont rapportées ci-dessous.

##### *Séquence des comportements observés en phase 1 :*

- secoue la tête (*sectet1* ; identification dans la figure 13 ; fin des mouvements = *sectetfin*)
- chancèle (*chancel1*)
- tombe sur le ventre (*ventre1*)
- apnée (début, *apndeb1* ; fin, *apnfin1*)
- reprise de la respiration régulière (*rpdeb1*)
- tremblements (*tremdeb1*)
- convulsions (*convded1*)

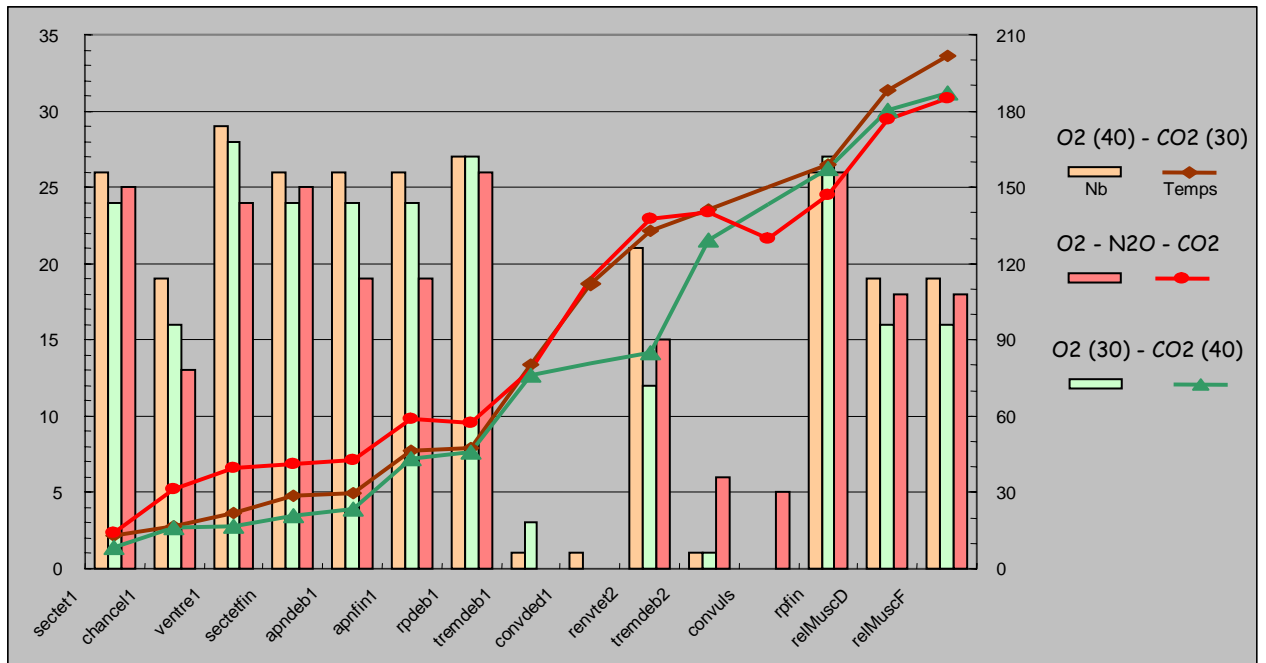
##### *Séquence des comportements observés en phase 2 :*

- renverse la tête, ou opisthotonos (*renvtet2*)
- tremblements (*tremdeb2*)
- convulsions (*convuls*)
- fin de la respiration (*rpfin*)
- relachement de la musculature (début, *relMuscD* ; fin, *rtelMuscF*).

Il est à noter qu'au cours de la phase 1, les convulsions étaient quasiment absentes (un seul animal a exprimé ce comportement) (Figure 13). Une autre observation importante est qu'aucune des oies n'a exprimé de battement d'ailes, quelle que soit la composition du mélange utilisé dans la phase 1.

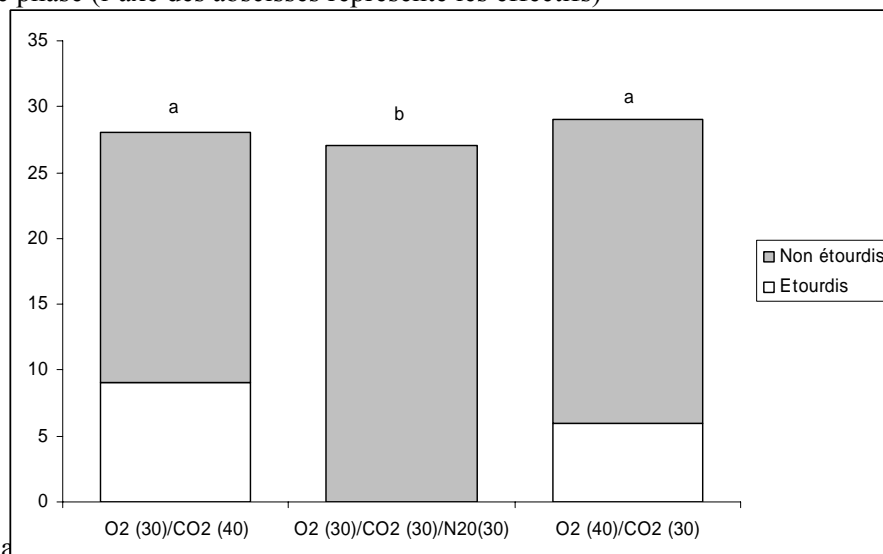
La fréquence d'apparition des différents comportements au cours de la phase 1 de l'exposition ne différait pas fondamentalement entre les trois atmosphères (figure 13). En revanche, l'apparition de ces comportements était la plus précoce dans le cas du mélange O<sub>2</sub> (30) / CO<sub>2</sub> (40), la plus tardive dans le mélange contenant du N<sub>2</sub>O, le mélange O<sub>2</sub> (40) / CO<sub>2</sub> (30) occupant une position intermédiaire.

**Figure 11** – Séquence et fréquence des comportements exprimés au cours de l'exposition des oies aux atmosphères modifiées



A la fin de la phase 1, la proportion d'animaux « paraissant vigiles » ne différait pas significativement entre les mélanges  $\text{CO}_2/\text{O}_2$  (test du chi-deux), mais aucun animal ne semblait étourdi dans le mélange utilisant le  $\text{N}_2\text{O}$  (Figure 14).

**Figure 14-** Effet de l'atmosphère utilisée en phase 1 sur la proportion d'oies paraissant étourdis à l'issue de cette phase (l'axe des abscisses représente les effectifs)



Au cours de la phase 1, les oies issues de la phase 1 utilisant le mélange avec le  $\text{N}_2\text{O}$  (figure 13). Pour les autres comportements, il n'y a pas de différence notable entre les trois groupes.

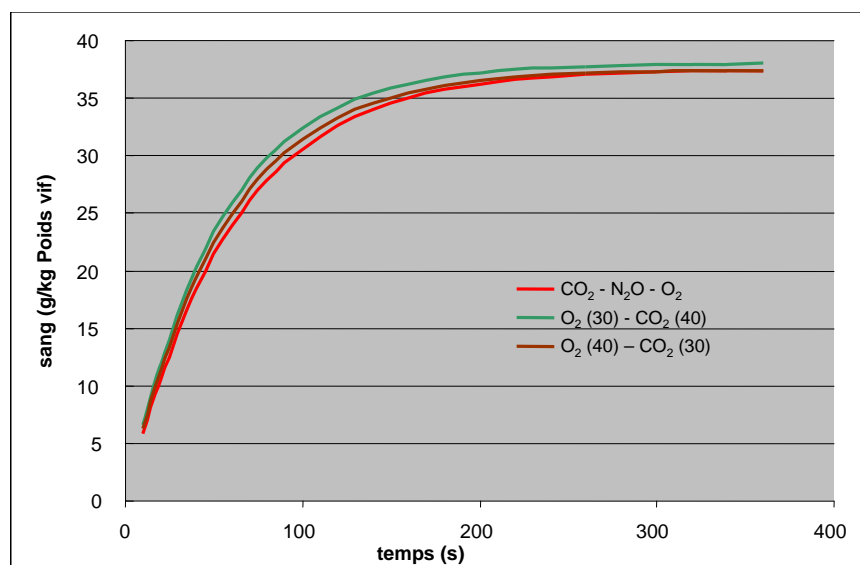
En conclusion, sur le plan de la protection des animaux, on peut noter que les procédures bi-phases reposant sur un premier mélange O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> ne s'accompagnent d'aucun signe de réaction aversive (battements d'ailes, convulsions) au cours de la première phase. Il en est de même pour le mélange contenant du N<sub>2</sub>O mais celui-ci entraîne des convulsions en phase 2 pour une partie des animaux, probablement liées à un mauvais étourdissement en fin de phase 1.

Parmi les deux mélanges O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>, celui contenant 40% de CO<sub>2</sub> permet d'obtenir l'induction de l'étourdissement la plus rapide. Il est donc à privilégier.

### 2.3.2- Cinétique de la saignée

Aucune différence de cinétique de saignée n'était observée entre les trois traitements (figure 15). La quantité maximale de sang récupéré, 3.7 % du poids vif, était obtenu approximativement après 3 min de saignée.

**Figure 15** – Cinétique de saignée des oies en fonction du traitement



### 2.3.3- Incidence des défauts d'aspects des foies gras et des carcasses

**Tableau 7-** Influence des techniques d'étourdissement sur les défauts observés sur les carcasses et les foies d'oies

	$N_2O/O_2/CO_2$	$O_2(30)/CO_2(40)$	$O_2(40)/CO_2(30)$	$\chi^2$
<b><i>Foies</i></b>				
Foie rouge	3/27	4/28	4/29	NS
Pointes lobes rouges	19/27	21/28	17/29	NS
Pétéchies	10/27	11/28	9/29	NS
Hématomes plastron	12/27	12/28	16/29	NS
Hématomes	17/27	18/28	20/29	NS
Veines engorgées	<b>8/27</b>	19/28	21/29	0.005
Veines éclatées	-	-	-	-
Hémorragie abdominale	1/27	4/28	2/29	NS
<b><i>Carcasses</i></b>				
Pétéchies muscle pectoral	-	-	-	-
Hématomes capsulaires	-	-	-	-
Arrachement tête humérale	-	-	-	-
Pointes des ailes rouges	6/27	<b>0/28</b>	3/29	0.004
Fractures d'ailes	-	-	-	-
Fractures poignet	-	-	-	-

Comme l'indiquent les résultats exposés dans le tableau 7, les techniques d'étourdissement au gaz n'influençaient que deux critères relatifs aux défauts d'aspects chez les oies : l'incidence des foies présentant des veines engorgées qui était significativement inférieure dans le cas du mélange contenant du  $N_2O$  et l'incidence des carcasses présentant des pointes d'ailes rouges qui était nulle dans le mélange  $O_2(30)/CO_2(40)$  comparé aux deux autres mélanges.

L'effet du mélange gazeux sur l'incidence des veines engorgées est difficile à expliquer car la cinétique de saignée ne différait pas significativement entre les différents mélanges. Il est probable que les réactions physiologiques aux différents mélanges diffèrent et qu'elles conduisent à une répartition différente du sang dans l'organisme.

#### 2.2.4- Conclusions générales sur les procédures au gaz chez les oies

Les résultats obtenus chez l'oie montrent que la procédure utilisant le mélange  $O_2(30)/CO_2(40)$  permet l'induction de l'étourdissement la plus rapide au cours de la phase 1, sans expression de comportements pouvant être interprétés comme des signes d'aversion forte au mélange. Les différences entre les procédures sur le plan de la cinétique de saignée et de l'incidence des défauts de présentation des foies et des carcasses sont d'une part très limitées et d'autre part, lorsqu'elles existent, elles ne sont pas en défaveur du mélange  $O_2(30)/CO_2(40)$ .

Par conséquent, la procédure utilisant le mélange O<sub>2</sub>(30)/CO<sub>2</sub>(40) en phase 1 peut être retenue chez l'oie, comme chez le canard, comme une technique permettant de satisfaire au mieux les contraintes en matière de protection des animaux, sans effet notable, relativement aux autres procédures d'étourdissement au gaz, sur les critères de qualités.

### **III- Références bibliographiques**

- Barton-Gade, P., Von Holleben, K. and Von Wenzlawoicz M., 2001. Animal welfare and controlled atmosphere stunning (CAS) of poultry using mixtures of carbon dioxide and oxygen. *World's Poultry Sci. J.*, 57, 189-200.
- Coenen, A., Lankhaar, J., Lowe, J. and McKeegan, D., 2005. Animal consciousness and euthanasia : chicken euthanasia in the two-phase stunning system. *Proceed. XVIIth European Symposium on the Quality of Poultry Meat*, Doorwerth, The Netherlands, 23-26 May 2005, 7-12.
- Raj, A.B.M. and Gregory, N.G., 1990. Investigation into the batch stunning/killing of chickens using carbon dioxide or argon-induced hypoxia. *Res. Vet. Sci.*, 49, 364-366.

**ETAPE 3**

**COMPARAISON DES METHODES**

**SUR LE PLAN DES QUALITES DES**

**PRODUITS**

## **ETAPE 3 – COMPARAISON DES METHODES SUR LE PLAN DES QUALITES DES PRODUITS**

### **I- INTRODUCTION**

Les étapes 1 et 2 ont permis de définir les conditions dans lesquelles l'électronarcose 'tête seulement' et l'étourdissement en atmosphère modifiée satisfont les contraintes relatives à la protection des animaux à l'abattage. L'expérimentation préliminaire sur les qualités des produits, réalisée au cours de l'étape 1, a également permis de montrer l'intérêt potentiel d'utiliser l'étourdissement mécanique.

Cette dernière étape du projet visait à comparer l'ensemble des méthodes potentiellement utilisables sur le plan des qualités des produits.

### **II- MATERIEL ET METHODES**

#### ***II.1- Description de l'expérience et des paramètres des différentes méthodes d'étourdissement***

##### ***Animaux expérimentaux***

Les canards gavés utilisés pour l'expérience étaient des canards mulards mâles élevés et gavés au lycée agricole de Périgueux. Les 156 canards ont été élevés en 12 semaines selon les procédures standards et ont été gavés en 24 repas (12 jours) en cages collectives (4 canards/cage).

Avant l'abattage, les canards ont été affectés aléatoirement à chacun des traitements (une trentaine d'animaux / traitement) mais l'homogénéité du poids d'entrée en gavage a été contrôlée (voir tableau 8) et les 4 canards d'une même cage ont été affectés à 4 traitements différents.

Pour la deuxième partie de l'expérience, les oies gavées provenaient de la ferme expérimentale de l'oie de Coulaures (voir par exemple Leprettre et al., 1997 pour les conditions d'élevage standards). Le gavage des 160 oies mâles a été effectué selon la procédure habituelle (Leprettre et al., 1997, 18 jours) après un élevage des animaux jusqu'à l'âge de 13 semaines. Les oies ont été gavées en parcs collectifs (8 oies / parc). Les différents jars ont été équitablement répartis en nombre pour tester quatre méthodes d'étourdissement.

##### ***Méthodes d'étourdissement***

Quatre méthodes d'étourdissement sont comparées. La saignée sans étourdissement est également pratiquée et sert de "référence" notamment en terme de qualité de saignée.

Pour chacune des méthodes, un seul animal est étourdi et saigné à la fois.

Les paramètres de l'électronarcose en bain sont les suivants :

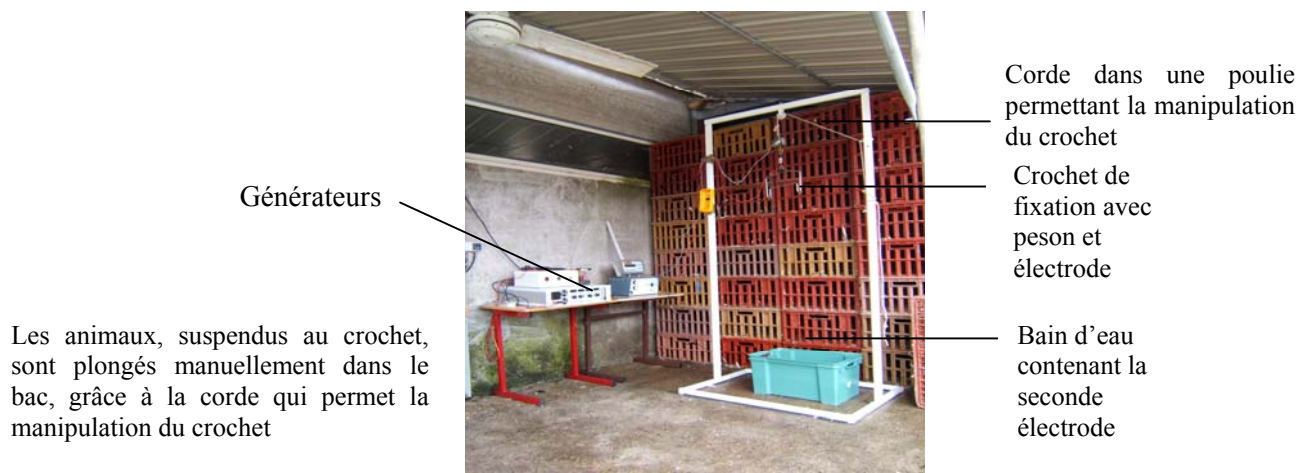
	Canards et Oies
Intensité	130 mA
Fréquence	50 Hz
Temps d'application	4 s

L'application constante de ces paramètres est assurée par un générateur de courant fabriqué spécifiquement à cet effet au Silsoe Research Institute (Silsoe, Bedford, UK). Le principe de ce générateur est de fournir un courant dont l'intensité est prédéfinie. Il adapte la tension du courant en fonction de la résistance placée dans le circuit afin de maintenir l'intensité constante. Tension et intensité sont liées par la loi d'Ohm:  $U = R * I$ , par conséquent plus l'animal représentera une résistance forte plus la tension du courant sera élevée.

Afin de diminuer l'impédance des animaux il faut veiller à ce que les pattes de l'animal soient humides afin d'obtenir un bon contact avec l'électrode placée sur le crochet de fixation. Si la continuité du circuit n'est pas assurée, la résistance peut devenir infinie et le générateur ne peut plus assurer son rôle.

Afin de vérifier le bon fonctionnement du système, on place un ampèremètre en série dans le circuit. Il affiche la valeur de l'intensité du courant qui traverse l'animal.

**Figure 16-** Vue du dispositif d'électronarcose

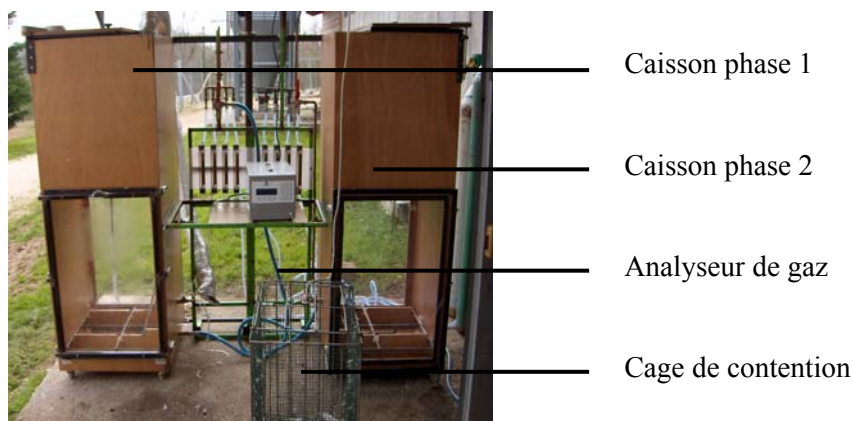


La seconde méthode d'étourdissement est l'électronarcose "tête seulement". L'intensité du courant était fixée à 600 mA et la fréquence à 50 Hz. Le courant était appliqué durant 4 s. Comme dans la méthode précédente, le temps d'application du courant est réglé par un "timer" qui se déclenche manuellement afin d'établir le courant et qui coupe le circuit à la fin du temps déterminé. Cette méthode nécessite également l'utilisation d'un générateur de courant, et non de tension, afin de contrôler l'intensité du courant délivré.

Notons que cette méthode n'a été testée que pour les canards gavés puisque le générateur est tombé en panne dès le début de l'abattage des oies et cette modalité a donc été abandonnée pour cette espèce.

La troisième méthode testée est l'étourdissement "au gaz", plus précisément "en atmosphère modifiée" ou CAS (Controlled Atmosphere Stunning).

**Figure 17-** Dispositif d'étourdissement au gaz



Pour les deux types d'animaux, le protocole d'étourdissement est le même. C'est une procédure en deux phases:

- ✓ Dans un premier temps les animaux sont placés dans un caisson pendant deux minutes. L'atmosphère est composée de 40 % de CO<sub>2</sub> et de 30 % d'O<sub>2</sub> dans l'air. Cette première étape est considérée comme un pré-étourdissement (grâce à la concentration élevée en CO<sub>2</sub>) dans des conditions euphorisantes pour l'animal du fait de la concentration en O<sub>2</sub> élevée (Barton-Gade *et al.*, 2001).
  
- ✓ Pour la seconde phase, l'animal est exposé à une atmosphère composée de 80 % de CO<sub>2</sub> dans l'air durant deux minutes. Cette phase permet d'obtenir un étourdissement profond dans un premier temps, puis l'animal meurt avant la fin de l'exposition.

La dernière méthode est l'étourdissement mécanique au pistolet à tige perforante. Le pistolet utilisé était la "broche perforante à ressort" de marque PERFOR LT (figure 18). C'est un instrument élaboré pour l'abattage rationnel des lapins mais il peut être utilisé pour les oiseaux.

La force de la tige du pistolet est donnée par un ressort. Il faut appliquer le pistolet armé en plein milieu de l'os frontal, sur le haut du crâne, et au milieu du segment formé par les deux yeux.

**Figure 18-** Pistolet à tige perforante armé et désarmé



Dans notre cas le pistolet est à tige perforante: la broche traverse le crâne en emportant un fragment d'os, elle pénètre dans le milieu du cerveau et elle peut le traverser jusqu'à perforer le plancher du cerveau.

Tous ces paramètres, concernant les différentes méthodes, ont été fixés lors de la deuxième phase du projet sur l'étourdissement des palmipèdes gavés afin d'obtenir un étourdissement efficace des animaux en accord avec les contraintes éthiques.

## ***II.2 Déroulement de l'abattage et mesures réalisées in situ***

Les abattages ont été réalisés à l'abattoir du lycée de Périgueux. Par conséquent, les canards n'ont pas été transportés, ils ont été sortis au fur et à mesure de la salle de gavage par groupes de 4. L'attente en cage était au maximum de 8 minutes. Au contraire, les oies ont été amenées le matin de l'abattage et ont attendu sur le quai.

Lors des deux abattages, l'alternance des méthodes d'étourdissement a été respectée afin d'éviter de concentrer l'application d'une méthode sur un moment de la journée. Cela permet d'atténuer l'influence de l'ordre d'abattage des animaux et surtout de ne pas confondre les deux effets (ordre et traitement).

### *II.2.1. Saignée*

Les canards ont été saignés par le bec alors que les oies ont subi une section des vaisseaux sanguins par introduction d'une lame de couteau au travers du cou.

Pour les animaux étourdis par électronarcose ou au pistolet, la saignée est exécutée dans les 10 secondes (généralement instantanément) qui suivent l'étourdissement.

En ce qui concerne les animaux étourdis au gaz, ils sont saignés environ une minute après leur sortie du caisson. Ce laps de temps simule une sortie de cage et un accrochage dans un abattoir commercial.

La qualité de la saignée a été évaluée par l'estimation du poids de sang évacué. Pour cela, les animaux ont été pesés avant la saignée, lors de l'accrochage au crochet du dispositif expérimental d'étourdissement (pesée au 10<sup>e</sup> de gramme). En effet, un peson électronique a été fixé au dessus du crochet de fixation des animaux. Les animaux étourdis au gaz sont pesés après leur étourdissement (pendant la minute d'attente) alors que les autres le sont avant. Par ailleurs, pour chaque animal on note : l'ordre de saignée, le numéro d'identification, l'heure de saignée et le traitement appliqué.

Une deuxième pesée est faite après la saignée, environ 3 min 30 s après le coup de couteau. La différence de poids donne le poids de sang évacué et on calcule le pourcentage de sang évacué par rapport au poids vif.

Pendant que l'animal saigne, un observateur note ses différents comportements ainsi que les temps auxquels se manifestent ces comportements.

Les critères principaux que nous avons retenus sont:

- L'animal semble-t-il étourdi lors de l'accrochage sur la chaîne (semble-t-il vigile ou non ?)?
- Relève-t-il la tête?
- Exprime-t-il des contractions? De quelle intensité sur une échelle de 1 à 3?
- Y a-t-il des battements d'ailes? De quelle intensité?
- Toute autre remarque sur les comportements de l'animal et le déroulement de la saignée jusqu'à la mort de l'animal.

### *II.2.2. Eviscération*

En bout de chaîne, les animaux sont éviscérés à chaud. Une classification commerciale des foies gras est réalisée. Le poids des foies chauds est aussi relevé. Les foies, entourés de papier sulfurisé, sont ensuite placés en chambre froide (environ 4°C) pendant trois heures environ. La suite des mesures et transformations faites sur les foies sera abordée ci-dessous.

### *II.2.3. Mesure du pH du magret à 30 minutes post mortem.*

Après éviscération, un échantillon de magret de quelques grammes est prélevé. Plus précisément, ce morceau est découpé dans le tiers supérieur du muscle *pectoralis major*, dans le sens des fibres.

Le morceau prélevé est destiné à trois mesures:

- 2 g de muscle sont immédiatement broyés dans du iodoacétate 0,5M. Ce produit va stopper la glycolyse dans le muscle sans en modifier le pH. Ainsi, le pH du muscle à 30 minutes *post mortem* est mesuré dans ce broyat au moyen d'une électrode.
- 1 à 2 g sont enveloppés dans une feuille d'aluminium. Ces échantillons sont plongés dans l'azote liquide puis conservés à une température de – 80 °C jusqu'à leur analyse biochimique.

Toutes ces mesures ont été prises au moment même de l'abattage. Elles vont être complétées par les mesures et les analyses qui sont détaillées dans les paragraphes suivants.

### *II.3 Mesures de la qualité des foies*

L'après-midi du jour de l'abattage était consacrée à la transformation des foies et à leur observation. Les foies sont enlevés des bacs contenant la glace fondante puis ils sont essuyés. La couleur est mesurée à l'aide d'un chromamètre Minolta CR 300 dans le système L\*a\*b\* (Norme CIE, 1978 ; L\*, luminance ; a\*, indice de rouge ; b\*, indice de jaune) avec un illuminant D65 calibré sur la plaque blanche CR-A43. Trois mesures sont réalisées sur la face ventrale de chacun des foies.

Après une évaluation objective de la couleur des foies gras, ceux-ci sont observés et évalués selon une grille de critères conçue à l'ENSAT. Cette grille prend en compte différents critères d'aspect des foies. Elle permet notamment de rendre compte de la qualité de la saignée par le sang résiduel présent dans les vaisseaux du foie.

Les critères, évalués selon 4 niveaux (absence, léger, moyen, sévère), sont les suivants :

- Couleur rouge générale du foie
- Engorgement des vaisseaux
- Pointe des lobes rouges
- Pétéchies sur le foie
- Hématomes, avec leur localisation (plastron, superficiel, en profondeur)
- Hémorragie interne
- Tout autre défaut du foie, comme la présence de bile

Ceci constitue une évaluation subjective des foies même si la subjectivité est réduite à l'appréciation de l'intensité d'un défaut; le caractère binaire de la présence des défauts étant objective. De plus, cette observation est toujours réalisée par le même opérateur ce qui permet de standardiser au mieux l'appréciation de l'intensité des défauts.

Ensuite, les foies sont déveinés et deux verrines d'environ 180 g de foie sont préparées pour chaque animal. L'assaisonnement consiste en du poivre (2 g/kg de foie) et du sel non nitrité (12 g/kg). Les verrines sont ensuite pasteurisées et conservées en chambre froide durant 3 mois.

Après ce délai de conservation, le taux de fonte de chaque verrine a été mesuré. Pour cela, on pèse une verrine ouverte, puis on en extrait le foie et la graisse. Ensuite, on gratte la graisse présente sur le foie et on pèse le foie dégraissé. On pèse enfin la verrine propre. On obtient ainsi le poids de la graisse que l'on divise par le poids total de foie frais (graisse + foie "propre"), ce qui nous donne le pourcentage de pertes à la cuisson des foies.

A ces différentes mesures de la qualité des foies vont s'ajouter les résultats d'une analyse sensorielle (AS) faite par un jury d'expert à l'ADIV de Clermont-Ferrand.

La sélection des foies destinés à l'AS a été faite sur le poids des foies. Douze foies gras ont été choisis dans chaque lot d'animaux étourdis par les différentes méthodes de façon à ce que les poids des foies ne diffèrent pas significativement entre les lots. Les moyennes de poids de foie des sous-échantillons correspondent à la moyenne générale du poids de foie.

L'analyse sensorielle est réalisée par un jury de 12 personnes sélectionnées selon leur fréquence de participation à des épreuves sur ce type de produit. Un foie est évalué par 4 sujets différents. Trois foies gras sont donc traités à chaque séance de dégustation. Le foie gras est d'abord présenté en entier aux dégustateurs, puis il est tranché afin que chaque dégustateur dispose de 2 tranches de foie gras lui permettant de remplir un questionnaire construit avec des échelles discontinues en 7 points. Enfin, notons que chaque dégustateur est isolé dans une cabine individuelle pour procéder à l'évaluation du produit testé.

#### ***II.4- Mesures de la qualité des magrets***

Après l'éviscération des animaux et le prélèvement de magret pour les analyses, les carcasses sont placées en chambre froide pour le ressuyage. La levée des magrets et la découpe des carcasses sont effectuées le lendemain. Différentes opérations vont permettre d'apprécier la qualité de viande.

#### *II.4.1 Observation des carcasses et des filets*

Lorsque la découpe est effectuée, les magrets et le reste de la carcasse sont observés. Différents défauts sont évalués et notés. Pour les filets, la présence de pétéchies et d'hématomes est prise en compte. Elle est notée de 0 à 3 en intensité, 0 correspondant à l'absence et 3 signifiant un défaut sévère. Tout autre défaut remarquable, comme l'aspect de la viande, est aussi noté.

En ce qui concerne les carcasses proprement dites, les défauts à relever sont laissés libres. Cependant nous verrons que deux ou trois critères reviennent très souvent. Ce sont ces défauts qui deviendront des éléments de comparaison des méthodes. Par exemple, les fractures, les hémorragies de tête humérale, les veines chargées de sang dans les membres inférieurs sont des critères fréquemment observables sur les carcasses et c'est donc sur leur fréquence d'apparition que seront réalisés les tests statistiques.

A la suite de la découpe, les magrets sont parés. Puis, le magret droit est mis sous vide et identifié. Parmi les magrets droits, on sélectionne les mêmes animaux que pour les foies gras. Les magrets sont envoyés à l'ADIV pour une analyse sensorielle (cf. analyse sensorielle du foie).

Les magrets gauches ont déjà subi un prélèvement. On rafraîchit la coupe du magret du côté du prélèvement et on mesure la couleur à 24h *p.m.* au chromamètre Minolta.

#### *II.4.2 Analyses en laboratoire*

Ensuite le restant de magret est pesé et mis sous vide. Ces magrets sont ensuite conservés en chambre froide pendant 24 heures. A 48 h *post mortem*, les magrets sont enlevés de leur sachet et le pH est mesuré au moyen d'un pH-mètre à électrode à pénétration. Cette mesure du pH représente le pH ultime. C'est le pH final de la viande.

Après cette opération, les magrets sont à nouveau mis sous vide et en chambre froide. Au jour 6 (J6) *post mortem*, les magrets sont retirés de l'emballage, ils sont pesés et on rafraîchit la coupe pour une nouvelle mesure de la couleur de la tranche. Cette mesure est la couleur à J6 *post mortem*.

La différence entre le poids des magrets lors de leur parage et à J6 *p.m.* donne les pertes par exsudation. Cette donnée est exprimée en % du poids de magret au départ. Ce type de mesure d'exsudation se rapproche tout à fait des conditions commerciales. En effet, la seule différence est que le magret est mis deux fois sous vide en six jours alors qu'en conditions réelles, le magret n'est mis sous vide qu'une seule fois, étiqueté et vendu.

A la suite de ces opérations, les magrets sont congelés à  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  jusqu'à l'analyse de leur texture.

L'analyse instrumentale de la texture est effectuée uniquement sur les magrets des animaux qui ont été sélectionnés pour l'analyse sensorielle.

Pour ces mesures, l'appareil utilisé est le texturomètre de l'ENSAT. Deux tests sont appliqués:

- le test de compression
- le test de cisaillement.

Pour chaque jour de travail, les magrets à analyser sont placés en chambre froide ( $4^{\circ}\text{C}$ ) la veille pour une décongélation complète et uniforme. Les magrets sont pesés congelés dans leur sachet et à la suite d'un essuyage après leur décongélation. On obtient ainsi les pertes à la décongélation exprimées en % du poids frais. Les tests de texture peuvent ensuite être appliqués.

#### Test de compression

On règle la hauteur du capteur afin que la surface du cylindre effleure la surface du magret. Le programme effectue deux cycles de compression : le cylindre s'enfonce une première fois dans le muscle jusqu'à réduire l'épaisseur du magret de 80 %. Puis, le capteur revient en position initiale et le deuxième cycle, identique au premier, se lance.

Chaque magret subit trois fois le test de compression. Il faut tâcher de répartir ces prises de mesures sur l'ensemble du magret avec des épaisseurs de viande équivalentes.

Le reste de magret n'ayant pas subi les tests est remis sous vide. Il est cuit pendant 15 minutes au bain-marie à  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Il faut cuire tous les morceaux des différents magrets en même temps afin d'avoir une cuisson identique pour tous. Les sachets sont ensuite placés sous l'eau courante afin de les refroidir et de les ramener à température ambiante au cœur des magrets.

Les morceaux cuits subissent le même test de compression. Il faut cependant veiller à prélever un échantillon suffisant pour le test de cisaillement que nous allons détailler plus bas.

Parmi les différentes mesures réalisées par le logiciel, nous en retiendrons deux: le  $K_{20}$  et le  $K_{80}$ . Cela représente la force maximale sollicitée pour réduire l'épaisseur initiale du magret de 20 % et de 80 % respectivement. Le  $K_{20}$  mesure principalement la réponse de la structure myofibrillaire du muscle à la contrainte verticale; c'est la "dureté myofibrillaire" du muscle. On la différencie de la dureté conjonctive qui est principalement évaluée par le  $K_{80}$  (Lepetit et Salé, 1984). Plus ces valeurs seront faibles, plus le magret sera considéré comme tendre.

La cuisson réalisée entre les deux tests de compression permet d'évaluer les pertes au cours de cette opération. Par pesée avant et après cuisson, on calcule le poids des pertes qui sont exprimées en % du poids frais. Ces pertes combinées aux pertes à la décongélation donneront les pertes totales.

### Test de cisaillement

Nous avons déjà précisé plus haut qu'à la suite de la cuisson il fallait veiller à prélever un échantillon suffisant pour ce test. Cet échantillon doit être découpé dans le sens des fibres musculaires. Sa tranche doit être un carré de 10 mm de côté. La longueur et le nombre d'échantillon sont à adapter selon le nombre de répétitions désiré par échantillon. Cependant la longueur doit être au minimum de 2 cm afin de permettre un cisaillement correct.

Dans notre cas, nous avons extrait un échantillon d'une longueur de 5 à 6 cm afin de réaliser 3 fois le test sur la longueur découpée.

Pour réaliser ce test, on équipe le capteur de force d'un couteau. Celui-ci est en fait un "V" dont la tranche est plate, non aiguisée et d'une largeur de 2 mm.

### *II.3.3 Analyses biochimiques*

Les échantillons de magret congelés dans l'azote liquide à 30 minutes *post mortem* sont utilisés pour la détermination de la concentration de glycogène et de ses principaux métabolites entrant dans le calcul du potentiel glycolytique ou PG (Monin & Sellier, 1985).

Le glycogène et l'acide lactique sont déterminés par des méthodes enzymatiques classiques, après hydrolyse du glycogène par l'amyloglucosidase (Dalrymple & Hamm, 1973, pour le glucose et le glucose-6-phosphate ; Bergmeyer, 1974, pour le lactate).

Lorsque l'on cherche à estimer la concentration du glycogène musculaire immédiatement avant l'abattage, à partir d'un échantillon prélevé *post mortem*, il est nécessaire de tenir compte de la dégradation du glycogène survenant entre le moment de l'abattage et le prélèvement (Monin *et al.*, 1981). Monin et Sellier (1985) ont proposé une estimation de la concentration musculaire en glycogène au repos par une détermination du potentiel glycolytique (PG). Le PG représente la quantité de composés glucidiques susceptibles de se transformer en acide lactique lors de la glyco-génolyse *post mortem*. Cette quantité est exprimée en  $\mu\text{mol}$  d'« équivalents lactate » par gramme de tissu frais :

$$\text{PG} = 2 ([\text{glycogène}] + [\text{glucose}] + [\text{glucose-6-P}] + [\text{lactate}])$$

Charpentier (1968) a montré en effet que les principaux composés impliqués dans la glyco-génolyse et la glycolyse dont les concentrations sont non négligeables dans le muscle *post mortem*, quel que soit le stade, sont le glucose libre, le glucose-6-phosphate (G-6-P), le glycogène et l'acide lactique. C'est la raison pour laquelle ces composés entrent dans le calcul du PG.

## ***II.5. Analyses statistiques***

Les données «objectives» ont été analysées par analyse de variance à deux facteurs en utilisant la procédure GLM (General Linear Model) du logiciel SAS (SAS, 1989). Le modèle incluait les effets du traitement (technique d'étourdissement) et de l'ordre d'abattage. Lorsque l'effet du traitement était significatif, un test de comparaison multiple des moyennes (test LSD, Least Square Difference, de la procédure GLM) était réalisé.

Le test du Chi-2 a été utilisé pour déterminer l'effet du traitement sur l'incidence des comportements observés au cours de la saignée et sur leur sévérité, ainsi que pour toutes les observations subjectives sur les produits (carcasses, foies ; incidences des défauts et sévérité).

Les données issues de l'analyse sensorielle ont été analysées en utilisant le test non paramétrique de Friedman pour l'analyse globale de l'effet du traitement. Lorsque cet effet était significatif, les moyennes étaient comparées deux à deux en utilisant le test de student.

## **III- Résultats**

### ***III.1 Observations des animaux au cours de la saignée et qualité de la saignée***

#### ***III.1.1. Qualité de la saignée***

Les résultats des mesures de la qualité de la saignée sont présentés dans le tableau suivant.

Il n'y aucune différence significative entre les poids moyens des lots de canards affectés aux différents traitements. Ceci est valable pour les Poids d'Entrée en Gavage (PEG) et pour les poids à l'abattage (Pds vifs) (tableau 8).

Les animaux avaient été affectés à un traitement selon leur poids d'entrée en gavage afin d'avoir des lots homogènes. Cette homogénéité est donc retrouvée le jour de l'expérience sur les poids vifs. On peut conclure que les performances de gavage ont été identiques pour tous les animaux.

**Tableau 8-** Qualité de la saignée des oies et des canards en fonction des différentes méthodes d'étourdissement (moyenne  $\pm$  erreur standard).

	Bain	Gaz	Pistolet	Rien	Tête	Probabilité <sup>(1)</sup>	
	n=31	n=32	n=31	n=31	n=31	Traitement	Ordre
<i>Canards</i>							
PEG (kg)	4.6 $\pm$ 0.1	4.5 $\pm$ 0.1	4.6 $\pm$ 0.1	4.5 $\pm$ 0.1	4.5 $\pm$ 0.1	NS	NS
Pds vif (kg)	6.6 $\pm$ 0.1	6.4 $\pm$ 0.1	6.5 $\pm$ 0.1	6.4 $\pm$ 0.1	6.4 $\pm$ 0.1	NS	p = 0,09
Saignée (%)	3.7 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	4.0 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	4.2 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	4.2 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	4.1 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	***	NS
<i>Oies</i>	n=40	n=40	n=40	n=40			
PEG (kg)	-	-	-	-	-	-	-
Pds vif (kg)	8.5 $\pm$ 0.1	8.5 $\pm$ 0.1	8.6 $\pm$ 0.1	8.6 $\pm$ 0.1	-	NS	NS
Saignée (%)	2.6 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	2.6 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	3.1 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	3.1 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	-	***	NS

<sup>(1)</sup>, niveau de probabilité des effets testés : \*\*\*, p < 0.001 ; NS, p > 0.10

En revanche, la méthode d'étourdissement a une influence significative sur la qualité de la saignée (tableau 8). La quantité de sang perdu en trois minutes par rapport au poids vif est inférieure avec un étourdissement au bain électrifié chez le canard par rapport aux autres techniques.

Pour les oies, les meilleures saignées sont obtenues pour les animaux non étourdis ou étourdis au pistolet. L'électronarcose en bain et l'étourdissement au gaz donnent une saignée moindre. Ces résultats rejoignent ceux de Leprettre *et al.* (1997) qui montrent que toute électronarcose réduit la saignée par rapport à un abattage traditionnel.

On retrouve aussi exactement les mêmes conclusions que celles que nous avons établies à l'issue de l'étude préliminaire présentée en étape 1.

Pour l'étourdissement au gaz, le fait que les animaux soient morts lors de la saignée ne peut expliquer à lui seul le résultat obtenu chez les oies car pour les canards la saignée est équivalente aux techniques ne tuant pas les animaux.

L'hypothèse de la répartition du volume sanguin dans les organes lors de l'étourdissement peut donc être à nouveau proposée. La distribution du sang dans les organes modifierait la rétention de sang et donc le volume évacué (Kotula & Helbacka, 1966, *in* Fernandez *et al.*, 2003).

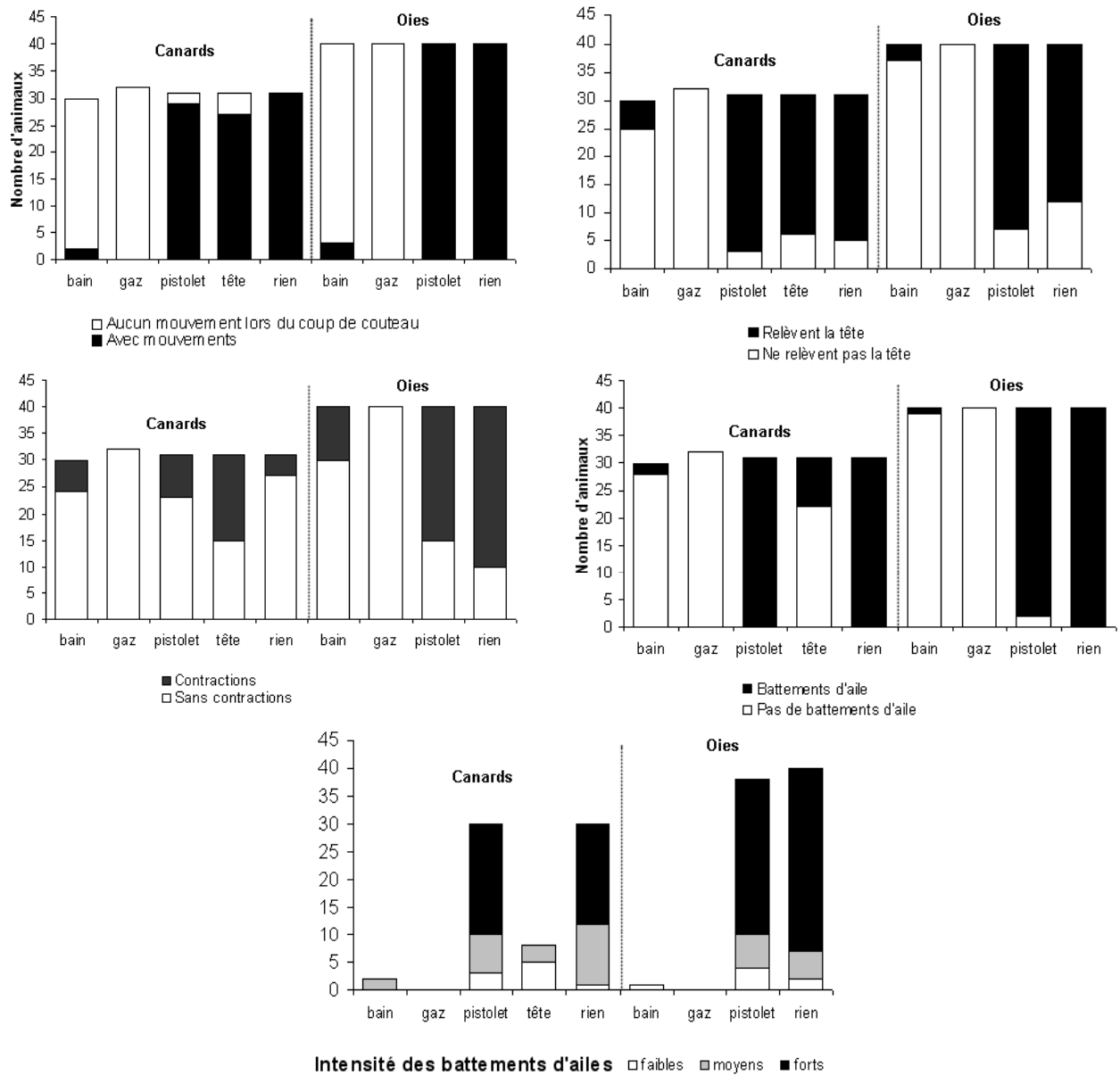
Les résultats montrent donc que l'étourdissement en atmosphère modifiée ne réduit pas la qualité de la saignée chez les canards. A l'inverse, pour les oies, elle induit une saignée moindre, identique à celle obtenue avec l'électronarcose en bain.

Enfin, l'analyse statistique montre que l'ordre d'abattage a tendance à influencer sur le poids vif des canards. Le délai d'attente des animaux entraîne évidemment une perte de poids par défécation mais nous n'insisterons pas sur ce point car l'effet est pratiquement non significatif.

### III.1.2. Comportement des animaux durant la saignée

En ce qui concerne les observations effectuées pendant la saignée, l'étourdissement a une influence significative sur tous les critères du comportement des canards et des oies (Figure 19).

**Figure 19-** Comportements des animaux durant la saignée ( $p < 0.001$  pour tous les critères)



Quelle que soit l'espèce considérée, l'étourdissement au gaz se détache largement des autres méthodes, puisque les animaux n'expriment aucun mouvement lors de la saignée. De même, la grande majorité des animaux ayant subi une électroanesthésie en bain n'expriment aucun mouvement au moment de la section des vaisseaux sanguins et ne relèvent pas la tête lors de la saignée. De plus, très peu de ces animaux expriment des battements d'ailes pendant la saignée.

Les canards ayant subi les trois autres traitements ont des comportements similaires excepté pour le critère "battements d'ailes" ou la majorité des canards saignés après électronarcose 'tête seulement' (environ 2/3 n'ont pas battu des ailes).

L'expression des contractions montre globalement un contraste entre l'étourdissement au gaz d'une part et les autres méthodes d'autre part. De plus, les canards étourdis par électronarcose 'tête seulement' présentent plus de contractions au cours de la saignée que les autres traitements.

L'observation de l'intensité des battements d'ailes exprimés lors de la saignée laisse apparaître le même contraste: le traitement "bain" s'oppose aux traitements "pistolet" et "rien" chez les deux espèces. Pour les animaux étourdis par électronarcose "tête seulement" la majorité des battements exprimés de sont de faible intensité.

### III.2. Caractéristiques des muscles

#### III.2.1. Valeurs de pH et métabolites

Le tableau 9 présente les résultats obtenus pour ces mesures.

**Tableau 9-** pH des magrets de canards et d'oies et résultats des analyses biochimiques (m ± SEM)

Canards	Bain	Gaz	Pistolet	Rien	Tête	Probabilité <sup>(1)</sup>	
	n=31	n=32	n=31	n=31	n=31	Traitement	Ordre
<i>pH</i> <sub>30 min</sub>	5.89 ± 0.02 <sup>ab</sup>	5.92 ± 0.03 <sup>a</sup>	5.86 ± 0.02 <sup>bc</sup>	5.86 ± 0.01 <sup>b</sup>	5.82 ± 0.01 <sup>c</sup>	**	**
<i>pH</i> <sub>u</sub>	5.77 ± 0.02	5.78 ± 0.01	5.80 ± 0.01	5.80 ± 0.01	5.76 ± 0.01	NS	**
Lactate	60.3 ± 1.4 <sup>c</sup>	61.1 ± 1.8 <sup>bc</sup>	64.6 ± 0.7 <sup>a</sup>	64.2 ± 1.1 <sup>ab</sup>	65.2 ± 1.2 <sup>a</sup>	*	**
G-6-P	3.8 ± 0.3 <sup>b</sup>	3.8 ± 0.4 <sup>b</sup>	4.2 ± 0.3 <sup>ab</sup>	3.7 ± 0.3 <sup>b</sup>	4.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	*	NS
Glucose	25.9 ± 1.6	29.9 ± 2.2	25.6 ± 1.9	29.6 ± 1.8	27.5 ± 1.7	NS	NS
PG	119.8 ± 3.8	128.3 ± 4.0	124.0 ± 4.0	131.0 ± 3.9	129.9 ± 3.5	NS	NS
Oies	n=40	n=40	n=40	n=40			
<i>pH</i> <sub>30 min</sub>	6.10 ± 0.03 <sup>a</sup>	6.10 ± 0.03 <sup>a</sup>	5.90 ± 0.03 <sup>b</sup>	5.91 ± 0.03 <sup>b</sup>	-	***	**
<i>pH</i> <sub>u</sub>	5.65 ± 0.02	5.62 ± 0.01	5.61 ± 0.01	5.61 ± 0.01	-	NS	p=0.058
Lactate	84.8 ± 2.0 <sup>a</sup>	84.9 ± 1.6 <sup>a</sup>	96.3 ± 1.8 <sup>b</sup>	93.5 ± 2.0 <sup>b</sup>	-	***	***
G-6-P	2.3 ± 0.2	2.2 ± 0.2	2.7 ± 0.3	2.7 ± 0.3	-	NS	*
Glucose	32.0 ± 2.4	34.1 ± 2.0	29.6 ± 2.4	30.0 ± 1.8	-	NS	NS
PG	153.4 ± 5.3	157.6 ± 4.2	161.0 ± 5.2	158.8 ± 3.8	-	NS	*

<sup>(1)</sup>, niveau de probabilité des effets testés : \*\*\*, p < 0.001 ; \*\*, p < 0.01; \*p < 0.05; NS, p > 0.10

Les concentrations des métabolites sont données en µmol/g de muscle frais ; le PG est exprimé en µmol équivalent lactate / g de muscle frais.

Canards

Le pH ultime du magret des canards n'a pas été influencé par la méthode d'étourdissement employée lors de l'abattage.

Les résultats montrent une influence significative sur le pH des magrets des canards à trente minutes *post mortem*. La valeur maximale de  $\text{pH}_{30 \text{ min}}$  a été obtenue pour les canards étourdis au gaz alors que les magrets des canards étourdis par électronarcose "tête seulement" ont eu la chute de pH la plus rapide. Les traitements "bain", "pistolet" et "rien" donnent des valeurs de pH du muscle intermédiaires.

De la même façon, les concentrations moyennes de lactate sont significativement différentes selon la méthode d'étourdissement. Les concentrations les plus fortes sont obtenues pour les traitements "tête" et "pistolet". La valeur la plus faible est obtenue pour les canards étourdis au gaz.

En outre, l'étourdissement agit sur la concentration de G-6-P dans les magrets de canards: la plus forte concentration est obtenue sur les animaux étourdis par électronarcose "tête" seulement. Les traitements "bain" "gaz" et "rien" donnent les concentrations les plus faibles alors que la valeur de la concentration chez les canards étourdis au pistolet reste intermédiaire.

Enfin, les résultats ne montrent aucune influence de la méthode d'étourdissement sur la concentration en glucose des muscles du magret ainsi que sur leur potentiel glycolytique (PG).

### *Oies*

Les valeurs de pH à trente minutes *post mortem* des magrets d'oies montrent une influence des méthodes d'étourdissement. Les oies montrant la chute de pH la plus lente sont les oies étourdis au gaz ou au bain électrifié, c'est-à-dire les oies qui ne manifestent aucun mouvement au cours de la saignée. Ces traitements s'opposent aux deux autres qui donnent des valeurs de  $\text{pH}_{30 \text{ min}}$  plus faibles.

Par ailleurs, on retrouve exactement la même comparaison des méthodes pour la concentration en lactate des muscles. Les traitements pour lesquels la chute du pH est la plus rapide (rien et pistolet) sont ceux pour qui les concentrations de lactate sont les plus élevées.

Enfin, l'étourdissement ne semble pas avoir d'effet sur les concentrations en G-6-P et en glucose des muscles ainsi que sur leur valeur du PG.

### *Observations générales*

Le pH des muscles est principalement déterminé par l'accumulation d'acide lactique. Il est donc logique que l'on retrouve de fortes concentrations en lactate pour des  $\text{pH}_{30 \text{ min}}$  faibles. Le cas des oies illustre parfaitement ces propos alors que la correspondance est moins parfaite chez les canards. Pour information, les coefficients de corrélation entre le lactate et le pH à 30 min *post mortem* sont  $r = -0,52^{***}$  et  $r = -0,63^{***}$ , pour les canards et les oies, respectivement.

Ces valeurs de pH et de concentrations d'acide lactique sont aussi tout à fait logiques avec les observations du comportement des animaux durant la saignée. En effet, pour la technique de l'étourdissement au gaz les animaux étant morts à la sortie du caisson, on observe aucun mouvement

durant la saignée et ceci est associé à une moindre activation métabolique du muscle, donc à une moindre activité ATPasique et moindre accumulation de lactate (chute du pH plus lente). Chez les dinde, Santé *et al.* (2000) ont montré que les battements d'ailes durant la saignée induisaient une différence de l'ordre de 0,2-0,3 unité pH à 3 min *post mortem* par rapport aux animaux qui ne manifestent aucun comportement durant la saignée. Dans notre cas, on retrouve ce phénomène pour l'électronarcose en bain électrifié pour laquelle les animaux n'expriment pas, ou très peu, de mouvements durant la saignée.

Chez le poulet, l'étourdissement au gaz comparé à l'électronarcose en bain permet de préserver les réserves de glycogène des muscles et donc d'obtenir des viandes dont le pH est moins acide (Iwamoto *et al.*, 2002). Dans notre étude, ces deux techniques d'étourdissement donnent des résultats similaires et meilleurs que les autres traitements.

Notre étude montre que le pH ultime des magrets ne dépend pas de la technique d'étourdissement. Ces conclusions sont identiques à celles des études faites chez le porc et le poulet dans lesquelles les méthodes d'étourdissement n'agissaient pas sur le pH ultime des viandes (Channon *et al.*, 2003; Hillebrand *et al.*, 1996; Raj *et al.*, 1990). Nous montrons également que le niveau des réserves énergétiques du muscle à l'abattage (le PG) n'est pas influencé par les techniques d'étourdissement. Il est normal que les PG des animaux soient équivalents entre les traitements. Les animaux ayant été élevés de la même façon, il n'y a, *a priori*, aucune raison pour que les réserves en glycogène des muscles soient différentes. Cette équivalence devrait se retrouver au niveau des pH ultimes. Ce n'est pas le cas chez l'oie mais, nous l'avons déjà dit, il ne s'agit que d'une tendance et la différence est de très faible amplitude (au maximum de 0,04 unité pH).

#### *Influence de l'ordre d'abattage*

Le rang d'abattage influence plusieurs paramètres chez les canards et les oies (tableau 10).

**Tableau 10-** Corrélations entre pH et concentrations des métabolites influencés par le rang d'abattage.

	pH <sub>30min</sub>	pH <sub>u</sub>	Lactate	G-6-P	PG
Rang des canards	- 0.22 **	- 0.23 **	+ 0.23 **	-	-
Rang des oies	+ 0.18 *	-	- 0.23 **	-0.18 *	-0.19 *

Niveau de probabilité du coefficient de corrélation : \*, p < 0,05 ; \*\*, p < 0.01

Toutes les corrélations sont significatives. Néanmoins, leur intensité reste assez faible.

Chez les canards qui étaient gavés sur le site d'abattage et qui ont été sortis de leur cage progressivement au cours de l'abattage, le rang représente plus directement la durée de jeûne et le moment de la journée. La corrélation avec le pH<sub>u</sub> est négative, alors que l'augmentation de la durée de

jeûne devrait entraîner une mobilisation des réserves du muscle et une augmentation du pH ultime (donc une corrélation positive). Cette observation est difficile à expliquer. L'augmentation du rang d'abattage s'accompagne d'une diminution de la valeur du pH à 30 min *post mortem* associée logiquement à une augmentation de la concentration d'acide lactique. Ce résultat est probablement lié au fait que le jour de l'abattage des canards, la mesure du pH<sub>30min</sub> a accumulé du retard par rapport à la cadence d'abattage (approximativement 30 min à la fin de la matinée). Ainsi plus l'ordre d'abattage de l'animal est grand, plus le délai entre la mort de l'animal et le prélèvement de magret est important (de 30 à 60 min, soit un retard de 0 à 30 min). La mesure du pH est donc faite à un stade plus avancé de la *rigor mortis*. Cela explique l'augmentation de la chute de pH et de la concentration en lactate avec l'ordre d'abattage (corrélation positive).

Chez les oies, les corrélations entre le rang d'abattage et le pH<sub>30</sub> ou le lactate sont de sens inverse. La vitesse de chute du pH est d'autant plus lente que les animaux sont abattus tard dans la matinée. Cette observation se rapproche de certains résultats obtenus chez le porc et qui montrent qu'après un transport court (<2 h) l'augmentation de la durée de repos à l'abattoir s'accompagne d'un ralentissement de la chute du pH *post mortem* (Warriss, 1987). Ce phénomène traduit un effet positif du repos sur l'état d'activation métabolique du muscle.

La corrélation négative entre le rang et le PG peut s'expliquer par une mobilisation progressive des réserves du muscle avec l'augmentation concomitante de la durée de jeûne. Cet effet n'était probablement pas suffisamment fort pour qu'il se répercute sur la valeur du pH<sub>u</sub>.

### III.2.2. Mesures de couleur à 24h et J6 *post mortem*.

Les mesures de l'évolution des coordonnées trichromatiques L\*, a\* et b\* des magrets d'oies et de canards sont représentées sur la Figure 20.

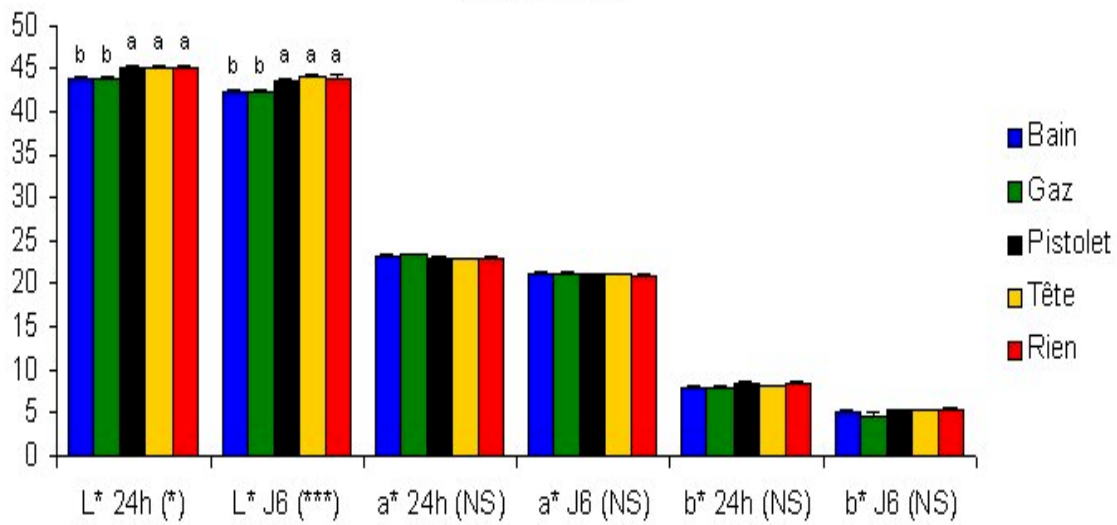
#### *Pour les canards*

Les méthodes d'étourdissement n'ont aucun effet, ni sur l'indice de rouge a\* ni sur l'indice de jaune b\*, que ce soit à 24 heures *post mortem* ou à 6 jours après l'abattage.

Le seul effet significatif concerne la luminance des magrets (L\*). Les valeurs les plus fortes sont obtenues avec les traitements "rien", "pistolet" et "tête". A l'inverse, l'électronarcose en bain électrifié et l'étourdissement au gaz donnent des magrets moins clairs.

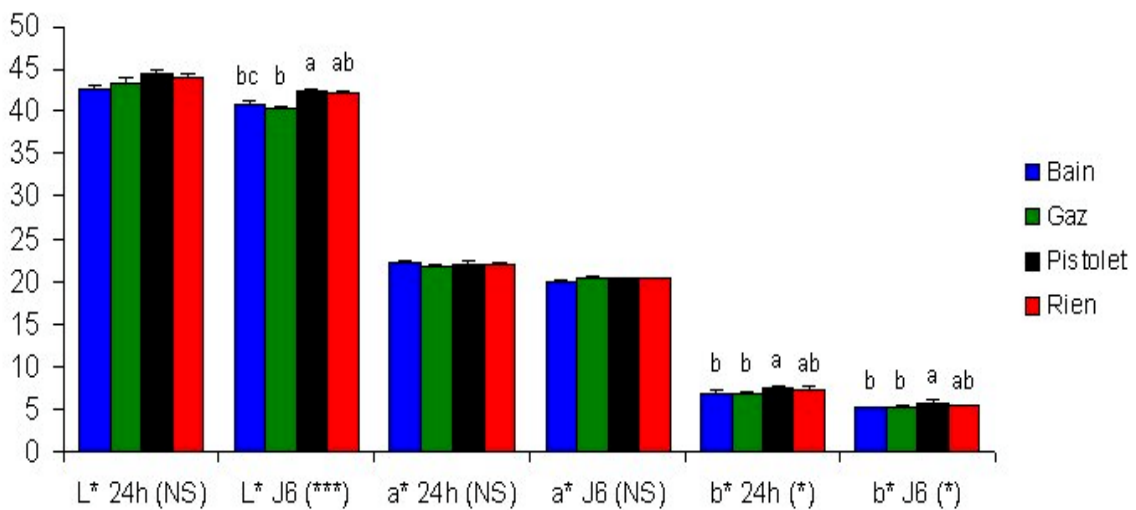
Ces différences sont conservées à 6 jours *post mortem*.

**Evolution de la couleur des magrets de canards de 24 h à 6 jours  
*post mortem***



**Figure 20-** Couleur des magrets à 24 h et 6 jours *post mortem*

**Evolution de la couleur des magrets d'oies de 24 h à 6 jours  
*post mortem***



On peut aussi ajouter que chaque lot de magret a subi une perte de 2 à 3 unités pour chaque indice de couleur en 6 jours de conservation sous vide et en chambre froide.

### *Pour les oies*

La baisse des valeurs des indices au cours du stockage se retrouve également sur les magrets d'oies. Contrairement aux canards, le traitement influence significativement l'indice de jaune aux deux temps et la luminance (L\*) à J6 seulement.

Pour les oies à J6, on observe globalement une luminance des magrets plus élevée chez les animaux étourdis au pistolet et saignés non étourdis que chez les deux autres traitements. Ces résultats correspondent tout à fait aux effets observés sur le pH à 30 min *post mortem* puisque les animaux qui présentaient le pH le plus élevé (la chute du pH la plus lente chez les oies étourdiées au bain ou gaz) présentent logiquement la luminance la plus faible. Ces différences de vitesse de chute du pH expliquent aussi probablement les différences d'indice de jaune observées à 24 h et à J6. Chez les volailles, il existe en effet une corrélation positive entre la vitesse de chute du pH et l'indice de jaune (Sosnicki *et al.*, 1998, pour revue).

Les différences observées sur la couleur de la viande sont en contradiction avec les conclusions de Turcsan *et al.* (2001). Ces auteurs ne rapportent aucun effet des méthodes d'étourdissement sur L\* et a\* chez l'oie. Seule une influence sur l'indice de rouge à 1 heure *post mortem* a été décelée.

### *Effet du rang d'abattage*

Le rang d'abattage influence la clarté des magrets de canard ( $p < 0.01$ ) et les indices de jaune et de rouge des magrets d'oie ( $p < 0.001$ ) à 24 h *p.m.*, ainsi que l'indice de rouge des magrets de canards six jours après l'abattage ( $p = 0.06$ ).

Le tableau suivant (tableau 11) présente les différentes valeurs de la corrélation de ces mesures avec le rang d'abattage.

**Tableau 11-** Corrélation significatives entre les mesures de couleur des magrets et le rang d'abattage.

	L* 24h	a* 24h	b* 24h	a* J6
rang des canards	+ 0.22**	-	-	-
rang des oies	-	- 0.49 ***	- 0.30 ***	- 0.18 *

Niveau de probabilité du coefficient de corrélation : \*\*\*,  $p < 0.001$  ; \*\*,  $p < 0.01$

Chez les canards, plus le délai d'attente des animaux est long, plus les magrets sont clairs. Cela correspond tout à fait à l'observations faite sur le pH ultime: plus les canards attendent, plus le  $pH_u$  est bas et donc plus la viande est claire.

### *Discussion*

Les effets que nous avons observés sur la luminance des magrets sont en accord avec les études réalisées chez le porc : l'étourdissement au gaz permet de réduire la clarté des viandes

(Channon *et al.*, 2002). De plus, cet effet était retrouvé pour l'électronarcose "tête seulement" lorsqu'elle était comparée à l'électronarcose "tête poitrine" chez le porc (Channon *et al.*, 2002) et lorsqu'elle était comparée à la méthode du bain électrifié chez le poulet (Hillebrand *et al.*, 1996). Dans notre étude sur les canards, il n'en est rien.

Par contre, Raj *et al.* (1998) n'ont montré aucune différence de couleur de viande entre un étourdissement au gaz et une électronarcose en bain électrifié chez le canard maigre. Ces résultats sont retrouvés dans notre étude.

Les conclusions sur l'influence de la technique d'étourdissement sur la couleur de la viande semblent donc très différentes selon les études. Cela nous pousse à rester prudent quant à l'interprétation de nos résultats sur le plan pratique car les différences observées représentent moins d'une unité pour chaque indice. Ces différences ne sont peut être pas perçues à l'oeil nu. Ceci point sera abordé dans l'analyse sensorielle.

Toutefois, nous pouvons retenir qu'à nouveau, l'étourdissement au gaz et l'électronarcose en bain électrifié améliorent sensiblement les qualités de la viande des palmipèdes gavés.

### *III.2.3. Analyse instrumentale de la texture*

Les résultats des différentes mesures effectuées sont réunis dans le tableau 12. Notons que l'exsudat a été mesuré sur l'ensemble des animaux et non pas seulement sur les magrets choisis pour l'analyse sensorielle (n=12).

Chez les oies, aucun des critères mesurés ne différait significativement entre les traitements. Le rang influe sur les pertes à la décongélation des magrets d'oie: plus l'ordre est important plus les pertes sont faibles ( $R = - 0.44, **$ ). Cette observation est en accord avec les résultats obtenus pour le pH<sub>30</sub> qui augmente avec le rang d'abattage. Corrélativement, il est donc logique que le pouvoir de rétention d'eau augmente (c'est le cas ici seulement pour les pertes à la décongélation).

Chez les canards, les magrets issus des animaux ayant subi les traitements "gaz", "pistolet" et "rien" ont tendance ( $p= 0,08$ ) à produire une plus faible quantité d'exsudat que les magrets des animaux issus des deux autres traitements. Les différences restent néanmoins de très faible amplitude. La contrainte mécanique à la compression à 20 % sur le cuit était significativement influencée par le traitement : les animaux étourdis au gaz présentaient une valeur supérieure celle obtenue chez les animaux étourdis au pistolet, à l'électronarcose 'tête seulement' et saignés sans étourdissement ; les animaux étourdis au gaz occupaient une position intermédiaire pour ce critère. La signification du critère K20 sur muscle cuit n'est pas très claire sur le plan de la contribution respective de la dureté myofibrillaire et de la dureté conjonctive à ce critère. Il est donc difficile d'expliquer l'effet de la

technique d'étourdissement sur ce paramètre, d'autant plus qu'aucune des autres mesures de texture ne variait significativement avec le traitement.

**Tableau 12-** Effets de la technique d'étourdissement sur les différentes pertes pondérales et les paramètres mécaniques de texture des magrets (moyenne  $\pm$  erreur standard).

	Bain	Gaz	Pistolet	Rien	Tête	Probabilité <sup>(1)</sup>	
	n=12	n=12	n=12	n=12	n=12	Traite.	Ordre
<i>Canards</i>							
Exsudat (%)	2.3 $\pm$ 0.1 <sup>ab</sup>	2.2 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	2.2 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	2.2 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	2.5 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	p=0.08	NS
Pertes décongélation (%)	1.4 $\pm$ 0.1	1.2 $\pm$ 0.2	1.1 $\pm$ 0.2	1.3 $\pm$ 0.2	1.5 $\pm$ 0.2	NS	NS
Pertes cuisson (%)	14.4 $\pm$ 0.5	13.8 $\pm$ 0.6	14.2 $\pm$ 0.6	14.1 $\pm$ 0.6	15.4 $\pm$ 0.6	NS	NS
Pertes totales (%)	15.8 $\pm$ 0.6	15.1 $\pm$ 0.7	15.4 $\pm$ 0.8	15.3 $\pm$ 0.6	16.9 $\pm$ 0.7	NS	NS
K20 cru (N/cm <sup>2</sup> )	5.4 $\pm$ 0.5	5.6 $\pm$ 0.4	5.7 $\pm$ 0.4	6.3 $\pm$ 0.4	5.4 $\pm$ 0.4	NS	NS
K80 cru (N/cm <sup>2</sup> )	63.2 $\pm$ 3.5	61.9 $\pm$ 3.3	68.1 $\pm$ 2.7	62.5 $\pm$ 2.9	66.2 $\pm$ 2.0	NS	NS
K20 cuit (N/cm <sup>2</sup> )	9.3 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	8.7 $\pm$ 0.5 <sup>ab</sup>	7.7 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	7.7 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	8.1 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	*	NS
K80 cuit (N/cm <sup>2</sup> )	100 $\pm$ 2	99 $\pm$ 4	102 $\pm$ 3	102 $\pm$ 4	95 $\pm$ 4	NS	NS
Fmax (N/cm <sup>2</sup> )	41.1 $\pm$ 2.4	42.4 $\pm$ 2.6	41.7 $\pm$ 2.9	41.3 $\pm$ 2.3	37.1 $\pm$ 2.3	NS	NS
W cisaillement (J)	135 $\pm$ 11	157 $\pm$ 18	138 $\pm$ 21	133 $\pm$ 11	106 $\pm$ 8	NS	NS
<i>Oies</i>	n=12	n=12	n=12	n=12			
Exsudat (%)	1.3 $\pm$ 0.1	1.5 $\pm$ 0.2	1.4 $\pm$ 0.1	1.5 $\pm$ 0.1	-	NS	NS
Pertes décongélation (%)	1.5 $\pm$ 0.1	1.7 $\pm$ 0.1	1.5 $\pm$ 0.1	1.6 $\pm$ 0.1	-	NS	**
Pertes cuisson (%)	19.2 $\pm$ 0.7	19.6 $\pm$ 0.6	20.5 $\pm$ 0.7	20.3 $\pm$ 1.0	-	NS	NS
Pertes totales (%)	20.7 $\pm$ 0.7	21.3 $\pm$ 0.6	22.0 $\pm$ 0.6	22.9 $\pm$ 1.1	-	NS	NS
K20 cru (N/cm <sup>2</sup> )	6.7 $\pm$ 0.6	8.3 $\pm$ 0.8	7.6 $\pm$ 0.7	8.7 $\pm$ 0.5	-	NS	NS
K80 cru (N/cm <sup>2</sup> )	111 $\pm$ 8	135 $\pm$ 6	126 $\pm$ 8	125 $\pm$ 9	-	NS	p=0.06
K20 cuit (N/cm <sup>2</sup> )	7.8 $\pm$ 0.4	8.8 $\pm$ 0.4	7.5 $\pm$ 0.4	7.8 $\pm$ 0.3	-	NS	NS
K80 cuit (N/cm <sup>2</sup> )	104 $\pm$ 3	103 $\pm$ 3	101 $\pm$ 3	100 $\pm$ 2	-	NS	NS
Fmax (N/cm <sup>2</sup> )	42.9 $\pm$ 1.4	43.9 $\pm$ 2.0	43.1 $\pm$ 2.1	43.4 $\pm$ 2.1	-	NS	NS
W cisaillement (J)	129 $\pm$ 5	150 $\pm$ 14	129 $\pm$ 11	116 $\pm$ 8	-	NS	NS

<sup>(1)</sup>, niveau de probabilité des effets testés : \*\*, p < 0.01; NS, p > 0.10

### Discussion

Tout comme dans notre étude, les techniques d'étourdissement n'induisaient aucune différence de texture de la viande chez le porc (Channon *et al.*, 2003) et chez le poulet (Poole & Fletcher, 1998). Cependant, Raj *et al.* (1998) ont montré que les canards maigres étourdis aux gaz donnent une viande plus tendre que les animaux ayant subi une électronarcose en bain électrifié.

Dans les trois études citées ci-dessus, comme dans la notre, la texture était mesurée par des tests biomécaniques grâce à un texturomètre. Nous allons voir, dans le paragraphe suivant, une autre appréciation de la texture par l'analyse sensorielle.

En ce qui concerne les pertes par exsudation spontanée, Channon *et al.* (2002) ont montré que l'étourdissement électrique "tête seulement" et l'étourdissement au gaz, comparés à l'électronarcose "tête poitrine" (head to brisket), permettaient de réduire l'exsudation de la viande de porc. Les résultats de notre étude rejoignent ces conclusions pour les canards.

Par ailleurs, les méthodes donnant les plus faibles quantités d'exsudat sont celles dont les magrets présentent les pH ultimes les plus élevés, et donc les PRE les plus importants. L'effet du pH sur la qualité des viandes (Monin, 1988) est de nouveau vérifié.

Les pertes à la cuisson ne sont pas différentes d'une méthode d'étourdissement à l'autre chez les palmipèdes. Ce même constat a été réalisé chez les poulets par Poole & Fletcher (1998) et par Raj *et al.* (1990) et chez le canard maigre par Raj *et al.* (1998).

#### *III.2.4. Résultats de l'analyse sensorielle des magrets*

##### *Magrets de canard*

La majorité des critères d'aspect avant cuisson sont significativement influencés par la technique d'étourdissement (Tableau 13). Parmi ces différences, le seul résultat cohérent concerne la position du traitement « rien » qui présente les scores les plus élevés pour tous les critères significativement affectés par le traitement : intensité de la couleur rose du gras, épaisseur du gras sous la peau, couleur de la viande, brillance de la viande, présence de traces de sang ou présence de gras en amas. Les autres traitements se positionnent différemment selon le critère considéré. Il convient de noter toutefois que pour le critère 'présence de traces de sang' l'étourdissement en atmosphère modifiée présente le score le plus faible (avec le pistolet) alors que la saignée est la moins abondante dans ce traitement. Ce résultat souligne la difficulté de mettre en relation la quantité de sang récupéré au cours de la saignée et le sang résiduel dans les différents tissus.

L'étourdissement 'tête seulement' se caractérise par les scores les plus élevés pour les critères d'aspect du magret après cuisson (aspect grillé de la viande, aspect grillé du gras). Ce résultat n'est pas facile à expliquer. De même, les effets observés sur les critères d'aspect cuit dans l'assiette, sont difficiles à expliquer en liaison avec les techniques d'étourdissement.

Afin de visualiser plus schématiquement l'influence des techniques d'étourdissement sur les critères sensoriels des magrets de canards, nous avons calculé un index très simple selon les principes suivants :

- lorsque le critère est significativement influencé par la technique (il y en a 10 dans le cas présent), la hiérarchisation des techniques est notée selon le nombre de groupes distincts sur le plan statistique. Par exemple, si bain < tête=gaz < rien-pistolet, il y a 3 groupes et donc bain reçoit la note 1, les traitements tête et gaz la note 2 et les rien et pistolet la note 3,

- si l'intensité d'un critère est jugée négative (présence de gras en amas, par exemple), la position la plus haute sur la note sensorielle reçoit la note la plus basse afin de pénaliser le traitement pour le critère négatif.
- chaque critère pèse le même poids

Pour les 10 critères sensoriels significativement influencés par les techniques d'étourdissement, les scores obtenus sont les suivants :

Bain	Gaz	Pistolet	Tête	Rien
14	17	18	19	16

Ce score relatif rend compte de la position moyenne pour les critères sensoriels influencés par la technique d'étourdissement. L'étourdissement 'tête seulement permet d'obtenir le positionnement le plus favorable, suivi de la technique mécanique, du gaz, de la saignée sans étourdissement et du bain. Il convient de noter que l'écart entre les techniques est faible ce qui signifie qu'il n'y a pas de positionnement clair et systématique d'une technique soit positivement, soit négativement.

#### *Magrets d'oies*

Les deux techniques qui provoquent la mort des animaux (bain électrifié et atmosphère modifiée) se caractérisent par le score le plus faible pour l'intensité de la couleur jaune du gras (tableau 14). Comme chez le canard, on retrouve un effet de la technique d'étourdissement sur l'aspect grillé de la viande. La hiérarchie est toutefois différente chez l'oie et de nouveau, la liaison entre ce critère et la technique d'étourdissement n'est pas explicite. La jutosité du magret était significativement plus faible dans le cas de l'étourdissement mécanique (pistolet) que dans le cas du bain électrifié, les deux autres techniques présentant une position intermédiaire pour ce critère.

Dans la mesure où seuls 5 critères variaient significativement en fonction de la technique d'étourdissement, le score calculé ci-dessus pour le canard ne l'a pas été pour l'oie.

### ***III.3. Appréciation subjective des carcasses***

#### *Pour les canards*

Les méthodes d'étourdissement n'ont une influence que sur le critère "fracture/arrachement des têtes humérales pour les canards (Tableau 15). Les carcasses des canards étourdis au gaz sont toutes intactes au niveau des têtes humérales. Le nombre de carcasses ayant ce défaut pour le traitement "pistolet" est également très faible (2 carcasses sur 31). Les fréquences les plus élevées de la présence de ce défaut d'aspect sont obtenues avec l'électronarcose "tête seulement" ou en bain électrifié. C'est aussi dans ces deux configurations d'étourdissement que l'on retrouve trois carcasses présentant un arrachement (ou fracture) des deux têtes humérales. Enfin, la saignée sans étourdissement donne une fréquence intermédiaire d'apparition de ce défaut.

Pour tous les autres critères d'évaluation de la présentation des carcasses de canards, les méthodes d'étourdissement n'ont aucun effet significatif.

#### *Pour les oies*

Les observations des carcasses des oies n'ont révélé aucune différence significative entre les traitements pour les critères évalués mais seulement des tendances proches de la signification ( $0,05 < p < 0,07$ ). Les méthodes d'étourdissement semblent jouer sur l'engorgement des veines des membres inférieurs. Le traitement "gaz" se détache des autres méthodes d'étourdissement avec un nombre important de carcasses dont les veines des cuisses sont engorgées.

Par contre, c'est l'électronarcose en bain qui donne le plus de filets comportant des hématomes. Les trois autres méthodes d'étourdissement semblent mieux préserver les filets des oies en ce qui concerne ce critère.

On retrouve un effet similaire des méthodes d'étourdissement sur l'apparition d'hémorragies sur les têtes humérales (têtes rouges). Une fois encore, l'électronarcose en bain semble entraîner une apparition plus fréquente de ce défaut de présentation des carcasses. De plus on retrouve ici le fait que l'étourdissement au gaz préserverait les carcasses puisque quasiment toutes les têtes humérales sont intactes.

En outre, cette méthode d'étourdissement se détache encore une fois de plus car les carcasses des oies étourdies au gaz présentent moins de défauts d'aspect de la viande, comparées à celle des autres traitements.

**Tableau 15-** Distribution des scores d'appréciation des défauts de présentation des carcasses et des muscles chez les canards et les oies

		bain	gaz	pistolet	rien	tête	Chi <sup>2</sup> proba
<b>CANARDS</b>							
Pétéchies sur magret	Absence	26	31	30	26	28	0,182
	Présence	5	1	1	3	1	
Aspect viande	Sans défaut	29	31	24	27	28	0,137
	Saigneux	1	1	3	0	0	
	PSE like	1	0	4	2	1	
Fracture / Arrachement tête humérale	Absence	22	32	29	25	21	<b>0,022</b>
	Monolatéral	6	0	1	4	5	
	Bilatéral	3	0	1	0	3	
Hématome de tête humérale	Absence	25	29	29	22	23	0,58
	Synovie	3	1	1	4	2	
	Sévère et hémorragie	3	2	1	3	4	
<b>OIES</b>							
Pétéchies sur magret	Absence	40	40	39	40	-	0,389
	Présence	0	0	1	0	-	
Pétéchies sur aiguillettes	Absence	37	40	37	40	-	0,26
	Léger	0	0	2	0	-	
	Moyen et monolatéral	1	0	1	0	-	
	Grave et bilatéral	1	0	0	0	-	
Hématomes sur filet	Absence	31	40	38	38	-	<b>0,061</b>
	Léger	4	0	1	1	-	
	Moyen et monolatéral	4	0	1	1	-	
	Grave et bilatéral	1	0	0	0	-	
Aspect viande	Absence	30	35	30	30	-	<b>0,067</b>
	Saigneux	5	1	2	0	-	
	PSE like	4	4	8	10	-	
Veines Chargées dans les Cuisses	Absence	33	20	29	32	-	<b>0,051</b>
	Léger	3	13	9	7	-	
	Moyen	3	6	2	1	-	
	Sévère	1	1	0	0	-	
Têtes Humérales Rouges	Absence	28	38	35	36	-	<b>0,061</b>
	Léger	4	1	3	3	-	
	Moyen et monolatéral	6	1	2	0	-	
	Grave et bilatéral	2	0	0	1	-	
Hématome de tête humérale	Absence	35	37	35	38	-	0,678
	Synovie	2	3	3	1	-	
	Sévère et hémorragie	3	0	2	1	-	

### Discussion

Les animaux (oies et canards) étourdis en atmosphère modifiée sont morts lorsqu'ils sont accrochés à la chaîne d'abattage. Ils n'expriment donc aucun mouvement pendant la saignée ce qui préserve les muscles et les articulations. De même, les résultats obtenus au cours de ce projet ont montré que cette technique d'étourdissement au gaz en deux phases permet l'induction de l'anesthésie avec très peu, voire aucune, réaction comportementale (voir les résultats de l'étape 2). Il convient aussi de rajouter que cette technique permet de supprimer les réactions comportementales généralement

observées au cours de l'accrochage des animaux vivants. L'ensemble de ce processus préserve donc l'intégrité de la carcasse et des muscles.

A l'inverse, l'étourdissement en bain électrifié sollicite fortement l'ensemble du corps de l'animal par la tétanie provoquée par le passage du courant. Cela se traduit par une fréquence élevée de pétéchies, hématomes et autres défauts du squelette. Les autres méthodes, provoquant de violents mouvements pendant la saignée, ont le même type de conséquences sur la présentation des carcasses et filets.

Cependant, chez les oies, l'étourdissement au gaz entraîne une fréquence élevée d'engorgement des veines des cuisses. On peut penser que la moindre saignée provoquée par cette technique est peut être à l'origine de ce défaut. Or, l'électronarcose en bain, qui donne une saignée équivalente à la méthode du gaz, obtient le meilleur score pour ce critère. Cela suggère que la qualité de la saignée en terme de pourcentage de sang récupéré n'est le facteur primordial. Nous avons déjà évoqué plus haut la difficulté à relier la qualité de la saignée quantifiée globalement par la perte de sang, et les défauts de rétention de sang dans certains organes. Il est donc probable que l'influence de l'étourdissement au gaz sur ces critères soit la conséquence d'une modification de la répartition du sang dans le corps, plus que le résultat d'une moindre quantité de sang récupéré.

Les oies sont en posture "debout" lorsqu'elles sont dans les caissons d'étourdissement. Le sang, sous l'influence de la gravité, se concentrerait dans les membres inférieurs et la saignée de l'animal, accroché par les pattes sur la chaîne, ne suffirait pas à l'évacuer.

Toutes les études de comparaison des méthodes d'étourdissement sur la présentation des carcasses s'accordent à dire que l'étourdissement au gaz améliore considérablement leur qualité. Que ce soit chez le porc (Channon *et al.*, 2002), chez le poulet (Hillebrand *et al.*, 1996; Raj *et al.*, 1990), chez l'oie (Turcsan *et al.*, 2001) ou chez le canard maigre (Raj *et al.*, 1998), les méthodes d'étourdissement aux gaz réduisent très significativement l'incidence des fractures des défauts de présentation des carcasses et des muscles.

### ***III.4. Caractéristiques des foies***

#### ***III.4.1. Poids des foies et couleur***

Dans nos expériences, les moyennes de poids des foies gras ne sont pas significativement différentes entre les traitements, pour les canards comme pour les oies (tableau 16).

**Tableau 16-** Mesures de couleur, poids et rendement à la pasteurisation des foies gras

	Bain	Gaz	Pistolet	Rien	Tête	Probabilité <sup>(1)</sup>	
	n=31	n=32	n=31	n=31	n=31	Traite.	Ordre
<i>Canards</i>							
<i>L*foie</i>	69.0 ± 0.8	70.3 ± 0.8	69.7 ± 0.9	69.7 ± 0.8	70.0 ± 0.9	NS	*
<i>a*foie</i>	10.2 ± 0.5	10.3 ± 0.6	10.1 ± 0.5	10.4 ± 0.5	9.7 ± 0.6	NS	*
<i>b*foie</i>	30.3 ± 0.7	28.2 ± 0.5	29.8 ± 0.6	29.7 ± 0.6	30.7 ± 0.7	NS	NS
<i>Pds foie</i>	606 ± 19	569 ± 19	575 ± 22	562 ± 23	579 ± 23	NS	NS
<i>Rendement (%)</i>	29.1 ± 2.2	25.2 ± 2.4	27.6 ± 2.5	30.8 ± 3.1	26.5 ± 2.5	NS	**
<i>Oies</i>	n=39	n=40	n=40	n=40			
<i>L*foie</i>	75.9 ± 0.6	75.6 ± 0.4	75.9 ± 0.4	75.8 ± 0.3	-	NS	**
<i>a*foie</i>	8.5 ± 0.6	8.7 ± 0.3	8.1 ± 0.3	8.2 ± 0.2	-	NS	*
<i>b*foie</i>	25.0 ± 0.6 <sub>ab</sub>	24.9 ± 0.5 <sup>b</sup>	26.0 ± 0.5 <sup>ab</sup>	26.3 ± 0.5 <sup>a</sup>	-	p=0.06	*
<i>Pds foie</i>	854 ± 25	850 ± 27	829 ± 31	803 ± 30	-	NS	p=0.07
<i>Rendement (%)</i>	83.9 ± 2.4	87.8 ± 2.1	85.0 ± 2.2	85.7 ± 2.4	-	NS	NS

<sup>(1)</sup>, niveau de probabilité des effets testés : \*\*, p < 0.01; \*p < 0.05; NS, p > 0.10

La méthode d'étourdissement employée n'a pas d'influence sur la couleur des foies de canards crus. De plus, tous les lots de foies présentent des moyennes de rendement à la pasteurisation similaires.

Chez les oies, on observe néanmoins une tendance (p= 0,06) vers un effet du traitement sur l'indice de jaune des foies : la valeur la plus forte de cet indice est obtenue dans le cas où les animaux ont été abattus sans étourdissement. L'étourdissement au gaz semble donner des foies moins "jaunes" que pour les autres traitements.

Nos résultats concordent avec l'étude de Turcsan *et al* (2001) dans laquelle aucune différence n'a été trouvée pour la couleur des foies d'oies, entre un étourdissement au gaz selon une procédure bi-phase identique à celle que nous avons retenue, et l'électronarcose en bain électrifié (50 Hz, 50 V, 75 mA, 8 s).

Les résultats des analyses statistiques montrent aussi des effets du rang d'abattage sur différents paramètres d'évaluation de la qualité des foies. Le tableau 17 détaille ces influences.

**Tableau 17-** Influence de l'ordre d'abattage sur la qualité des foies gras. Le tableau présente les valeurs des corrélations ainsi que leur niveau de signification.

	L*foie	a*foie	b*foie	Poids foie	Rendement
Rang des canards	-0.20 **	+ 0.18 *	-	-	+ 0.27 **
Rang des oies	+0.23 **	- 0.17 *	- 0.16 p = 0.06	- 0.15 p = 0.06	-

Niveau de probabilité des effets testés : \*\*\*, p < 0.001 ;\*\*, p < 0.01; \*p < 0.05

Les corrélations sont contradictoires selon les espèces (L\*, a\*).

Les canards qui sont abattus plus tardivement (durée de jeûne plus élevée en moyenne) présentent des foies moins clairs ( $L^*$  diminue), plus rouges ( $a^*$  augmente) et avec un meilleur rendement.

Les oies ayant attendu le plus longtemps ont tendance à donner des foies plus légers. On sait que le jeûne agit très rapidement sur le poids de foie, par conséquent cet effet du rang d'abattage sur le poids des foies n'est pas surprenant. En revanche, il est difficile d'expliquer pourquoi cet effet ne se retrouve pas chez le canard pour une plage de temps identique.

Notons toutefois que les corrélations bien que significatives restent de faible amplitude puisque globalement, le rang d'abattage n'explique que 2 à 7 % de la variance des critères qui sont corrélés.

Bouillier-Oudot et al. (2004) ont étudié l'effet du jeûne sur un certain nombre de caractéristiques des foies gras d'oies. Ils montrent que l'augmentation de la durée de jeûne s'accompagne d'une diminution de la luminance (nous trouvons l'inverse chez les oies), une diminution de l'indice de rouge et une baisse du poids de foie (comme dans notre cas), et une diminution du rendement (nous ne trouvons pas d'effet sur ce critère). En conclusion, les profils d'évolution que nous enregistrons en fonction du rang d'abattage ne correspondent pas vraiment aux profils d'évolution enregistrés en fonction de la durée de jeûne *sensu stricto*. Il est donc très probable que les effets du rang que nous observons ne soient pas seulement le reflet de la durée de jeûne.

#### *III.4.2.- Appréciation subjective des foies et classification commerciale*

##### Résultats la notation subjective

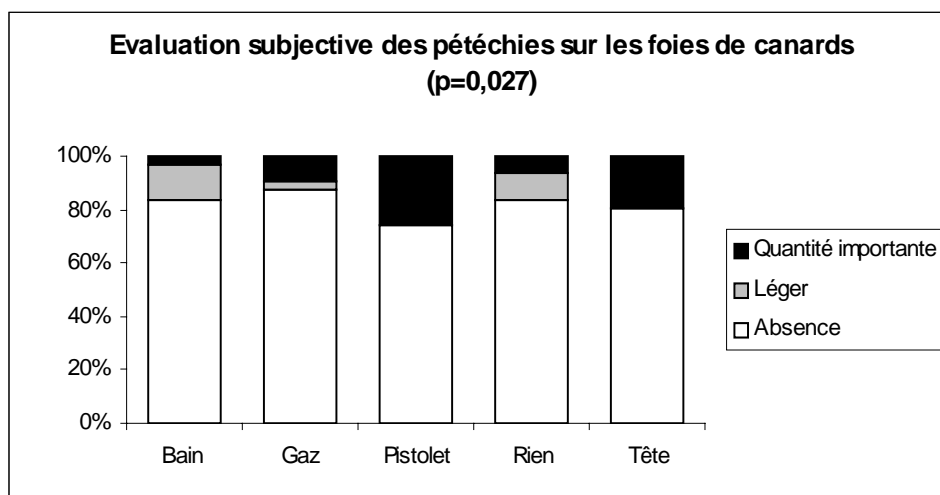
Le tableau 18 présente la répartition des scores des défauts des foies de canards pour lesquels l'effet de la technique d'étourdissement n'était pas significatif. La figure 21, illustre les différences observées chez les canards pour l'incidence des pétéchiés qui était significativement influencée par la technique d'étourdissement.

**Tableau 18-** Résultats de l'appréciation subjective des foies de canards frais

CANARDS		Bain	Gaz	Pistolet	Rien	Tête	Khi <sup>2</sup> prob
Couleur Générale Rouge	Absence	28	20	22	24	26	0,167
	Léger	2	6	7	5	2	
	Sévère	1	6	2	2	3	
Engorgement des Vaisseaux	Absence	14	22	13	19	17	0,737
	Léger	10	4	10	7	7	
	Moyen	7	5	7	4	6	
	Sévère	0	1	1	1	1	
Pointes des lobes rouges	Absence	17	17	21	22	23	0,137
	Léger	11	7	3	6	4	
	Moyen	2	7	7	2	2	
	Sévère	1	1	0	1	2	
Hématome de Plastron	Absence	19	12	19	15	15	0,407
	Léger	6	12	8	6	7	
	Moyen	5	4	3	7	8	
	Sévère	1	4	1	3	1	
Autre hématome	Absence	25	27	27	27	27	0,876
	Léger	3	1	1	3	2	
	Moyen	1	2	2	1	0	
	Sévère	2	2	1	0	2	

La saignée sans anesthésie, l'étourdissement en bain électrifié et la technique en atmosphère modifiée présentent les pourcentages de foies indemnes de pétéchie les plus élevés (figure 21). Cependant, les foies issus du traitement "gaz" présentent plus fréquemment des pétéchie en quantité importante ou de forte intensité.

**Figure 21-** Observations subjectives des pétéchie sur les foies de canards



Les traitements "tête" et "pistolet" induisent les plus fortes fréquences d'apparition de pétéchie sévères sur les foies de canards (figure 21). Ces résultats sont contraires à ceux que nous avons trouvés chez les oies lors de l'expérimentation préliminaire (cf présent rapport) :

l'électronarcose en bain électrifié comparée à l'étourdissement mécanique et à la saignée sans étourdissement entraînait une incidence plus importante des pétéchies sur les foies.

Le tableau 19 présente la répartition des scores des défauts des foies d'oies pour lesquels l'effet de la technique d'étourdissement n'était pas significatif.

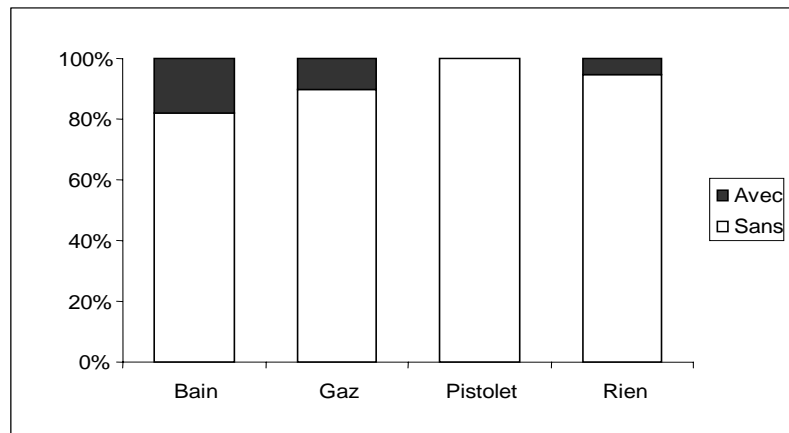
**Tableau 19-** Résultats de l'appréciation subjective des foies d'oies frais

OIES		Bain	Gaz	Pistolet	Rien	Khi <sup>2</sup> prob
Couleur	Absence	35	32	38	38	0,565
Générale Rouge	Léger	1	2	1	0	
	Moyen	2	4	1	1	
	Sévère	1	1	0	0	
Engorgement des Vaisseaux	Absence	24	23	20	22	0,968
	Léger	11	10	16	13	
	Moyen	3	5	3	3	
	Sévère	1	1	1	1	
Pointes des lobes rouges	Absence	14	15	16	12	0,492
	Léger	19	12	13	20	
	Moyen	4	9	10	5	
	Sévère	2	3	1	2	
Pétéchies	Absence	35	26	33	34	0,137
	Léger	2	5	3	4	
	Moyen	0	5	3	0	
	Sévère	2	3	1	1	
Hématome Superficiel.	Absence	36	35	37	35	0,377
	Léger	1	4	2	1	
	Moyen	2	0	1	3	
Infiltration synovie	Absence	33	33	33	29	0,924
	Léger	3	3	3	5	
	Moyen	3	3	4	5	
Veine hépatique Engorgée.	Absence	32	32	27	27	0,508
	Léger	3	2	4	5	
	Moyen	4	4	9	7	
	Sévère	0	1	0	0	
Hémorragie Interne.	Absence	33	38	36	34	0,257
	Léger	1	0	3	3	
	Moyen	4	0	1	1	
	Sévère	1	1	0	1	

L'étourdissement mécanique préserve les foies gras d'oies de l'apparition d'hématomes de plastron dans notre expérience (figure 22). Ce traitement s'oppose aux autres qui présentent tous des foies ayant ce défaut.

La fréquence la plus élevée est obtenue avec l'électronarcose en bain électrifié. Les deux derniers traitements testés induisent des fréquences d'apparition d'hématomes de plastron intermédiaires. Les résultats de Fernandez *et al.* (2003) concernant les pétéchies sont concordants avec les observations d'hématome de plastron dans notre étude.

**Figure 22-** Incidence des hématomes de plastron sur le foie d'oie, en fonction des techniques d'étourdissement.

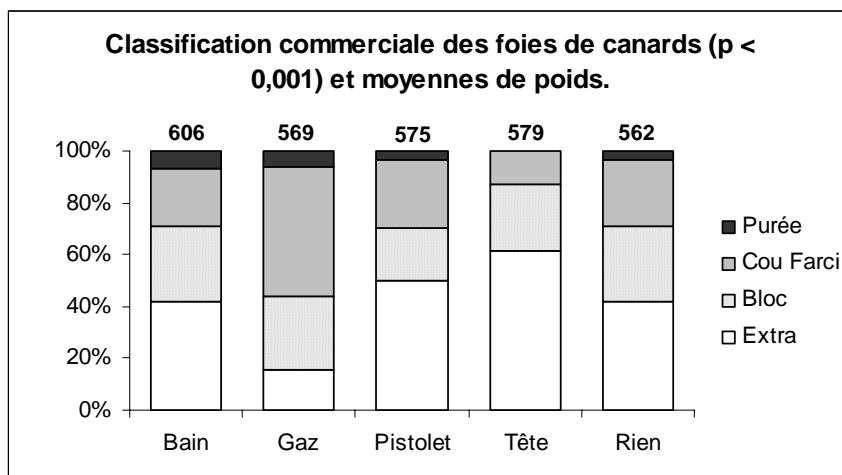


Résultats la classification commerciale

La classification commerciale des foies de canards la moins favorable est obtenue pour les animaux étourdis en atmosphère modifiée (figure 23). A l'inverse, l'électronarcose "tête seulement" permet la meilleur valorisation commerciale des foies gras.

Les foies issus des animaux abattus selon les trois autres techniques ont été classés de manière similaire et présente une valorisation moyenne des foies.

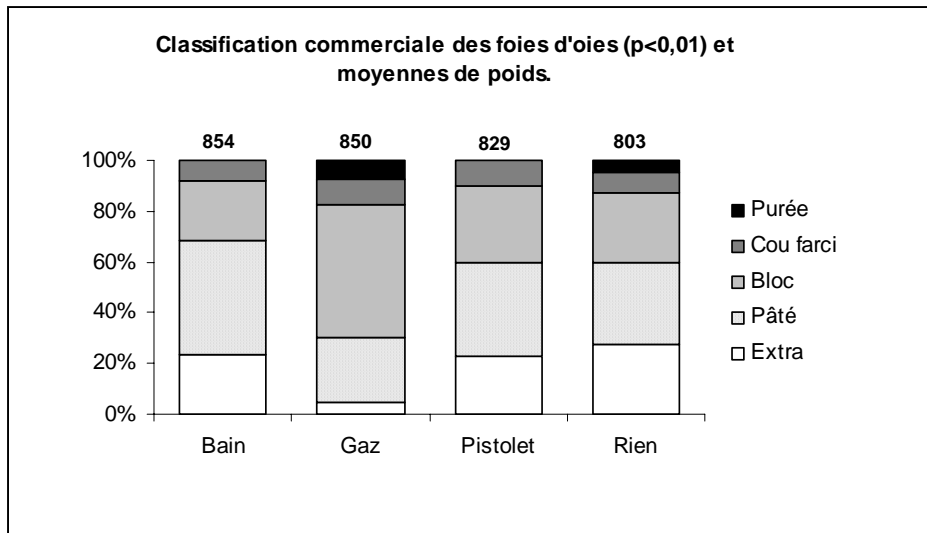
**Figure 23-** Classification commerciale des foies gras de canards.



Chez l'oie (Figure 24), comme pour les canards, l'étourdissement au gaz entraîne un classement défavorable des foies. La proportion des foies classées dans la catégorie 'Extra' est très faible (< 10 %).

On retrouve aussi la similitude de la classification commerciale des méthodes "bain", "pistolet" et "rien".

**Figure 24-** Classification commerciale des foies gras d'oies.



On peut donc retenir que l'étourdissement au gaz entraîne une mauvaise classification commerciale des foies gras chez les palmipèdes gavés dans cette expérience.

On pourrait penser que la mauvaise qualité de la saignée est à l'origine du mauvais classement des foies issus du traitement "gaz", mais cette hypothèse n'est pas compatible avec les résultats chez les deux espèces:

- la plus faible saignée est obtenue avec le bain électrifié chez les canards
- le classement commercial des foies "bain" est plus proche de celui obtenu avec les méthodes "rien" et "pistolet" chez les oies, alors que la saignée est aussi défavorable que pour l'étourdissement au gaz.

Il est donc difficile de déterminer la cause exacte de la mauvaise classification des foies obtenus avec la technique du gaz, d'autant plus que l'évaluation subjective des défauts de présentation des foies n'a pas révélé d'effet du traitement. La classification commerciale a été réalisée à chaud alors que l'appréciation subjective a été effectuée après plusieurs heures de conservation au froid. Ce décalage chronologique des évaluations explique peut-être la non concordance des appréciations 'commerciales' et 'techniques'.

On peut émettre toutefois une hypothèse. Lorsque les animaux sont étourdis en atmosphère modifiée, ils s'affaissent lors de la perte de connaissance. Le poids de l'animal est alors porté sur la partie viscérale comportant le foie. A cela s'ajoute l'afflux de sang par gravité. Des hématomes *peri* et *post mortem* peuvent alors se former et entraîner un déclassement des foies. Il n'en reste pas moins

que ces altérations devraient être visibles lors de l'évaluation technique (notation des défauts), à moins qu'elles n'aient été « effacées » par la réfrigération.

#### III.4.3- Analyse sensorielle des foies gras pasteurisés

Le tableau 20 présente les valeurs moyennes en fonction du traitement pour l'ensemble des descripteurs de foie gras des canards. Treize de ces descripteurs, dont beaucoup de descripteurs d'aspect, étaient significativement influencés par la technique d'étourdissement.

Afin de visualiser plus simplement l'influence des techniques d'étourdissement sur les critères sensoriels des foies de canards, nous avons calculé un index très simple selon les principes suivants :

- lorsque le critère est significativement influencé par la technique, la hiérarchisation des techniques est notée selon le nombre de groupes distincts sur le plan statistique. Par exemple, si bain < tête=gaz<rien-pistolet, il y a 3 groupes et donc bain reçoit la note 1, les traitements tête et gaz la note 2 et les rien et pistolet la note 3,
- si l'intensité d'un critère est jugée négative (intensité de la couleur verdâtre, par exemple), la position la plus haute sur la note sensorielle reçoit la note la plus basse afin de pénaliser le traitement pour le critère négatif.
- chaque critère pèse le même poids

Sur les 13 critères sensoriels significativement influencés par les techniques d'étourdissement, les scores obtenus sont les suivants :

Bain	Gaz	Pistolet	Tête	Rien
21	26	27	24	28

Les foies issus des animaux saignés sans électronarcose bénéficient des positions les moins défavorables sur les critères sensoriels influencés par les techniques d'étourdissement. Les techniques utilisant les atmosphères modifiées et l'étourdissement mécanique bénéficient d'une bonne position, alors que l'électronarcose en bain est associée au positionnement moyen le plus défavorable.

Notons qu'il s'agit d'une indexation relative qui n'a qu'une valeur de comparaison entre les techniques.

Chez l'oie, la situation est beaucoup plus claire puisque seuls 3 critères sont influencés par les techniques d'étourdissement (tableau 21). La quantité de gras visible est plus faible dans les foies issus des oies étourdies au gaz. A l'inverse, cette quantité est la plus élevée pour les oies étourdies en bain électrifié. Entre ces deux extrêmes, l'étourdissement mécanique et la saignée sans étourdissement

occupent une position intermédiaire mais significativement différente de chacune des deux autres techniques. L'intensité de la couleur rosée est la plus faible dans le cas de l'étourdissement en bain électrifié et la plus élevée dans le cas de la saignée sans étourdissement, les deux autres techniques occupant une position intermédiaire.

Ces deux critères d'aspects sont difficiles à relier aux effets possibles des techniques sur le foie, en particulier pour la quantité de gras visible au sein de la tranche dont on comprend mal comment elle peut dépendre de la technique d'étourdissement (il n'y a pas par ailleurs d'effet sur les inclusions de graisse, tableau 21). Si l'intensité de la couleur rosée est liée à une quantité de sang résiduel, le score le plus élevé obtenu dans le cas de la saignée sans étourdissement n'est pas en accord avec les résultats relatifs à la saignée totale.

Enfin, l'odeur globale était significativement moins intense pour les foies issus des oies étourdies en atmosphère modifiée, relativement aux trois autres techniques.

*En conclusion des résultats de l'analyse sensorielle des foies, il convient de remarquer que l'impact des techniques d'étourdissement est très limité dans le cas des oies. Chez les canards, cet effet est plus prononcé sur le plan de nombre de critère, même si l'amplitude des différences reste limitée.*

#### **IV- Références bibliographiques**

- Barton-Gade, P., Von Holleben, K. & Von Wenzlawoicz, M. . 2001. Animal welfare and controlled atmosphere stunning (CAS) of poultry using mixtures of carbon dioxide and oxygen. *World's Poultry Science*, 57: 189-200.
- Bauer, G. .1982. Coma and cerebral death. In *Electroencephalography*. (E. Niedmer & F.H. Lops da Silva eds). Urban & Schwarzenberg, Baltimore, pp. 325-337.
- Bergmeyer, H. U. . 1974. In: *Methods of enzymatic analysis*. p: 1127, 1196, 1238, 1464. Bourne, G. H., ed. New York Academic Press.
- Berri, C. & Jehl, N. 2001. Facteurs de variation de la qualité technologique et organoleptique des viandes de poulets. *Quatrièmes journées de la Recherche Avicole*, Nantes, 27-29 mars 2001. 245-252.
- Beyssen, C., Babilé, R. & Fernandez, X.. 2004. The effect of current intensity during 'head-only' electrical stunning on brain function in force-fed ducks. *Animal Research*, 53: 155-161.
- Bouillier-Oudot, M., Laurent, N., Leprettre, S., Auvergne, A. Dubois, J.P. & Babilé, R. .2004. Incidence du délai post-prandial sur la composition chimique de foies gras d'oies. In : *Proceed. 6èmes Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras*, Arcachon, 7-8 Octobre 2004, pp. 191-193.

- Channon,-H-A; Payne,-A-M; Warner,-R-D. 2002. Comparison of CO<sub>2</sub> stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pigs on carcass and meat quality. *Meat-Science*. 60(1): 63-68.
- Charpentier, J. .1968. Glycogenolyse post mortem du muscle longissimus dorsi du porc. *Ann. Zootech.* 17: 429-443.
- Coenen, A., Lankhaar, J., Lowe, J. & McKeegan, D. (2005). Animal consciousness and euthanasia : chicken euthanasia in the two-phase stunning system. In : Proceed. XIth Eur. Symp. Quality Poultry Meat, Doorwerth, The Netherlands, 23-26 May 2005, pp. 61.
- Dalrymple, R. H. & Hamm, R. . 1973. A method for the extraction of glycogen and metabolites from a single muscle sample. *J. Food Technol.*, 8: 439-444.
- EFSA, European Food Safety Authority. 2004. "WELFARE ASPECTS OF ANIMAL STUNNING AND KILLING METHODS". Scientific Report of the Scientific Panel for Animal Health and Welfare on a request from the Commission related to welfare aspects of animal stunning and killing methods: 116-152.
- Fernandez, X. Mouchonnière, M., & Santé, V. 1998. Etourdissement de la volaille à l'abattage. Aspects éthiques et technologiques. *Viande et produits carnés. Compte rendu des VIIèmes journées des Sciences du Muscle et Technologie de la viande*. Rodez 1 et 2 Oct. 1998.
- Fernandez, X. Beyssen, C., Leprettre, S & Dubois, J-P. 2003. The influence of mechanical vs electrical stunning on blood loss and product downgrading in force-fed geese. In: *Proceed. XVIth Eur. Symp. Qual. Poult. Meat, September 23<sup>rd</sup>-26<sup>th</sup>*, St-Brieuc, France, pp. 365-371 (texte intégral).
- Hillebrand,-S-J-W; Lambooy,-E; Veerkamp,-C-H. 1996. The effects of alternative electrical and mechanical stunning methods on hemorrhaging and meat quality of broiler breast and thigh muscles. *Poultry-Science*. 75(5): 664-671.
- Iwamoto,-H; Ooga,-T; Moriya,-T; Miyachi,-H; Matsuzaki,-M; Nishimura,-S; Tabata,-S. 2002. Comparison of the histological and histochemical properties of skeletal muscles between carbon dioxide and electrically stunned chickens. *British-Poultry-Science*. 43(4): 551-559.
- Kirton,-A-H; Frazerhurst,-L-F; Bishop,-W-H; Winn,-G-W. 1980. A comparison of the effects of electrical, captive bolt or percussion stunning on the incidence of blood splash in lambs. *Meat-Science*. 5(6): 407-411.
- Lambooy, B. & Pieterse, C. .1997. Alternative stunning methods for poultry. Proceed. Satellite Symp. "Developments of new humane stunning and related processing methods for poultry to improve product quality and consumer acceptability". pp 7-14.
- Lambooy,B; Potgieter,-C-M; Britz,-C-M; Nortje,-G-L; Pieterse,-C. 1999. Effects of electrical and mechanical stunning methods on meat quality in ostriches. *Meat-Science*. 52(3): 331-337.
- Leprettre, S., 1997. Incidence du réglage de l'appareil de l'électronarcose sur la saignée des oies grasses et la présentation des produits. *Viandes et Produits Carnés* 18, 4: 203-207.

- Leprettre, S., 1998. Influence du jeûne et des facteurs *peri mortem* sur les défauts de couleur des foies gras. Mémoire de thèse.
- Lepetit, J., & Salé, P., 1984. Analyse du comportement rhéologique de la viande par une méthode de compression sinusoïdale. *Sci. Aliments*, 5: 521-540.
- Lopes da Silva, F.H., 1983. The assessment off unconsciousness: general principles and practical aspects. *Stunning of Animals for Slaughter*: 3-12.
- McNeal,-W-D; Fletcher,-D-L; Buhr,-R-J. 2003. Effects of stunning and decapitation on broiler activity during bleeding, blood loss, carcass, and breast meat quality. *Poultry-Science*. 82(1): 163-168.
- Monin, G., Sellier, P., Ollivier, L., Goutefongea, R., & Girard, J. P. .1981. Carcass Characteristics and meat quality of halothane negative and halothane positive pietrain pigs. *Meat. Sci.*, 5: 413-423.
- Monin, G., & Sellier, P. . 1985. Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate post mortem period: the case of the Hampshire breed. *Meat Science*, 13: 149-158.
- Monin, G. 1988. Evolution *post-mortem* du tissu musculaire et conséquences sur les qualités de la viande de porc. *Journées recherche porcine en France*. 20, 201-214.
- Mouchonière, M., Le Pottier, G. & Fernandez, X. .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.
- Mouchonière, M., Le Pottier, G. & Fernandez, X. .2000.. Effect of current frequency during electrical stunning in a water bath on somatosensory evokes responses in turkey's brain. *Res. Vet. Sci.*, **69**: 53-55.
- Poole,-G-H & Fletcher,-D-L. 1998. Comparison of a Modified Atmosphere Stunning-Killing system to conventional electrical stunning and killing on selected broiler breast muscle rigor development and meat quality attributes. *Poultry-Science*. 77(2): 342-347.
- Raj,-A-B-M; Grey,-T-C; Audsely,-A-R; Gregory,-N-G.1990. Effect of electrical and gaseous stunning on the carcass and meat quality of broilers. *British-Poultry-Science*. 31(4): 725-733.
- Raj,-A-B-M; Richardson,-R-I; Wilkins,-L-J; Wotton,-S-B. 1998. Carcass and meat quality in ducks killed with either gas mixtures or an electric current under commercial processing conditions. *British-Poultry-Science*. 39(3): 404-407.
- Raj, A.B.M. (1998). Welfare during stunning and slaughter of poultry. *Poult. Sci.*, **77**: 1815-1819
- Santé, V., Le Pottier, G., Astruc, T., Mouchonière, M. & Fernandez, X. (2000). Effect of stunning current frequency during on carcass downgrading and meat quality in turkey. *Pout. Sci.*, 79: 1208-1214.
- Sosnicki, A.A., Greaser, M.L., Pietrzak, M., Pospiech, E. & Santé, V. (1998). PSE-like syndrome in breast muscle of domestic turkeys: a review. *J. Muscle Foods*, **9**: 13-23.

Turcsan,-Z; Szigeti,-J; Varga,-L; Farkas,-L; Birkas,-E. 2001. The effects of electrical and controlled atmosphere stunning methods on meat and liver quality of geese. *Turcsan,-JPoultry-Science*. 80(11): 1647-1651.

Warris, P.D. (1987). The effect of waiting time and condition of transport and lairage on pig meat quality. In: *Evaluation and control of meat quality in pigs* (P.V. Tarrant, G. Eikelenboom & G. Monin, eds.), M. Nijhoff Pbs., pp. 245-264.

# **CONCLUSIONS GENERALES**

# CONCLUSIONS GENERALES

## Introduction

Dans cette dernière partie, nous allons utiliser l'ensemble des résultats obtenus pour établir une comparaison entre les différentes méthodes. Nous séparerons les canards et les oies afin d'adapter cette comparaison à chacun des cas. Nous proposons également d'attribuer un poids identique à chacun des critères étudiés afin de donner la vision la plus objective possible de la situation. Chacun peut ainsi, à sa convenance, affecter les coefficients différents à chaque critère et réévaluer les avantages/inconvénients de chaque méthode.

## Etourdissement des canards

Le tableau suivant propose une notation de chacune des méthodes d'étourdissement sur les différents critères que nous jugeons important (et qui ont été étudiés dans ce projet).

	Bain	Gaz	Pistolet	Rien	Tête
Critères objectifs de protection des animaux <sup>(1)</sup>	--	+	0	--	+
Image possible auprès du public	0	-	-	--	-
Qualité de la saignée	-	+	+	+	+
Indicateurs de qualités des magrets (sauf couleur) <sup>(2)</sup>	0	0	0	0	0
Couleur des magrets	+	+	0	0	0
Analyse sensorielle des magrets	-	+	+	++	+
Défauts présentation carcasse	--	++	+	-	0
Appréciation subjective foies	0	-	--	-	--
Classification commerciale	-	--	0	-	++
Rendement pasteurisation	0	0	0	0	0
Analyse sensorielle des foies	-	+	++	++	0
<b>TOTAL SUR 11</b>	<b>-7</b>	<b>+3</b>	<b>+2</b>	<b>-2</b>	<b>+2</b>

<sup>(1)</sup>, en situation pratique, la maîtrise de l'électroarcose en bain électrifié est très difficile, c'est la raison pour laquelle nous lui attribuons un score défavorable sur ce point, même si, dans les conditions où nous l'avons utilisée, elle est irréprochable sur ce plan,

<sup>(2)</sup>, ces indicateurs recouvrent les mesures physico-chimiques, y compris l'analyse instrumentale de la texture, et n'étaient pas suffisamment variables pour les prendre en compte dans l'évaluation,

Cette notation permet de calculer un index subjectif, non pondéré qui ne reste qu'un indicateur et à partir duquel il est difficile de tirer des conclusions définitives. Il permet une comparaison qui ne se base que sur les résultats obtenus au cours de ce projet (dont certains méritent d'être confirmés).

On peut simplement relever, même si l'amplitude des différences est difficile à évaluer, que la technique d'électroanesthésie en bain électrifié occupe la position la plus défavorable. Il est important de noter que nous avons volontairement handicapé cette technique sur le score lié à la protection des animaux compte tenu des conditions dans lesquelles elle est pratiquée en abattoir industriel. De notre point de vue, son optimisation en conditions commerciales est extrêmement difficile. En revanche, si cette technique était maîtrisée comme nous le faisons en situation expérimentale, elle serait très bien positionnée sur le plan de la protection des animaux. Elle reste toutefois trop défavorable sur le plan des qualités des produits pour être préconisée en priorité.

La position plutôt favorable de l'étourdissement au gaz résulte sans doute de l'absence de pondération des critères : si l'on augmente le poids de la classification commerciale, la position changerait sans doute. Néanmoins, les raisons pour lesquelles la classification commerciale est moins bonne pour cette technique méritent d'être étudiées plus en détail car, s'il s'avère que ce défaut peut être atténué, cette méthode représente un potentiel d'amélioration significatif de la situation actuelle. **Il n'en reste pas moins que son coût de mise en place est élevé et nos travaux méritent donc d'être confirmés plus largement avant qu'une recommandation ne puisse être exprimée sans équivoque.**

## Etourdissement des oies

Le tableau suivant propose une notation de chacune des méthodes d'étourdissement sur les différents critères que nous jugeons important (et qui ont été étudiés dans ce projet).

	Bain	Gaz	Pistolet	Rien
Critères objectifs de protection des animaux ( <sup>1</sup> )	--	+	-	--
Image possible auprès du public	0	-	-	--
Qualités de la saignée	-	-	+	+
Indicateurs de qualités des magrets (sauf couleur) ( <sup>2</sup> )	+	+	+	+
Couleur des magrets( <sup>2</sup> )	+	+	+	+
Analyse sensorielle des magrets( <sup>2</sup> )	+	+	+	+
Défauts présentation carcasse	--	++	-	+
Appréciation subjective foies	-	0	+	0
Classification commerciale	+	--	+	-
Rendement pasteurisation	0	0	0	0
Analyse sensorielle des foies( <sup>3</sup> )	0	0	0	0
<b>TOTAL SUR 11</b>	<b>-2</b>	<b>+2</b>	<b>+3</b>	<b>0</b>

(<sup>1</sup>), en situation pratique, la maîtrise de l'électroneurose en bain électrifié est très difficile, c'est la raison pour laquelle nous lui attribuons un score défavorable sur ce point, même si, dans les conditions où nous l'avons utilisée, elle est irréprochable sur ce plan,

(<sup>2</sup>), ces indicateurs et les deux lignes qui suivent recouvrent les mesures physico-chimiques, y compris l'analyse instrumentale de la texture, et n'étaient pas suffisamment variables pour les prendre en compte dans l'évaluation,

(<sup>3</sup>), trop peu de critères sensoriels sont influencés pour que l'on discrimine les techniques sur ce critère

L'étourdissement mécanique bénéficie de la meilleure notation globale chez l'oie. Cette technique, comme chez le canard, présente donc un intérêt particulier dans le cas de l'abattage à la ferme. Les réactions comportementales à cette technique d'étourdissement son particulièrement « impressionnantes » sur le plan subjectif car les battements d'ailes chez l'oie durant la saignée paraissent beaucoup plus violents que chez le canard. C'est la raison pour laquelle nous avons affecté à cette technique un score négatif (-) pour l'image en terme de protection des animaux, alors que nous n'avons pas pénalisé cette technique chez le canard (score de 0). **Plus encore que chez le canard, cette technique doit donc être associée à une immobilisation dans un cône de saignée.**

Comme chez le canard, l'étourdissement en atmosphère modifiée bénéficie d'une appréciation globale positive mais pour les oies, comme pour les canards, nous rappelons que la classification commerciale des foies est défavorable dans le cas de l'étourdissement au gaz et que ce point mérite d'être étudié plus en détail.

Nous retrouvons également le positionnement plutôt défavorable de l'électronarcose en bain électrifié, même dans une situation où les animaux sont étourdis efficacement (par rapport à la situation pratique où ce n'est pas toujours le cas).

**Enfin, il est important de souligner pour les deux espèces que, contrairement à ce qui est dit dans le milieu professionnel, la saignée sans étourdissement n'est pas la solution idéale lorsqu'elle est comparée à des techniques qui assurent l'étourdissement de tous les animaux. Elle ne correspond pas à la solution la plus défavorable mais certaines techniques d'étourdissement maîtrisées permettent d'obtenir de meilleurs résultats: le gaz et l'étourdissement mécanique pour les deux espèces, et l'électronarcose 'tête seulement' chez le canard.**

Chez le canard, cette hiérarchie est conservée même si l'on ne tient pas compte du critère '*Image possible auprès du public*'. Ce n'est pas le cas chez l'oie où la saignée sans étourdissement arrive à hauteur de l'étourdissement mécanique si on ne tient pas compte du critère '*Image possible auprès du public*'.

# ANNEXE 1

## QUELLE METHODE ET QUELS PARAMETRES TECHNIQUES POUR OPTIMISER L'ÉTOURDISSEMENT AVANT L'ABATTAGE DES CANARDS ET DES OIES GAVES ?

### ORGANISME PORTEUR DU PROJET

ENSA Toulouse, Laboratoire de Zootechnie et Qualités des Produits Animaux

### RESPONSABLES SCIENTIFIQUES

Xavier Fernandez (INRA) et René Babilé (ENSAT)

### OBJECTIFS DU PROJET

Le projet vise à acquérir des connaissances scientifiques qui permettront d'argumenter l'adoption d'une nouvelle réglementation concernant les méthodes d'étourdissement spécifiques aux palmipèdes gras. Ces méthodes devront répondre à la fois aux exigences en matière de protection des animaux et de qualités des carcasses, du foie gras et des viandes.

### COLLABORATIONS SCIENTIFIQUES

- 1- Préparation des animaux
  - Ferme Expérimentale de l'Oie 24 (ASSELDOR) (J.P. Dubois & S. Leprettre)
  - Lycée Agricole de Périgueux (F. Héraut)
  - Station Expérimentale de l'ENSAT (A. Auvergne)
- 2- Transformation des Produits, Lycée Agricole de Périgueux (F. Héraut)
- 3- Analyses sensorielles, ADIV, Clermont-Ferrand
- 4- Analyse histologique des muscles, Laboratoire de Zootechnie et Qualités des Produits Animaux de l'ENSAT (H. Rémignon)
- 5- Prêt du matériel d'enregistrement des EEG, INRA, Station de Recherches sur la Viande (G. Monin)

## I- PRESENTATION DE LA TOTALITE DU PROJET DE RECHERCHES PREVU SUR TROIS ANS

### 1- Contexte Réglementaire et Scientifique de l'Étourdissement des Oiseaux

#### 1.1- Contexte Réglementaire

L'étourdissement des animaux destinés à la consommation humaine avant la mise à mort est une obligation légale, réglementée au niveau de l'Europe par la Directive 93/119/EC. D'un point de vue éthique, l'objectif est de rendre les animaux insensibles à la douleur jusqu'à ce que la mort survienne pendant la saignée. Les contraintes suivantes doivent être satisfaites :

- l'induction de l'insensibilité (anesthésie) doit être effective chez tous les individus,
- l'induction de l'anesthésie doit être indolore,
- la durée d'insensibilité doit être suffisamment longue pour assurer l'analgésie jusqu'à ce que l'animal meure des suites de la saignée.

D'un point de vue technologique, l'étourdissement a pour but de réduire les mouvements, voire d'immobiliser les animaux, afin de faciliter la saignée (en particulier sur les chaînes automatiques) et de réduire les défauts de carcasse liés à des mouvements excessifs (les battements d'ailes chez les oiseaux).

Toute méthode qui ne satisfait pas simultanément à ces trois exigences n'est pas acceptable du point de vue réglementaire (Directive 93/119/CE du conseil de l'Europe). Deux grands types de méthodes d'étourdissement sont utilisées pour la volaille : celles qui font appel à un choc électrique (électronarcose/électrocution) et celles qui utilisent les atmosphères modifiées ('étourdissement au gaz'). Les méthodes qui font appel à un choc électrique sont de deux types pour les oiseaux :

- l'électronarcose en bain électrifié qui consiste à faire passer un courant dans tout le corps de l'animal,

- l'électronarcose dite 'tête seulement' qui consiste à appliquer un courant seulement au niveau de la tête de l'animal.

Dans sa version originelle, la Directive 93/119/EC ne présente pas en détail les paramètres du courant qui doivent être respectés pour assurer un étourdissement efficace dans le cas de l'électronarcose. Ces précisions ont été apportées en 1997 par un amendement des annexes C et D de la Directive (Amendement VI/1709/97).

En ce qui concerne l'électronarcose 'tête seulement', il n'existe aucune norme relative à l'intensité du courant appliqué, pour les canards et les oies. En effet, aucun résultat scientifique n'a permis, à ce jour, d'établir ces normes.

En ce qui concerne l'électronarcose en bain électrifié, la réglementation impose l'utilisation d'un courant de 130 mA / animal pour les canards et les oies. Il faut toutefois noter que ces normes sont basées sur des résultats obtenus sur des animaux maigres (non gavés).

*Par conséquent, qu'il s'agisse de l'électronarcose 'tête seulement' ou en bain électrifié, nous ne disposons d'aucune référence concernant les canards et les oies gavés, qui permettrait d'établir un guide des bonnes pratiques ou même d'introduire dans la réglementation une méthode d'étourdissement spécifique à ce type d'animal. Il en est de même pour l'utilisation des atmosphères modifiées.*

## **1.2- Contexte scientifique et technique**

### *1.2.1- Généralités*

A ce jour en France, la principale méthode d'étourdissement utilisée pour les volailles dans les abattoirs industriels est l'électronarcose en bain électrifié. Le rail supportant les crochets sur lesquels les animaux sont suspendus constitue la première électrode et la seconde est placée dans le bac. Dans cette configuration, le courant traverse le corps de l'animal. La durée d'application du courant dépend donc de la durée pendant laquelle l'animal plonge la tête dans le bac. Quelle que soit l'espèce avicole considérée, en pratique, les paramètres du courant utilisés sont très variables (Santé *et al.*, 1996) et les réglages le plus souvent empiriques.

### *1.2.2- Problèmes posés par l'électronarcose en bain électrifié*

Nous développerons dans ce paragraphe l'état des connaissances relatives à l'influence de l'électronarcose en bain électrifié sur les critères de qualités des produits. Ceci nous amènera à considérer l'intérêt potentiel de méthodes alternatives.

#### *a) la qualité de la saignée dépend des paramètres du courant*

Bien que la saignée soit considérée comme un phénomène passif en terme circulatoire, certains résultats indiquent, chez la dinde par exemple, que la vitesse et la quantité totale de sang évacué sont supérieures lorsque les animaux sont saignés vivants (Mouchonière *et al.*, 1999). Par conséquent, l'augmentation de l'intensité du courant d'électronarcose s'accompagne généralement d'une réduction de l'efficacité de la saignée. Ce phénomène a été mis en évidence de manière très nette chez l'oie gavée par Leprettre (1998). De plus, ce travail a également permis de montrer qu'il existait une liaison significative entre la qualité de la saignée et la qualité de la présentation des foies gras frais (occurrence des pointes de lobes rouges).

#### *b) Les générateurs de courant utilisés pour alimenter les bacs recevant plusieurs animaux à la fois ne permettent pas de contrôler le courant reçu par chaque animal.*

Ceci conduit à des défauts de présentation des carcasses et de qualités des viandes dans le cas où les animaux reçoivent une quantité excessive de courant ou, à l'inverse, lorsqu'ils ne sont pas étourdis car ils ont reçu une quantité insuffisante de courant (Wooley *et al.*, 1986a). Des recherches réalisées en Grande Bretagne ont permis de développer des appareils qui contrôlent l'intensité du courant reçu par chaque animal (Sparrey *et al.*, 1993; Kettlewell *et al.*, 1995; Wilkins *et al.*, 1999). Toutefois, il semble que le coût très élevé de ces systèmes de contrôle n'ait pas permis leur utilisation en industrie (Paul Berry, Silsoe Research Institute, Bedford, UK, communication personnelle).

#### *c) L'électronarcose en bain électrifié induit le passage du courant de la tête aux pattes : il n'y a aucun contrôle des voies empruntées par le courant dans le corps de l'animal (Wooley *et al.*, 1986a).*

Ceci induit des hémorragies et des pétéchies dans les muscles et d'autres tissus, ainsi que des fractures. C'est un problème particulièrement sensible dans le cas de la production de palmipèdes gras car la quantité de courant qui traverse le foie, ou les tissus qui l'entourent, va déterminer l'incidence des défauts de présentation de ce produit.

d) *Les chocs électriques douloureux avant l'étourdissement sont fréquents, surtout chez l'oie.*

Ils contribuent à augmenter l'incidence des défauts de présentation des carcasses (fractures, hémorragies) ainsi que des défauts des qualités des viandes (Wotton & Gregory, 1991; Gregory, 1998). En effet, les ailes des oies sont relativement longues et elles se situent plus bas que la tête lorsque les animaux sont suspendus. La probabilité qu'elles entrent en contact avec l'eau avant la tête est donc importante. De même, les oies et les canards ont une forte tendance à relever la tête. Il est également fréquent qu'ils reçoivent un choc électrique au niveau du jabot qui peut être douloureux et induire un arrêt cardiaque avant la saignée, compromettant ainsi l'efficacité de l'évacuation du sang (Gregory & Wotton, 1992).

### 1.2.3- Alternatives à l'électronarcose en bain électrifié

En matière d'étourdissement par électronarcose en bain électrifié, les filières de production des palmipèdes gras se trouvent aujourd'hui confrontées aux problèmes suivants :

- il n'existe actuellement aucune référence scientifique, spécifique aux palmipèdes gras, permettant d'optimiser les conditions d'électronarcose du double point de vue de la protection des animaux et des qualités des carcasses, des viandes et du foie gras. Il est donc impossible de rédiger un guide des bonnes pratiques.
- la réglementation européenne en matière d'intensité minimale du courant par animal est basée sur l'utilisation d'animaux non gavés. L'intensité imposée (130 mA / animal) n'est pas utilisable dans le cas des animaux gavés car elle induit des défauts graves, en particulier au niveau des foies gras. Ces défauts engendrent pour les filières des pertes économiques importantes.
- le foie gras est un tissu particulièrement sensible aux conditions d'électronarcose, en terme de défauts de présentation. Il est particulièrement pertinent, pour ces filières, d'envisager l'utilisation d'autres méthodes.

Les méthodes envisageables sont l'électronarcose 'tête seulement' et l'utilisation d'atmosphères modifiées.

#### • *L'électronarcose 'tête seulement'*

Cette méthode consiste à appliquer un courant seulement au niveau de la tête de l'animal. Elle présente les avantages potentiels suivants :

- l'application locale permet d'obtenir une électronarcose efficace car il y a peu de perte d'intensité par diffusion au travers du corps. Bien que la variabilité inter-animal de la résistivité des os du crâne soit importante (Wooley *et al.*, 1986b), l'utilisation d'un générateur de courant constant permettrait de satisfaire les normes d'intensité (lorsqu'elles seront établies) pour chaque animal,
- le fait que la diffusion du courant au travers du corps soit très faible avec cette méthode, laisse espérer que les défauts de présentation des carcasses et des foies, ainsi que des qualités des viandes, puissent être atténués. Il est probable également qu'en augmentant la fréquence du courant on puisse diminuer la part relative du courant qui traverse l'intérieur du corps. Ce point est à considérer dans une approche expérimentale,
- l'application du courant seulement au niveau de la tête devrait permettre d'obtenir un étourdissement efficace sans tuer les animaux. Ce point est particulièrement important dans le cas des palmipèdes gras puisqu'il existe une liaison significative entre la qualité de la saignée et la qualité de présentation des foies.

Les questions qui se posent du point de vue scientifique sont les suivantes :

- quelle est l'intensité du courant qui permet d'obtenir une narcose efficace sur tous les animaux et suffisamment longue pour que l'animal ne recouvre pas la sensibilité à la douleur avant de mourir des suites de la saignée?
- peut-on optimiser cette méthode du double point de vue de l'efficacité de l'étourdissement et des qualités des produits en augmentant la fréquence? Dans ce cas, quelle est la combinaison intensité x fréquence qu'il faut utiliser? Nous avons en effet montré chez la dinde que pour une intensité fixée, l'efficacité de l'étourdissement diminue avec l'augmentation de la fréquence (Mouchonière *et al.*, 2000a), alors que les qualités de présentation de la carcasse et les qualités des viandes augmentent avec la fréquence (Santé *et al.*, 2000).

### • L'utilisation d'atmosphères modifiées

Deux mélanges gazeux sont actuellement autorisés pour la volaille (Amendement VI/1709/97 de la Directive 93/119/EC) :

- 90 % d'argon (ou autre gaz inerte) dans l'air (laissant 8 % d'azote résiduel et 2 % d'oxygène résiduel),
- 30 % de CO<sub>2</sub> et 60 % d'argon (ou autre gaz inerte) dans l'air (laissant 8 % d'azote résiduel et 2 % d'oxygène résiduel).

L'utilisation des atmosphères modifiées présente l'avantage d'éviter l'accrochage des animaux conscients (les cages de transport peuvent être passées directement dans le tunnel ou plongées dans la fosse).

Dans l'état actuel des connaissances, ces méthodes ne sont acceptables que si elles sont utilisées pour tuer les animaux, et non pour les étourdir. En effet, des travaux ont montré que lorsque les animaux sortent inconscients, mais encore vivants, du tunnel, la récupération des fonctions cérébrales normales est beaucoup trop rapide (Raj & Gregory, 1990). Compte tenu du fait que les animaux sortent du tunnel dans les cages de transport, 1 à 2 minutes s'écoulent avant qu'ils n'arrivent au poste de saignée ; le temps nécessaire pour les extraire de la cage, les accrocher et les conduire jusqu'au poste de saignée. Sur la base des résultats disponibles dans la littérature, la perte de sensibilité induite par l'inhalation de gaz ne peut durer plus de 30 s. L'étourdissement seul ne pourrait donc pas être acceptable puisque les animaux redeviendraient sensibles à toute stimulation avant la saignée.

Toutefois, ces considérations s'appliquent aux dindes et aux poulets et à des situations où le rythme d'abattage est très élevé. Nous ne disposons d'aucun résultat permettant d'évaluer la possibilité d'utiliser ces méthodes pour seulement étourdir les canards et les oies gavés. Il est communément dit que les animaux plongeurs, comme le canard commun, résistent à l'anoxie et ne peuvent être étourdis dans des atmosphères modifiées dans des délais compatibles avec le fonctionnement d'une chaîne d'abattage. Des résultats non publiés (Raj, 1998, cité par Raj *et al.*, 1998) indiquent toutefois qu'il est possible de tuer des canards en atmosphère modifiée dans des délais comparables à ceux des dindes ou des poulets.

L'utilisation des atmosphères modifiées permet une amélioration très nette des défauts de présentation des carcasses et des viandes car elles n'induisent pas les spasmes toniques de la musculature que l'on observe dans le cas de l'électronarcose (voir par exemple la revue de Raj, 1999 pour les poulets et les dindes). Des observations similaires ont été rapportées pour le canard maigre (Raj *et al.*, 1998).

En revanche, l'utilisation d'atmosphères modifiées entraîne une accélération de la chute du pH *post mortem* chez le poulet et la dinde (Uijtboogaart, 1997; Raj, 1994). L'accélération de la chute du pH peut s'accompagner d'une altération des qualités telles que le pouvoir de rétention d'eau (et donc les rendements de fabrication à la cuisson ou au séchage), la couleur et la texture des viandes.

Les questions qui se posent du point de vue scientifique sont les suivantes :

- est-il possible de seulement étourdir les canards et les oies gavées en utilisant des atmosphères modifiées tout en satisfaisant les contraintes réglementaires en terme d'efficacité de l'étourdissement (tous les animaux sont étourdis et suffisamment longtemps)? Ceci permettrait d'éviter de tuer les animaux, ce qui poserait un problème de saignée et donc, de qualité des foies gras,
- l'effet bénéfique de ces méthodes sur les qualités de présentation des carcasses et des produits se retrouve-t-il chez les palmipèdes gras?
- l'utilisation des atmosphères modifiées entraîne-t-elle des défauts de qualités des viandes?

## 2- Objectifs du Projet et Démarche Scientifique

*Quels sont les objectifs ?*

L'objectif du projet est d'évaluer l'efficacité de deux méthodes d'étourdissement alternatives à l'électronarcose en bain électrifié : l'électronarcose 'tête seulement' et l'utilisation d'atmosphères modifiées. Le projet vise à acquérir des connaissances scientifiques qui permettront d'argumenter l'adoption d'une nouvelle réglementation concernant les méthodes d'étourdissement spécifiques aux palmipèdes gras. Ces méthodes devront répondre à la fois aux exigences en matière de protection des animaux et de qualités des carcasses, du foie gras et des viandes.

Il semble particulièrement important que la filière anticipe la mise en place effective de la réglementation, essentiellement pour trois raisons :

- les normes concernant les oies et les canards ne concernent que l'électronarcose en bain électrifié et des animaux maigres,
- les normes imposées pour les oies et les canards maigres sont inutilisables pour les animaux gavés car elles conduisent à une forte altération des qualités du foie gras,
- compte tenu de l'image de la filière en terme de bien-être animal, il nous semble raisonnable de prendre les dispositions permettant de ne pas ajouter à ce débat un aspect concernant la souffrance des animaux lors de l'abattage.

Les résultats acquis au cours de ce projet seront utilisés pour rédiger un guide des bonnes pratiques à l'usage des abattoirs. Il est important de souligner que les résultats concernant l'électronarcose 'tête seulement' seront particulièrement intéressants dans le cas de l'abattage à la ferme. Un guide des bonnes pratiques sera rédigé spécifiquement pour cette situation.

Les résultats seront publiés dans des revues internationales à comité de lecture. Ainsi, ces publications pourront être utilisées dans le cadre d'une révision de la réglementation.

Le coût d'utilisation des différentes méthodes peut être très variable. Le projet apportera des informations relatives au gain économique lié à l'amélioration des qualités des produits. Ces informations seront utiles aux industriels pour évaluer la rentabilité de chacune des méthodes.

*Quelle démarche scientifique pour satisfaire ces objectifs ?*

- déterminer les paramètres du courant à utiliser dans le cas de l'électronarcose 'tête seulement',
- évaluer la possibilité d'utiliser les atmosphères modifiées pour étourdir, sans tuer, les canards et les oies gavés, tout en s'assurant que ces méthodes ne s'accompagnent pas d'une dégradation de la qualité du foie gras et des viandes.

### **3- Protocoles Expérimentaux**

La démarche expérimentale comprend 2 grands volets :

- Optimisation de l'efficacité de l'étourdissement :
  - dans le cas de l'électronarcose 'tête seulement'
  - évaluation de la possibilité d'utiliser l'étourdissement en atmosphère modifiée
- Comparaison des trois méthodes (électronarcose tête seulement, électronarcose en bain électrifié et atmosphère modifiée) pour les qualités des produits en conditions de laboratoire et en conditions industrielles.

Toutes les études présentées ci-dessous seront conduites sur des oies et des canards gavés. Les modèles de production (âge d'entrée en gavage, durée de gavage, ...) seront choisis en concertation avec les partenaires de la filière.

Les points 1 et 2, nécessitent l'utilisation d'un appareillage d'enregistrement des EEG. Cet outil nous sera prêté par la Station de Recherches sur la Viande de l'INRA.

Les points 1 et 3 nécessitent l'utilisation d'un générateur de courant constant permettant de modifier l'intensité et la fréquence. Un tel générateur a été acquis lors du programme 'Optimisation de l'électronarcose des dindes', cofinancé par l'OFIVAL, le CIDEF et l'INRA (1996-1999). Il nous sera prêté par la Station de Recherches sur la Viande de l'INRA.

Les points 2 et 3 nécessitent l'acquisition d'une unité d'étourdissement au gaz transportable (pour les abattages en conditions expérimentales et industrielles, cf. § 3), dans laquelle il soit possible de placer une cage de transport (correspondant approximativement à 4 canards et à 3 oies gavés).

### **3.1- Recherche des paramètres du courant pour l'électronarcose 'tête seulement'**

#### **3.1.1- Mesure de l'impédance du crâne**

L'objectif est de déterminer l'impédance du crâne des canards et des oies gavés afin d'établir le lien entre l'intensité du courant nécessaire pour un étourdissement efficace et la tension correspondante. Ces informations n'existent pas, à notre connaissance, pour les oies et les canards gavés. En conditions expérimentales, nous travaillons en effet avec un générateur de courant alors que dans la pratique, ce sont des générateurs de tension qui sont le plus souvent utilisés.

#### **3.1.2- Détermination des paramètres du courant pour un étourdissement efficace**

Une première étape basée sur des tests de récupération physique des animaux permettra d'identifier une plage d'intensité correspondant à la zone d'intensité efficace. Ces intensités sont connues pour le poulet (0.24 A) et la dinde (0.4 A). Elles peuvent servir de base pour ce test dont le protocole pourrait être le suivant (les intensités étudiées seront modifiées au cours de l'expérimentation) :

	$i = 0.2 \text{ A}$	$i = 0.4 \text{ A}$	$i = 0.5 \text{ A}$	$i = 0.6 \text{ A}$
Effectif	20	20	20	20

L'amendement aux annexes C et D de la Directive 93/119/EC stipule que la durée d'application du courant doit être de 3 secondes. Pour les raisons que nous avons évoquées dans le cas de l'électronarcose en bain électrifié, il n'est pas utile d'utiliser une durée d'application supérieure.

### **3.2- Etourdissement en atmosphère modifiée**

Depuis la rédaction de la première version du présent projet, des résultats relatifs à l'utilisation de nouveaux mélanges gazeux ont été publiés. Ces mélanges ont été utilisés avec succès chez le poulet et la dinde. Nous proposons donc de les utiliser chez le canard et l'oie gavés. Les différents mélanges et procédures qui seront testés sont présentés dans le tableau suivant.

## LES DIFFERENTES PROCEDURES D'ETOURDISSEMENT AU GAZ ENVISAGEES

Procédures "mono-phase"		Procédures "bi-phases"		
"Argon"	"Protoxyde"	CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> -70	CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> -55	CO <sub>2</sub> / Protoxyde
70 % Argon - 30 % CO <sub>2</sub>	50 N <sub>2</sub> O - 50 % CO <sub>2</sub>	Phase 1 40 % CO <sub>2</sub> - 30 % O <sub>2</sub>	Phase 1 30 % CO <sub>2</sub> - 40 % O <sub>2</sub>  pour 2 min	Phase 1 O <sub>2</sub> 30 % / 50 % N <sub>2</sub> O / 50 % CO <sub>2</sub>
		Phase 2 CO <sub>2</sub> dans l'air (> 80 %)		
Pendant 2 min à partir de la perte de posture		Pendant 2 min		
- Pour chacune des durées d'exposition et dès la sortie de l'animal test de récupération (contrôler si l'animal récupère, sans aucune stimulation, et si oui, à quel temps après la sortie du caisson)				

### 3.3- *Evaluation des méthodes d'étourdissement du point de vue de la qualité des produits*

Les étapes 1 à 2 auront permis de définir les conditions optimales d'utilisation de chacune des deux méthodes alternatives. Ces méthodes seront utilisées en conditions de laboratoire et industrielles pour évaluer leurs impacts sur les qualités de présentation des carcasses, et les qualités des foies gras et des magrets. Elles seront comparées à l'électronarcose en bain électrifié.

#### 3.3.1- *Evaluation des méthodes en conditions de Laboratoires*

Le protocole suivant sera appliqué à la fois aux canards et aux oies gavés. Une soixantaine d'animaux seront gavés et abattus, en conditions expérimentales, après l'une des trois méthodes d'étourdissement (20 canards / méthode). Le gavage et les abattages auront lieu au Lycée Agricole de Périgueux pour les canards et à la ferme expérimentale de l'oie (ASSELDOR, Coulaures), pour les oies. Les mesures suivantes seront réalisées :

- efficacité de la saignée,
- cinétique de la chute du pH *post mortem* dans le muscle Pectoral,
- appréciation des défauts de présentation des carcasses,
- incidence des pétéchies dans le muscle pectoral (possibilité de développer une procédure d'analyse d'image par Visilog ?),
- couleur et exsudat du muscle Pectoral à différents temps *post mortem*,
- mesure instrumentale de la texture du muscle pectoral et des pertes à la cuisson,
- analyse histologique de la structure des fibres musculaires (présence de fibres hyper-contractées),
- appréciation de l'aspect des foies gras,
- mesure des rendements de fabrication et couleur des foies gras (Lycée Agricole de Périgueux),
- analyses sensorielles des foies gras et des magrets sur un sous-échantillon de 10 animaux / technique d'étourdissement (ADIV).

On peut penser que le taux de fonte, étant lié en partie à l'intégrité des structures membranaires (voir pour revue Cazeils, 2000), pourrait être influencé par la technique d'étourdissement. En effet, l'électronarcose en bain électrifié induit le passage du courant dans les viscères et pourrait ainsi altérer la structure des hépatocytes. Il est donc intéressant de vérifier si des méthodes d'étourdissement qui sont supposées "épargner" le foie, permettent d'améliorer le comportement à la cuisson.

#### 3.3.2- *Evaluation des méthodes en conditions industrielles*

Cette expérience a pour but de confirmer l'influence des techniques d'étourdissement sur les qualités de présentation des produits, dans des conditions industrielles de traitement de la carcasse. La société Labeyrie S.A. sera en mesure d'abattre des canards et des oies gavés.

Le protocole suivant sera appliqué à la fois aux canards et aux oies gavés. Une trentaine d'animaux par technique d'étourdissement seront utilisés (90 au total). Les mesures suivantes seront effectuées :

- appréciation de l'état des carcasses (défauts de présentation),
- appréciation de la qualité de la saignée par l'examen de l'engorgement des veines de l'aile et des veines et artères hépatiques,
- caractéristiques de présentation et couleur des foies gras (classement commercial).

## 4- **Calendrier du Programme**

La durée prévue du programme est de 30 mois.

Le calendrier des différentes étapes est présenté ci-après.

### CALENDRIER DES DIFFERENTES ETAPES DU PROJET

<i>Mois</i>	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
<i>Année</i>	2002								2003												2004									
<b>Etape 1</b>																														
<b>Etape 2</b>			A																											
<b>Etape 3</b>																														
<b>Etape 4</b>																				C				D						
<b>Etape 5</b>																														

Etape 1 : Acquisition du matériel, formation de la personne recrutée en CDD, mise au point sur les techniques d'anesthésie en vue de la chirurgie

Etape 2 : Recherche des paramètres du courant pour l'électronarcose 'tête seulement' (Paragraphe 3.1 des Protocoles Expérimentaux)

A- Mesure de l'impédance du crâne

B- Recherche des paramètres du courant pour un étourdissement efficace

Etape 3: Etourdissement en atmosphère modifiée (Paragraphe 3.2 des Protocoles Expérimentaux)

Etape 4 : Evaluation des méthodes du point de vue de la qualité des produits (Paragraphe 3.3 des Protocoles Expérimentaux)

C- En conditions de Laboratoire

D- En conditions Commerciales

Etape 5 : Traitement des résultats et rédaction du rapport final.

## 5- Coûts et Demandes de Financement

Le tableau ci-dessous s'entend en € T.T.C.

	<b>Coût Total</b>	<b>Autofinancement</b>	<b>Aide demandée<sup>(3)</sup></b>
1- Salaires publics (S.P.)	158 931	158 931	0
2- Salaire H.S.P.	49 622	0	49 622
3- Fonctionnement	33 874	0	33 874
4- Equipement	0	0	0
5- Sous-traitance <sup>(1)</sup>	23 477	0	23 477
6- Missions	7 622	0	7 622
7- Charges <sup>(2)</sup>	9 746	0	9 746
<b>TOTAL</b>	<b>283 272</b>	<b>158 931</b>	<b>124 341</b>

<sup>(1)</sup>, Sous-traitance

Caisson d'étourdissement au gaz avec contrôle de la composition gazeuse

15 245 €

Analyses sensorielles

8 232 €

<sup>(2)</sup>, les charges correspondent à 15 % du montant total des lignes 3 à 6.

<sup>(3)</sup>, La demande de financement pour 30 mois (durée totale du projet) est répartie de la manière suivante :

OFIVAL 37 502 € pour les 3 ans de projet

CIFOG 68 602 € pour les 3 ans de projet (soit 22 867 € par an)

DGAL 18 294 € pour les 3 ans de projet

## ANNEXE 2

### GRILLE D'OBSERVATION DES FOIES ET DES CARCASSES

Evaluateur	
Date	/ /
Animal	
Poids du foie	g

<b>FOIE</b>	Absence	Léger	Moyen	Sévère
Couleur générale rouge				
Engorgement des vaisseaux				
Pointe des lobes rouge				
Pétéchies				
Hématomes <i>(Ancien / Récent)</i> <i>Localisation :</i>				
Hémorragie interne				
Autres défauts (préciser)				

<b>FILET</b>	Absence	Léger	Moyen	Sévère
Pétéchies (localisation)				
Hématomes (localisation)				
Autre défaut (préciser)				

<b>CARCASSE</b>	Absence	Léger	Moyen	Sévère
Défaut 1 :				
Défaut 2 :				
Défaut 3 :				
Défaut 4 :				