



HAL
open science

Caractéristiques de la chair de la truite arc en ciel : 1- composition chimique et cellularité du muscle et des tissus adipeux

Benoit Fauconneau, J. Chmaitilly, Sylvie André, M. Cardinal, J. Cornet, J.L.
Vallet, J.P. Dumont, Michel Laroche

► To cite this version:

Benoit Fauconneau, J. Chmaitilly, Sylvie André, M. Cardinal, J. Cornet, et al.. Caractéristiques de la chair de la truite arc en ciel : 1- composition chimique et cellularité du muscle et des tissus adipeux. *Sciences des aliments = Food science: an international journal of food science and technology*, 1993, 13 (2), pp.173-187. hal-02714773

HAL Id: hal-02714773

<https://hal.inrae.fr/hal-02714773v1>

Submitted on 1 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CARACTÉRISTIQUES DE LA CHAIR DE LA TRUITE ARC EN CIEL :

1. COMPOSITION CHIMIQUE ET CELLULARITÉ DU MUSCLE ET DES TISSUS ADIPEUX

CHARACTERISICS OF RAINBOW TROUT FLESH.

1. CHEMICAL COMPOSITION AND CELLULARITY OF MUSCLE AND ADIPOSE TISSUES

B. FAUCONNEAU, Jamila CHMAITILLY, Sylvie ANDRÉ (1), Mireille CARDINAL, Josiane CORNET, J.L. VALLET (2), J.P. DUMONT, M. LAROCHE (3)

RÉSUMÉ

Certaines caractéristiques chimiques, biochimiques et cellulaires de la chair de la truite arc en ciel sont analysées. La chair des poissons est composée du muscle rouge superficiel qui est constitué de fibres (bêta rouges lentes) de petite taille et du muscle blanc profond qui représente l'essentiel de la masse musculaire et qui est constitué d'une mosaïque de petites et grandes fibres de type homogène (alpha blanches rapides). La taille moyenne des fibres musculaires augmente avec le poids de la truite. La teneur en collagène est faible (moins de 1 % du poids frais) et les variations du collagène thermosoluble semblent plus importantes que celles du collagène acidosoluble. Ce sont donc *a priori* les caractéristiques du tissu musculaire et particulièrement des protéines myofibrillaires qui peuvent conditionner la qualité de la chair. La chair de la truite de taille commerciale élevée en eau douce contient une faible proportion de lipides (moins de 10 % du poids frais) localisés essentiellement dans des tissus adipeux sous cutanés abdominaux et dorsaux. Les tissus adipeux des poissons sont constitués de deux populations de cellules : de petits adipocytes (20 à 30 microns) dont la présence reflète le développement du tissu et de grands adipocytes dont la taille augmente avec la teneur en lipides de la chair.

Mots clés : poisson, chair, qualité, muscle, lipide.

-
- (1) Institut National de la Recherche Agronomique, Laboratoire de Physiologie des Poissons, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France.
 - (2) Institut Français de Recherches sur la Mer, Division de Valorisation des Produits, rue de l'île d'Yeu, BP 1049, 44037 Nantes Cedex 01, France.
 - (3) Institut National de la Recherche Agronomique, Laboratoire d'Etude des Interactions des Molécules Alimentaires, rue de la Géraudière, BP 527, 44026 Nantes Cedex 03, France.

SUMMARY

Chemical composition and size of fibre and adipose cells in the flesh of rainbow trout were studied. The flesh of fish includes a superficial red muscle which is composed of small fibres (bêta red type) and a deep white muscle which is the main tissue and is composed essentially of a mosaic of small and large fibres (alpha white type). The mean size of muscle fibres increased with trout body weight. The amount of collagen in the flesh was low (below 1% of fresh muscle weight) and thermosoluble collagen seemed to be more variable than acid-soluble collagen. Thus, the quality of the flesh would depend on the characteristics of muscle tissues.

Lipid content in the flesh of trout of market size reared in fresh water was low (below 10% of fresh weight) and it was located in abdominal and dorsal subcutaneous adipose tissues. Adipose tissues were generally composed of two populations of adipose cells, the small adipose cells (20/30 microns) being present in developing adipose tissue and large adipocytes whose size increased with the lipid content of the flesh.

Key-words : fish, flesh, quality, muscle, lipids.

1 - INTRODUCTION

La France produit 30 000 t de truite arc en ciel, ce qui la situe au premier rang mondial des producteurs de truite (GABRIEL, 1990). Cette production est orientée essentiellement vers la truite de taille portion (250-300 g). On constate actuellement un déplacement de la production de la truite portion vers la truite filet portion (600-800 g) ainsi qu'une diversification vers la grande truite (1,5 kg). Sur ces produits, la France est directement concurrencée par d'autres pays européens (Danemark, Italie, Grande-Bretagne). Il existe également une concurrence très forte par d'autres produits comme le saumon de l'Atlantique (Norvège et Ecosse). Le contrôle et l'amélioration de la qualité de cette production sont donc nécessaires.

Les problèmes de qualité posés par la production de la truite arc en ciel concernent surtout les qualités organoleptiques et nutritionnelles de la chair, qui sont liées aux conditions d'élevage et aux modalités d'abattage et de début de transformation. Les problèmes de qualité hygiéniques et sanitaires sont par contre moins aigus que ceux posés par les produits de la pêche, car il s'agit d'un produit d'élevage (MAGNUSSEN *et al.*, 1990).

Les études disponibles démontrent que l'aptitude à la transformation et les qualités organoleptiques des salmonidés sont dépendantes de la teneur (FAURE 1989, MAGNUSSEN et ROSJO, 1989) et de la nature des lipides de la chair (BOGGIO *et al.*, 1985, FRIGG *et al.*, 1990). Ces études sont réalisées essentiellement sur des salmonidés (saumon ou truite) de grande taille. Chez la truite arc en ciel dont la taille commerciale est plus petite, il est donc important d'évaluer la variabilité de la composition chimique de la chair et son impact sur la qualité.

La teneur en lipides des salmonidés et particulièrement de la truite arc en ciel est faible comparée à celle de la viande (SAINCLIVIER, 1983). Ce sont donc *a priori* les autres composants de la chair qui conditionnent les caractéristiques de base de la chair des poissons d'élevage en eau douce, comme c'est le cas pour la plupart des poissons de mer provenant de la pêche. La teneur en collagène des poissons est faible (SATO *et al.*, 1986). Les composants myofibrillaires des salmonidés présentent les mêmes spécificités – et notamment la capacité de gélification de l'actomyosine à basse température (AUTIO *et al.*, 1989) – que celles des poissons de mer, mais il existe peu d'informations sur les caractéristiques des protéines myofibrillaires et particulièrement du complexe actomyosine en relation avec la qualité de la chair.

Nous avons tenté de définir, dans une série d'expériences, les caractéristiques de la chair de la truite arc en ciel. Nous avons analysé les caractéristiques chimiques, biochimiques (compartmentation de l'eau, teneur en collagène), histologiques (taille des fibres musculaires et des cellules adipeuses), physiques (couleur, texture) et sensorielles de la chair avec pour objectif d'analyser les relations entre ces différentes caractéristiques. Dans ce premier article sont rapportés les résultats relatifs à la composition chimique et à la cellularité des tissus qui composent la chair. La variabilité des caractéristiques de la chair sous l'effet de facteurs d'élevage susceptibles de faire varier la teneur et la nature des lipides (température, salinité, alimentation) ou les caractéristiques des composants myofibrillaires (courant) a également été analysée.

2 - MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Origine des poissons et expérimentations réalisées

Les poissons ont été élevés soit dans des piscicultures expérimentales INRA dont la température est constante (+/- 1 °C) toute l'année (18 °C : Donzacq, Landes ; 8 °C LeesAthas, Pyrénées Atlantiques) ou présente une variation annuelle de faible amplitude (13 °C +/- 5 °C : Gournay, Oise), soit dans des structures communes INRA/IFREMER d'eau douce (SEDI et SEMII Le Drenec, Finistère) et d'eau de mer (SEMII Camaret, Finistère), soit enfin dans les circuits en eau recyclée de l'INRA (Campus de Beaulieu, Rennes, Ille & Vilaine).

Pour l'étude des effets de la température d'élevage, des mesures préliminaires ont été effectuées sur des truites portion de même âge mais de cohortes différentes et élevées dans les conditions courantes des piscicultures expérimentales ayant des régimes thermiques différents (Donzacq, Gournay, Lees-Athas).

Des expériences contrôlées ont été menées sur des poissons de même âge (16-18 mois), soumis à différentes conditions d'élevage.

- *effets eau douce / eau de mer* (expérience 1) : des poissons de souches différentes sont transférés à partir du 8^e mois soit en eau de mer (Camaret) soit en eau douce (Gournay). L'expérience s'est déroulée sur 8 mois (collaboration B. CHEVASSUS, F. KRIEG, INRA Génétique, Jouy en Josas) ;

- *effets température / lipides alimentaires* (expérience 2) : des poissons de la même cohorte sont élevés à partir du 8^e mois soit à 8 °C (Lees-Athas) soit à 18 °C (Donzacq). Dans chaque site expérimental, les poissons sont nourris avec un aliment expérimental à base de farine de poisson et de tourteau de soja et supplémenté en lipides (huile de foie de morue ou huile de maïs). L'expérience s'est déroulée sur 8 mois (collaboration S.J. KAUSHIK INRA Nutrition des Poissons et G. MAISSE INRA Physiologie des Poissons)

- *effet protéines alimentaires* (expérience 3) : des poissons de la même cohorte sont alimentés pendant 12 semaines avec un aliment expérimental soit à base de farine de poisson, soit à base de concentré protéique de soja (collaboration S.J. KAUSHIK).

- *effet courant* (expérience 4) : des poissons de la même cohorte sont élevés pendant 5 semaines dans un courant modéré (1 à 1,5 Longueur de poissons) et comparés à un témoin sans courant (< 0,1 L/s).

- *effet courant* (expérience 5) : des poissons de la même cohorte sont élevés pendant 5 et 7 mois dans un courant fort (2 à 3 L/s) et comparés à un témoin sans courant (< 0,1L/s).

Enfin l'évolution des caractéristiques de la chair après abattage est suivie sur des filets de truite filet portion stockés dans la glace. L'effet de la congélation (- 20 °C) a également été testé.

Les poissons sont abattus par un choc sur la tête et saignés. Les prélèvements de tissus pour les études histologiques et d'échantillons de chair pour les analyses de composition chimique et biochimique sont réalisés à l'abattage.

2.2 Mesures réalisées

La teneur en eau est estimée par pesée après dessiccation (103 °C, 24 h) La teneur en lipides est estimée par pesée après extraction des lipides selon la méthode de BLIGH et DYER (1959). La teneur en protéines est estimée sur la fraction sèche et dégraissée selon la méthode de LOWRY *et al.* (1951).

La capacité de rétention d'eau est estimée par pesée après pression et cuisson soit selon la méthode de EIDE *et al.* (1982) soit selon la méthode de GOUTEFONGEA (1963).

Les collagènes acidosoluble et thermosoluble sont extraits (par extractions successives sur le même échantillon) selon la méthode de SATO *et al.* (1986a) et dosés par la méthode de LOWRY *et al.* (1951). Les protéines myofibrillaires sont extraites et analysées par électrophorèse sur gel d'acrylamide (gradient 6 à 16 %) en condition dénaturante (SDS 2 %) selon des méthodes décrites par ZABARI (1984).

Les tissus adipeux sous cutanés dorsaux et abdominaux sont traités et analysés selon la méthode décrite par ROBELIN (1981, 1985). Le tissu musculaire est congelé dans l'isopentane refroidi à l'azote liquide et des coupes de 15 ou 20 microns sont réalisées et colorées avec un colorant non spécifique (azorubine).

2.3 Analyses effectuées

La signification des différences observées est testée par analyse de variance, à une ou deux voies (logiciel STATGRAPHICS) selon le protocole expérimental. Les différences deux à deux sont testées par un test t de Student. Les variables exprimées en pourcentage sont transformées avant analyse en la racine carrée de leur valeur arc sinus. La comparaison des distributions est réalisée par un test de KHI-2.

3 - RÉSULTATS ET DISCUSSION

La *composition chimique* moyenne de la chair de la truite portion ou filet portion est la suivante : 70 à 80 % d'eau, 15 à 22 % de protéines et 2 à 9 % de lipides (*fig. 1*) ce qui en fait un produit peu gras et riche en protéines (KIESSLING *et al.*, 1991b).

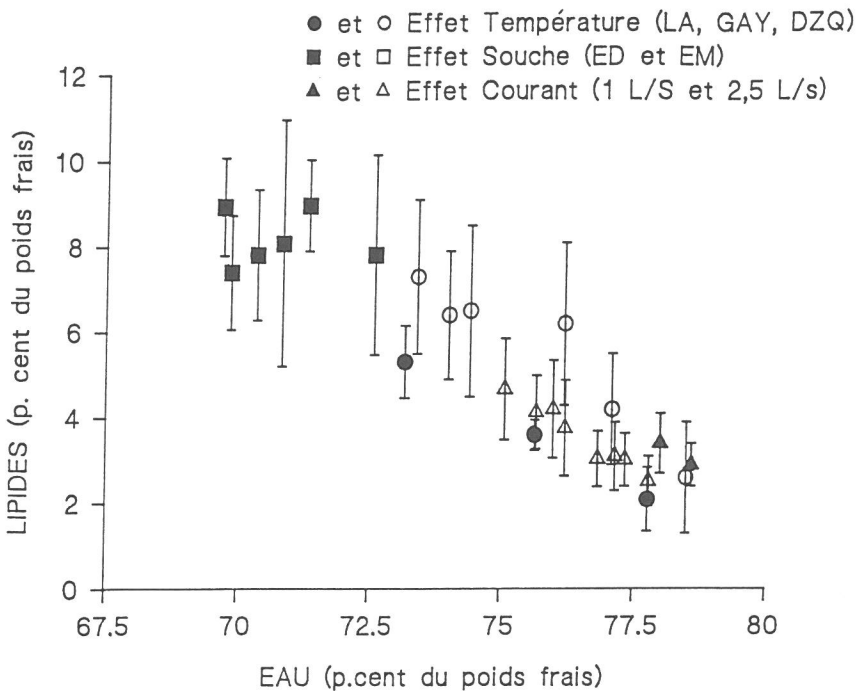


Figure 1

Relation entre la teneur en lipides et la teneur en eau de la chair de la truite arc en ciel

Relationship between lipid and water contents in rainbow trout flesh

3.1 Compartimentation de l'eau

La teneur en eau de la chair de la truite arc en ciel portion et filet portion varie de 65 à 80 % du poids frais. Sur l'échantillon cru, la capacité de rétention d'eau diminue au cours de l'installation de la *rigor mortis* puis augmente lors de sa résolution (fig. 2). Cette évolution est associée, dans les conditions de notre expérience, à une augmentation du pH de la chair. Cela traduit des réagencements dans les protéines myofibrillaires au début de phase de maturation (AZAM *et al.*, 1990). Par contre, congeler en pré ou en post-rigor (5 semaines à $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) n'a pas d'effet significatif sur la capacité de rétention d'eau.

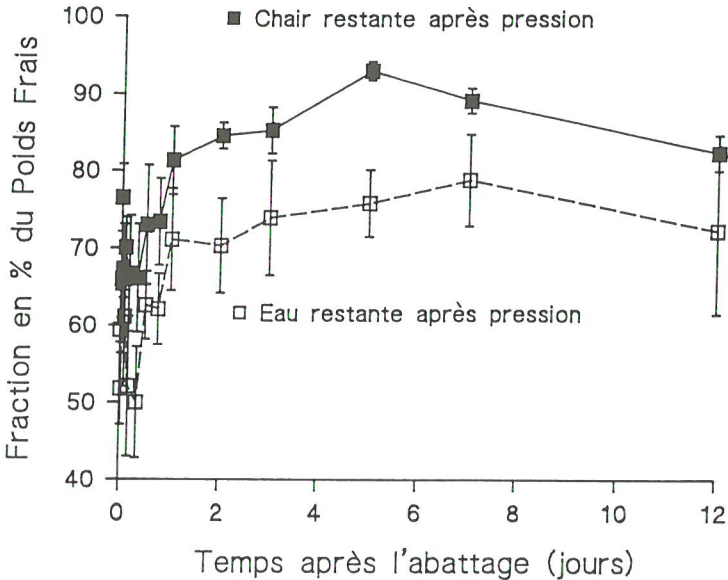


Figure 2

Evolution *post-mortem* de la capacité de rétention d'eau de la chair de la truite arc en ciel (taille portion 250-300 g)

Post mortem changes in water holding capacity of rainbow trout flesh (pan-size trout : 250-300 g)

La perte de produit à la cuisson ($70\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1 h, sous vide) est de 10 à 20 % ; la perte par pression de l'échantillon cuit est de 10 à 30 % et varie selon la température de cuisson. La fraction non extraite après pression et cuisson est donc environ de 50 à 60 % dont une partie (le tiers) est de l'eau non extraite qui représente une estimation de la capacité de rétention d'eau. La capacité de rétention d'eau diminue lorsque la température de cuisson augmente (dénaturation progressive des macromolécules), mais une transition (augmentation de la capacité de rétention d'eau) est observée à $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (fig. 3). Cette transition qui correspondrait à un réagencement à basse température des protéines musculaires et plus particulièrement des protéines myofibrillaires est spécifique de la chair des poissons (AUTIO *et al.*, 1989).

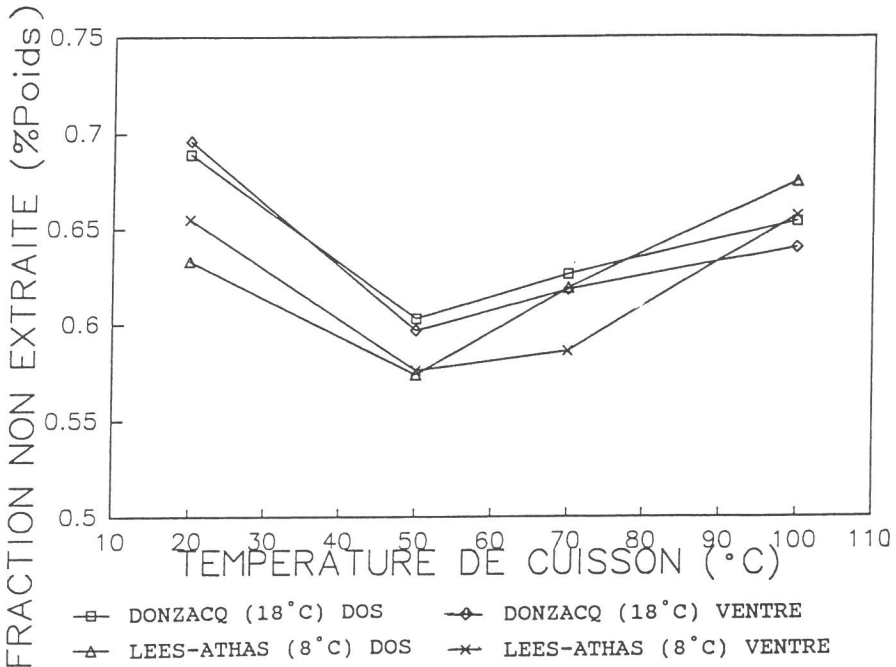


Figure 3

Evolution de la fraction non extraite après pression de la chair de la truite arc en ciel (taille portion 250-300 g) en fonction de la température de cuisson

Effect of cooking temperature on non-extractable fraction after pressing of rainbow trout flesh (pan-size trout : 250-300 g)

3.2 Caractéristiques du muscle

Les protéines présentes dans la chair sont constituées à plus 60 % par des protéines myofibrillaires (tabl. 1). Les composants myofibrillaires présents dans la chair (fig. 4) sont peu altérés par la congélation qui provoque d'une part une augmentation de l'extractibilité des protéines et d'autre part une dégradation partielle des composants comme les chaînes lourdes de la myosine (LEBLANC et LEBLANC, 1989).

Les tissus musculaires présents dans la chair sont le muscle rouge, situé sur le flanc et à la superficie du filet, et le muscle blanc qui représente la plus grosse part de la musculature squelettique. Le muscle rouge est constitué uniquement de fibres de type lent oxydatif de taille homogène : diamètre 20 à 30 microns (fig. 5a). Le muscle blanc est constitué exclusivement de fibres de type rapide glycolytique dont la taille est très variable : depuis 10-20 microns jusqu'à 200 microns (fig. 5b) (JOHNSTON, 1982). Ceci donne un aspect de mosaïque aux sections du muscle blanc. Chez la truite arc en ciel, nous n'avons pu différencier par typage histoenzymologique (activité ATPasique et SDH) les petites fibres des grandes fibres du muscle blanc. Cela confirme les résultats disponibles dans la bibliographie qui indiquent que seule la teneur

en glycogène diffère entre les petites et les grandes fibres (ROWLERSON *et al.*, 1985) Cette forte hétérogénéité de taille mais pas de type de fibres conditionne vraisemblablement la texture du muscle. La taille moyenne des fibres musculaires augmente avec le poids du poisson (*fig. 6*), mais à, un stade donné, une variabilité existe dont une part peut être attribuée à l'état nutritionnel des poissons (KIESSLING *et al.*, 1991a), mais aussi à l'état de développement du muscle.

Tableau 1

Teneur en protéines et pourcentage relatif des différentes fractions protéiques (en % des protéines totales) des muscles squelettiques de la chair de la truite arc en ciel (poids moyen 265 g). Moyenne de 5 déterminations

Table 1

Protein content and relative percentage of various protein fractions (in percent of total protein) of skeletal muscle in rainbow trout (mean body weight : 265 g.) flesh. Mean of 5 measurements.

	Muscle blanc	Muscle rouge
Protéines totales (mg/g poids frais)	182,1 (22,3)	150,5 (22,0)
<i>Fractions</i>		
Sarcoplasmiques	29,5 (0,9)	23,3 (2,7)
Mitochondriales	2,9 (0,4)	3,6 (0,6)
Nucléaires	1,4 (0,1)	3,3 (0,5)
Myofibrillaires	63,9 (5,7)	60,9 (17,2)

() Ecart-type

() Standard deviation

3.3 Caractéristiques du tissu conjonctif (collagène)

La teneur en collagène qui est situé entre les feuillettes musculaires myomères de la chair est faible : moins de 1 % dans la chair de la truite arc en ciel par le dosage de l'hydroxyproline (FAUCONNEAU résultats personnels). L'évaluation de la teneur en collagène par le dosage de l'hydroxyproline n'est toutefois pas applicable sans précaution à la chair des poissons car la teneur en hydroxyproline du collagène varie avec l'âge du poisson mais aussi avec les conditions environnementales (température d'élevage) (SATO *et al.*, 1986b). Une méthode d'extraction du collagène mis au point pour le poisson par SATO *et al.* (1986a) permet de séparer le collagène acidosoluble (0,1 % du poids frais) et le collagène thermosoluble (0,1 à 0,5 %) après extraction des protéines solubles. Dans ces conditions d'extraction, le collagène thermosoluble présente plus de variabilité que le collagène acidosoluble (*fig. 7*). Compte

tenu du manque de spécificité de la méthode d'extraction des différents types de collagène, il serait important de vérifier ces différences par d'autres méthodes (extraction enzymatique) (MONTERO and BORDERIAS, 1989).

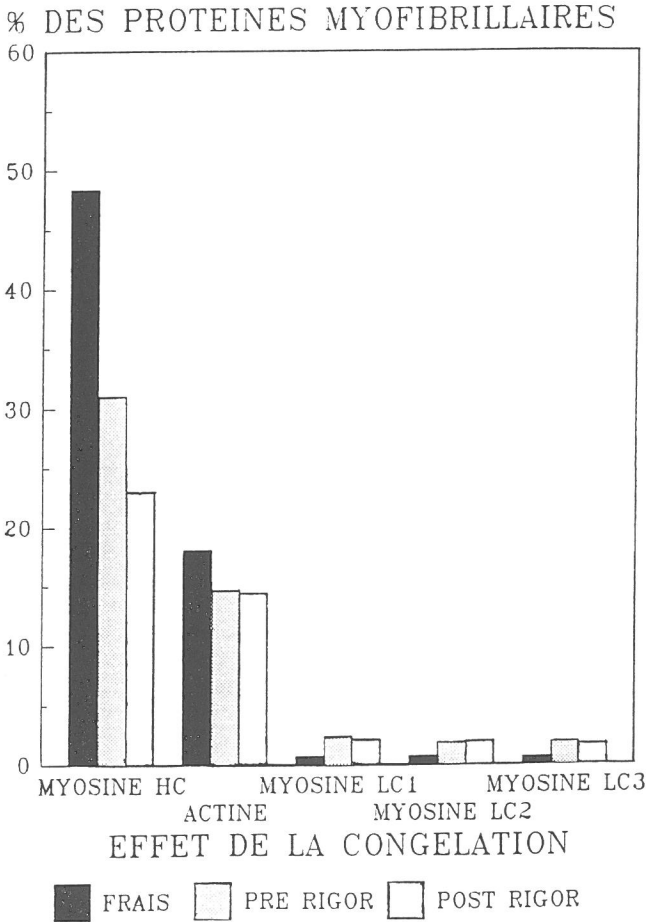


Figure 4

Effet de la congélation (5 semaines, -20°C) avant et après l'installation de la *rigor mortis* sur les proportions relatives des chaînes lourdes et des chaînes légères de la myosine et de l'actine de la chair de la truite arc en ciel. Résultats obtenus d'après l'analyse densitométrique des protéines séparées sur gels d'acrylamide en présence de SDS

Effect of freezing (5 weeks, -20°C) before and after onset of rigor mortis on relative proportion of Myosin Heavy Chains and Light Chain and of Actin in rainbow trout flesh. Results obtained from densitometric scanning of protein bands after separation on acrylamide gels in denaturing condition (SDS)

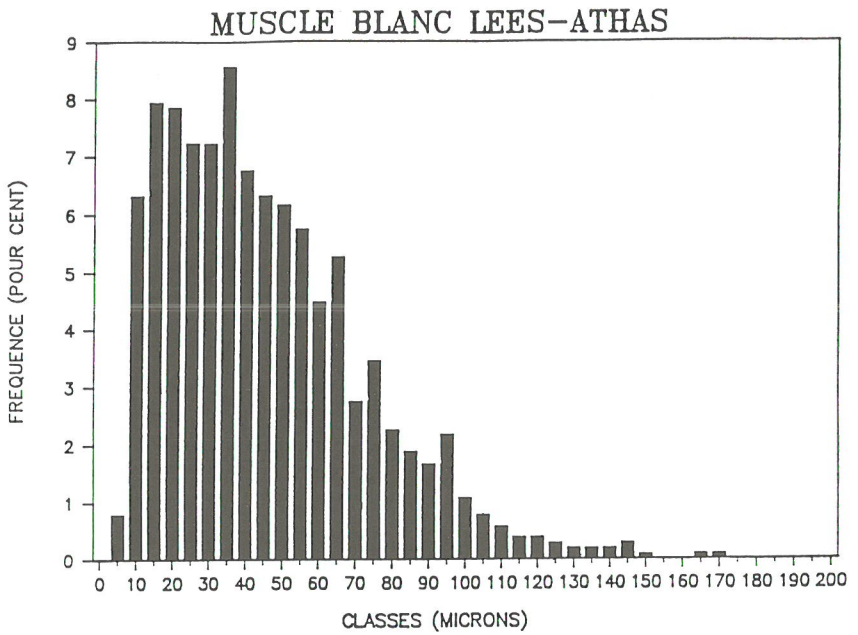
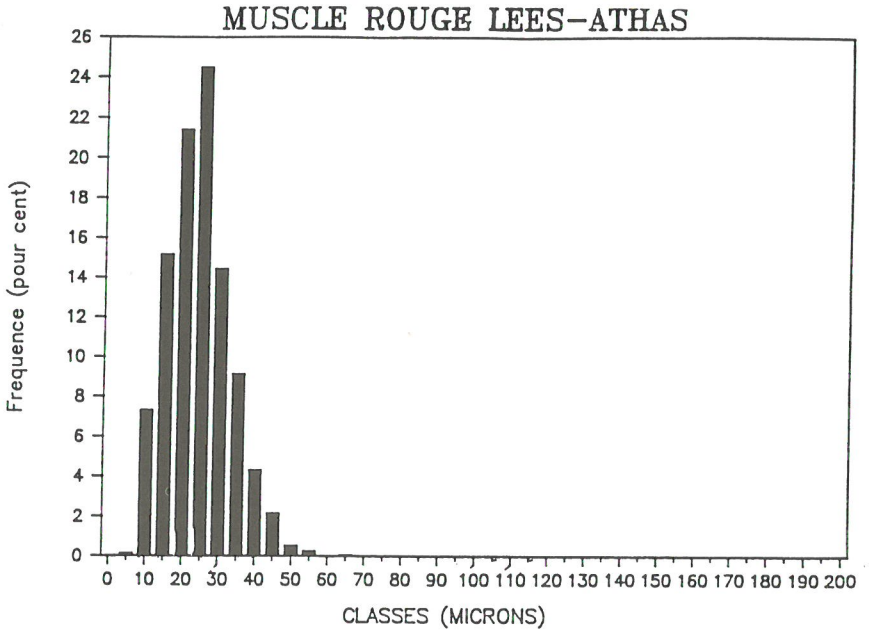


Figure 5

Distribution de la taille des fibres (diamètre équivalent en microns) du muscle rouge superficiel (5a) et du muscle blanc profond (5b) de la chair de la truite arc en ciel de taille portion

Relative distribution of fibre size (equivalent diameter in microns) in superficial red muscle (5a) and deep white muscle (5b) of pan-size rainbow trout flesh

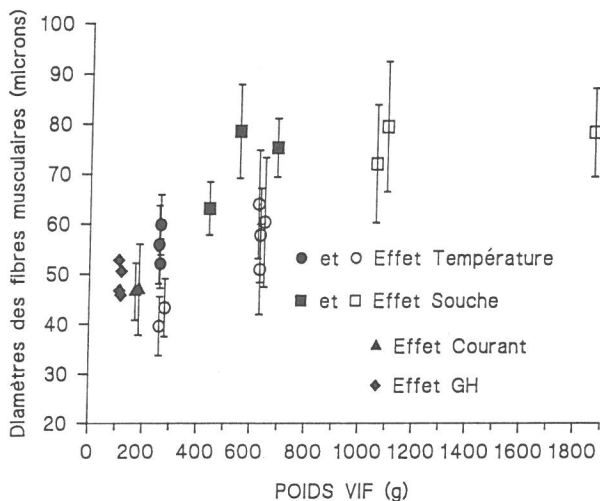


Figure 6

Relation entre la taille des fibres (diamètre moyen en microns) du muscle blanc et le poids vif chez la truite arc en ciel

Relationship between fibre size (mean diameter in micron) of white muscle and body weight in rainbow trout

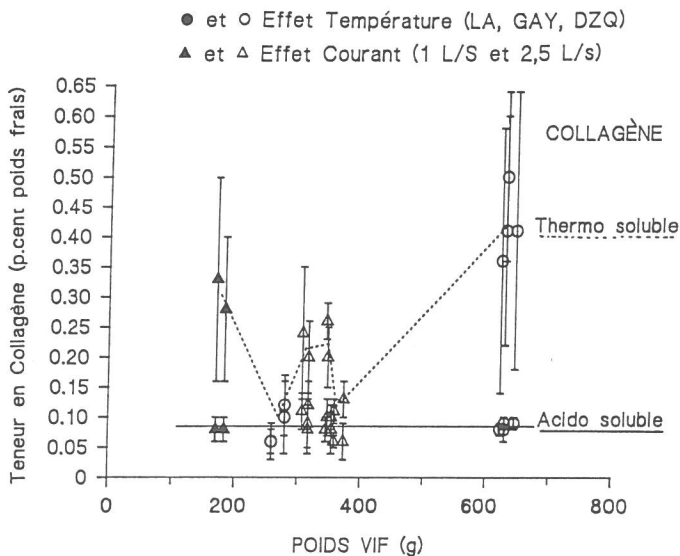


Figure 7

Teneur en collagène acidosoluble et en collagène thermosoluble (SATO *et al.*, 1986a) dans la chair de la truite arc en ciel de taille portion (200-300 g) et filet portion (600-800 g)

*Acido-soluble and thermo-soluble collagen (SATO *et al.*, 1986) in rainbow trout at two commercial size, pan-size (200-300 g) and fillet size (600-800 g)*

Les fractions de collagène extraites acidosolubles et thermosolubles conditionnent toutefois le comportement rhéologique du produit cru et cuit (SATO *et al.*, 1986a, MONTERO and BORDERIAS, 1989) et il est probable que c'est au collagène de la chair de la truite arc en ciel que peut être principalement attribuée la variabilité de la texture du produit cuit.

3.4 Caractéristiques des tissus adipeux

Les lipides présents dans la chair sont localisés dans des tissus adipeux spécifiques : tissu adipeux sous cutané dorsal et tissu adipeux sous cutané abdominal qui sont bien développés chez la truite portion et tissu adipeux intermusculaires (entre les feuillettes musculaires ou myomères) dont le développement est plus tardif (au-delà de 1 kg) (FAUCONNEAU *et al.*, 1990). Ces tissus adipeux sont anatomiquement distincts des feuillettes musculaires. Une partie des lipides est aussi stockée dans les fibres du muscle rouge (FAUCONNEAU *et al.*, 1990). La présence de graisses sous cutanées ou de dépôt de lipides dans des tissus sous cutanés (muscle rouge) est donc importante pour le comportement à la cuisson des poissons entiers (truite portion et truite de grande taille vendues en frais). Les lipides situés entre les feuillettes musculaires jouent par contre un rôle important en association avec le collagène dans la tenue des feuillettes et donc dans le comportement rhéologique de la chair.

Les tissus adipeux sont constitués de cellules adipeuses dont la taille (diamètre) varie de quelques microns (préadipocytes non analysés) à quelques centaines de microns (200 à 300 μ). La distribution de la taille des adipocytes est bimodale (*fig. 8*). La présence de petits adipocytes est associée chez les mammifères à une phase de développement du tissu adipeux (ROBELIN, 1985), un mécanisme du même type est suspecté pour les poissons (FAUCONNEAU *et al.*, 1990). La taille moyenne des adipocytes et plus spécifiquement celle des adipocytes de grande taille augmente avec la teneur en lipides du filet (*fig. 9*).

Lorsque la teneur en lipides est élevée, la taille moyenne des adipocytes augmente peu. Cela traduit peut être une stimulation importante du développement hyperplasique des tissus adipeux chez les poissons de grande taille. Des phases de développement des tissus adipeux peuvent ainsi être définies par l'importance de l'hyperplasie dans ces tissus. Les conséquences des différences de cellularité des tissus adipeux sur l'aptitude à la transformation et la qualité de la chair ne sont toutefois pas évidentes à évaluer.

4 - CONCLUSION

La chair de la truite contient peu de collagène et ses caractéristiques sont peu variables. Au travers de l'étude de la cellularité des muscles et particulièrement du muscle blanc dont la taille des fibres est très hétérogène mais dont le typage (blanc rapide) est homogène, il peut être supputé une grande varia-

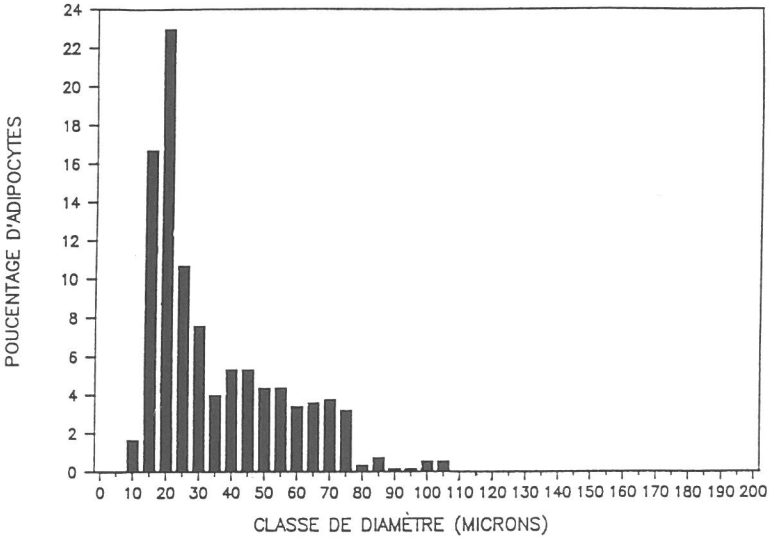


Figure 8

Distribution de la taille des cellules (diamètre en microns) du tissu adipeux sous cutané abdominal associé à la chair de la truite arc en ciel de taille portion

Relative distribution of cell size (diameter in microns) of abdominal subcutaneous adipose tissue related to pan-size rainbow trout flesh

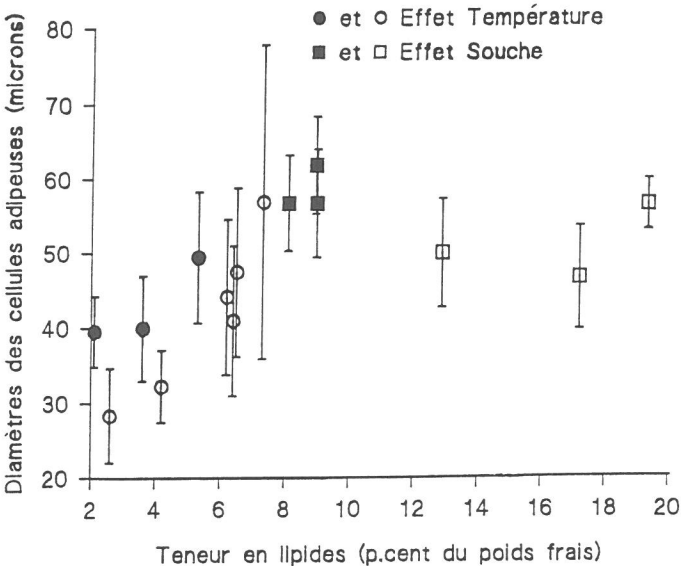


Figure 9

Relation entre la taille (diamètre moyen en microns) des adipocytes du tissu adipeux sous cutané dorsal et la teneur en lipides de la chair de la truite arc en ciel

Relationship between size (mean diameter in microns) of adipocytes in dorsal subcutaneous adipose tissue and lipid content of the flesh in rainbow trout

bilité de composants myofibrillaires majeurs de la chair. Il est donc intéressant de confronter les caractéristiques du muscle aux caractéristiques physiques et sensorielles de la chair. Cette comparaison fait l'objet d'un autre article (FAUCONNEAU *et al.*, 1993).

La chair de la truite arc en ciel de taille portion et filet portion a une faible teneur en lipides. Ces lipides sont présents dans des tissus adipeux spécifiques associés à la chair. Le développement de ces tissus adipeux se fait par augmentation de la taille des cellules adipeuses présentes mais aussi par hyperplasie. C'est surtout le tissu adipeux abdominal qui se développe aux stades étudiés. L'impact des lipides sur la qualité de la chair de la truite est difficile à évaluer.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé grâce au soutien financier du MRT dans le cadre du programme Sources Alimentaires 89-G-0214 et de l'INRA dans le cadre du programme AGROBIO.

Manuscrit reçu le 10 décembre 1991, accepté le 27 octobre 1992.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUTIO K., KIESVARRA M., POLVINEN K., 1989. Heat-induced gelation of minced rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Effect of pH, sodium chloride and setting. *J. Food Sci.*, **54**, 805-810.
- AZAM K., MACKIE I.M., SMITH J., 1990. The effect of slaughter method on the quality of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) during storage on ice. *Int. J. Food Sci. Tech.*, **24**, 69-79.
- BLIGH E.G., DYER W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37**, 912-917.
- BOGGIO S.M., HARDY R.W., BABBITT J.K., BRANNON E.L., 1985. The influence of dietary lipid source and alpha-tocopherol acetate level on product quality of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, **51**, 13-24.
- EIDE O., BORESSEN T., STROM T., 1982. Minced fish production from capelin (*Mallo-*
- tus villosus*). A new method for gutting, skinning and removal of fat from small fatty fish species. *J. Food Sci.*, **47**, 347-350.
- FRIGG M., PRABUCKI A.L., RUHDEL E.U., 1990. Effect of dietary vitamin E in oxidative stability of trout filets. *Aquaculture*, **84**, 145-158.
- FAUCONNEAU B., CORRAZE G., LEBAIL P.Y., VERNIER J.M., 1990. Les lipides de dépôt chez les poissons d'élevage : contrôle cellulaire, métabolique et hormonal. *INRA Prod. Anim.*, **3**, 369-381.
- FAUCONNEAU B., CHMAITILLY J., ANDRE S., CARDINAL M., CORNET J., VALLET J.L., DUMONT J.P., LAROCHE M., 1993. Caractéristiques de la chair de truite arc en ciel-II. Composantes physiques et sensorielles. *Sci. Aliments*, **13**, 189-199.
- FAURE A., 1989. Effet des techniques d'élevage sur les caractéristiques du produit

et l'aptitude de la truite arc en ciel à la transformation. *Piscic. Fr.*, **86**, 44-47.

GABRIEL R., 1990. Une étude de marché de la truite portion en Europe, *Piscic. Fr.*, **102**, 4-100.

GOUTEFONGEA R., 1963. Comparaison de différentes méthodes de mesure du pouvoir de rétention d'eau de la viande de porc. Liaison avec le pH. *Ann. Zoot.*, **12**, 125-132.

JOHNSTON I.A., 1982. Physiology of muscle in hatchery raised fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, **73**, 105-124.

KISSLING A., STOREBAKKEN T., ASGARD T., KIESSLING K.H., 1991a. Changes in the structure and function of the epaxial muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, **93**, 335-356.

KISSLING A., ASGARD T., STOREBAKKEN T., JOHANSSON L., KIESSLING K.H., 1991b. Changes in the structure and function of the epaxial muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to ration and age. III Chemical composition. *Aquaculture*, **93**, 373-387.

LEBLANC E.L., LEBLANC R.J., 1989. Separation of cod (*Gadus morhua*) fillet proteins by electrophoresis and HPLC after various frozen storage treatments. *J. Food Sci.*, **54**, 827-834.

LOWRY O.H., ROSEBROUGH N.J., PARR A.L., RANDALL R.J., 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, **193**, 265-270.

MAGNUSSEN M.S., ROSJO C., 1989. Different fats in feed for salmon. Influence on sensory parameters, growth rate and fatty acids in muscle and heart. *Aquaculture*, **79**, 129-135.

MAGNUSSEN M.O., NORDTVEDT, T.S., NAKSTAD N.K., 1990. The cold chain for

fresh farmed norwegian salmon. In : *Refrigération et congélation des nouveaux produits à base de poissons*, 195-200, Institut du Froid, Paris.

MONTERO P., BORDERIAS J., 1989. Distribution and hardness of muscle connective tissue in hake (*Merluccius merluccius L.*) and trout (*Salmo trutta L.*). *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, **189**, 530-533.

ROBELIN J., 1981. Cellularity of bovine adipose tissues : developmental changes from 15 to 65 percent of mature weight. *J. Lipid Res.*, **22**, 452-457.

ROBELIN J., 1985. Cellularité des différents dépôts adipeux des bovins en croissance. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **25**, 211-214.

ROWLERSON A., SCAPOLO P.A., MAS-CARELLO F., CARPENE E., VEGGETTI A., 1985. Comparative study of myosins present in the lateral muscle of some fish : species variations in myosin isoforms and their distribution in red, pink and white muscle. *J. Muscle Res. Cell Mot.*, **6**, 601-640.

SAINCLIVIER M., 1983. L'industrie alimentaire halieutique. Vol 1, Le poisson matière première. *Bull. Sci. Tech.* ENSA et Centre de Recherches de Rennes.

SATO K., YOSHINAKA R., SATO M., YUKATA S., 1986a. A simplified method for determining collagen in fish muscle. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **52**, 889-893.

SATO K., YOSHINAKA R., MAMORU S., YUKATA S., 1986b. Collagen content in the muscle of fishes in association with their swimming movement and meat texture. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **52**, 1595-1600.

ZABARI M., 1984. Contribution à l'étude du polymorphisme de la myosine du muscle squelettique chez les animaux de boucherie. Thèse 3^e cycle Univ. Clermont-Ferrand.