

**SCHUBERT AUDIT :  
SYSTÈME EXPERT POUR  
L'AIDE A L'AUDIT QUALITÉ  
DES ÉLEVAGES DE TRUITES  
DE CONSOMMATION ET DE REPEUPLEMENT  
PREMIÈRE MAQUETTE OPÉRATIONNELLE**

**Florence RALLET (1), P. GARNERIN (1), G. TUFFERY (2)**

(1) Unité de Recherches Biomathématiques et Biostatistiques. Inserm U263. Tour 53, 1<sup>er</sup> étage. Université de Paris 7 - 2, place Jussieu - 75251 Paris Cedex 05.

(2) Centre National d'Études Vétérinaires et Alimentaires. Laboratoire Central de Recherches Vétérinaires. 22, rue Pierre Curie - 94700 Maisons-Alfort.

*Reçu le 25 juillet 1989*  
*Accepté le 19 mars 1990*

*Received 25 July, 1989*  
*Accepted 19 March, 1990*

**RÉSUMÉ**

Pour compléter les dispositions prévues par la loi n° 84-512 relative à la gestion piscicole et à la pêche, et, en prévision des futures exigences européennes, il nous est apparu important de mettre à la disposition des responsables piscicoles un outil permettant d'évaluer l'aptitude des élevages à produire un poisson d'une qualité définie. Une maquette de cet outil a été réalisée grâce à l'adaptation d'une méthode ayant fait ses preuves en milieu industriel, l'audit qualité, au cas particulier des piscicultures et à son informatisation sous la forme d'un système expert, SCHUBERT AUDIT. Nous nous sommes intéressés plus précisément aux élevages produisant des truites.

L'adaptation de l'audit qualité a débouché sur :

— la définition précise des besoins des clients, soit la destination des truites, l'espèce, le stade de développement et le niveau d'assurance qualité requis pour fonder sa confiance.

— l'examen des différents facteurs d'audit portant sur les "5M" de la qualité (Matériel, Matière, Main-d'œuvre, Milieu, Méthode) et destiné à évaluer les qualités sanitaire, alimentaire, halieutique, écologique et génétique des truites. Cet examen conduit à la notation des facteurs d'audit et à leur pondération en fonction de leur importance respective dans l'obtention de la qualité et à la détermination d'une note globale de l'élevage représentant son aptitude à satisfaire les besoins des utilisateurs.

Le système expert SCHUBERT AUDIT contient un dictionnaire de 341 termes et deux fichiers de règles de production totalisant ensemble 464 règles. Son moteur d'inférence utilise un algorithme de chaînage avant et un algorithme de chaînage arrière. Le chaînage avant fait appel au premier fichier de règles de production. Il permet de déterminer un référentiel matérialisant les besoins du client. Le chaînage arrière, associé au second fichier de règles, permet d'évaluer la situation réelle de l'élevage et de la comparer à ce référentiel.

Quelques essais concluants ont été effectués à partir d'exemples connus de l'expert. Cependant, il reste à enrichir la base de connaissances du système expert, à améliorer son ergonomie et à en réaliser la validation complète.

**SCHUBERT AUDIT :  
EXPERT SYSTEM FOR ASSISTANCE TO QUALITY AUDIT OF FARMS PRODUCING  
TROUTS FOR CONSUMPTION AND RESTOCKING.  
FIRST OPERATIONAL MOCK-UP**

**ABSTRACT**

In order to complete the planned arrangements of law n° 84-512 which is related to

the management of fish farms and to fishing, and, in anticipation of the European requirements to come, it seemed important to us to place a tool that could evaluate the aptitude of farms in breeding a fish of defined quality at the disposal of persons responsible for restocking. A mock-up of this tool has been developed with the adaptation of a method long used in industry, the quality audit. It has been adapted to the particular case of fish farms and computerized into an expert system, the SCHUBERT AUDIT. Our interest has been limited to trout farms.

An adaptation of a quality audit must :

- precisely define the customer's needs, in other words the destination of trout, the species, the stage of development and a level of quality assurance adequate to assure confidence,
- examine the different audit factors. As such, the investigation turned to the "5M" of quality (Material, Matter, Manpower, Milieu, Methods). It is destined to evaluate health, nutritious, halieutic, ecological and genetic qualities of trout. This evaluation leads to the notation of audit factors and their weighting as a function of their importance in obtaining quality. It also assigns a global mark to the trout farm that represents its ability to satisfy the users' needs.

The expert system "SCHUBERT AUDIT" contains a dictionary of 341 terms and two files of rules that add to a total of 464 rules. Its inference engine uses a forward and a backward chaining procedure. The forward chaining procedure refers to the first file of rules. It permits the definition of a reference model that materializes the customer's needs. The backward chaining procedure, associated with the second file of rules, permits the evaluation of the actual position of the fish farm and its comparison with this reference model.

Some conclusive trials were realized with known expert examples. However, what remains, is to enrich the expert system knowledge base, to ameliorate its ergonomics and to realize its complete validation.

## INTRODUCTION

Toute opération de repeuplement de rivière en poissons d'élevage destinés à la pêche immédiate ou à la reconstitution de population est coûteuse et comporte des risques écologiques, génétiques et pathologiques. En effet, les animaux peuvent fuir la zone dans laquelle ils ont été déversés ou être porteurs d'une maladie grave qui décimera sa faune. C'est pourquoi une des dispositions de la loi n° 84-512 du 29 juin 1984, dite "loi pêche", prévoit l'agrément des piscicultures produisant des poissons destinés à ces opérations. Cette procédure administrative repose actuellement sur l'engagement des pisciculteurs à respecter un nombre limité d'exigences en attendant une meilleure connaissance des élevages. Bien que cet agrément représente une garantie minimale (TUFFERY, 1987), l'acheteur pourra être amené à exiger des garanties de qualité supplémentaires pour pouvoir atteindre ses objectifs de repeuplement. Il devra donc disposer de moyens opérationnels pour fonder sa confiance. Enfin, l'éleveur lui-même devra à tout moment être en mesure d'évaluer son élevage au regard de ses propres objectifs de production afin de pouvoir mettre rapidement en place les mesures correctives lui permettant de les atteindre. De plus, l'ouverture du grand marché européen à l'horizon 1993 oblige déjà à concevoir les futurs systèmes de qualification des produits devant circuler dans la communauté et les dispositifs de certification, au titre de la qualité, des entreprises qui les fabriquent. C'est pourquoi il nous est apparu opportun de mettre à la disposition tant de l'administration que de l'utilisateur des poissons ou du producteur lui-même un outil objectif d'évaluation de la capacité d'une pisciculture à produire des animaux aptes à satisfaire des objectifs de repeuplement précis et capable d'édicter des recommandations quant à la conduite de l'élevage en cas d'incapacité partielle ou totale (GARNERIN, TUFFERY, 1988 ; RALLET, 1988 ; TUFFERY, GARNERIN, SEGALAT, 1987). Nous avons donc réalisé une maquette de cet outil grâce à une approche alliant la méthode de l'audit qualité (AFNOR, 1986 ; DUBREUIL, 1986 ; ISHIKAWA, 1984 ; JURAN, 1983 ; SAILLARD, 1986 ; VANDEVILLE, 1985) aux techniques des systèmes experts (BUCHANAN, SHORTLIFFE, 1984). Dans un premier temps, nous nous sommes limités à la production de truites de repeuplement. Le

système expert permet de plus l'audit qualité des élevages de truites destinées à la consommation. (1)

Ce système expert, appelé "SCHUBERT AUDIT", est intégré à "SCHUBERT 3000", système interactif d'aide à la décision en santé et production piscicole, dédié au poisson d'eau douce (GARNERIN, TUFFERY, 1988 ; TUFFERY, GARNERIN, SEGALAT, 1987). Il est implanté sur un ordinateur microVAX II utilisant VMS comme système d'exploitation et il est accessible par voie télématique via les réseaux TRANSPAC et TELETEL. "SCHUBERT 3000" a pour objectif de fournir aux différents professionnels du domaine piscicole, les informations et processus utiles à l'élaboration de leur décision. Plusieurs modules concernant la pathologie des poissons, les interventions de santé, la gestion et la production des élevages, le repeuplement ainsi que des bases de données textuelles sont déjà disponibles.

## I. FONDEMENTS DE L'AUDIT QUALITÉ APPLIQUÉ AUX ÉLEVAGES DE TRUITES

### 1. Rappels généraux sur la qualité

La qualité d'un produit est définie comme "son aptitude à satisfaire les besoins des utilisateurs" (AFNOR, 1986). L'obtention de la qualité résulte (SAILLARD, 1986) :

- d'une définition des besoins aussi claire, précise et complète que possible. En particulier, le client doit préciser le "niveau d'assurance qualité" requis pour fonder sa confiance.
- de la maîtrise des techniques et technologies mises en œuvre pour élaborer le produit, d'une bonne organisation des tâches et de l'application de méthodes de travail rigoureuses.

#### 1.1. Les niveaux d'assurance qualité

Le fournisseur est tenu de donner à son client "l'assurance de la qualité", c'est-à-dire de mettre en œuvre "l'ensemble des dispositions préétablies et systématiques nécessaires pour donner la confiance appropriée en ce qu'un produit ou service satisfera aux exigences données relatives à la qualité" (AFNOR, 1986). Le choix de dispositions d'assurance de la qualité est fait par le client et le fournisseur en fonction des risques réels encourus car leur démonstration implique des contraintes et des coûts qu'il convient de limiter à une juste mesure. L'AFNOR a défini, conformément aux recommandations internationales édictées par l'ISO, trois modèles-types de dispositions pour l'assurance de la qualité (AFNOR, 1986 ; VANDEVILLE, 1985), soit trois niveaux d'assurance qualité, qui se différencient essentiellement par la nature et le nombre de dispositions retenues et présentés ici du moins exigeant au plus complexe :

##### — modèle 3 : modèle pour l'assurance de la qualité en contrôle et essais finaux

Ce modèle consiste en un contrôle de la conformité, ou encore de la satisfaction aux exigences spécifiées, sur le produit final. Il correspond au cas où le contrôle final du produit permet à lui seul de démontrer la qualité requise.

##### — modèle 2 : modèle pour l'assurance de la qualité en production et installation

Il correspond au cas où le contrôle final face aux risques et aux coûts n'est pas suffisant à lui seul pour apporter les preuves démontrant la qualité requise. Il est accompagné d'un examen de l'ensemble ou de certaines parties du processus de production.

##### — modèle 1 : modèle pour l'assurance de la qualité en conception/développement, production, installation et soutien après la vente

Il correspond au cas où les contrôles au stade final et en cours de réalisation ne permettant pas à eux seuls de démontrer la qualité requise, l'assurance de la qualité repose en plus sur la certitude qu'une gestion de la qualité appropriée est exercée par le fournisseur.

(1) Ces travaux font l'objet d'une aide financière du Secrétariat d'État auprès du Premier Ministre, chargé de l'environnement dans le cadre de la convention n° 88/322 du 22/11/1988.

Il est à souligner que ces trois niveaux d'assurance qualité n'impliquent pas des niveaux de qualité différents mais des degrés différents d'application de l'assurance de la qualité dans les fonctions de l'entreprise.

## 1.2. La démarche audit qualité

L'audit qualité, selon la norme NF X50-120, est un "examen méthodique d'une situation relative à un produit, processus, organisation en matière de qualité, réalisé en coopération avec les intéressés, en vue de vérifier la conformité de cette situation aux dispositions préétablies et l'adéquation de ces dernières à l'objectif recherché" (AFNOR, 1986). Cette méthode ne permet pas d'obtenir l'assurance que l'entreprise ne fournit jamais de produits ou services insatisfaisants. Son ambition consiste plus simplement à s'assurer que l'entreprise auditée s'est organisée de manière à réduire jusqu'à un minimum accepté le risque de fournir des produits ou services insatisfaisants.

L'audit qualité consiste à examiner différents éléments du système de production au regard d'un référentiel qui correspond en fait à un modèle d'assurance de la qualité choisi en commun accord par le client et le fournisseur en fonction des risques et des coûts. Les différents éléments étudiés sont appelés facteurs d'audit. Ils sont présentés Tableau I (DUBREUIL, 1986). Par exemple, "l'organisation qualité" analyse les responsabilités de chacun au sein de l'entreprise en matière de qualité et, dans le cadre du modèle 1, exige l'existence d'un manuel qualité c'est-à-dire d'un "document décrivant les dispositions générales prises par l'entreprise pour obtenir la qualité de ses produits ou services" (AFNOR, 1986) ; l'étude des marchés et contrats" examine comment est faite l'analyse des appels d'offre et si le fournisseur vérifie bien que les engagements pris peuvent être effectivement tenus.

**Tableau I : Liste des facteurs d'audit et des coefficients K associés dans le cas général d'un audit qualité.**

**Table I : List of the audit factors and associated coefficients K in the general case of a quality audit.**

FACTEURS D'AUDIT	COEFFICIENTS K
1. <b>Organisation générale</b>	10
2. <b>Organisation qualité</b>	10
3. <b>Etude des marchés et contrats</b>	8
4. <b>Directives en matière de conception et de définition</b>	
4.1. Documents de base	9
4.2. Dossier technique - Revues de projet	10
4.3. Qualification	10
4.4. Evolution des documents et du produit	7
5. <b>Directives en matière de fabrication</b>	
5.1. Dossier de fabrication	9
5.2. Approvisionnements	9
5.3. Lancement - Ordonnancement	7
5.4. Traitement des modifications	8
6. <b>Stockage des matières - Identification</b>	8
7. <b>Etat des matériels</b>	6
8. <b>Personnel</b>	
8.1. Formation - Information	7
9. <b>Métrologie</b>	
9.1. Etat des appareils de mesurage - Etalons	6
9.2. Calibration et étalonnages	10
9.3. Périodicité (fichier et respect des ....)	8
10. <b>Traçabilité</b>	
10.1. Identification - Repérages - Archivages	9
11. <b>Contrôle et inspections</b>	
11.1. A la réception	7

11.2. En interopérations	6
11.3. En final	8
<b>12. Détection et actions sur les produits non conformes</b>	
12.1. Séparation	10
12.2. Elimination	7
12.3. Retouches	6
<b>13. Traitement des non conformités</b>	10
<b>14. Suivi des actions correctives</b>	10
<b>15. Stockage des produits - Emballage - Expédition</b>	5
<b>16. Garantie - Service après-vente</b>	

L'étude de chaque facteur d'audit consiste à poser un ensemble de questions destinées à évaluer les écarts entre la situation réelle et le référentiel. Elles portent sur ce qu'on appelle les "5M" en gestion de la qualité (JURAN, 1983 ; ISHIKAWA, 1984), à savoir la Main-d'œuvre, le Milieu, les Matières, les Matériels et les Méthodes. La nature des questions dépend à la fois du référentiel et de la situation observée.

Les réponses aux questions qui permettent de juger la maîtrise d'un facteur se voient attribuer de 0 à 1 point : 0 si la réponse est mauvaise, 1 si elle est bonne, entre 0 et 1 pour une réponse intermédiaire. Une note égale au total de ces points rapportés à 10, permet de juger si cette maîtrise est "très bonne", "bonne", "moyenne", ou "nulle". Les correspondances entre les notes obtenues et les niveaux de maîtrise atteints sont présentées Tableau II (DUBREUIL, 1986).

**Tableau II : Définitions et notes des quatre niveaux de maîtrise atteints par les facteurs d'audit.**

**Table II : Definitions and marks of the four levels of control reached by the audit factors.**

Total des points rapportés à 10	Niveaux de maîtrise	Note	Définitions et justifications
10 9	très bon	10	Pleinement acceptable. Bonne maîtrise des facteurs de production. Pas d'écarts.
8 7 6	bon	6	Bonne maîtrise des facteurs de production. Quelques interrogations et doutes. Légers écarts.
5 4 3	moyen	4	Insuffisante maîtrise des facteurs de production. Quelques actions correctives seraient nécessaires.
2 1	nul	-10	Complètement hors de maîtrise. Aucune existence de documents ou d'action effectuée.

A chaque facteur d'audit est affecté un coefficient K qui est fonction de son importance dans l'obtention de la qualité désirée (Tableau I). La valeur de ces coefficients est déterminée d'après les connaissances des experts qualitatifs, d'après des données issues d'observations expérimentales, ou d'après des constats multiples ayant forgé l'expérience. La somme des produits "K. note" divisée par la somme des coefficients K aboutit à une note globale permettant de connaître le niveau de maîtrise général du fournisseur (Tableau II).

Les constatations faites lors de l'audit doivent permettre au fournisseur audité d'engager des actions correctives ou préventives.

## **2. Adaptation de l'audit qualité au cas particulier des élevages de truites**

L'expertise qui suit relève de l'un des auteurs. Elle s'appuie sur son expérience personnelle de l'élevage (CNEVA, connaissance détaillée de plus de 50 piscicultures), sur les travaux de l'INRA, sur l'enseignement dispensé par les gardes-pêche du Paraclet et l'enseignement du BEPA de pisciculture.

### **2.1. Qualités sanitaire, alimentaire, halieutique, écologique et génétique**

Nous proposons que la qualité d'une truite soit définie par un certain nombre d'exigences pouvant être regroupées dans cinq sous-ensembles qualité :

- la qualité sanitaire : recouvre les exigences concernant l'état sanitaire des animaux. Elle est atteinte notamment si les truites sont indemnes de maladies graves ou spécifiées, et de vices apparents figurant sur une liste préétablie.
- la qualité alimentaire : recouvre les exigences concernant l'aspect physique de la truite et les propriétés organoleptiques de sa chair. Elle peut être définie notamment à partir des critères de goût, saveur, odeur, texture, aspect (intégrité corporelle, couleur).
- la qualité halieutique : recouvre les exigences concernant le comportement du poisson face au pêcheur. Elle se traduit notamment par sa méfiance et sa combativité s'il est destiné à la pêche sportive, performances non requises expressément en cas d'utilisation pour la pêche immédiate hautement surdensitaire.
- la qualité écologique : recouvre les exigences concernant l'aptitude de la truite à faire souche dans le milieu où elle sera déversée. Le poisson doit être compétitif vis-à-vis des espèces préexistantes, être capable d'acquérir un territoire et de manifester le comportement naturel de l'espèce.
- la qualité génétique : recouvre les exigences concernant les caractéristiques génétiques attendues. Elle concerne en particulier l'origine de la truite (souche sauvage), la possession de particularités génétiques intéressantes (résistance aux maladies) et l'absence de caractères génétiques indésirables (caractère migratoire).

Bien sûr, d'autres catégories d'exigences peuvent être émises selon la destination des poissons et les besoins à satisfaire qui en découlent.

### **2.2. Définition des besoins et du référentiel**

#### **2.2.1. Destination des truites**

Les truites sont destinées soit à être consommées, soit au repeuplement. Les différents types de repeuplements les plus communément effectués sont le repeuplement surdensitaire destiné à la pêche immédiate, le repeuplement destiné au soutien d'effectifs dans des populations déjà existantes où, soit une classe d'âge manque, soit les effectifs sont insuffisants, et le repeuplement destiné à l'implantation de poissons en zone vierge ou pour la reconstitution d'une population après une catastrophe écologique ou une pollution.

Selon la destination, les truites doivent posséder tout ou partie des qualités sanitaire, alimentaire, halieutique, écologique et génétique (Tableau III a). Ces qualités sont celles requises habituellement par l'administration et les utilisateurs de poissons de repeuplement.

#### **2.2.2. Espèces, stades de développement et autres exigences**

Selon le type d'utilisation envisagée, les truites peuvent appartenir soit à l'espèce Arc-en-ciel, soit à l'espèce Fario (Tableau III b). De même, cinq stades de développement peuvent être commercialisés : œufs, alevins, truitelles, truites et géniteurs (Tableau III c).

Quelle que soit la destination du poisson, les besoins du client doivent être de surcroît traduits en termes de performances attendues, de délai de livraison, de coût et par la quantité désirée de truites.

#### **2.2.3. Définition du référentiel ou choix d'un niveau d'assurance qualité**

Les niveaux d'assurance qualité minimaux pouvant être demandés par le client suivant l'utilisation des truites sont résumés dans le Tableau III d. Ces niveaux d'assurance qualité minimaux ont été déterminés par l'expert, en fonction des exigences écologiques et réglementaires.

**Tableau III : Espèces, stades de développement et niveaux d'assurance qualité minimaux pouvant être demandés par les clients et qualités requises suivant l'utilisation des truites (+ : combinaison possible).**

**Table III : Species, stages of development and minimal levels of quality assurance that can be expected by a customer and required qualities according to the destination of the trout (+ : possible combination).**

	UTILISATION DES TRUITES			
	Consommation	repeuplement surdensitaire	repeuplement destiné au soutien d'effectifs	repeuplement destiné à l'implantation
<b>a. QUALITÉS REQUISES</b>				
Sanitaire	+	+	+	+
Alimentaire	+	+	+	+
Haliéutique		+	+	+
Ecologique			+	+
Génétique				+
<b>b. ESPÈCES</b>				
Arc-en-ciel	+	+		
Fario	(+)	+	+	+
<b>c. STADES DE DÉVELOPPEMENT</b>				
Œuf	(+) (caviar de truite)		+	+
Alevin (< 15 g)			+	+
Truitelle (15 à 35 g)			+	+
Truite (35 à 300 g)	+	+	+	+
Géniteur (> 300 g)	+	+	+	+
<b>d. NIVEAUX D'ASSURANCE QUALITÉ MINIMAUX</b>				
Modèle 3	+	+		
Modèle 2	+	+	+	
Modèle 1			+	+

(+) : consommation peu courante,

## 2.3. Audit qualité piscicole

### 2.3.1. Objectifs de l'audit qualité piscicole

L'audit qualité piscicole a pour but d'évaluer l'aptitude d'une pisciculture à assurer la qualité d'un poisson vis-à-vis de besoins préalablement définis. En d'autres termes, il permet de vérifier si l'éleveur met en œuvre toutes les dispositions nécessaires et suffisantes au niveau de son système de production pour réduire jusqu'à un minimum acceptable le risque d'apparition de truites non conformes aux besoins spécifiés.

Soulignons qu'actuellement, si on connaît bien les dispositions nécessaires et suffisantes à mettre en œuvre pour assurer la qualité sanitaire, il n'en est pas de même pour les autres qualités que nous avons définies précédemment. Dans ces cas-là, le minimum acceptable est fixé en fonction des connaissances actuelles. De ce fait, la méthode d'audit qualité proposée ici sera amenée à évoluer dans le temps avec l'enrichissement des connaissances, sollicitant l'éleveur à prendre un ensemble de dispositions plus complet que l'actuel.

### 2.3.2. La méthode d'audit qualité piscicole proposée

La liste des facteurs d'audit et des coefficients K associés a été établie par l'expert en fonction du modèle d'assurance de la qualité, de la destination et du stade de développement des truites (Tableau IV), à partir de ceux utilisés dans le cas général (Tableau I). Certaines adaptations, prenant en compte le fait qu'on a affaire ici à un produit biologique vivant, ont été nécessaires. En particulier, les "directives en matière de définition du produit" se substituent aux "directives en matière de conception et de définition", le "déclassement des poissons non conformes" aux "retouches sur produits non conformes", et le "suivi des clients" à la "garantie-service après-vente".

**Tableau IV : Coefficients K liés à chaque facteur d'audit en fonction des exigences contractuelles.**

**Table IV : K coefficients linked to each audit factor according to contractual requirements.**

FACTEURS D'AUDIT	Destination	consommation		repeuplement surdensitaire		soutien d'effectifs				implantation	
	Stade	truite		truite, généteur		œuf		autres stades		œuf	autres stades
	Modèle	3	2	3	2	2	1	2	1	1	1
1. <b>Organisation générale</b>		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2. <b>Organisation qualité</b>		5	5	5	5	8	8	8	8	10	10
3. <b>Etude des marchés et contrats</b>		-	8	-	8	9	9	9	9	10	10
4. <b>Directives en matière de définition</b>		-	-	-	-	-	8	-	8	9	9
5. <b>Directives en matière de fabrication du produit</b>											
5.1. Méthodes de fabrication		-	-	-	-	-	8	-	8	9	9
5.2. Planning de production		-	7	-	7	7	7	7	7	7	7
5.3. Approvisionnements		-	7	-	7	8	8	8	8	10	10
6. <b>Stockage des matières</b>		-	7	-	7	7	7	7	7	7	7
7. <b>Etat des matériels</b>		-	6	-	6	6	6	6	6	6	6
8. <b>Personnel</b>		6	6	6	6	7	7	7	7	8	8
9. <b>Métrologie</b>		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
10. <b>Traçabilité</b>		-	5	-	5	7	7	7	7	10	10
11. <b>Contrôle et inspections</b>											
11.1. Exigences à la réception des animaux		-	7	-	7	9	9	9	9	10	10
11.2. Exigences à la réception des autres matières		-	7	-	7	7	7	7	7	7	7
11.3. Points de contrôle en cours de fabrication		-	6	-	6	8	8	8	8	9	9
11.4. .En final		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
12. <b>Détection et actions sur les poissons non conformes</b>											
12.1. Séparation des non conformes		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
12.2. Elimination des non conformités graves		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
12.3. Déclassement		6	6	6	6	-	-	6	6	-	6
13. <b>Traitement des non conformités sans gravité</b>		10	10	10	10	-	-	10	10	-	10



14. Suivi des actions correctives	-	10	-	10	10	10	10	10	10	10
15. Conditionnement-Expédition-Transport	8?	8?	8?	8?	9?	9?	9?	9?	10?	10?
16. Suivi des clients	-	-	-	-	-	6	-	6	6	6

(x?) : à prendre en compte si la livraison est assurée par l'éleveur

(-) : facteur d'audit non examiné lors de l'audit qualité

L'examen des différents facteurs d'audit permet d'évaluer l'impact du système de production sur les différentes qualités sanitaire, alimentaire, halieutique, écologique et génétique, et son aptitude à respecter les délais, les coûts et les quantités. La figure 1 montre un exemple de diagramme appelé diagramme d'Ishikawa ou diagramme causes-effet (ISHIKAWA, 1984) où sont représentés les principaux points du système de production susceptibles d'avoir une influence sur la qualité alimentaire d'une truite. De tels diagrammes existent aussi pour les autres qualités en fonction des besoins et du référentiel. L'examen des facteurs d'audit est réalisé à l'aide d'un questionnaire. A titre d'exemple, quelques questions permettant l'évaluation du facteur d'audit "personnel" sont présentées figure 2. Il est à noter que la nature et le nombre de questions posées pour chaque facteur d'audit dépendent, comme nous l'avons déjà dit, du niveau d'assurance qualité choisi, mais aussi de la destination et du stade de développement des poissons, et de la situation observée. Ainsi, par exemple, ce nombre est plus élevé pour le repeuplement surdensitaire que pour la consommation car il fait appel à des exigences supplémentaires.

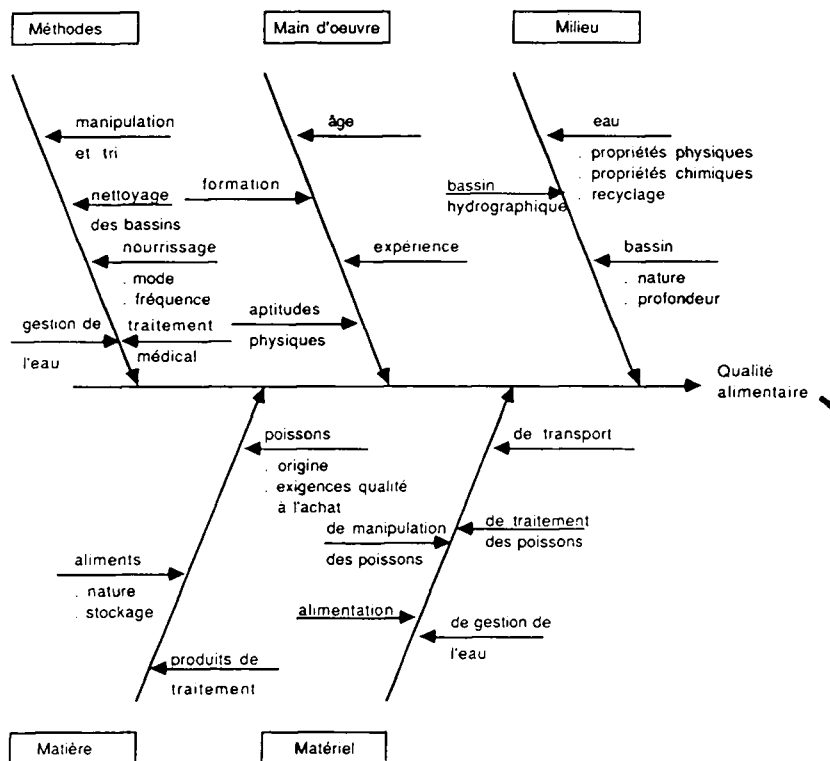


Figure 1 : Diagramme d'ISHIKAWA appliqué aux principaux facteurs du système de production qui ont une influence sur la qualité alimentaire d'une truite.

Figure 1 : ISHIKAWA's diagram applied to the main factors of production system that have an influence on a trout nutritious quality.

## II. DÉVELOPPEMENT DU SYSTEME EXPERT "SCHUBERT AUDIT"

### 1. La structure de SCHUBERT AUDIT

La structure fondamentale de SCHUBERT AUDIT est commune à tous les systèmes experts (BUCHANAN, SHORTLIFFE, 1984). Elle repose sur la séparation des connaissances du domaine qui sont réunies dans une base de connaissances et du programme qui les manipule, le moteur d'inférence.

#### 1.1. La base de connaissances

La base de connaissances comprend :

— **une base de faits** : c'est l'ensemble des connaissances élémentaires ou faits qui décrivent le système de production piscicole examiné. Elle est construite dynamiquement par le moteur d'inférence tout au long de la consultation (cf infra). Les caractéristiques des faits qui sont au nombre de 341, sont contenues dans un fichier, le dictionnaire, qui est chargé en mémoire centrale de l'ordinateur lors du démarrage du système expert. Les faits se voient attribuer soit une valeur correspondant à une observation de terrain, soit une note correspondant à la notation d'un facteur d'audit, soit les deux. Les valeurs sont de trois types :

<p>Quel est l'effectif permanent ?</p> <p>1 -&gt; une personne</p> <p>2 -&gt; plus d'une personne</p> <p>Entrez le numéro de votre réponse —&gt; 1</p> <p>Quel est le niveau d'éducation de l'éleveur ?</p> <p>1 -&gt; CAPA</p> <p>2 -&gt; BEPA</p> <p>3 -&gt; BPA</p> <p>4 -&gt; Baccalauréat ou plus</p> <p>5 -&gt; Autre</p> <p>Entrez le numéro de votre réponse —&gt; 2</p> <p>A-t-il reçu une formation piscicole ?</p> <p>Entrez votre réponse (O/N) —&gt; 0</p> <p>Combien a-t-il d'années d'expérience dans la production piscicole ?</p> <p>1 -&gt; moins de 5 ans</p> <p>2 -&gt; de 5 à 10 ans</p> <p>3 -&gt; plus de 10 ans</p> <p>Entrez le numéro de votre réponse —&gt; 3</p> <p>Quel est le niveau de ses aptitudes physiques ?</p> <p>1 -&gt; bon</p> <p>2 -&gt; moyen</p> <p>3 -&gt; insuffisant</p> <p>Entrez le numéro de votre réponse —&gt; 2</p> <p>L'éleveur est-il persuadé de l'importance de la surveillance sanitaire ?</p> <p>Entrez votre réponse (O/N) —&gt; 0</p> <p>Possède-t-il une formation minimale sur les maladies contagieuses (certificats de stage, assurance par interrogation) ?</p> <p>Entrez votre réponse (O/N) —&gt; N</p> <p>Est-il persuadé des interventions systématiques prophylactiques ?</p> <p>Entrez votre réponse (O/N) —&gt; 0</p> <p>Est-il persuadé de l'importance du mode de distribution des aliments ?</p> <p>Entrez votre réponse (O/N) —&gt; N</p>
---

Figure 2 : Exemples de questions destinées à évaluer le facteur d'audit "personnel".

Figure 2 : Examples of questions destined to evaluate the audit factor "staff".

- **valeur booléenne** : les seules valeurs possibles sont OUI ou NON.
- **valeur symbolique** : l'ensemble des valeurs possibles d'un fait de type symbole est fini et a été déterminé lors de la constitution du dictionnaire. Chaque fait de type symbole ne peut prendre qu'une valeur à la fois. Par exemple, pour le stade de développement de la truite recherché par le client, on a le choix entre œuf, alevin, truitelle, truite et géniteur.
- **valeur réelle** : les valeurs possibles sont des nombres réels.

Ces valeurs peuvent être soit demandées directement à l'utilisateur, les faits sont alors dits demandables, soit déterminées à l'aide des règles de production, ils sont alors dits non demandables. Les notes des faits sont attribuées soit en fonction des valeurs booléennes, symboliques ou réelles par lecture directe dans le dictionnaire, soit par l'application des règles de production. Quelques exemples de faits sont présentés figure 3.

— **une base de règles de production** : par définition, une règle de production est un pas de raisonnement possible. Elle est de la forme "SI conditions(s) ALORS conclusion(s)". Ici, la base de règles de production est composée de deux fichiers de règles concernant chacun un domaine particulier de la connaissance. Ils sont chargés en mémoire centrale de l'ordinateur lors du démarrage du système expert. Le premier fichier comprend 25 règles de production destinées à la construction du référentiel utilisateur. Le second fichier en contient 439 relatives à l'audit qualité proprement dit et au contrôle de cohérence des données entrées par le consultant.

Fait n° 1 : stade de développement recherché par le client. Valeur symbolique (valeurs possibles : œuf, alevin, truitelle, truite, géniteur), demandable. Pas de note.
Fait n° 2 : niveau d'assurance qualité. Valeur symbolique (valeurs possibles : modèle 1, modèle 2, modèle 3), non demandable. Pas de note.
Fait n° 3 : recherche systématique de poissons d'origine sauvage. Valeur booléenne, demandable. Note (1 si valeur = oui ; 0 si valeur = non).
Fait n° 4 : note du facteur d'audit "Personnel". Pas de valeur booléenne, symbolique ou réelle. Note (attribuée par les règles de production).

**Figure 3 : Exemples de faits appartenant au dictionnaire.**

**Figure 3 : Examples of facts belonging to the dictionary**

## 1.2. Le moteur d'inférence

Un moteur d'inférence est un programme informatique capable de construire des raisonnements à partir des éléments de la base de connaissances. Dans ce travail, il a été programmé en langage PASCAL et comprend deux types d'algorithmes de manipulation de cette base : un algorithme de chaînage avant et un algorithme de chaînage arrière (BUCHANAN, SHORTLIFFE, 1984).

L'algorithme de chaînage avant fait appel au premier fichier de règles de production pour aider le client à définir ses besoins et ainsi fixer le référentiel sur lequel va être fondé l'audit. Il permet, à partir des faits déjà connus, de déterminer les règles déclençables. Pour cela, il choisit parmi les règles activables, c'est-à-dire n'ayant pas encore été utilisées, celles dont les conditions sont vérifiées par rapport à la base de faits. Elles sont alors déclenchées : l'application de leur partie conclusion aboutit à la modification de la base de faits en attribuant une valeur booléenne, symbolique ou réelle à des faits jusqu'alors inconnus, soit directement, soit en la demandant à l'utilisateur. La règle est ensuite désactivée. Ce processus est itéré jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de règles déclençables. Il est à noter que, quand la partie condition d'une règle est vide, celle-ci est automatiquement exécutée.

L'algorithme de chaînage arrière fait appel au second fichier de règles de production pour mesurer les écarts existant entre la situation réelle de l'élevage et le référentiel. Il permet de déterminer la question à poser pour progresser vers un but fixé. Pour cela, il recherche parmi les règles activables celles qui font intervenir le but recherché dans leur partie conclusion et qui ne font intervenir en partie condition que des faits inconnus ou vérifiés. Si les faits inconnus sont demandables, leur valeur booléenne, symbolique ou réelle est demandée à l'utilisateur, sinon ils deviennent eux-mêmes nouveaux buts à résoudre et sont déterminés par itération du processus. Une fois que tous les faits de la partie condition sont connus et vérifiés, la règle est déclenchée puis désactivée. Il faut noter que sa partie conclusion peut faire intervenir d'autres faits inconnus qui devront tous être déterminés. Par ailleurs, l'algorithme de chaînage arrière est susceptible d'utiliser les règles de production pour contrôler la cohérence des données déjà saisies, en particulier les contradictions au sein de la base de faits. Par exemple, si la truite Arc-en-ciel est produite sur l'exploitation, cela signifie qu'au moins un de ses stades de développement est présent. Dans le cas contraire, le système signale à l'utilisateur que les données entrées sont incohérentes.

## 2. Résultats

La consultation débute par une série d'informations destinées aux personnes qui utilisent pour la première fois le logiciel SCHUBERT AUDIT. Ces informations comprennent des définitions utiles pour la suite de la consultation (définition des modèles d'assurance de la qualité et des qualités sanitaire, alimentaire, halieutique, écologique et génétique). Puis, l'utilisateur détermine ses besoins grâce à une série de questions qui lui sont posées. Le système lui rappelle alors quels sont ces besoins pour lui permettre de les vérifier. Le cas échéant, il peut les reformuler. Les besoins, ainsi définis, permettent au moteur d'inférence de sélectionner les premières règles qui vont être activées lors du questionnaire d'audit et de déterminer les facteurs d'audit à examiner ainsi que les valeurs des coefficients K. Les questions posées tout au long de l'audit dépendent à la fois du référentiel et des réponses faites.

Lorsque la situation de l'élevage est totalement appréhendée, le système conclut sur la note globale de la pisciculture et sur sa capacité à produire la qualité de truite recherchée. Il indique ensuite les points forts et les points faibles de l'élevage audité en détaillant les notes obtenues pour chaque facteur d'audit.

## III. DISCUSSION

Le choix de l'audit qualité pour la réalisation de "SCHUBERT AUDIT" est justifié par le fait qu'il s'agit d'une expertise permettant d'évaluer l'aptitude d'un système de production à satisfaire un ensemble d'exigences correspondant à une situation de référence. Cette méthode est mise en œuvre efficacement en France depuis les années 70, en milieu industriel (constructions aéronautiques et électroniques, industries agroalimentaires et pharmaceutiques, laboratoires d'analyses biologiques,...) (PETITDEMANGE, 1985). Par ailleurs, le système expert, parce qu'il sépare les connaissances représentant l'expertise du programme qui les utilise, apparaît l'outil informatique le plus adapté à la prise en compte de l'évolution des connaissances et des pratiques en élevage. Il n'existe pas à notre connaissance de réalisation associant ces deux méthodes quel que soit le domaine.

En ce qui concerne la base de connaissances de "SCHUBERT AUDIT", celle-ci doit être complétée car, bien qu'elle permette d'effectuer correctement un audit qualité, certains points sont insuffisamment détaillés, par exemple, l'étude du dossier de fabrication s'il existe, de la formation post-embauche, etc... De même, les structures de contrôle de cohérence déjà mises en place sous forme de règles de production sont insuffisantes et doivent être améliorées. En effet, il n'existe pas, par exemple, la possibilité de fixer un intervalle de valeurs pour les nombres entrés par l'utilisateur. Par ailleurs, le système ne gère pas les données imprécises et/ou incertaines. Ce problème rencontré fréquemment durant les expertises peut être résolu par l'introduction de coefficients de vraisemblance portant sur les faits.

Quant à la convivialité, elle peut être améliorée en donnant la possibilité au moteur de gérer les retours arrière pour que les utilisateurs puissent modifier les réponses qu'ils ont faites précédemment. De plus, des pages d'aide doivent être mises en place pour les

questions nécessitant des explications plus détaillées, en particulier pour ceux qui utilisent pour la première fois le système expert. Par ailleurs, le logiciel doit être capable d'expliquer son raisonnement en fournissant toute justification sur demande du consultant. En outre, le système de recommandations donné en fin de session peut être développé en précisant pour chaque facteur d'audit quels sont les points à améliorer.

Après l'étude de la faisabilité du système expert et la réalisation d'une première maquette, il reste à le valider à partir d'un grand nombre d'élevages représentatifs des divers types de production et des différentes performances. Ceci permettra de confirmer les faits pris en compte dans la base de connaissances ainsi que les valeurs des coefficients K. Quelques essais ont été effectués à partir d'élevages suivis par l'expert pendant plus de 10 ans et qui donnaient globalement satisfaction à leurs clients. L'utilisation de la maquette à partir d'éléments issus uniquement de dossiers a conclu sur des notes égales à 6 et 7 traduisant une bonne maîtrise des facteurs de production. Il faut noter qu'actuellement, le suivi formalisé de l'élevage et les documents traduisant la politique qualité (manuel qualité, dossier de fabrication) sont le plus souvent absents et les mesures contrôlant les performances sont rarement effectuées ou de façon peu rigoureuse. De ce fait, les meilleures piscicultures ne peuvent pas dépasser la note globale de 7 lors d'un audit qualité. Mais, le but de cette notation est de sensibiliser les élevages à la démarche qualité.

#### IV. CONCLUSION

L'objectif de cette étude a été de réaliser une maquette de système expert pour l'aide à l'audit qualité des élevages piscicoles produisant des truites destinées à la consommation ou au repeuplement. Après l'étude de la faisabilité, la mise au point d'un outil opérationnel pour les personnes désirant évaluer un élevage dans le cadre de relations contractuelles ou pour répondre à des exigences réglementaires doit être poursuivie. En outre, cet outil permettra de sensibiliser les producteurs et utilisateurs aux problèmes de qualité.

Par ailleurs, cet outil peut être associé à d'autres modules de SCHUBERT 3000, en particulier SCHUBANK, banque nationale de poissons d'élevages agréés (TUFFERY, GARNERIN, SEGALAT, 1987 ; TUFFERY, 1987). En effet, ce module a pour objet de permettre la centralisation de l'offre et de la demande en matière de poissons de repeuplement. Un audit qualité permettrait de sélectionner les élevages désirant mettre des lots de poissons à la disposition de la banque.

Enfin, compte tenu du grand marché européen, les systèmes d'assurance de la qualité des industries devront être certifiés et à terme pourquoi pas ceux des élevages. C'est pourquoi le système expert peut être généralisé aux piscicultures fournissant le marché international et devrait pouvoir évoluer vers l'aide à l'évaluation et la certification des systèmes d'assurance de la qualité des élevages, quelles que soient les espèces animales concernées.

#### BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR, 1986. Gérer et assurer la qualité. Collection Recueil de normes françaises. Ed. AFNOR, Paris, 267 p.
- BUCHANAN B.G., SHORTLIFFE E.H., 1984. Rule-based expert systems : the MYCIN experiments of the Stanford Heuristic Programming Project. Addison-Wesley, Reading, 748 p.
- DUBREUIL R., 1986. Stage de formation à l'audit qualité. Situation et conduite des audits qualité. Documentation interne AFNOR, 28 p.
- GARNERIN P., TUFFERY G., 1988. SCHUBERT 3000 : système interactif d'aide à la décision en production et santé piscicole. Actes 1<sup>ères</sup> journées internationales "Applications de l'intelligence artificielle à l'agriculture, à l'agrochimie et aux industries agro-alimentaires", Caen, 145-151.
- ISHIKAWA K., 1984. Le TQC ou la qualité à la japonaise. Ed. AFNOR, Paris, 194 p.
- JURAN J.M., 1983. Gestion de la qualité. Collection AFNOR gestion. Ed. AFNOR, Paris, 517 p.
- PETITDEMANGE C., 1985. La maîtrise de la valeur. Conception, développement, qualité et compétitivité d'un produit. Collection AFNOR gestion. Ed. Eyrolles, 529 p.

- RALLET Florence, 1988. SCHUBERT AUDIT : système expert pour l'aide à l'audit qualité des élevages piscicoles. Rapport de DEA de Biomathématiques et de Biostatistiques. Université Paris 7, 16 p.
- SAILLARD M., 1986. Stage de formation à l'audit qualité. L'assurance de la qualité. Documentation interne AFNOR, 24 p.
- TUFFERY G., GARNERIN P., SEGALAT L., 1987. L'aide à la décision dans la gestion piscicole : "SCHUBERT 3000", premier système dédié au poisson d'eau douce. Congrès annuel de l'U.N.F.D.A.A.P.P., Paris, 16 novembre 1987, 8 p.
- TUFFERY G., 1987. Etude préliminaire à la réalisation d'un système d'information sur les poissons de repeuplement, accessible par voie télématique. Rapport d'étude pour le Conseil Supérieur de la Pêche, 10 p.
- VANDEVILLE P., 1985. Gestion et contrôle de la qualité. Collection AFNOR gestion. Ed. AFNOR, Paris, 270 p.