

Les gammes de foie gras correspondent à un large éventail de présentations à disposition du consommateur : cru, mi-cuit (pasteurisation), cuit (stérilisation), formulations complexes (émulsion, morceaux). La sélection des matières premières en fonction des destinations de transformation (classement des foies gras) se fait suivant de multiples critères, dont l'estimation de la capacité d'un foie à conserver sa graisse et de présenter une fonte limitée pendant l'opération de traitement thermique. Le foie gras (d'oie ou canard) accroît sa concentration lipidique au cours du gavage : les lipides représentent 2 à 5 % du poids de foie de l'animal prêt à gaver et 55 à 60 % du poids de foie en fin de gavage. Lors du traitement thermique, une partie des lipides accumulés pendant la phase de gavage peut migrer de la structure cellulaire vers la surface du foie : il s'agit du phénomène de fonte.

La conformité réglementaire des produits implique un niveau de fonte inférieur à 30 % de la masse initiale. Les industriels réalisent les classements d'aptitude des foies aux différents types de transformation, selon les critères suivants :

- le poids, en relation directe avec l'engraissement du foie,
- la texture qui permet de caractériser l'onctuosité, le grain, la consistance et la finesse,
- la couleur qui doit être uniforme,
- l'état sanitaire, c'est-à-dire l'absence de scléroses, parasitoses ou nécroses,
- l'odeur.

Par la multiplicité des intervenants de la filière, aussi bien dans le secteur de la recherche que dans le secteur industriel, de nombreux tests de fonte ont été développés, en fonction du matériel disponible, de la durée du test, de la quantité de matière première utilisable... Cette multiplicité induit une comparaison difficile, voire impossible des résultats.

Dans le cadre de cette étude, l'ensemble des méthodes de test de fonte développées a été recensé, et dans un second temps, les méthodes les plus employées pour mesurer le rendement (méthodes de référence) ont été comparées. Les variations envisageables des protocoles de mesure de rendement, et leur incidence sur le résultat ont ensuite été déterminées.

## Qualité du foie gras

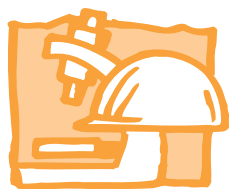
# RECENSEMENT ET ÉVALUATION DES MÉTHODES DE MESURE DU TAUX DE FONTE ET DU RENDEMENT

**La caractéristique d'un foie gras à conserver sa matière grasse ou à la perdre pendant la cuisson est qualifiée par le taux de fonte et le rendement, mesures réalisées respectivement avant et après traitement thermique.**

**À la demande des industriels de la filière, plusieurs méthodes existantes de mesure du taux de fonte ont été étudiées et comparées au test de rendement post-traitement thermique. L'impact de divers paramètres du procédé sur le rendement a été évalué.**

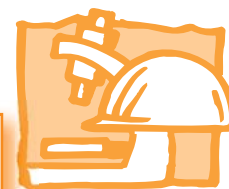
GOULLIEUX I.

CTCPA  
Département Technologie  
11 rue Marcel Luquet  
32000 AUCH



**Tableau 1**  
**SEPT MÉTHODES DE MESURE DU TAUX DE FONTE RECENSÉES DANS LA LITTÉRATURE**

	Description	Avantages (+) et inconvénients (-)
Qualimètre	Méthode mise au point par Salladre (GIE France Foie Gras) et Fourcade (Inserm). Mesure de l'impédance électrique entre deux électrodes plantées dans le foie gras. L'impédance est liée à la quantité de lipide et la fonte potentielle (lipides : mauvais conducteurs). Corrélations obtenues : 0,47 (foie gras de canard) et 0,797 (foie gras d'oie)	- pourcentage élevé d'erreur pour le foie gras de canard - effet important de la température sur la valeur de fonte, d'où la difficulté de travailler sur des foies gras chauds
RMN	Résonance magnétique nucléaire. Nécessite un spectromètre RMN à basse résolution, placé dans une pièce climatisée	+ les conditions de gavage et d'éviscération n'ont pas d'incidence sur la prédiction + analyse rapide et non destructive - coût de l'outil et manque de précision. Ce tri instrumental n'apporte pas plus de précision que le tri manuel
Test de fonte en tube à essai	Test réalisé à partir de prélèvements de foie gras (entre 5 et 10 g) obtenus par carottage dans la partie médiane du lobe droit. Les échantillons sont introduits dans des tubes à essai, puis posés sur une plaque grillagée fixée au milieu du tube. Les tubes sont placés dans un bain-marie 10 min à 80 °C. La fonte est estimée par pesage de la masse restante. Coefficient de corrélation entre ce test et le rendement de boîte stérilisée (130 g) : entre 0,84 et 0,89 (foies gras issus de l'éviscération à froid) et 0,61 et 0,75 (foies gras issus d'une éviscération à chaud) (Robin <i>et al.</i> ).	
Test pilulier	Protocole utilisé par la station expérimentale de « la ferme de l'oie » (Coulaires, 24). Prélèvement de lobes intermédiaires (10 g environ) situés entre les deux lobes principaux, puis placés dans des piluliers numérotés, pesés, puis stockés 4 heures au congélateur. Ensuite les foies sont recouverts d'huile d'olive, (limitation de la dessiccation du foie), placés en four vapeur (préchauffé à 125 °C puis 105 °C quand les foies ont atteint 100 °C à cœur). Traitement thermique pour une VS de 0,7. Mesure de la fonte à la fin du traitement thermique par pesée du foie, essuyé avec du papier absorbant.	+ test non destructif + peu de matériel : un four, des piluliers réutilisables + s'adapte au traitement thermique que l'on souhaite réaliser + mesure rapide - suivi du traitement thermique délicat - mesure à réaliser immédiatement en fin de traitement thermique : absence de souplesse - impossibilité d'avoir l'information de l'exsudat séreux - corrélation insuffisante avec le rendement
Test de fonte en poche	Test réalisé à partir d'une tranche de foie gras (50 - 100 g) prélevée dans le grand lobe. Les échantillons sont ensuite placés dans des poches plastiques fermées hermétiquement. Traitement thermique dans four vapeur préchauffé 10 min à 80 °C. Le protocole est ensuite différent en fonction des centres de recherche. - Ensat (École nationale supérieure agronomique de Toulouse) : 60 min à 70 °C au bain-marie; - pour des études de l'ADEASO (Association pour le développement agro environnemental du Sud Ouest) et au CTCPA : 60 min à 85 °C dans four vapeur	+ peu de matériel : un four et des poches + capacité de s'adapter aux différents barèmes - impossibilité de différencier fonte lipidique et liquide séreux car mesure réalisée à chaud - corrélation insuffisante avec le rendement - test destructif
Le test boîte	Test couramment employé par l'Inra de Benquet. L'échantillon (60 g) est prélevé dans le haut du lobe droit par carottage avec une incertitude de 2 g, avec un couteau ou avec une boîte transformée en emporte-pièce. L'échantillon est placé dans une boîte fer 1/12 <sup>e</sup> , ensuite sertie. Les boîtes sont placées dans l'autoclave 65 min à 105 °C. VS obtenue de 0,8. Puis placées quelques jours en chambre froide à la fin du traitement thermique. Après une semaine, les boîtes sont placées au bain-marie 1 h à 70 °C. L'exsudat lipidique redevient alors liquide, et est récupéré dans un bécher, pesé puis stocké 24 h à 4 °C pour pouvoir différencier l'exsudat séreux.	+ test se rapprochant le plus du rendement industriel dans son protocole + possibilité d'adapter le traitement thermique au besoin du marché + possibilité de prendre en compte l'exsudat lipidique et séreux - prise d'échantillon importante (60 g) test partiellement destructif - protocole long à réaliser - nécessité de matériel : sertisseuse, autoclave mais également des sondes de suivi du traitement thermique pour avoir une reproductibilité entre les expériences (effet remplissage autoclave...)
test bocal	Fabrication de verrines dans les conditions industrielles. L'échantillon de 180 g est prélevé dans le grand lobe du foie gras (sans les pointes), assaisonné (sel : 13 g/kg et poivre : 2 g/kg) puis placé dans une verrine familia wiss de 200 mL. Traitement thermique en autoclave, 90 min à 105 °C, VS obtenue : 0,8. Après stockage, le rendement est calculé suivant la méthode réglementaire.	+ fabrication des produits proches voire identiques aux produits industriels + possibilité de réaliser une dégustation à partir de ces verrines (assaisonnées) - matériel nécessaire : autoclave, machine permettant la mise sous vide, idéalement des sondes permettant le suivi de la VS ou VP, des verrines et des poches - test destructif



## MATÉRIELS ET MÉTHODES

### Validation des corrélations entre les tests de fonte et la mesure du rendement industriel

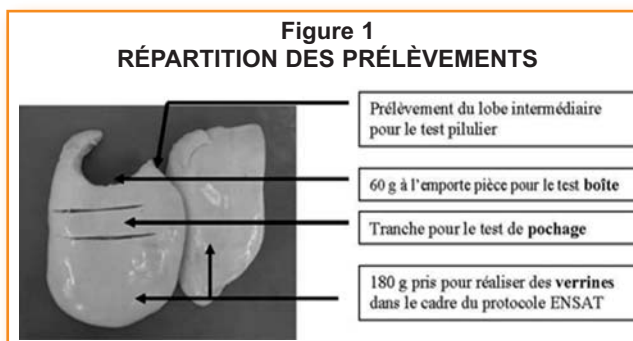
Les tests suivants ont été étudiés :

- le pilulier,
- le test de fonte en poche,
- le test boîte,
- le rendement industriel ou test bocal.

L'effet matière première est limité, puisque les différents tests de fonte sont réalisés à partir d'un même foie gras

La répartition des prélèvements est détaillée sur la Figure 1.

Les analyses sont réalisées sur 30 foies gras, issus d'une éviscération à chaud, réfrigérés rapidement et traités le matin de l'éviscération.



### Étude de l'effet des facteurs « méthodologie » sur la valeur du rendement

La deuxième partie de cette étude consiste à valider l'effet de quatre facteurs sur la fonte en travaillant sur la réponse rendement réel. Tous les foies sont différents en termes de taux de fonte, ce qui induit une grande variabilité de la matière première. Pour comparer deux méthodes, il convient de travailler sur le même foie. En effet, dans une étude précédente menée par le CTCPA, il avait été démontré qu'en utilisant un même foie, en coupant le grand lobe en quatre et en faisant deux verrines de deux morceaux chacune, on obtient dans ce cas des foies à taux de fonte équivalent. Pour comparer les méthodes entre elles, deux verrines ont été fabriquées pour chaque foie. Ces verrines présentent a priori le même taux de fonte. Sur chacune de ces verrines, le foie gras a subi un traitement thermique standard (VS de 0,8), et la méthode traditionnelle de mesure du taux de fonte a été employée. Une verrine a servi d'échantillon témoin, sur lequel on a appliqué la méthode de référence de mesure du rendement ; l'autre verrine a permis d'étudier un facteur de variation de cette méthode.

Les facteurs de variation étudiés sont décrits ci-dessous.

- **L'effet du temps d'attente entre le traitement thermique et la lecture du rendement.** Une verrine est stockée une semaine et la seconde deux mois en chambre froide.
- **L'effet de la température de lecture du rendement.** Suivant la méthode semblable au précédent essai, deux verrines sont fabriquées à partir d'un même foie. Le même traitement thermique est appliqué à ces deux verrines. Elles sont stockées à la même température. La mesure est réalisée à 4 °C pour une verrine, à température ambiante pour la seconde (comme défini dans le règlement).
- **L'effet de la température de stockage.** Il s'agit de déterminer si la température de stockage a une incidence sur le phénomène de fonte ou la mesure de la fonte. Pour chaque foie gras, deux verrines sont réalisées suivant le même protocole que précédemment. Elles subissent le même traitement thermique. L'une est stockée à 32 °C, l'autre à 4 °C pendant une semaine. Le pourcentage de fonte réel est calculé de la même manière pour les deux verrines.
- **L'effet de l'assaisonnement et du déveinage.** Deux verrines issues du même foie gras sont réalisées sur le même principe que les précédents essais (une assaisonnée et déveinée, l'autre non). Le même traitement thermique est appliqué, les verrines sont stockées à température identique et la lecture du rendement est effectuée à 4 °C une semaine après le traitement thermique.

Chaque facteur a été étudié sur 30 foies (30 verrines témoins et 30 verrines pour lesquelles on a fait varier le paramètre selon une seule modalité).

### RECENSEMENT DES DIFFÉRENTS TESTS DE FONTE

Sept méthodes de mesure des taux de fonte sont recensées dans la littérature et pratiqués en industrie ou en laboratoire :

- le qualimètre,
- la RMN (résonance magnétique nucléaire),
- le test de fonte en tube à essai,
- le test pilulier,
- le test de fonte en poche,
- le test boîte,
- le test bocal.

Les méthodes, leurs avantages et leurs inconvénients sont détaillés dans le tableau 1.

L'analyse de ces méthodes a permis de mettre en évidence des différences sensibles de protocole : taille de l'échantillon, zone de prélèvement, traitement thermique, technique de prélèvement...

Connaissant la variabilité de la fonte pour un même lot de canard, les différences de traitement thermique mis en œuvre en fonction des conditions de fonctionnement, il est impossible de comparer les résultats obtenus avec les différentes méthodes.

La précision des prédictions de fonte, obtenue à partir de ces tests, est insuffisante. Malgré tout, cette précision n'est pas rédhibitoire dans le cas où le test est utilisé comme un outil comparatif, permettant par exemple de distinguer l'effet de facteurs amont (production, procédé) sur le pourcentage de fonte. En effet, le test est alors utilisé pour comparer le caractère fondant des foies suite à des modifications avant procédé, dans le cadre de protocoles expérimentaux. Et ce qui est recherché dans ce cas, c'est une référence entre un témoin et un échantillon « test ».

Trois protocoles de test de fonte sont majoritairement exploités dans les publications :

- le pilulier,
- le test de fonte en poche,
- le test boîte.

Ces tests sont mis en œuvre sur un lot commun de matières premières. Un comparatif des résultats obtenus avec les différents tests et avec le rendement réel est réalisé de manière à déterminer les corrélations possibles.

Sur un même foie, un prélèvement est effectué pour comparer une à une les différentes méthodes. Ce comparatif est réalisé sur 30 foies.

L'objectif de cette étude est de valider la pertinence des tests utilisés en entreprise et en laboratoire, et de les comparer au test de référence qui permet de mesurer le rendement d'un foie, après traitement thermique.

## RÉSULTATS

### Comparaison tests de fonte et rendement industriel

Trois tests ont été étudiés. Les données sont analysées statistiquement par un test de comparaison de la moyenne des écarts absolus puis une analyse des coefficients de corrélation permet de mettre en évidence les meilleures corrélations.

#### Analyse statistique : coefficients de corrélation

La corrélation entre les différents tests et le rendement industriel est représentée sur les figures 2, 3 et 4.

Le test prédisant le mieux le rendement industriel est le test boîte réalisé à partir de 60 g de foie gras prélevé dans le haut du grand lobe du foie. Les résultats de fonte sont quasiment identiques au rendement. Pour les tests pilulier et poche, les coefficients de corrélation sont corrects mais les valeurs nécessitent une correction pour s'approcher au mieux du rendement.

#### La mesure du rendement réel

Les moyennes et les écarts-types pour chacune des séries sont détaillés dans les tableaux 2, 3, 4 et 5. Les tests statistiques ont été réalisés avec un seuil de confiance  $\alpha$  de 5 %.

#### Pas d'incidence du temps d'attente

Le test de Student confirme que le délai de lecture de la fonte, et donc du rendement, du produit stocké en chambre froide, n'a pas d'incidence sur la réponse (tableau 2).

#### Une influence importante de la température de lecture

Le test de Student met en évidence une différence de résultat très significative au seuil de confiance de 5 % entre une lecture de la fonte à température ambiante et une lecture à froid, qui donne une fonte plus élevée. Ce point peut être expliqué par la différence de texture de la matière grasse entre 4 °C et 20 °C et une manipulation plus aisée à froid. À 4 °C, la matière grasse se détache très facilement du foie gras alors qu'à 20 °C, elle reste collée (tableau 3).

#### La fonte augmente avec la température de stockage

Les moyennes des deux échantillons sont proches, l'écart-type est important (tableau 4).

Figure 2  
TEST DE FONTE EN POCHE

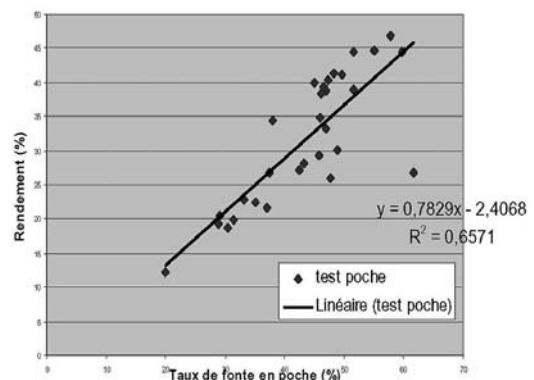


Figure 3  
TEST DU PILULIER

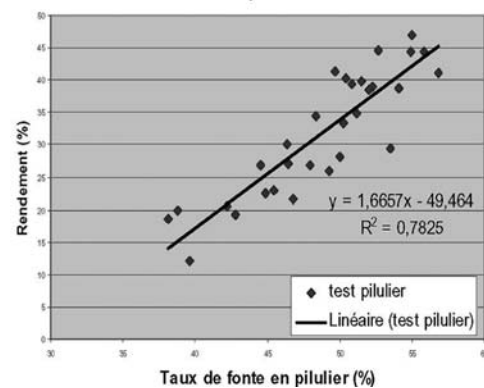
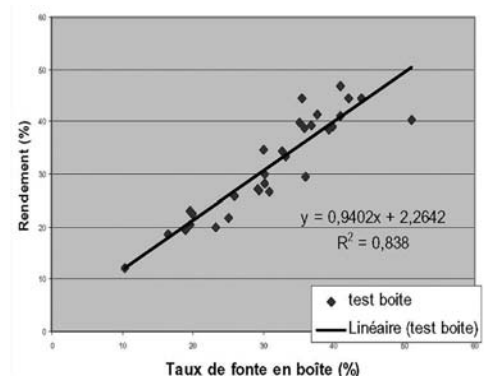


Figure 4  
TEST DE FONTE EN BOÎTE



À partir du test de Student, on détermine que le pourcentage de fonte des foies gras stockés à 32 °C est très significativement supérieur à ceux stockés à 4 °C. Ce phénomène peut être expliqué par une migration pendant la semaine de stockage des phases liquides, hors de la structure du foie.

#### Pas d'influence significative du déveinage et de l'assaisonnement

Le test de Student permet de valider que l'assaisonnement n'a pas d'incidence sur la fonte du foie gras. Il n'y a pas de différence significative en termes de fonte entre des foies gras déveinés et assaisonnés et des foies gras mis sans transformation en verri-ne (tableau 5).



## CONCLUSION

L'objectif de ce programme, développé dans le cadre de la rationalisation des méthodes d'analyses, était de recenser

**Tableau 2  
LE TEMPS D'ATTENTE N'A  
PAS D'INCIDENCE  
SUR LE RENDEMENT**

	Lecture 1 semaine	Lecture 2 mois
Moyenne	26,47	27,63
Maximum	41,09	46,10
Minimum	6,28	5,59
Ecart-type	8,83	9,91
$\alpha$	5 %	

**Tableau 3  
UNE FONTE PLUS  
IMPORTANTE POUR UNE  
LECTURE À FROID**

	Température 4 °C	Température 20 °C
Moyenne	28,43	25,87
Maximum	21,07	39,4
Minimum	14,33	13
Ecart-type	8,08	7,24
$\alpha$	5 %	

**Tableau 4  
LE STOCKAGE À 32 °C  
AUGMENTE LE  
POURCENTAGE DE FONTE**

	Stockage 4 °C	Stockage 32 °C
Moyenne	10,22	12,80
Maximum	34,67	26
Minimum	1,45	4,15
Ecart-type	7,50	6,13
$\alpha$	5 %	

**Tableau 5  
PAS D'INFLUENCE  
SIGNIFICATIVE DU DEVEINAGE  
ET DE L'ASSAISONNEMENT**

	Ni déveinés / ni assaisonnés	Déveinés / assaisonnés
Moyenne	19,51	20,16
Maximum	43,6	41,3
Minimum	3,3	5,3
Ecart-type	9,44	8,33

l'ensemble des méthodes de caractérisation de la qualité technologique du foie gras défini par le taux de fonte ou le rendement, de mieux comprendre chaque méthodologie et enfin de pouvoir les comparer au rendement réel.

Dans le secteur foie gras, les notions de fonte et de rendement sont des critères essentiels permettant de décrire l'aptitude technologique d'un foie, et de qualifier un protocole d'essai. C'est pourquoi tous les travaux mettent en œuvre des tests de fonte. Les plus utilisés à l'heure actuelle sont :

- le test du pilulier mis en œuvre dans les travaux de la Ferme de l'oie,
- le test du pochage, utilisé dans les travaux de l'ADEASO et du CTCPA,
- le test boîte utilisé par l'ENSAT,
- le test bocal qui est le rendement industriel, aujourd'hui réalisé pour tous les essais par l'ENSAT.

Après comparaison de ces quatre tests, on constate que le test boîte donne les résultats les plus proches du rendement industriel. La difficulté de réalisation de ce test concerne les équipements à mettre en œuvre et la durée nécessaire à la réalisation des boîtes et à la lecture du taux de fonte.

Le test du pilulier présente également une bonne corrélation, nécessite peu de matériel et de consommables, est simple et rapide et n'est que partiellement destructif.

Par ailleurs, l'étude des facteurs de protocole pouvant influencer les résultats rendement ou fonte a fait émerger les tendances suivantes :

- absence d'effet du temps d'attente du produit fini avant le calcul du rendement sur le résultat final;
- absence d'effet de la manipulation du foie gras (déveinage, assaisonnement) sur le rendement du produit fini;
- un effet significatif des conditions de stockage du produit fini avant la mesure du rendement. En effet, un stockage à une température de l'ordre de 30 °C augmente significativement la fonte mesurée. Ce point peut être expliqué par les migrations lentes au cours du stockage de la matière grasse, favorisées par un état majoritairement liquide à cette température de stockage;
- un effet significatif de la méthode de mesure du rendement. La difficulté à réaliser la mesure de rendement telle qu'elle est décrite dans l'arrêté a été mise en évidence. À température ambiante, la graisse est collante et il est difficile de bien séparer le foie du gras. À froid, la matière grasse se sépare par simple pression et permet une plus grande fiabilité de la mesure.

## BIBLIOGRAPHIE

- LABIE C., 1983.** Qualité du foie gras. Symposium à Toulouse.
- ROBIN N., CASTAING J., 1996.** Incidences des techniques de gavage grains entiers ou broyés sur la valeur alimentaire du maïs et les performances zootechniques des canards mulards. Deuxième journée de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras. pp. 115-120.
- ROBIN N., PEYHORGUE A., BENARD G., 2004.** Caractérisation des foies gras de canards mulards en relation avec la durée de gavage. 6<sup>e</sup> journée de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras. pp. 195-198.
- ROBIN N., CASTAING J., 2000.** Comparaison de différents modèles de distribution du maïs broyé pour le gavage des canards mulards. 4<sup>e</sup> journée de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras. pp. 121-125.
- ROUSSELOT-PAILLEY D., GUY G., GOURICHON D., SELLIER N., BLUM J.C., 1992.** Influence des conditions d'abattage et de réfrigération sur la qualité des foies gras d'oie. Inra Prod. Anim., 5 (3), pp. 167-172.
- BAUDONNET LENFANT C., AUVERGNE A., BABILE R., 1991.** Influence de la durée de jeûne avant l'abattage et du poids de la mise en gavage des canards de Barbarie sur la composition hépatique. Inra, Ann. Zootech. 40, pp. 161-170.
- BABILE R., AUVERGNE A., 1986.** Qualité des foies gras : comparaison de différentes méthodes d'appréciation de la fonte lipidique. Evolution en fonction du temps. Rec. De Méd. Vét. 162, pp. 151-156.
- GOULLIEUX I., 2005.** Quantification de la dureté et de la couleur du foie gras cru : influence des techniques de refroidissement - CT INFOS N° 56.
- ROY B., GASNIER H., 1997.** Foie gras de canard et d'oie. Aide au tri de la matière première sur site industriels. Étude RMN. Histologie - Information technique du CTCPA n°142.
- DUFOUR S., DURAND T., GALLIS J.L., VUILLAUME A., CANIONI P., 1993.** Étude par RMN à basse résolution du foie gras de canard mulard : application à la mesure du taux de fonte. 1<sup>ère</sup> journée de la Recherche sur les palmipèdes à foies gras.
- BARRAUD CL., SALLADARRE P., 1980.** La qualité du foie gras. RTVA n°160.
- BARTEL G., 1984.** Contribution à la recherche des mesures objectives de la qualité des foies gras. Th. Méd. Vét. Toulouse, n°40. p.83.
- ROBIN N., CASTAING J., 1989.** C.R. Essai 3 « Palmimaïs ».
- ROUSSELOT PAILLEY D., ROUVIER R., BARTEL G., 1993.** Méthodologie du test de fonte des foies gras. 1<sup>ère</sup> journée de la recherche foies gras.
- BAUDONNET LENFANT C., 1993.** Facteurs de variation de la composition biochimique et de la qualité technologique des foies gras de canards, Thèse, 28 p.
- ROUGIER MAÏDER, 1992.** Le Foie gras, sa qualité technologique. IUTA Biologie Appliquée, pp. 42.
- CASTAING J., ROBIN N., 1990.** Alimentation énergétique du canard mulard. Rev. Alim. Anim. 440, pp. 22-25.