



HAL
open science

Déterminisme biologique de la qualité des poissons

Florence Lefèvre, Jérôme Bugeon

► **To cite this version:**

Florence Lefèvre, Jérôme Bugeon. Déterminisme biologique de la qualité des poissons. 12. Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes, Oct 2008, Tours, France. hal-02752892

HAL Id: hal-02752892

<https://hal.inrae.fr/hal-02752892v1>

Submitted on 3 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.

DETERMINISME BIOLOGIQUE DE LA QUALITE DES POISSONS

LEFEVRE F., BUGEON J.

INRA, UR1037, SCRIBE, IFR 140, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes cedex France

Introduction

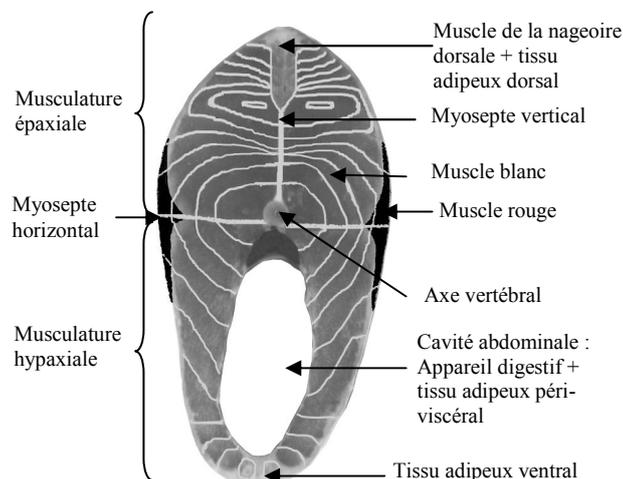
Le terme de "qualité", qu'il s'agisse de poisson ou de tout autre produit, intègre de nombreuses caractéristiques, dont l'étude relève de domaine de compétences très variées, et dont le déterminisme recouvre tous les paramètres de la production, de la transformation et de l'acheminement jusqu'au consommateur. Les qualités concernent des aspects sanitaires, technologiques, nutritionnelles et organoleptiques. La qualité sanitaire revêt l'absence de parasites, de polluants, de biomolécules toxiques ou de microorganismes pathogènes pour l'homme. C'est la qualité première qui conditionne la consommation. Elle est déterminée par l'environnement de vie des poissons, la qualité de l'aliment ou de la chaîne alimentaire, et le respect de règles sanitaires lors de la transformation et sur l'ensemble de la chaîne de distribution. Les qualités technologiques des carcasses sont déterminées par la morphologie des animaux, la répartition des tissus et leur composition. La qualité nutritionnelle est quant à elle directement associée à la composition de la chair en macro- et en micronutriments. Pour finir, les qualités organoleptiques rassemblent l'ensemble des perceptions sensorielles que l'on peut avoir du produit, et peuvent être décomposées en des caractéristiques d'aspect ou de couleur, de flaveur, et de texture du produit. Les déterminants de ces trois types de perceptions peuvent être, ou non, de nature biologique.

L'objectif de cette synthèse est de passer en revue les déterminismes, d'origine biologique, des qualités technologiques, nutritionnelles et organoleptiques des poissons. Nous examinerons également l'impact de quelques leviers d'action, qui en modifiant les déterminants de la qualité, peuvent affecter les caractéristiques des produits et permettre ainsi d'envisager une maîtrise de la qualité des poissons en élevage.

Qualités technologiques des carcasses

De nombreuses espèces de poissons sont vendues après plusieurs étapes successives de découpe : l'éviscération, le filetage/parage/pelage et éventuellement le tranchage en darnes ou en pavés. Minimiser les pertes à chacune de ces étapes est un enjeu important, sachant par exemple que la valeur du filet est trois fois plus importante que celle du poisson entier. La connaissance du déterminisme de ces rendements est donc essentielle afin d'envisager leur maîtrise. Une illustration de l'organisation globale des poissons ronds est présentée dans la Figure 1.

Figure 1 : Schéma d'une darne de truite permettant de visualiser l'organisation macroscopique des tissus musculaires, conjonctif, et adipeux.



- Eviscération

La première étape de découpe (sauf pour les petits poissons vendus entiers) est l'éviscération qui consiste à éliminer les organes internes (tube digestif, foie, rate, cœur...) et les tissus adipeux péri-viscéraux. Il s'agit d'une étape importante pour la bonne conservation du produit, les risques d'autolyse des parois musculaires par les enzymes digestives, et de contamination de la chair par la flore fécale étant importants. Le rendement à l'éviscération appelé aussi rendement carcasse (poids carcasse/poids vif) est très variable entre espèces et corrélé négativement avec le rendement en viscères. La proportion de viscères peut aller jusqu'à plus de 20% chez une espèce comme la morue et la truite arc-en-ciel ou être inférieure à 10% chez une espèce comme le saumon Atlantique ou le flétan. Ces différences sont notamment liées au mode de dépôt de lipides de ces espèces. Ainsi si la morue dépose essentiellement des lipides dans le foie (jusqu'à 12% du poids vif de l'animal), la truite arc-en-ciel va les déposer dans le tissu adipeux péri-viscéral et dans une moindre

mesure le muscle, ces deux espèces vont donc présenter des pertes importantes au moment de l'éviscération. Le saumon Atlantique dépose lui une grande quantité de lipides dans le muscle et moins dans le foie et les viscères, il présente donc moins de pertes à l'éviscération. Pour une même espèce comme la truite arc-en-ciel la proportion de viscères est assez variable (coefficient de variation de 15%) (Kause et al., 2007). La variabilité de la proportion de viscères est liée à celle du développement des tissus adipeux périviscéraux comme cela a été montré chez la bar (Haffray et al., 2007). Ce tissu présente une allométrie de croissance positive par rapport au poids vif chez la truite arc-en-ciel immature (Weatherley and Gill 1983). Ce sont toutefois des tissus de réserves qui peuvent être utilisés lors de période de jeûne (Bugeon et al., 2004; Einen et al., 1998) et lors de la maturation sexuelle. Il s'agit de plus d'un caractère héritable ($h^2=0,58$ chez la truite arc-en-ciel) (Kause et al., 2007) ce qui permet d'envisager son amélioration par sélection génétique.

- Filetage

Après l'éviscération, le filetage consiste à séparer les masses musculaires de la carcasse (tête et axe vertébral). Le rendement filetage varie également selon les espèces, allant de 35% à 62% du poids vif. Les rendements en filet ne dépendent pas de la forme générale des poissons puisque des espèces de poissons ronds comme la morue et le saumon peuvent avoir des rendements très différents (35-40% et 55-60%, respectivement) (Jobling et al., 1994), tandis que des espèces de morphologie très différente comme le saumon (rond) et le flétan (plat) peuvent présenter des rendements comparables et élevés (60%). Pour une même espèce comme la truite arc-en-ciel ou le silure le coefficient de variation (CV) du rendement en filet est faible (3,85 et 5% respectivement) comparé par exemple à celui du poids vif (23% et 18%) (Haffray et al., 1998 ; Kause et al., 2007). L'allométrie de croissance du muscle est supérieure à 1, par exemple 1,05 pour la carcasse étêtée chez la carpe (Goolish et Adelman, 1988, cité par Fauconneau et al., 1995). D'ailleurs l'augmentation supérieure de la masse musculaire par rapport à celle du reste du corps se traduit par une augmentation du coefficient de condition (poids/longueur³) des poissons au cours de leur croissance. Les différences de rendement en filets peuvent être reliées à des différences de morphologie externe et d'épaisseurs de parois musculaires internes. Chez le saumon, le rendement en filet est lié à la fois à la taille des poissons et à leur forme, les poissons les plus grands et les plus épais présentant les meilleurs rendements. Il existe toutefois une morphologie "optimale" car par exemple au-delà d'un coefficient de condition de 1,5 le rendement au filetage décroît (Rora et al., 2001). La relation entre rendement en filet et morphologie externe a été démontrée chez le poisson chat (Bosworth et al., 2001; Dunham et al., 1985), la carpe (Cibert et al., 1999 ; Fauconneau et al., 1997) et le bar d'Amérique (Bosworth et al., 1998). Chez le poisson chat, la combinaison de mesures internes d'épaisseur musculaire par échographie avec des mesures externes permet d'améliorer nettement la prédiction des rendements par rapport à l'utilisation de mesures externes seules (Bosworth et al., 2001 ; Dunham et al., 1985). Selon les études, le rendement de filetage est un caractère faiblement à moyennement héritable. Une sélection directe et indirecte à l'aide d'un index comprenant le rendement à l'éviscération, le volume relatif de la tête et le rendement en filet étant une stratégie qui permet d'obtenir le meilleur gain (Kause et al., 2007). La morphologie présente toutefois une grande plasticité environnementale, par exemple des saumons maintenus en élevage présentent des têtes et des pédoncules caudaux plus petits mais un corps plus épais que leurs congénères sauvages (Cramon-Taubadel et al., 2005).

- Parage/pelage

Les dernières étapes de découpe consistent à éliminer les tissus osseux (arêtes), adipeux (sous cutanés dorsaux et ventraux) et la peau. Le rendement au parage est donc lié au développement de ces tissus. Toutefois du fait probablement de l'élimination simultanée de tissus musculaires et d'une découpe destinée à obtenir un filet de format "standard", les corrélations entre surface de tissus adipeux et rendement au parage sont faibles ($r=0,19$). Ainsi, une meilleure prédiction de ce rendement est obtenue lorsque l'on introduit un indicateur morphologique comme le coefficient de condition, ce qui montre que ce rendement est sous la dépendance de plusieurs caractéristiques de l'animal (Rora et al., 1998). Des méthodes plus fines de quantification des dépôts adipeux en IRM couplées avec des mesures morphologique devraient permettre d'affiner ces prédictions.

- Transformation

Pour finir, une fois le filet obtenu, la transformation comme la cuisson ou les étapes de salage et fumage présentent des rendements influencés par les caractéristiques initiales du produit. Ainsi, les rendements au salage sont inversement corrélés à la teneur en lipides du filet (Morkore et al., 2001; Rora et al., 1998), du fait d'une moindre teneur en eau des filets les plus gras. La morphologie du filet a également une influence, les filets les plus épais donnant les meilleurs rendements (Morkore et al., 2001), du fait d'un meilleur rapport masse/surface.

Un autre aspect qui dépend de la morphologie des poissons est l'aptitude du produit à subir les étapes de découpe comme le tranchage. Les machines à trancher peuvent être réglées pour obtenir des tranches de poids égal, et ajustent alors l'épaisseur de la tranche. Les poissons présentant des filets très hauts donnent des tranches plus fines pouvant poser des problèmes de tenue. Les poissons avec des filets très hauts ou très épais peuvent donc être moins adaptés aux étapes de tranchage mécanique, mais ces difficultés pratiques rencontrées par les transformateurs ne font toutefois pas encore l'objet de projet de recherche.

Les rendements à la cuisson dépendent de la composition des filets, mais aussi des propriétés fonctionnelles des protéines musculaires, qui vont déterminer la capacité de rétention d'eau. Ces caractéristiques sont très variables d'une espèce de poisson à l'autre.

Qualité nutritionnelle de la chair

La chair de poisson est, d'un point de vue nutritionnel, un produit carné, et présente donc des qualités nutritionnelles proches de la viande. Ces qualités nutritionnelles ont été largement décrites (Médale, 2004), et ne seront donc que brièvement résumées ici. La chair de poisson est composée de 70 à 80 % d'eau, de 16 à 22 % de protéines, a une teneur très variable en lipides et contient des quantités négligeables de glycogène (Médale et al., 2003).

La teneur en protéines de la chair de poisson varie peu d'une espèce à l'autre. Elle augmente progressivement lors de la croissance pour se stabiliser à une valeur proche de 20% peu sensible à des modifications par l'alimentation. La teneur en protéines du muscle ne peut être altérée que lors de longue période de jeune, par exemple au moment de la reproduction chez certaines espèces. La composition en acides aminés des protéines de poissons est équilibrée, et la teneur en acides aminés essentiels est comparable à celle de la viande.

La teneur en lipides de la chair varie fortement d'une espèce à l'autre, en raison de sites de stockage préférentiels des réserves lipidiques variables selon l'espèce. La composition lipidique du muscle est le paramètre qui différencie le plus la chair de poisson par rapport à la viande des animaux terrestres. De plus, les lipides sont les constituants qui sont soumis aux variations les plus fortes tant en quantité qu'en composition. Les lipides de réserve sont constitués essentiellement par des triglycérides caractérisés par une proportion élevée d'acides gras polyinsaturés (AGPI) de la série n-3 (Médale et al., 2003). La teneur en lipides de la chair de poisson est sous le contrôle de facteurs nutritionnels (en particulier la teneur en lipides de l'aliment) (Médale et al., 2003), et par des facteurs génétiques (Quillet et al., 2005). La composition en acides gras des lipides de la chair reflète celle des lipides alimentaires c'est à dire celle de la chaîne alimentaire pour les poissons sauvages issus de la pêche, et celle des huiles incorporées dans le régime pour les poissons d'élevage (Médale et al., 2003).

L'apport en micronutriments (caroténoïdes, vitamines, minéraux et oligo-éléments) de la chair de poissons varie fortement d'une espèce à l'autre en fonction de leur alimentation et de leur milieu de vie, mais peut être particulièrement intéressant pour certains éléments comme le phosphore (pour revue : Médale et al., 2003 ; Médale, 2004)

Qualités organoleptiques de la chair

La qualité sensorielle de la chair de poisson fraîche est difficile à évaluer de par une odeur et une saveur subtiles, une texture plutôt molle, et une jutosité limitée par rapport à la viande (Fauconneau et Laroche, 1996).

- La couleur et l'aspect

Si la majorité des poissons que l'on consomme sont à chair blanche, la **couleur** rose-orangée est caractéristique des salmonidés (truites, saumon) et constitue un critère de qualité important. Cette coloration est liée à la fixation dans le muscle de pigments caroténoïdes: l'astaxanthine et/ou la cantaxanthine, précurseurs de la vitamine A. Ce critère de qualité est essentiel car immédiatement appréciable par le consommateur et il a donc une grande influence sur la décision d'achat. Il est nécessaire que cette pigmentation soit d'intensité suffisante et la plus homogène possible au sein d'un filet. En atelier de transformation, les défauts de coloration constituent 39% des déclassements pour défaut de qualité chez le saumon Atlantique (Michie 2001). Les poissons ne peuvent synthétiser les pigments caroténoïdes, leur présence dépend donc de l'apport alimentaire (Choubert 1992). En élevage la nature et la concentration de pigment sont adaptées dans la formulation des aliments afin d'obtenir une couleur attractive pour le consommateur. Le pigment majeur incorporé dans l'aliment est l'astaxanthine, sa capacité de rétention par la truite est proportionnelle à la teneur en pigments de l'aliment jusqu'à un plateau (1mg/100g) au delà duquel l'animal ne peut plus fixer de pigments. Cette capacité de rétention dépend de facteurs endogènes comme la digestibilité des pigments caroténoïdes, leur absorption par l'intestin, leur transport sanguin par les lipoprotéines, leur métabolisme et leur fixation aux fibres musculaires (Nickell and Springate 2001). Lors de la maturation sexuelle les pigments musculaires sont mobilisés et se concentrent dans les ovaires pour la femelle et la peau chez le male ce qui provoque une décoloration importante du muscle. Le niveau de rétention des pigments dépend également de facteurs exogènes comme la source de pigments, le taux de lipides de l'aliment, ou la durée d'administration (Choubert 2001). L'aptitude à la pigmentation présente un déterminisme génétique avec des valeurs d'héritabilité (h^2 pour $L^*=0,58$; $C=0,46$; $H=0,36$) qui permettent d'introduire ce critère dans les schémas de sélection (Kause et al., 2008). L'astaxanthine se fixe de manière non spécifique sur les sites hydrophobes des protéines musculaires comme le complexe acto-myosine (Henmi et al., 1987) et également d'autres protéines (Saha et al., 2006). La capacité de pigmentation des poissons serait liée à la présence ou non de mécanismes de transport de ces pigments du sang vers le muscle (Saha et al., 2006).

La couleur de la chair n'est toutefois pas uniquement liée à celle de la concentration en pigments. Ainsi la mesure de la composante rouge (a^*) ne donne qu'une estimation imprécise de la teneur en pigments (Ronsholdt 2005) ce qui laisse supposer que ce paramètre est influencé par d'autres facteurs. Il a ainsi été démontré que la structure du muscle en terme de densité de fibres musculaires permettait d'expliquer entre 27 et 44% des différences de couleur et ce, indépendamment de la teneur en pigment (Johnston et al., 2000). Les poissons présentant une forte densité de fibres musculaires présentent une chair plus colorée du fait d'une plus forte pénétration de la lumière dans la chair.

Un autre paramètre lié à la couleur mais plus global est l'**aspect** des filets. Le faible niveau de rétention des pigments dans les tissus adipeux par rapport aux fibres musculaires permet d'obtenir un contraste de couleur entre les tissus adipeux (blanc) et le muscle pigmenté et d'apprécier ainsi visuellement la présence des zones riches en lipides. C'est le cas notamment pour les myoseptes (cloison de tissu conjonctif) qui peuvent être infiltrés de nombreux adipocytes (Zhou

et al., 1995) et contribuer à la perception visuelle de l'aspect gras de la chair. Les adipocytes sont également présents entre les faisceaux de fibres au niveau du périnysium et participent au "persillage" de la chair. Bien que ce critère ne soit pas évalué directement, on sait toutefois que la luminosité de la chair est corrélée avec la teneur en lipides et la surface des myoseptes (Marty-Mahe et al., 2004).

Le "gaping" est un défaut d'aspect (et de texture) des filets qui présentent des ouvertures des feuillettes musculaires. Cette ouverture est engendrée par la rupture des myoseptes et/ou de l'interface myomère/myosepte c'est-à-dire de la jonction myotendineuse. Il est plus particulièrement prononcé sur la partie dorsale du filet. Il concerne des espèces comme la morue et les salmonidés. Il s'agit d'un défaut qui génère jusqu'à 38% des causes de déclassement car il rend délicat la transformation mécanique des poissons (tranchage difficile) et altère l'appréciation du produit par le consommateur. Ses causes exactes sont encore mal connues et son déterminisme probablement multifactoriel (biologique et technologique). Il s'agit d'un phénomène saisonnier, avec un degré d'incidence plus élevé au printemps et en été (Morkore et Rorvik 2001). La caractérisation des éléments matriciels a montré une implication possible des glycosaminoglycannes. Ainsi une espèce ne présentant pas de gaping comme le loup tacheté contient plus de chondroïtine sulfate alors qu'une espèce comme la morue qui présente plus de gaping possède plus d'heparanne sulfate (Tingbo et al., 2005). Une forte proportion de collagène insoluble est associée à une moindre apparition de gaping (Bjornevik et al., 2004; Espe et al., 2004). Mais d'autres caractéristiques du muscle et du poisson ont également une influence. Ainsi la densité en fibre musculaire est négativement corrélée avec le degré de gaping (Bjornevik et al., 2004; Johnston et al., 2002). La teneur en cuivre (cofacteurs de la lysyl oxydase) circulante est inversement corrélée avec le degré de gaping (Morkore et Austreng 2004). Enfin les poissons triploïdes présentent plus de gaping que les diploïdes (Bjornevik et al., 2004). En revanche aucun effet de la vitesse de croissance ou de la teneur du régime en vitamine C n'a été observé (Johnston et al., 2007).

- La flaveur

La chair de poisson a globalement une flaveur assez neutre. Les composés déterminants de la flaveur de la chair de poisson sont, en ce qui concerne la saveur, les acides aminés libres, les peptides, les acides organiques, les bases quaternaires ammoniaquées et les minéraux (Haard, 1992). Ces composés sont souvent en concentration plus importante chez les poissons sauvages, que chez les poissons d'élevage, ce qui leur confère un goût plus prononcé (Haard, 1992). En ce qui concerne l'odeur, les composés d'arômes volatiles sont dérivés de l'oxydation des acides gras polyinsaturés qui pourraient donc être à l'origine des saveurs spécifiques des poissons (Haard, 1992). Les poissons d'eau douce et d'eau de mer ont des composés volatils différents (Haard, 1992).

En dehors des différences entre espèces, le déterminisme de la flaveur de la chair de poisson est essentiellement d'origine environnementale. Ainsi, la présence "d'off-flavor" (odeur de moisi associée à un goût de vase) chez certains poissons d'eau douce a été bien décrite chez les poissons d'élevage et est due à la présence dans la chair de géosmine et d'isobornéol, produits par des micro-organismes présents dans le milieu (Fauconneau et Laroche, 1996; Robin et al., 2006). La flaveur de la chair des poissons d'élevage peut également être influencée par la teneur en lipides du muscle, et par la nature de l'aliment, en particulier par la nature des lipides et donc l'origine des matières premières.

- La texture

La texture est une perception complexe qui intègre des critères de fermeté mais aussi de jutosité ou de fibrosité. La texture de la chair de poisson est déterminée par (1) la composition, quantité et nature des composants protéiques de la structure myofibrillaire et du tissu conjonctif ainsi que la quantité de lipides intramusculaires, et par (2) l'organisation tridimensionnelle des principaux composants musculaires que sont la structure contractile et les tissus conjonctifs de soutien.

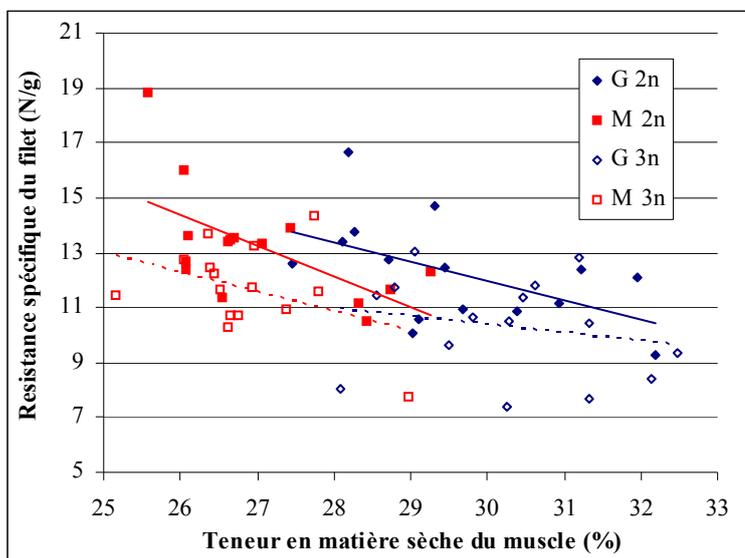
En ce qui concerne la composition, une corrélation positive a pu être établie entre la résistance mécanique de la chair crue et la teneur en collagène (principal constituant du tissu conjonctif) en comparant différentes espèces de poissons (Hatae et al., 1986 ; Sato et al., 1986). Après cuisson, une relation inverse est généralement observée du fait de la labilité thermique du collagène de poisson. Néanmoins, cette relation entre quantité de collagène et résistance mécanique de la chair n'est pas systématiquement observée. Plus récemment, une relation entre le degré de cross-link du collagène et la résistance mécanique a été démontrée sur des filets de saumon crus (Li et al., 2005). Au-delà de la quantité et des propriétés du collagène, l'organisation tridimensionnelle des fibrilles de collagène conditionne également la résistance de la structure conjonctive (Ando et al., 1992).

Du fait de la faible teneur en collagène de la chair de poisson et de sa faible stabilité thermique, on peut penser qu'une part importante du déterminisme de la fermeté revient aux fibres musculaires et aux protéines myofibrillaires, surtout pour le produit cuit. Les poissons ont une modalité de croissance musculaire originale par rapport à la plupart des animaux terrestres. La persistance d'une croissance hyperplasique, en plus de la croissance hypertrophique, tout au long de la vie de l'animal a pour conséquence d'observer une structure mosaïque du muscle, avec la coexistence de fibres de taille de très variées. Des comparaisons interspécifiques ont montré sur le produit cuit une relation inverse entre le diamètre des fibres musculaires et la fermeté de la chair (Hatae et al., 1990 ; Hurling et al., 1996), ainsi les poissons qui présentent les plus petites fibres présentent une chair plus ferme que ceux qui ont des fibres musculaires de diamètre moyen plus important. Une relation du même type, avec une fermeté supérieure chez les animaux ayant les fibres les plus petites, a été obtenue sur le saumon fumé et des filets crus de truite fario et arc-en-ciel (Johnston et al., 2000 ; Bugeon et al., 2003; Lefevre et al., 2008a). Toutefois d'autres auteurs ne trouvent pas de relation significative entre la taille des fibres et la texture chez le saumon et la morue (Bjornevik et al., 2003 ; Sigurgisladottir et al., 2000). Une telle

corrélation a été obtenue sur le produit cuit en comparant des bars d'élevage et sauvage (Periago et al., 2005) mais dans une autre étude aucune corrélation significative n'a été observée chez le bar d'élevage soumis à différentes températures d'incubation (Lopez-Albors et al., 2008). La relation intra-spécifique entre la taille des fibres et la texture du produit cuit n'est donc pas systématiquement observée, et peut dépendre des modalités de mesures de la texture.

La teneur en lipides de la chair de poisson est un élément déterminant des critères sensoriels d'hydratation. Ainsi, la chair des poissons les plus gras est perçue comme plus humide et plus juteuse (Robb et al., 2002 ; Lefevre et al., 2006). Par contre, une relation entre teneur en lipides et résistance mécanique n'est pas systématiquement observée. Quand une relation est mesurée, elle va dans le sens d'une moindre fermeté pour la chair des animaux les plus gras (Robb et al., 2002; Lefevre et al., 2006) (Figure 2).

Figure 2 : Illustration de l'effet de l'origine génétique (lignée et ploïdie) et de l'adiposité, sur la texture. Relation entre la teneur en matières sèches (corrélée à la teneur en lipides) et la résistance mécanique de la chair chez des truites arc-en-ciel sélectionnées depuis 4 générations sur la teneur en lipides musculaires. G : lignée Grasse, M : lignée Maigre. 2n : animaux diploïdes; 3n : animaux triploïdes. n=15.



Les déterminants biologiques de la texture de la chair de poisson sont donc souvent identifiés par comparaison de différentes espèces, ou entre individus d'une même espèce en faisant varier les caractéristiques musculaires en fonction de différents facteurs d'élevage, génétiques, nutritionnels ou environnementaux. Un dernier niveau de variation est observé à l'intérieur même d'un filet où l'on mesure un gradient antéropostérieur croissant de fermeté, et une plus grande résistance de la partie dorsale du filet comparée à la partie ventrale. L'augmentation antéropostérieure de la fermeté peut être reliée à une proportion croissante de muscle rouge et de tissu conjonctif, une taille moyenne des fibres musculaires plus faible en partie caudale, et une teneur en lipides du muscle blanc décroissante. La moindre fermeté de la partie ventrale du filet peut également être reliée à la plus forte présence de tissu adipeux dans la musculature qui entoure la cavité abdominale.

Les leviers d'action

- génétiques

L'origine génétique des poissons est un déterminant biologique majeur de tous les aspects de la qualité décrits précédemment, puisqu'elle détermine en partie la morphologie des animaux, leur composition corporelle, et la répartition ou l'organisation des tissus. Ainsi, l'étude de nombreuses familles de poissons d'élevage, essentiellement des salmonidés, a permis de montrer que des critères morphologiques, l'état d'engraissement, la couleur de la chair ou la densité des fibres musculaires du muscle blanc étaient des caractères héréditaires. Par contre pour le moment très peu de sélections génétiques sur des critères de qualité, autres que les rendements, ont, été réalisées. La teneur en lipides musculaires peut être sélectionnée chez la truite arc-en-ciel sans modifier l'engraissement global des animaux et permet ainsi une certaine maîtrise des qualités nutritionnelles (Quillet et al., 2005). Le plus souvent, la qualité est analysée comme une réponse corrélée, suite à une sélection sur d'autres critères. La comparaison de ces génotypes distincts révèle souvent des différences de qualités résultant des modifications des caractéristiques musculaires. Par exemple, une sélection divergente sur la réponse au stress produit des animaux dont toutes les caractéristiques (croissance, morphologie) sont distinctes et qui ont donc des qualités différentes (Lefevre et al., 2008b). La difficulté avec une sélection monocritère sur un paramètre de qualité est qu'elle ne correspond pas à la réalité de la sélection des producteurs qui doivent préserver dans leur schéma de sélection de multiples critères de qualité de leur souche d'élevage.

Un cas particulier, chez les poissons, de l'influence du génotype sur la qualité, est la production à l'échelle commerciale d'animaux triploïdes pour s'affranchir des effets négatifs de la maturation sexuelle sur la qualité de la chair. Les animaux triploïdes ont, comparés aux diploïdes, des caractéristiques souvent différentes en ce qui concerne leur morphologie, leur niveau d'engraissement, et leurs caractéristiques musculaires, avec en particulier des fibres musculaires plus grosses qui conduisent à une texture moins ferme.

- nutritionnels

Le niveau de rationnement des poissons a un effet sur la qualité en conditionnant la croissance globale et musculaire, et donc les caractéristiques structurales du muscle, et l'adiposité des animaux. Le niveau de rationnement a montré avoir un effet sur l'intensité du goût de la chair de truite arc-en-ciel, qui peut être relié à la teneur en lipides (Johansson et al., 2000). A l'extrême, une longue période de jeûne augmente les rendements en carcasse en diminuant l'adiposité des poissons, mais altère les propriétés organoleptiques en conduisant à une texture plus ferme mais moins juteuse (Regost et al., 2001 ; Bugeon et al., 2004).

La nature de l'aliment fourni aux poissons est le déterminant principal de la qualité nutritionnelle du produit. En particulier, la composition de l'aliment (teneur en lipides et en énergie) conditionne le niveau d'engraissement global (et donc les rendements) et la teneur en lipides de la chair (et donc la qualité nutritionnelle par le niveau d'apport en acides gras poly-insaturés). Comme évoqué précédemment, la nature des acides gras de l'aliment conditionne la composition en acides gras de la chair et donc sa valeur nutritionnelle. Le remplacement des farines et des huiles de poissons par d'autres matières premières, et en particulier par des matières premières d'origine végétale, peut affecter les qualités organoleptiques de la chair, en particulier sa couleur (Liu et al., 2004, Menoyo et al., 2004), parfois sa flaveur (Luzzana et al., 2003), et peut ou non affecter la texture selon les études (Regost et al., 2003; Menoyo et al., 2004).

La maîtrise de la quantité et de la nature de pigments caroténoïdes dans l'aliment est le premier déterminant de la couleur de la chair chez les salmonidés (Choubert, 1992).

- environnementaux

L'influence des paramètres environnementaux sur la qualité des poissons est parfois difficile à mettre en évidence car cela nécessite des expérimentations souvent très longues, où tous les paramètres d'élevage sont rigoureusement contrôlés sur toute la durée. De plus certains effets observés peuvent résulter d'un différentiel de croissance provoqué par le traitement. Néanmoins, certains facteurs environnementaux ont montré avoir un effet sur la qualité.

L'exercice musculaire, induit chez les poissons par l'application d'un courant plus ou moins rapide, modifie la morphologie des animaux, les rendements et la composition. Au niveau musculaire, une vitesse de nage plus importante induit une hypertrophie des fibres musculaires et modifie certaines caractéristiques du collagène, et peut ainsi affecter certains paramètres de texture (Bugeon et al., 2003).

Les poissons étant poïkilothermes, leur température de vie conditionne leur vitesse de croissance et donc les caractéristiques de leur musculature. Au-delà de cet effet sur la croissance, la température de vie peut modifier, à taille égale, les caractéristiques métaboliques et contractiles du muscle et donc la qualité. Ces modifications peuvent aller, chez certaines espèces comme la carpe, jusqu'à l'expression d'isoformes thermo-dépendantes de protéines contractiles telles que la myosine, qui vont conditionner le comportement à la cuisson du produit. Plus généralement, quand on compare différentes espèces ayant des préférences thermiques variés, on observe que la stabilité thermique des protéines myofibrillaires et du collagène est corrélée à la température de vie de l'espèce (Sikorski et al., 1984 ; Poulter et al., 1985). Paradoxalement très peu d'études rapportent, chez une même espèce, des effets de la température d'acclimatation qui soient indépendants d'un effet sur la croissance (Lopez-Albors et al., 2008). Néanmoins, un effet de la température a été démontré sur la proportion de muscle rouge, et donc sur la qualité des carcasses, chez la sparte dorée (Zhang et al., 1996) , et sur la couleur et la texture des filets chez l'omble chevalier (Gines et al., 2004).

Le niveau d'oxygène dissout dans l'eau est de première importance pour les poissons et une hypoxie sévère a des conséquences sur l'ensemble de la biologie des poissons et menace leur survie. Néanmoins, des niveaux d'oxygène, proche de la normoxie, peuvent également affecter le tissu musculaire. Ainsi, l'augmentation de l'oxygène dissout, de 76% à 117% de la saturation, augmente la masse musculaire, évaluée par le rendement en filets, et la proportion de muscle rouge chez la truite arc-en-ciel (Lefevre et al., 2007). Les conséquences sur la qualité de la chair sont moins notables, avec néanmoins une moindre résistance mécanique de la chair, pour les faibles déformations, pour les poissons élevés à 76% de saturation en oxygène (Lefevre et al., 2008a) (Tableau 1).

Tableau 1 : Illustration des effets d'un facteur externe sur les caractéristiques musculaires. Effet du niveau d'oxygène de l'eau sur le rendement en filets, l'épaisseur relative de muscle rouge, et la résistance mécanique de la chair chez la truite arc-en-ciel au stade portion (400g). NS : non significatif ($p > 0,05$), * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$, *** : $p < 0,001$, $n = 24$.

Niveau d'oxygène	76%	98%	117%	Effet du niveau d'oxygène
Rendement filetage (%)	48,7 ± 4,2 b	50,7 ± 3,4 a	51,3 ± 2,4 a	*
Epaisseur relative de muscle rouge (%)	41,4 ± 8,2 b	41,3 ± 7,3 b	49,8 ± 11,0 a	***
Résistance mécanique à faible déformation (N/g)	1,15 ± 0,17 b	1,31 ± 0,21 a	1,34 ± 0,18 a	**
Résistance spécifique (forte déformation) (N/g)	15,3 ± 3,1	16,6 ± 2,9	16,3 ± 3,1	NS

La photopériode peut modifier la croissance globale et musculaire de certaines espèces de poissons. En conséquences de ces effets sur la croissance, des effets sur la composition corporelle et la qualité de la chair sont le plus souvent observés (Nordgarden et al., 2003 ; Johnston et al., 2004).

Une des limites des études en conditions contrôlées, dans un contexte expérimental, est qu'elles sont le plus souvent monofactorielles, c'est-à-dire qu'elles ne s'intéressent qu'aux variations d'un seul facteur (origine génétique, aliment, ...) à la fois, alors que les différents facteurs peuvent agir en synergie et/ou en interaction. Une façon d'aborder cette difficulté est de mettre en place des protocoles multifactoriels permettant de hiérarchiser l'influence de plusieurs facteurs et d'étudier leurs interactions simultanément (Gardeur et al., 2007).

Conclusions

Les poissons présentent, du point de vue de la qualité, un certain nombre de particularités qui concernent aussi bien la qualité nutritionnelle de leur chair, de par sa composition, que les qualités sensorielles de par ses originalités structurales et dans les propriétés de certains de ses composants. Les caractéristiques qualitatives des poissons, comme de leur chair, ont un déterminisme biologique majeur, souligné en particulier par l'importance de l'effet de l'origine génétique des animaux sur la qualité. Néanmoins les poissons, comme leurs produits dérivés, sont des denrées fragiles. La maîtrise de toutes les étapes *peri-mortem*, pré-abattage, les conditions d'abattage elles-mêmes, et les conditions de conservation *post-mortem*, doivent être totalement maîtrisées pour conserver les caractéristiques qualitatives initiales du produit résultant de l'ensemble des conditions de production.

Références bibliographiques

- Ando M., Toyohara H., Sakaguchi M., 1992. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58, 1361-1364.
- Bjornevik M., Karlsen O., Johnston I.A., Kiessling A., 2003. *Aquac. Res.*, 34, 55-64.
- Bjornevik M., Espe M., Beattie C., Nortvedt R., Kiessling A., 2004. *J. Sci. Food. Agric.*, 84, 530-540.
- Bosworth B.G., Libey G.S., Notter D.R., 1998. *J. World Aquacult. Soc.*, 29, 40-50.
- Bosworth B.G., Holland M., Brazil B.L., 2001. *J. Anim. Sci.*, 79, 1483-1490.
- Bugeon J., Lefevre F., Fauconneau B., 2003. *Aquac. Res.*, 34, 1287-1295.
- Bugeon J., Lefevre F., Fauconneau B., 2004. *J. Sci. Food. Agric.*, 84, 1433-1441.
- Choubert G., 1992. *INRA-Prod. Anim.*, 5, 235-246.
- Choubert G., 2001. In "Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans", eds. J. Guillaume, S. Kaushik, P. Bergot et R. Métailler, Springer Praxis, Chichester, UK., 183-196.
- Cibert C., Fermon Y., Vallod D., Meunier F.J., 1999. *Aquat. Living Resour.*, 12, 1-10.
- Cramon-Taubadel N., Ling E.N., Cotter D., Wilkins N.P., 2005. *J. Fish Biol.*, 66, 1471-1482.
- Dunham R., Joyce J., Bondari K., Malvestuto S., 1985. *Prog. Fish-Cul.*, 47, 169-175.
- Einen O., Waagan B., Thomassen M.S., 1998. *Aquaculture*, 166, 85-104.
- Espe M., Ruohonen K., Bjornevik M., Froyland L., Nortvedt R., Kiessling A., 2004. *Aquaculture*, 240, 489-504.
- Fauconneau B., Alami-Durante H., Laroche M., Marcel J., Vallot D., 1995. *Aquaculture*, 129, 265-297.
- Fauconneau B., Laroche M., 1996. *Aquat. Living Resour.*, 9, 165-179.
- Fauconneau B., Bobe J., Pereira V., Vallod D., 1997. *J. Morphol.*, 232, 253.
- Gardeur J.N., Mathis N., Kobilinsky A., Brun-Bellut J., 2007. *Aquaculture*, 273, 50-63.
- Gines R., Valdimarsdottir T., Sveinsdottir K., Thorarensen H., 2004. *Food Qual. Prefer.*, 15, 177-185.
- Haard N.F., 1992. *Food Res. Int.*, 25, 289-307.
- Haffray P., Vauchez C., Vandeputte M., Linhart O., 1998. *Aquat. Living Resour.*, 11, 341-345.
- Haffray P., Pincet C., Dupont-Nivet M., Vandeputte M., Merdy O., Chavanne H., Chatain B., 2007. *Aquaculture*, 272, S265.
- Hatae K., Tobimatsu A., Takeyama M., Matsumoto J.J., 1986. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 52, 2001-2007.
- Hatae K., Yoshimatsu F., Matsumoto J.J., 1990. *J. Food Sci.*, 55, 693-696.
- Henmi H., Iwata T., Hata M., Hata M., 1987. *Tohoku J. Agric. Res.*, 37, 101-111.
- Hurling R., Rodell J.B., Hunt H.D., 1996. *J. Text. Stud.*, 27, 679-685.
- Jobling M., Meløy O.H., Santos J., Christiansen B., 1994. *Aquac. Int.*, 2, 75-90.
- Johansson L., Kiessling A., Kiessling K.H., Berglund L., 2000. *Food Qual. Prefer.*, 11, 247-254.
- Johnston I.A., Alderson R., Sandham C., Dingwall A., Mitchell D., Selkirk C., Nickell D., Baker R., Robertson B., Whyte D., Springate J., 2000. *Aquaculture*, 189, 335-349.
- Johnston I.A., Manthri S., Alderson R., Campbell P., Mitchell D., Whyte D., Dingwall A., Nickell D., Selkirk C., Robertson B., 2002. *Aquaculture*, 210, 259-283.
- Johnston I.A., Manthri S., Bickerdike R., Dingwall A., Luijckx R., Campbell P., Nickell D., Alderson R., 2004. *Aquaculture*, 237, 281-300.
- Johnston I.A., Bickerdike R., Li X.J., Dingwall A., Nickel D., Alderson R., Campbell P., 2007. *Aquaculture*, 265, 148-155.
- Kause A., Paananen T., Ritola O., Koskinen H., 2007. *J. Anim. Sci.*, 85, 3218-3227.
- Kause A., Stien L.H., Rungruangsak-Torrissen K., Ritola O., Ruohonen K., Kiessling A., 2008. *Livest. Sci.*, 114, 315-324.
- Lefevre F., Bugeon J., Cardinal M., Labbé L., Médale F., Quillet E., 2006. *V.P.C. Sp. Issue 11^{èmes} JSMTV*, 217-218.
- Lefevre F., Aubin J., Louis W., Labbe L., Bugeon J., 2007. *Cybio*, 31, 237-243.

- Lefevre F., Bugeon J., Auperin B., Aubin J., 2008a. *Aquaculture*, sous presse.
- Lefevre F., Cos I., Pottinger T.G. Bugeon J., 2008b. Poster 12^{èmes} JSMTV.
- Li X.J., Bickerdike R., Lindsay E., Campbell P., Nickell D., Dingwall A., Johnston I.A., 2005. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 6844-6850.
- Liu K.K.M., Barrows F.T., Hardy R.W., Dong F.M., 2004. *Aquaculture*, 238, 309-328.
- Lopez-Albors O., Abdel I., Periago M.J., Ayala M.D., Alcazar A.G., Gracia C.M., Nathanailides C., Vazquez J.M., 2008. *Aquaculture*, 277, 39-51.
- Luzzana U., Scolari M., Dall'Orto B.C., Caprino F., Turchini G., Orban E., Sinesio F., Valfre F., 2003. *J. Appl. Ichthyol.*, 19, 74-78.
- Marty-Mahe P., Loisel P., Fauconneau B., Haffray P., Brossard D., Davenel A., 2004. *Aquaculture*, 232, 225-240.
- Medale F., 2004. V.P.C., Sp. Issue 10^{èmes} JSMTV, 87-93.
- Medale F., Lefevre F., Corraze G., 2003. *Cahier de Nutrition et Diététique*, 38, 37-44.
- Menoyo D., Izquierdo, M.S., Robaina L., Gines R., Lopez-Bote C.J., Bautista J.M., 2004. *Brit. J. Nutr.*, 92, 41-52.
- Michie I., 2001. In "Farmed Fish Quality" eds. S.C. Kestin et P.D. Warriss). Oxford, UK: Fishing news Books, 129-136.
- Morkore T., Vallet J.L., Cardinal M., Montero R., Torrissen O.J., Nortvedt R., Sigurgisladdottir S., Thomassen M.S., 2001. *J. Food Sci.*, 66, 1348-1354.
- Morkore T., Austreng E., 2004. *Aquaculture*, 230, 425-437.
- Morkore T., Rorvik K.A., 2001. *Aquaculture*, 199, 145-157.
- Nickell D.C., Springate J.R.C., 2001, In "Farmed Fish Quality", eds. S.C. Kestin et P.D. Warriss, 58-75.
- Nordgarden U., Ornsrud R., Hansen T., Hemre G.I., 2003. *Aquacult. Nutr.*, 9, 161-168.
- Periago M.J., Ayala M.D., Lopez-Albors O., Abdel I., Martinez C., Garcia-Alcazar A., Ros G., Gil F., 2005. *Aquaculture*, 249, 175-188.
- Poulter R.G., Ledward D.A., Godber S., Hall G., Rowlands B., 1985. *J. Food Technol.*, 20, 203-217.
- Quillet E., Le Guillou S., Aubin J., Fauconneau B., 2005. *Aquaculture*, 245, 49-61.
- Regost C., Arzel J., Cardinal M., Laroche M., Kaushik S.J., 2001. *Aquaculture*, 193, 325-345.
- Regost C., Arzel J., Cardinal M., Rosenlund G., Kaushik S.J., 2003. *Aquaculture*, 220, 737-747.
- Robb D.H.F., Kestin S.C., Warriss P.D., Nute G.R., 2002. *Aquaculture*, 205, 345-358.
- Robin J., Cravedi J.P., Hillenweck A., Deshayes C., Vallod D., 2006. *Aquaculture*, 260, 128-138.
- Ronsholdt B., 2005. *Aquac. Res.*, 36, 519-524.
- Rora A.M.B., Kvale A., Morkore T., Rorvik K.A., Steien S.H., Thomassen M.S., 1998. *Food Res. Int.*, 31, 601-609.
- Rora A.M.B., Morkore T., Einen O., 2001. In "Farmed Fish Quality" eds. S.C. Kestin et P.D. Warriss, 249-260.
- Saha M.R., Ross N.W., Olsen R.E., Lall S.P., 2006. *Comp. Biochem. Physiol.*, 144B, 488-495.
- Sato K., Yoshinaka R., Sato M., Shimizu Y., 1986. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 52, 1595-1600.
- Sigurgisladdottir S., Sigurdardottir M.S., Torrissen O., Vallet J.L., Hafsteinsson H., 2000. *Food Res. Int.*, 33, 847-855.
- Sikorski Z.E., Scott D.N., Buisson D.H., 1984. *Crit. Rev. Food Sci Nutr.*, 301-343
- Tingbo M.G., Kolset S.O., Ofstad R., Enersen G., Hannesson K.O., 2005. *Comp. Biochem. Physiol.*, 140B, 349-357.
- Weatherley A.H., Gill H.S., 1983. *J. Fish Biol.*, 22, 43-60.
- Zhang G.X., Swank, D.M., Rome L.C., 1996. *J. Morphol.*, 229, 71-81.
- Zhou S., Ackman R.G., Morisson C., 1995. *Fish Physiol. Biochem.*, 14, 171-178.