

Diversification, domestication et qualité des produits aquacoles

Le développement de l'aquaculture est associé à une diversification tant des espèces que des systèmes d'élevage et des produits. La diversification exploite les effets conjugués d'adaptations biologiques et d'innovations techniques et technologiques. L'élevage de nouvelles espèces implique, par exemple, l'adaptation d'organismes vivants à des pressions sélectives nouvelles, liées aux caractéristiques de milieu, aux techniques et pratiques d'élevage, et l'adaptation conjuguée du système d'élevage aux caractéristiques de l'espèce. L'identification et l'analyse des démarches rationnelles mises en œuvre dans

la diversification - notamment la diversification des espèces - permettraient d'envisager des démarches génériques applicables à de nouvelles situations.

L'adaptation des organismes aux contraintes nouvelles de l'élevage met en œuvre différents processus biologiques qui aboutissent à long terme à une domestication des espèces sélectionnées pour la diversification. La connaissance de ces processus biologiques et la mise en évidence de mécanismes généraux permettraient également d'envisager un accompagnement voire une maîtrise de la domestication dans les démarches liées à la diversification.

Résumé

La diversification en aquaculture, qu'elle soit liée au système, à l'espèce ou au produit, nécessite une gestion parallèle de la qualité des produits. Cet article fait le point sur les démarches qui ont été ou sont mises en œuvre pour accompagner la domestication de nouvelles espèces de poisson (carpe, saumon, poisson-chat, bar, poissons plats). Il passe également en revue les informations disponibles sur les principales caractéristiques des produits susceptibles d'être exploitées dans une démarche générique sur la qualité des produits en accompagnement de la diversification.

La première démarche vise à acquérir une connaissance générale du produit, à identifier ses caractéristiques spécifiques, à élaborer une mesure simplifiée de la qualité globale du produit et/ou des caractéristiques spécifiques et, enfin, à rechercher les conditions optimales pour l'expression de ces caractéristiques spécifiques. Cette dernière étape pourrait être optimisée en mettant en œuvre des approches multifactorielles permettant de hiérarchiser les effets des différents facteurs testés sur la qualité.

Une seconde démarche est mise en œuvre si la domestication induit des modifications des caractéristiques du produit préjudiciables à sa valorisation. Ces défauts sont semblables à ceux observés dans d'autres filières animales (état d'engraissement, défaut de texture ou de jutosité), d'autres sont spécifiques (pigmentation, *off-flavor*). Le défaut observé est caractérisé de manière objective et sa prévalence est mesurée, ce qui permet de poser des hypothèses sur son déterminisme, le plus souvent complexe. Des approches épidémiologiques (enquête), multifactorielles et statistiques permettent d'évaluer les principaux facteurs impliqués et d'envisager une démarche globale de contrôle du défaut de qualité.

Une démarche complémentaire peut être élaborée à partir des données de la littérature. Elle s'appuierait, d'une part, sur une carte d'identité de l'espèce candidate (biologie, écologie, position phylogénique) permettant de positionner d'une manière globale l'espèce dans un groupe d'espèces déjà caractérisées et, d'autre part, sur des typologies pour chacune des caractéristiques de qualité permettant de prédire les principales qualités organoleptiques du produit considéré. Les typologies, classification ou lois générales existantes doivent toutefois être améliorées pour répondre à cet objectif.

La maîtrise de la qualité des produits aquacoles représente une démarche intégrée dans le développement de l'aquaculture (Mariojous 2000). La qualité renseigne plusieurs caractéristiques (hygiéniques et sanitaires, nutritionnelles, organoleptiques, technologiques ; Fauconneau 2001) avec des attentes spécifiques pour chacune de ces caractéristiques, exprimées de l'aval vers l'amont de la filière (consommateurs, distributeurs, transformateurs, producteurs). Les produits concernés sont, de plus, très variés puisqu'il peut s'agir de poissons entiers, de produits de découpe, de produits transformés et d'autres produits (œufs par exemple).

La gestion de la qualité des produits est réalisée en appui à la démarche de diversification / domestication. Soit la gestion de la qualité est intégrée à cette démarche avec un objectif commun de fournir des produits bien positionnés sur le marché. Soit la gestion de la qualité intervient en aval de cette démarche, le produit étant le résultat du processus de domestication via l'adaptation de différentes fonctions. Il est envisageable de proposer des approches génériques exploitables dans une démarche de diversification en s'appuyant sur l'analyse descriptive ou comparative de différentes caractéristiques qui déterminent la qualité des produits. Nous présenterons successivement ces trois approches complémentaires, en nous

appuyant sur des cas démonstratifs ou sur un état des connaissances. Nous traiterons principalement des qualités organoleptiques et, dans une moindre mesure, des qualités nutritionnelles, sachant que d'autres caractéristiques comme les qualités technologiques sont à prendre en compte dans la démarche de domestication.

1 / La qualité des produits en accompagnement de la domestication

1.1 / Connaître et gérer la qualité des produits

En accompagnement des démarches propres à la domestication d'une nouvelle espèce ou de l'adaptation à un nouveau système d'élevage, une démarche de gestion de la qualité des produits peut se mettre en place. L'objectif est de connaître et valoriser certaines caractéristiques spécifiques du nouveau produit et définir les conditions optimales pour l'expression de ces caractéristiques de manière simultanée au développement de la production. Il existe des attentes importantes dans ce domaine pour la plupart des filières en émergence, particulièrement lorsqu'il n'existe pas de référence sur la même espèce provenant de la pêche.

Une première étape consiste à décrire les caractéristiques du produit permettant ensuite de le positionner parmi les autres produits du marché. Ceci a été effectué par exemple pour la production de silure ou de perche en France, de la façon la plus exhaustive possible : qualités nutritionnelles (composition chimique et biochimique, notamment composition en acide gras), organoleptiques (profil sensoriel basé sur de nombreux descripteurs, mesures physico-chimiques de la texture et du spectre d'arôme) et technologiques (rendement). Les caractéristiques sanitaires du produit (contamination bactérienne, présence de résidus chimiques), qui se situent dans un cadre réglementaire, ne sont souvent pas prises en compte dans cette démarche. Cette étape de caractérisation ne présente pas d'originalité particulière, car elle s'appuie sur des méthodologies et des techniques connues. Les limites sont liées au coût et à la lourdeur de la mise en œuvre de l'évaluation sensorielle et au développement de méthodes alternatives de mesure de ces mêmes critères (Fauconneau 2001).

Dans une deuxième étape, à partir des caractéristiques spécifiques du produit, une démarche de gestion de la qualité est construite en accompagnement de la domestication. L'exemple du développement de la production de poisson-chat aux USA dans les années 70 est typique. Les recherches réalisées par les équipes universitaires proches des zones de production de poisson-chat se sont appuyées sur cinq critères simples et stables de la qualité du filet (Fauconneau et Laroche 1995) évalués par analyse sensorielle relatifs à l'aspect, la jutosité, la texture et la flaveur du produit cuit.

Ces critères ont été utilisés comme référence systématique pour la prise en compte progressive, au cours du développement de la production, des effets des facteurs d'élevage et des facteurs technologiques (travaux de Burgess et Dunham cités par Fauconneau et Laroche 1995). Les facteurs d'élevage testés dans un premier temps ont été la densité d'élevage et le taux de rationnement. Les effets de l'alimentation (composition de l'aliment, notamment en lipides) et de l'origine génétique (espèces, hybrides, familles) ont été ensuite évalués. Les effets des facteurs technologiques : conditions d'abattage, de stockage et de congélation du produit ont enfin été évalués. Cette approche a permis de définir progressivement les conditions optimales d'élevage et d'alimentation préservant les caractéristiques recherchées du produit. Mais chaque facteur a été testé indépendamment et les interactions entre ces facteurs n'ont donc pas été évaluées.

L'ensemble de la démarche a été appliquée pour développer une filière spécifique d'élevage en mer de truite fario (travaux menés dans le cadre de la salmoniculture expérimentale mixte INRA-IFREMER (SEMII) : descriptif des caractéristiques nutritionnelles, organoleptiques et technologiques de ce nouveau produit, étude des effets des facteurs zootechniques, de l'alimentation, de l'origine génétique et des facteurs technologiques sur certaines caractéristiques de qualité et, enfin, étude des interactions entre les effets de certains facteurs comme l'alimentation et la densité d'élevage ou l'origine génétique. Cette démarche a permis d'associer de manière étroite la définition des conditions optimales de d'élevage, d'alimentation et d'amélioration génétique et la maîtrise des caractéristiques essentielles de la qualité du produit.

Dans la dernière étape de la démarche, les effets des différents facteurs sont souvent évalués successivement en fonction de l'avancement de la domestication. La mise en œuvre d'approches multifactorielles, comme celles développées actuellement pour l'élevage de la perche, devrait permettre, d'une part, de hiérarchiser les effets de ces différents facteurs testés sur la qualité et, d'autre part, d'évaluer leurs interactions.

L'existence de démarches de qualité déjà réalisées plus ou moins complètement sur certaines espèces (carpe, saumon, poisson-chat et poissons plats ; Fauconneau *et al* 1995, Fauconneau et Laroche 1995) permet de bénéficier de références exploitables pour de nouvelles espèces.

1.2 / Positionner et certifier les produits

La réussite de la domestication est conditionnée par la mise sur le marché de produits qui doivent être reconnus (identifiés) et positionnés par rapport à d'autres produits existants. Le plus souvent, les produits issus de poissons d'élevage sont dans un premier temps positionnés par rapport aux produits issus de la pêche. De nombreux travaux attes-

tent des différences de caractéristiques entre poisson d'élevage et poisson sauvage qui sont le résultat direct ou indirect de la domestication. Les démarches engagées visent à rapprocher les caractéristiques des produits d'élevage de celles des produits de pêche. Dans un deuxième temps, si le marché des produits issus des poissons d'élevage devient important voire dominant, la référence adoptée est celle du produit d'élevage standard. Des démarches classiques d'amélioration de la qualité sont alors engagées avec une référence aux produits d'élevage.

La reconnaissance des produits d'élevage et de leur qualité se traduit par une certification des produits (Mariojous 2000). A minima, cette certification correspond aux caractéristiques du produit standard (ex : certification CFA), associées ou non à un cahier des charges de production (ex : norme AFNOR). La certification de qualité des produits à un niveau supérieur concerne, dans le contexte français, le label rouge, accordé jusqu'à présent aux produits d'élevage du saumon, du bar et du turbot. Les caractéristiques de qualité prises en compte dans cette certification reposent sur l'évaluation sensorielle globale du produit avec une référence au produit sauvage (bar, turbot) ou une référence à un produit typique (saumon d'Ecosse). Une caractéristique actuellement prise en compte pour les produits de qualité supérieure de type label rouge est la teneur en lipides, qui doit être comprise dans une certaine gamme pour le saumon d'Ecosse (12 à 16 % de lipides dans les darnes) ou garantie inférieure à un certain seuil pour le bar (5 % dans le filet en hiver et 6 % en été) ou le turbot (1,5 à 3 % dans le filet selon la taille). Ces certifications résument d'une certaine manière les démarches de qualité entreprises pour accompagner la domestication.

2 / La qualité des produits en aval de la domestication

La domestication peut induire ou sélectionner de manière involontaire des caractéristiques négatives (conformation, aspect, goût, odeur). En accompagnement de la domestication, une démarche de maîtrise de la qualité visant à corriger les défauts de qualité s'impose. Cette démarche met en œuvre des approches complémentaires analytiques, mécanistiques et épidémiologiques.

Le développement de la production de saumon en Norvège s'est traduit, dès les années 80, par une augmentation de l'état d'engraissement du produit préjudiciable aux qualités nutritionnelles, organoleptiques et technologiques (découpe, fumage). Ce critère a été mesuré systématiquement, soit par un avis d'expert (indice de gras corporel), soit par une mesure chimique réalisée sur un échantillon issu d'une découpe standardisée (Norwegian Quality Cut), et mis en relation avec les principaux facteurs d'élevage. L'augmentation de la vitesse de croissance due aux pratiques d'élevage et d'alimentation (taux élevé de lipides alimentaires) et à la sélection génétique est le principal facteur

identifié comme favorisant l'engraissement du saumon. Ce défaut, observé dans la plupart des productions de poisson, peut être corrigé par l'emploi d'aliment à faible teneur en lipides, comme cela a été appliqué pour l'élevage de certaines espèces dans des démarches de domestication (turbot) ou d'amélioration de la qualité (bar, daurade). Pour les salmonidés, ce type d'aliment n'est pas utilisé, car il se traduit par une baisse des performances de croissance. Des pratiques complémentaires ont été définies et mises en œuvre : sélection sur la teneur et la répartition des lipides corporels (Rye et Gjerde 1996, Gjedrem 1997), alimentation de finition (Thomassen et Rosjo 1989, Einen et Thomassen 1998, Einen *et al* 1999).

Dans une phase ultérieure de la production du saumon, sont apparus des défauts de texture du produit, appelés « gaping », qui correspondent à une moindre tenue de la chair au niveau des myoseptes. Ce défaut était connu de longue date car il était observé sur la morue issue de la pêche (Love 1980). Le gaping résulte d'une fragilité du myosepte mais le mécanisme, qu'il soit lié à la fragilité des composants du myosepte (type de collagène, teneur en protéoglycane) ou à une protéolyse accrue et spécifique, n'a pas encore été clairement identifié. La mesure de ce défaut repose donc sur des critères simples estimés par avis d'expert (indice de gaping sur une échelle simplifiée). La recherche des principaux facteurs d'élevage susceptibles d'être à l'origine de ce défaut a fait l'objet d'une démarche systématique de type épidémiologique (avec enquête auprès des fournisseurs ; Andersen *et al* 1994). Cela a permis de démontrer que le gaping était associé à la combinaison de plusieurs facteurs : période de croissance rapide (printemps), accumulation de lipides dans les myoseptes, stress lié la capture et à l'abattage, manipulation *post mortem* des poissons dans la phase de *rigor mortis*. Une meilleure gestion de ces différents facteurs dans les périodes sensibles permet de diminuer la fréquence du gaping.

Des démarches plus spécifiques ont également été engagées pour rechercher les facteurs à l'origine de la variabilité des caractéristiques du produit (forme, teneur en lipides, texture) transformé par salage et fumage (Morkore *et al* 2001). La production de saumon semble actuellement confrontée à des défauts liés à la perte en eau du produit après transformation par fumage et une nouvelle démarche de caractérisation et de recherche de facteurs à l'origine de ce défaut a été engagée (Rora *et al* 2003).

Le développement de la production de poisson-chat aux USA a été limité par un défaut de flaveur ou « off-flavor » des produits correspondant à des goûts de vase et de terre, qui déprécie fortement les qualités gustatives du produit (Fauconneau et Laroche 1995). Les composés à l'origine de ces goûts, produits par des microorganismes (microalgues et champignons) présents dans l'environnement, ont été identifiés (diméthyl-isobornéol et géosmine). Les seuils de détection de ces molécules par les récepteurs olfactifs sont

très faibles (ppb) et l'évaluation de l'off-flavor est donc réalisée pratiquement par un dégustateur expert sur site. Des études de type épidémiologique ont permis de relier l'apparition de l'off-flavor à un dysfonctionnement des milieux aquatiques (bassin d'élevage lui-même ou zones d'eaux calmes en amont du site d'élevage) pendant la période estivale. Un déséquilibre des réseaux trophiques, associé à l'élévation de la température et de la densité dans certains compartiments, induit la production par les microorganismes des molécules à l'origine de l'off-flavor. Une approche globale de la gestion des milieux aquatiques a été envisagée (traitement chimique, biomanipulation), mais jusqu'à présent sans succès. En complément, il a été montré que la contamination de la chair est très rapide (quelques heures) lorsque le poisson est placé dans une eau contenant le composé, mais que son élimination est très lente (quelques semaines) lorsque le poisson est placé dans une eau claire. Ces travaux (cités dans Fauconneau et Laroche 1995) ont permis de mettre en place une démarche pratique de maîtrise de l'off-flavor, qui associe un contrôle systématique des lots d'élevage destinés à la vente en période sensible et une mise en attente de quelques semaines des lots de poissons contaminés lorsque le défaut d'off-flavor est détecté (voir Howgate 2004). Le développement de matériels performants permettant la détection des composés à l'origine de l'off-flavor par des approches analytiques (Grimm et Zimba 2003) ouvre la voie à une approche plus ciblée de la gestion de ce défaut.

La domestication induit donc des modifications des caractéristiques du produit parfois préjudiciables à sa valorisation. La démarche mise en œuvre pour gérer ces défauts de qualité vise dans un premier temps à les caractériser et à mesurer leur prévalence en s'appuyant sur des mesures simples et rapides. Le déterminisme d'apparition de ces défauts étant complexe et le plus souvent multifactoriel, il faut mettre en œuvre des approches de type statistique ou épidémiologique pour déterminer les principaux facteurs en cause : conditions d'élevage, manipulation, transformation, facteurs environnementaux. La gestion de ce défaut est ensuite globale et fait appel aux démarches de type contrôle de qualité.

3 / Les bases pour une démarche prédictive sur la qualité dans le contexte de la domestication

Une démarche prédictive est envisageable pour caractériser la qualité des produits d'une espèce nouvelle sélectionnée pour la diversification et devant faire l'objet d'une domestication. Des caractéristiques génériques des produits peuvent être identifiées par grand type de qualité (nutritionnelle, organoleptique et technologique) et par critère au sein d'un type de qualité (aspect, texture, flaveur... par exemple pour les qualités organoleptiques). Deux types d'approche permettent

de décrire ces caractéristiques génériques, soit une typologie descriptive basée éventuellement sur une classification (Love 1970 et 1980), soit une typologie fonctionnelle basée sur des lois générales. La typologie descriptive peut exploiter la référence à des produits connus (exemple : poissons blancs de type morue, lieu, merlu, merlan).

Les typologies des caractéristiques des produits sont liées indirectement à la biologie et l'écologie des espèces concernées. Ainsi, le cycle et les rythmes biologiques conditionnent à la fois l'intensité du métabolisme énergétique et l'accumulation de composés énergétiques dans le produit, ce qui est déterminant pour son évolution *post mortem*. Le type de locomotion conditionne la morphologie typique du poisson et les caractéristiques de la musculature squelettique, ce qui détermine la structure et la texture de la chair. Les stratégies de croissance conditionnent également les caractéristiques de la musculature squelettique (Johnston 1999). Le type d'habitat (benthique, pélagique) peut induire la présence de composants spécifiques qui conditionnent la flaveur de la chair. L'environnement naturel du poisson (salinité, température) conditionne enfin les caractéristiques de plusieurs composants (exemple : acides gras) qui déterminent les qualités nutritionnelles et organoleptiques de la chair.

Nous présenterons dans ce chapitre quelques-unes des caractéristiques générales exploitables dans une démarche générique sur la qualité des produits d'une nouvelle espèce. Nous analyserons, lorsque cela est possible, le lien entre ces caractéristiques et la biologie ou l'écologie des poissons. Ces informations doivent permettre de prédire certaines des qualités des produits d'une nouvelle espèce candidate à l'aquaculture, en s'appuyant sur une typologie ou une loi générale. Elles peuvent alternativement être utiles dans une démarche de sélection d'espèces candidates à l'aquaculture (Quémener *et al* 2002).

3.1 / Aspect

L'aspect du poisson comprend la morphologie générale, le nombre et la forme des nageoires et le patron de pigmentation spécifique. Ces caractéristiques sont essentielles pour la garantie de l'origine et de la nature du produit et constituent des références pour les poissons issus d'aquaculture. Elles sont souvent implicites, parfois très vagues : il est ainsi spécifié dans des dossiers de certification de qualité de type label rouge qu'il existe un aspect typique pour le poisson considéré (exemple : saumon). Elles sont explicites lorsqu'il y a altération de l'aspect du poisson (déformations, absence ou érosion des nageoires, défaut de pigmentation). Certaines de ces caractéristiques peuvent même devenir des références de qualité supérieure à atteindre ; il existe des patrons spécifiques de pigmentation comme, par exemple, la présence de taches sur la tête pour les dorades.

Les caractéristiques qui servent à décrire l'aspect du poisson sont à la base de clés de

classification des espèces et sont donc associées directement à la position phylogénique, l'écologie et à la biologie de l'espèce considérée. Deux typologies sont exploitables dans une démarche de domestication. L'une est relative aux regroupements d'espèce – gadiés, salmonidés, cyprinidés, siluridés, etc - et l'autre est basée sur la morphologie : poissons ovales, ronds, plats, etc. Elles permettent l'une et l'autre de positionner de manière générique un nouveau produit et renseignent également implicitement sur d'autres caractéristiques du produit.

L'aspect de la chair intègre essentiellement la pigmentation et la structure. Au sein d'une gamme de produits, la coloration de la chair est une référence pour les démarches de qualité ; elle peut également être un objectif à atteindre pour les produits d'aquaculture (pigmentation de la chair des salmonidés). La coloration de la chair est à la base d'une typologie distinguant notamment les poissons à chair blanche des poissons à chair colorée voire très colorée (salmonidés, thons). La coloration est associée, d'une part, à l'accumulation de pigment dans la chair et, d'autre part, aux caractéristiques métaboliques du muscle (métabolisme oxydatif, vascularisation). Cette information peut donc être également reliée à d'autres caractéristiques comme la texture et la saveur.

La structure macroscopique de la chair est très spécifique de groupes d'espèce, voire même d'une seule espèce de poisson, et cette caractéristique peut être utilisée dans les contrôles sur l'origine et la nature du produit (Collignon *et al* 1984). La structure macroscopique correspond à l'organisation de la musculature et des tissus associés à la musculature. Elle renseigne donc explicitement sur la tenue du poisson lors des déformations et la résistance mécanique de la chair, donc sa texture. Les grands types d'organisation de la chair (Collignon *et al* 1984) ne constituent pas pour autant une typologie exploitable dans une démarche de domestication pour prédire différentes caractéristiques potentielles de la chair.

3.2 / Composition de la chair

La composition chimique de la chair des poissons diffère peu pour la teneur en protéines ou en minéraux et la teneur en sucres (principalement glyco-gène) est faible et très variable au sein d'une espèce (Love 1980). La teneur en lipides est par contre très différente d'une espèce à l'autre et constitue la base d'une classification des poissons (Huss 1995) importante pour les qualités nutritionnelles, organoleptiques et technologiques (notamment au fumage ou à la cuisson). On distingue ainsi :

- les poissons maigres, dont la chair contient de moins de 1 % de lipides, comme les gadiés (morue, cabillaud, merlan) ou le flétan, jusqu'à 5 % de lipides comme la dorade ou la sole ;
- les poissons demi-gras, contenant entre 5 et 10 % de lipides, comme le hareng, le mullet, l'anchois, la truite, le poisson-chat, l'esturgeon ;

- les poissons gras, qui contiennent plus de 10 % de lipides, comme la sardine, le maquereau, l'anguille, le thon et le saumon.

Comme dans la plupart des produits animaux, la teneur en eau des tissus est par ailleurs inversement liée à la teneur en lipides selon une loi simple (0,9 g de lipides se substituant à 1 g d'eau). Cette typologie renseigne donc indirectement sur la teneur en eau du produit.

La teneur en lipides de la chair correspond à une forme de stockage d'énergie importante pour le cycle biologique (utilisation des réserves corporelles lors de périodes de jeûne saisonnier et/ou lors de la phase de maturation des gonades). Le site principal de stockage de lipides varie toutefois selon les espèces ou les groupes d'espèces : foie, tissu adipeux périviscéral, tissu adipeux sous-cutané ou tissu adipeux intramusculaire, i.e. dans la chair elle-même (Fauconneau *et al* 1996). Les différences de teneur en lipides de la chair dépendent donc à la fois de l'importance du muscle comme site de stockage et de sa capacité à déposer des lipides. La typologie des teneurs en lipides est donc pertinente pour une démarche de domestication.

Du fait de meilleures conditions environnementales et alimentaires, les teneurs en lipides sont plus élevées chez les poissons d'élevage que chez les poissons sauvages dans la plupart des espèces (Haard 1992). Cette évolution induite par l'élevage, traduit des capacités plus ou moins importantes à utiliser l'énergie supplémentaire liée à l'alimentation artificielle pour la croissance ou à la stocker dans la chair ou les tissus adipeux associés. L'augmentation de la teneur en lipides liée à l'élevage est susceptible de modifier la classification des poissons sur la base de leur teneur en lipides, certains poissons maigres devenant demi-gras (exemple : dorade) et certains poissons demi-gras devenant gras (exemple : truite). La typologie sur la teneur en lipides est donc difficile à appliquer aux poissons d'élevage et renforce la nécessité de se référer aux caractéristiques des poissons sauvages. Ceci s'est traduit dans de nombreuses espèces par la mise en œuvre de démarches spécifiques pour maîtriser l'augmentation de la teneur en lipides associées à la domestication.

La composition biochimique des principaux composants de la chair (protéines, lipides) constitue des caractéristiques exploitables pour une typologie des espèces. Ainsi, la nature des protéines métaboliques et contractiles du muscle diffère d'une espèce à l'autre et cette caractéristique est exploitée pour le contrôle sur l'origine et la nature du produit (profil des protéines en électrophorèse 1 ou 2D), y compris sur le produit transformé car certaines protéines comme les parvalbumines (protéines régulatrices du calcium musculaire) sont relativement stables vis-à-vis des procédés de transformation et au cours du stockage. Les caractéristiques des protéines métaboliques et contractiles du muscle sont déterminantes pour les qualités organoleptiques du produit et notamment la texture

(Johnston 1999), mais il n'existe pas de typologie sur la base de ces caractéristiques qui soit exploitable dans une démarche de domestication.

La composition en acides gras polyinsaturés des lipides du poisson et de la chair varie selon les espèces. Elle est par exemple très différente entre poissons d'eau douce et poissons d'eau de mer et cela détermine des différences de qualités organoleptiques (flaveur) (Josephson *et al.* 1984). Cette caractéristique est liée à la biologie de l'espèce, car les lipides participent à différentes fonctions vitales et à l'adaptation de l'organisme à différentes conditions environnementales. Elle dépend toutefois fortement des caractéristiques de l'alimentation dans le milieu naturel (nature des chaînes alimentaires) et en élevage (composition en acides gras des lipides de l'aliment), ce qui rend toute typologie sur ce critère seulement partiellement exploitable dans une démarche de domestication.

3.3 / Evolution *post mortem* du produit

Les qualités organoleptiques, comme la texture et la flaveur (odeur, goût) du produit, sont liées à des propriétés intrinsèques de la chair, mais également à sa stabilité et à sa tenue *post mortem* lors du stockage et de la conservation. Il est donc important d'évaluer s'il existe une susceptibilité particulière à la dégradation *post mortem* chez l'espèce faisant l'objet d'une diversification.

Les processus observés dans l'évolution *post mortem* du produit sont, d'une part, une contraction musculaire (*rigor mortis*) consommant les réserves énergétiques du muscle (glycogène, composés phosphorylés) et, d'autre part, un catabolisme des protéines (dégradation des protéines de structure de la chair), des lipides (dégradation et oxydation des lipides) et des composés nucléotidiques. Les processus de catabolisme cumulent en fait une dégradation d'origine intrinsèque et une dégradation d'origine microbienne liée à la contamination du produit et au développement bactérien que l'on cherche à limiter car elle induit des caractéristiques indésirables (Huss 1995).

Des travaux systématiques réalisés sur des poissons d'élevage posent les bases d'une classification des espèces selon l'évolution de la *rigor mortis* (Ando *et al.* 1991), qui diffère à la fois dans le temps (apparition, disparition) et dans l'amplitude du phénomène. Le maximum de rigor est observé en moins de 24 h dans certaines espèces (exemple : truite, bar, dorade, sériole) et en plus de 24 h dans d'autres (carpe, plie). Ces différences sont associées à la consommation plus ou moins rapide des réserves énergétiques (glycogène, composés phosphorylés) et à une chute plus ou moins forte du pH (Ando 1996). Le pH minimum de la chair est ainsi plus bas dans certaines espèces (proche de 6,0 chez la truite) que dans d'autres. A partir de critères simples (rigor, pH), il est donc possible de positionner une nouvelle espèce dans cette

classification et ainsi prédire les caractéristiques de qualité dépendantes de l'évolution de la *rigor*. Ces critères sont toutefois dépendant des conditions d'élevage et de manipulation des poissons. Ainsi, l'élevage avec une alimentation à volonté favorise la constitution de réserves énergétiques, mais les stress liés à l'élevage, à la capture et à l'abattage altèrent fortement ces réserves et modifient donc considérablement l'évolution *post mortem*.

Parmi les phénomènes de dégradation *post mortem*, ceux d'origine intrinsèque sont liés aux caractéristiques biologiques et écologiques de l'espèce considérée. Quelques lois générales mettent en relation le catabolisme des protéines avec le potentiel de croissance de l'espèce et l'activité physique (McCarthy *et al.* 1994). Il existe également quelques lois générales mettant en relation le catabolisme des lipides avec les capacités d'adaptation environnementale de l'espèce (Nordgarden *et al.* 2003). Ces lois sont potentiellement exploitables pour évaluer *a priori* le potentiel de dégradation et prédire ainsi l'évolution *post mortem* des caractéristiques d'une nouvelle espèce.

La dégradation *post mortem* d'origine bactérienne des produits accélère la dégradation d'origine intrinsèque. Les nombreuses recherches sur la fraîcheur du poisson, souvent évaluée par différents critères sensoriels ou des indices liés au catabolisme des nucléotides (indice K), montrent qu'il existe de très grandes différences de susceptibilité à la dégradation *post mortem* (Tanimoto *et al.* 1999), celle-ci pouvant être importante (carpe, truite), moyenne (dorade, sériole) ou faible (bar, plie) (Ando *et al.* 1991). Il est donc potentiellement envisageable de prédire l'évolution *post mortem* pour une nouvelle espèce, mais les phénomènes sont encore jugés trop complexes (Anonymous 1997).

Enfin, la dégradation *post mortem* produit des composés indésirables du point de vue de la flaveur. La production de ces composés est très différente d'une espèce à l'autre et dépend des composés présents dans la chair (Huss 1995). Par exemple, la composition en amines et la teneur en urée de la chair permettent de classer les espèces vis-à-vis des risques de production d'odeurs et de flaveurs négatives d'origine bactérienne. La susceptibilité à la dégradation bactérienne est toutefois difficile à prédire.

3.4 / Texture

La texture comprend à la fois des critères de fermeté et de jutosité. Il existe de grandes différences entre espèce pour ces deux critères. Ainsi par exemple, les siluridés ont une chair plus ferme que les salmonidés (tableau 1) et des différences existent également pour la jutosité.

Ces différences de résistance mécanique de la chair sont liées à des caractéristiques biologiques, comme le type de locomotion, et à des caractéristiques écologiques, comme les

Tableau 1. Résistance mécanique de la chair crue de différentes espèces de poissons d'élevage. Force de résistance maximum (F_{max}) lors d'un test de compression réalisée avec une cellule de Kramer (M. Laroche et B. Fauconneau, résultats non publiés).

Espèce	Poids vif (kg)	F max (N)
Carpe	1,5-1,7	800-1100
Silure	1,5	1200-1300
Truite fario	3,0	800-1100
Truite arc-en-ciel	0,2-0,3	300-400

stratégies de croissance. La résistance est ainsi plus forte chez les espèces de nage anguilliforme que chez les espèces de nage subcarangiforme comme les salmonidés. Les mécanismes concernés ont été en partie élucidés, ils dépendent des caractéristiques des tissus qui composent la chair. La texture de la chair crue mesurée de manière instrumentale ou sensorielle est liée à l'importance du tissu conjonctif de soutien et plus spécifiquement corrélée à la teneur en collagène de la chair (Hatae *et al* 1986). Les espèces ayant une nage anguilliforme ont une teneur en collagène plus élevée que les espèces ayant une nage subcarangiforme. La texture de la chair crue est aussi liée aux caractéristiques du muscle et plus spécifiquement inversement corrélée à la surface moyenne des fibres musculaires (Hatae *et al* 1990, Hurling *et al* 1996). La taille moyenne des fibres est directement liée aux stratégies de croissance des espèces (Johnston *et al* 2000). Il est donc envisageable de prédire les caractéristiques de texture à partir de ces lois générales.

La texture évolue toutefois lorsqu'on applique un traitement. La résistance mécanique est ainsi plus faible après cuisson dans certaines espèces (carpe) et plus forte dans d'autres espèces (truite) (tableau 2). Ces différences de comportement à la cuisson sont liées aux caractéristiques des composants de la chair. Il a été montré que les différences de texture de la chair crue liées à la teneur en collagène disparaissent voire s'inversent pour la chair cuite (Hatae *et al* 1986), mais d'autres mécanismes peuvent intervenir. La prédiction du comportement du produit dépend donc de la transformation que subit le poisson.

3.5 / Flaveur

La flaveur rend compte du goût et de l'odeur du poisson. Des différences sont observées entre espèces, notamment entre poissons d'eau douce et poissons d'eau de mer. D'autres différences sont observées entre espèces, mais il n'existe pas de typologie basée la flaveur du produit et susceptible d'être exploitée dans une démarche de domestication.

Les caractéristiques de flaveur du poisson sont liées au spectre des composés solubles (nucléotides, sucres, acides aminés) pour le goût et au spectre des composés volatils pour l'odeur. La flaveur dépend également de la composition de la chair en composés comme

Tableau 2. Résistance mécanique de la chair crue et cuite de différentes espèces de poissons d'élevage. Force de résistance maximum (F_{max}) lors d'un test de compression entre guides (M. Laroche et B. Fauconneau, résultats non publiés).

Espèce	Poids vif (kg)	F max (N)	
		Chair crue	Chair cuite
Carpe	1,5-1,7	13-15	3,5-3,7
Silure	1,5	8,8	8,6
Truite fario	3,0	8,4	31,3

les amines ou l'urée. Cette composition est liée à l'espèce, la chair des poissons cartilagineux ayant par exemple de fortes teneurs en urée.

Les différences de goût correspondent à des caractéristiques biologiques, écologiques et phylogéniques de l'espèce. Du point de vue phylogénique, des différences sont observées dans les composés terminaux du métabolisme azoté, qui peuvent être soit l'ammoniaque soit l'urée, ou dans les composés terminaux du métabolisme des acides nucléiques, qui peuvent être soit l'urée, soit l'acide urique, soit l'acide hypurique. Ces composés et leurs produits de dégradation participent fortement à la flaveur de la chair. Par ailleurs l'écologie de l'espèce peut se traduire par l'accumulation de composés issus de l'environnement (Fauconneau 2002) (exemple : dérivés méthylés de l'isobornéol qui participent au goût spécifique des salmonidés) ou par la concentration de métabolites favorisant l'adaptation à différents milieux (exemple : concentration plus élevée d'acides aminés dans la chair des poissons de mer). Enfin, selon la biologie de l'espèce, la présence de composés spécifiques est observée. L'accumulation d'hypoxanthine, qui participe à l'amertume du produit, provient de la dégradation des bases nucléotidiques, plus ou moins rapide (exemple : flétan >> morue >> maquereau) et plus ou moins forte (exemple : flétan >> congre) selon les espèces (Huss 1995, Tanimoto *et al* 1999). Il est donc envisageable de prédire certaines caractéristiques de flaveur d'une espèce.

A partir des travaux précurseurs réalisés sur le poisson-chat, une description des composés volatils à la base des odeurs de la chair a été réalisée dans différentes espèces (Josephson *et al* 1984). Ces composés sont issus principalement de la dégradation enzymatique des acides gras de la chair. Le spectre des composés volatils est complexe, car il résulte à la fois de la composition en acide gras et des capacités de dégradation *post mortem* des acides gras et dépend donc des caractéristiques écologique et biologique de l'espèce. Ainsi des différences importantes sont observées entre poissons d'eau douce et poissons d'eau de mer. Elles concernent les composés à 8 atomes de carbone (à l'origine des arômes d'herbe et de plante) et les composés à 9 atomes de carbone (à l'origine des arômes de concombre, melon ...) qui sont issus de la dégradation enzymatique des

acides gras polyinsaturés à chaîne longue des séries n-3 et n-6 respectivement. D'autres différences entre espèces de poisson d'eau douce ou entre espèces de poisson de mer sont observées. Ces différences pourraient être prédites partiellement par la typologie sur la composition en acides gras de la chair, mais il n'est pas encore possible de dresser une typologie sur les composés volatils car leur spectre est complexe (nombreux composés volatils, teneurs très différentes) et les mécanismes de leur production ne sont pas tous élucidés. De plus, au sein d'une même espèce, le spectre de composés volatils est différent entre poissons sauvages et poissons d'élevage (Prost *et al* 1998) et, pour ces derniers, le spectre varie selon la composition des lipides de l'aliment (Serot *et al* 2001 et 2002). Les propriétés intrinsèques d'une espèce vis-à-vis de la production de composés volatils à l'origine de l'odeur sont donc susceptibles d'être modulées par l'alimentation et certainement par le métabolisme *post mortem* des acides gras.

3.6 / Comment exploiter ces informations génériques ?

Nous proposons une démarche rationnelle de gestion de la qualité des produits d'une nouvelle espèce objet de diversification / domestication. Cette démarche est exploitable par les différents acteurs de la nouvelle filière de production : fabricants d'aliments, producteurs, transformateurs et distributeurs.

Nous avons pu montrer qu'il existe potentiellement, pour chacune des qualités organoleptiques, une classification ou une loi générale basée soit sur la position phylogénique, l'écologie et la biologie de l'espèce, soit sur des caractéristiques facilement identifiables du produit, soit sur des propriétés intrinsèques facilement mesurables de la chair. Il est donc possible, dans un premier temps, de prédire les principales qualités organoleptiques de cette nouvelle espèce à partir des données existantes pour d'autres espèces. Cela nécessite d'acquérir quelques informations bien ciblées, mais évite d'avoir à engager de nombreuses analyses longues, coûteuses et inutiles. La connaissance *a priori* de ces grandes caractéristiques de qualité permet, dans un deuxième temps, d'orienter les études à réaliser sur des caractéristiques spécifiques à cette espèce, d'anticiper l'apparition de défauts de qualité du produit et, enfin, de construire une démarche spécifique d'amélioration de la qualité de cette nouvelle espèce.

Les typologies, classifications et les lois générales ont toutefois été établies sur des poissons sauvages issus de la pêche. Elles

sont donc fortement dépendantes de la fraîcheur du produit (Howgate *et al* 1992) et ne sont pas toutes directement transposables aux poissons d'élevage, pour lesquels la maîtrise de l'ensemble du processus de capture, abattage et stockage minimise les risques de contamination bactérienne et de dégradation accélérée des produits. Les classifications et lois générales peuvent également être modifiées par l'élevage du poisson qui, au travers des conditions d'alimentation et des conditions environnementales, induit des modifications de certaines qualités organoleptiques et une homogénéisation d'autres qualités organoleptiques. Une validation pour les poissons d'élevage de ces informations est donc nécessaire.

Les données existantes sont disponibles et organisées par grandes caractéristiques de qualité. Or ces données peuvent être assez dépendantes, comme par exemple la composition en acides gras, l'évolution *post mortem* et la flaveur. Il existe peu d'informations permettant de mettre en relation ces caractéristiques pour définir des grands groupes fonctionnels multicritères. Une typologie plus globale, basée sur des groupes intégrant simultanément diverses caractéristiques, serait pourtant importante pour la démarche de domestication.

Conclusion

L'histoire récente de la domestication de nouvelles espèces de poissons a démontré la pertinence et la nécessité de mettre en œuvre une démarche spécifique d'accompagnement sur la qualité du produit. Cette démarche vise à la fois à définir les conditions d'élevage optimales pour la qualité du produit et à corriger dès que nécessaire certains défauts de qualité induits par l'élevage. Cette démarche, dont nous avons décrit les grandes lignes, doit être simple et pragmatique, en s'appuyant sur l'expérience acquise lors de la domestication de certaines espèces ayant fait l'objet d'aquaculture comme les cyprinidés, les salmonidés, les siluridés ou les poissons plats. Elle doit également être rationnelle en s'appuyant sur des outils et méthodes issues de l'épidémiologie et de la modélisation.

Les principales caractéristiques de qualité du produit d'une nouvelle espèce peuvent être prédites à partir de typologies établies pour chaque caractéristique de qualité. Il existe en effet, pour la plupart des critères de qualité, des informations suffisantes pour définir une classification ou une loi générale permettant de positionner une nouvelle espèce parmi les autres espèces à partir de la position phylogénique, de l'écologie et de la biologie de cette espèce et prédire la caractéristique qualitative recherchée.

Références

- Andersen U.B., Stromsnes A.N., Steinsholt K., Thomassen M.S., 1994. Fillet gaping in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Norwegian J. Agric. Sci.*, 8, 165-179.
- Ando M., 1996. A study on the mechanism of post mortem tenderization of fish muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 62, 555-558.
- Ando M., Toyohara H., Shimizu Y., Sakaguchi M., 1991. Post-mortem tenderization of fish muscle proceeds independently of resolution of rigor mortis. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 1165-1169.
- Anonymous, 1997. Methods for determining the freshness of fish in research and industry. Edition IIF (Institut International du Froid), Paris, 396 p.
- Collignon J., Dorer G., Jacques F., 1984. Le poisson en filets et en tranches. Science et Pêche, Editions ISTPM (Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes), 63 p.
- Einen O., Thomassen M.S., 1998. Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*). II- White muscle composition and evaluation of freshness, texture, colour, characteristics in raw and cooked fillets. *Aquaculture*, 169, 37-53.
- Einen O., Morkore T., Rora A.M.B., Thomassen M.S., 1999. Feed ration prior to slaughter - a potential tool for managing product quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 178, 149-169.
- Fauconneau B., 2001. Qualité de la chair des poissons : recherche de critères objectifs. *C.R. Acad. Agric. (Fr)*, 87, 171-187.
- Fauconneau B., 2002. Health value and safety quality of aquaculture products. *Rev. Med. Vet.*, 153, 331-336.
- Fauconneau B., Laroche M., 1995. Characteristics of the flesh and quality of products of catfishes. *Aquat. Liv. Resour.*, 9, 165-179.
- Fauconneau B., Alami-Durante H., Laroche M., Marcel J., Vallot D., 1995. Growth and meat quality relations in carp. *Aquaculture*, 129, 265-267.
- Fauconneau B., Fauré A., Haffray P., Médale F., Vallet J.L., 1996. Amélioration des rendements de carcasse et maîtrise de l'état d'engraissement des poissons d'élevage. *Piscic. Fr.*, 124, 25-29.
- Gjedrem T., 1997. Flesh quality improvement in fish through breeding. *Aquac. Int.*, 5, 197-206.
- Grimm C.C., Zimba P.V., 2003. Applications of an instrumental method for the analysis of off-flavors in fresh water aquaculture. In: *Off-flavors in aquaculture*, ACS Symp. Ser., 848, 209-222.
- Haard N.F., 1992. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Res. Int.*, 25, 289-307.
- Hatae K., Tobimatsu A., Takeyama M., Matsumoto J.J., 1986. Contribution of the connective tissues to the texture difference of various fish species. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 52, 2001-2007.
- Hatae K., Yoshimatsu F., Matsumoto J.J., 1990. Role muscle fibres in contributing to firmness of cooked fish. *J. Food. Sci.*, 55, 693-685.
- Howgate P., 2004. Tainting of farmed fish by geosmin and 2-methyl-iso-borneol: a review of sensory aspects and of uptake/deposition. *Aquaculture*, 234, 155-181.
- Howgate P., Johnston A., Whittle K.J., 1992. Multilingual guide to EC freshness grades for fisheries products. In: *EC Grading rules for fish*, Council Regulation EEC N° 103-76.
- Hurling R., Rodell J.B., Hunt H.D., 1996. Fibre diameter and fish texture. *J. Text. Stud.*, 27, 679-685.
- Huss H.H., 1995. Quality and quality changes in fresh fish. *FAO Fisheries Technical Paper N° 348*, 195 p.
- Johnston I.A., 1999. Muscle development and growth: potential implications for flesh quality in fish. *Aquaculture*, 177, 99-115.
- Johnston I.A., Alderson R., Sandham C., Pingwall A., Mictchell D., Selkirk C., Nickell D., Baker R., Robertson B., Whyte D., Springate J., 2000. Muscle fibre density in relation to colour and texture of smoked Atlantic salmon *Salmo salar* L. *Aquaculture*, 189, 335-349.
- Josephson D.B., Lindsay R.C., Stüber D.A., 1984. Variations in the occurrences of enzymically derived volatile aroma compounds in salt- and freshwater fish. *J. Agric. Food Chem.*, 32, 1344-1347.
- Love R.M., 1970. The chemical biology of fishes with a key to the chemical literature. Academic Press, London, 547 p.
- Love R.M., 1980. The chemical biology of fishes, Vol II, Advances 1968-1977 with a supplementary key to the chemical literature. Academic Press, London, 943 p.
- McCarthy I.D., Houlihan D.F., Carter C.G., 1994. Individual variation in protein turnover and growth efficiency in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Proc. Roy. Soc. Lond. Ser.B Bio.*, 257, 141-147.
- Mariojous C., 2000. Introduction to quality: quality concepts, quality perception by producers, clients and consumers; quality signs (geographic origin, ecolabelling, etc.); translation of quality concepts into products procedures and services. *Cah. Opt. Medit.*, 51, 15-22.
- Morkore T., Vallet J.L., Cardinal M., Gomez-Guillen M.C., Montero P., Torrissen O.J., Nortvedt R., Sigurgisdottir S., Thomassen M.S., 2001. Fat content and fillet shape of Atlantic salmon: relevance for processing yield and quality of raw and smoked product. *J. Food. Sci.*, 66, 1348-1354.
- Nordgarden U., Torstensen B.E., Froyland L., Hansen T., Hemre G.L., 2003. Seasonally changing metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) II - beta -oxidation capacity and fatty acid composition in muscle tissues and plasma lipoproteins. *Aquac. Nut.*, 9, 295-303.
- Prost C., Serot T., Demaimay M., 1998. Identification of the most potent odorants in wild and farmed cooked turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 46, 3214-3219.
- Quémener L., Suquet M., Mero D., Gaignon J.L., 2002. Selection method of new candidates for finfish aquaculture: the case of the French Atlantic, the Channel and the North Sea coasts. *Aquat. Liv. Resour.*, 15, 293-302.
- Rora A.M.B., Regost C., Lampe J., 2003. Liquid holding capacity, texture and fatty acid profile of smoked fillets of Atlantic salmon fed diets containing fish oil or soybean oil. *Food Res. Int.*, 36, 231-239.
- Rye M., Gjerde B., 1996. Phenotypic and genetic parameters of body composition traits and flesh colour in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquac. Res.*, 27, 121-133.
- Serot T., Regost C., Prost C., Arzel J., Kaushik S.J., 2001. Effect of dietary lipid sources on odour-active compounds in muscle of turbot (*Psetta maxima*). *J. Sci. Food Agric.*, 81, 1339-1346.
- Serot T., Regost C., Arzel J., Kaushik S.J., 2002. Identification of odour-active compounds in muscle of brown trout (*Salmo trutta*) as affected by dietary lipid sources. *J. Sci. Food Agric.*, 82, 636-643.
- Tanimoto S., Hirata T., Sakaguchi M., 1999. The change in content of ATP and its related compounds in freshwater fish muscle during ice storage. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 65, 97-102.
- Thomassen 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.

Abstract

Diversification, domestication and management of quality in aquaculture.

Diversification in aquaculture related either to system, species or product required a specific management of product quality. This review presents different approaches implemented with the domestication of new species (carp, salmon, catfish, seabass, flatfish). It also reviews available information on the main traits of products that could be used to build a generic approach on quality in support of diversification.

The first approach aimed to get a global knowledge of the product through the identification of the main specific traits of the product, the development of a simplified assessment either of the global quality of the product or its specific quality traits, and the analysis of the optimal conditions for preservation of the main specific traits. The last step could be improved by using multifactorial approaches to get a hierarchy in the effects of the different factors involved in control of quality traits.

The second approach has been implemented when domestication induces deleterious changes in quality traits of products. These changes could be similar to

those observed in animal production (higher fat content, texture and juiciness troubles) or specific to fish production (pigmentation troubles, off flavour). The trouble observed is described and its prevalence is measured using objective means, so that hypothesis could be proposed on the cause and origin which are often complex. The assessment of the main factors involved requires epidemiological (based on surveys), multifactorial and statistical approaches. This information is then integrated in a classical quality control.

A complementary approach could be built starting from the information available on the new farmed fish. It should be based on identity card (biology, ecology, phylogeny) of the species which could be classified in a group of species already characterised in term of quality. It should also be based on typology or classification for each quality trait, which would help to roughly predict the quality trait of the product. The available typology, classification and general law have however to be largely improved to be used in such a purpose.

FAUCONNEAU B., 2004. Diversification, domestication et qualité des produits aquacoles. INRA Prod. Anim., 17, 227-236.