HAL
open science

Effets d'un pigment carotenoide, la canthaxanthine, sur la pigmentation de la truite arc-en-ciel Salmo gairdneri Rich.

Georges Choubert

To cite this version:

Georges Choubert. Effets d'un pigment carotenoide, la canthaxanthine, sur la pigmentation de la truite arc-en-ciel Salmo gairdneri Rich.. Bulletin francais de Pisciculture, 1983, 289, pp.112-127. hal-02724653

HAL Id: hal-02724653

https://hal.inrae.fr/hal-02724653v1

Submitted on 2 Jun 2020

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

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

Bull. Fr. Piscic., *289*. 112-127

EFFETS D'UN PIGMENT CAROTÉNOIDE, LA CANTHAXANTHINE, SUR LA PIGMENTATION DE LA TRUITE ARC-EN-CIEL *SALMO GAIRDNERI* RICH.

G. CHOUBERT

Laboratoire de nutrition et d'élevage des poissons
I.N.R.A. Centre de recherches hydrobiologiques
Saint-Pée-Sur-Nivelle, 64310 ASCAIN, France

RÉSUMÉ

La supplémentation en caroténoïdes de synthèse, répliques exactes de ceux existant dans la nature, des aliments de pisciculture a pour but immédiat de rehausser la pigmentation de la robe et de la chair des poissons.

Après présentation des propriétés physico-chimiques de la canthaxanthine, les effets de ce pigment sont étudiés sur la couleur, la fixation et la rétention musculaire chez la truite arc-en-ciel.

SUMMARY

The feed fortification in synthetic carotenoids is utilized in intensive salmoniculture to enhance the skin and the flesh pigmentation of fishes.

After a review of physical and chemical properties of canthaxanthin, the effects of this pigment are presented on color, muscular fixation and retention of rainbow trout.

SOMMAIRE

1 - Introduction
2 - Propriétés physico-chimiques de la canthaxanthine
3 - Stabilité de la canthaxanthine
4 - Effets de la canthaxanthine sur la couleur des truites
  4.1. Relation entre la concentration en canthaxanthine et la longueur d'onde dominante.
  4.2. Relation entre la concentration en canthaxanthine et la pureté d'excitation.
  4.3. Relation entre la concentration en canthaxanthine et la luminosité.
5 - Effets de la canthaxanthine sur la fixation musculaire.
6 - Effets de la canthaxanthine sur la rétention musculaire
7 - Digestibilité de la canthaxanthine
8 - Conclusion
9 - Bibliographie

I. INTRODUCTION

La pigmentation de la robe et de la chair des truites et des saumons est recherchée par les pêcheurs, les gastronomes et les pisciculteurs qui valorisent ainsi mieux leurs produits.

Les pigments caroténoïdes, base de la pigmentation des salmonidés, remplissent en plus de leur activité colorante proprement dite certaines fonctions biologiques encore méconnues. Les caroténoïdes augmenteraient le taux de fécondité (DEUFEL, 1965) et même pourraient jouer un rôle dans la fécondation en tant qu'hormones (HARTMAN *et al.*, 1947). Par ailleurs, CZECZUGA (1974) a rapporté la présence de caroténoïdes dans la laitance de la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri* R.). Cependant, s'ils n'interviennent pas

Article available at http://www.kmae-journal.org or http://dx.doi.org/10.1051/kmae:1983011

au cours du développement larvaire (STEVEN, 1949 ; GOODWIN, 1951), ils ont un effet bénéfique sur le gain de poids des poissons (DEUFEL, 1965). Leur mode d'intervention n'est pas connu : est-il dû à un effet direct des pigments ou à un effet secondaire lié au caractère provitaminique de certains d'entre eux (GRANGAUD et MASSONET, 1958) ?.

Les poissons sont incapables de synthétiser cette classe de pigments *de novo* et, de ce fait, doivent les trouver dans leur alimentation (ANDRÉ, 1926 ; GOODWIN, 1951). En milieu naturel, la couleur rouge des truites et saumons provient d'une nourriture où abondent les crustacés dont le pigment dominant est l'astaxanthine (THOMMEN et WACKERNAGEL, 1964 ; CZYGAN, 1966, CZECZUGA, 1970). En salmoniculture intensive, les poissons ne peuvent trouver ces crustacés en grande quantité. Aussi, convient-il de complémenter ou de supplémenter les régimes alimentaires en matières premières riches en pigments naturels ou de synthèse. Différentes sources de pigments caroténoïdes d'origine naturelle ont été examinées : des extraits de carapaces d'écrevisses (PETERSON *et al.*, 1966) ou de homards (BESSE, 1951), des déchets frais de crevette (SAITO et RÉGIER, 1971), de la farine de déchets de crevette (UGLETVEIT, 1974 ; CHOUBERT, 1977, 1983 ; ELLIS, 1979), des végétaux (TUNISSON *et al.*, 1944 ; BITZER, 1963 ; CHOUBERT, 1979 ; SIMPSON et KAMATA, 1979) et enfin des levures (SAVOLAINEN et GYLLENBERG, 1970 ; JOHNSON *et al.*, 1977). Pourtant, si les résultats obtenus dans des conditions expérimentales bien précises ont été satisfaisants, leur utilisation n'a pas pu être transposée à l'échelle industrielle. En effet, ces sources naturelles de caroténoïdes ne sont pas constantes, car sujettes à des écarts importants quant à la qualité ou la quantité de pigments mais également quant à leur état d'isomérisation ou leur possibilité d'oxydation. Il peut en résulter, dans ces conditions, une pigmentation insuffisante des poissons.

L'utilisation de pigments de synthèse permet de pallier cet inconvénient et d'assurer une pigmentation constante. Depuis les premiers travaux de DEUFEL (1965), la supplémentation en caroténoïdes de synthèse, telle que la canthaxanthine, qui existe naturellement chez la truite sauvage (THOMMEN et GLOOR, 1965), des aliments utilisés en salmoniculture intensive est maintenant pratique courante.

2. PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DE LA CANTHAXANTHINE

La canthaxanthine a été mise en évidence et isolée par HAXO (1950) d'une espèce comestible de chanterelle. Ce pigment caroténoïde de couleur rouge a pour formule brute $C_{40}\ H_{52}\ O_2$ (PETRACEK et ZECHMEISTER, 1956) ; sa formule développée est schématisée par la figure 1. Les groupes cétoniques situés sur les noyaux β-ionones sont

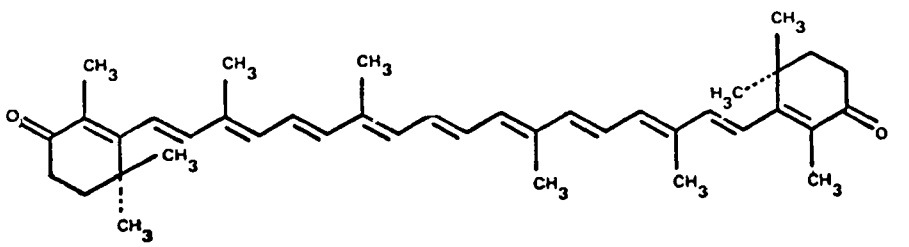

Figure 1 : Formule développée de la canthaxanthine

conjugués avec les doubles liaisons de la chaîne carbonée, provoquant ainsi un glissement du maximum d'absorption vers les plus fortes longueurs d'onde (CRAM et HAMMOND, 1965). Cette représentation révèle les nombreuses possibilités d'isomérisation. Celle-ci se fait spontanément sous l'action de la température, des rayons ultra-violets ou en présence d'iode. Dans la nature on rencontre les deux formes isomères de la canthaxanthine (*cis et trans*) ; le pigment de synthèse est uniquement *trans* et se trouve protégé de l'oxydation par une fine dispersion dans un support de gélatine (MUELLER et TAMM, 1963). Les propriétés physico-chimiques de ce pigment sont rapportées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Propriétés physico-chimiques de la canthaxanthine (BUNNEL et BORENSTEIN, 1967 ; FOPPEN, 1971)

Aspect : cristaux brun violet

Odeur : faiblement aromatique

Spectre d'absorption dans le visible :

Solvant	Maxima (nm)
Hexane	467
Benzène	485
Sulfure de carbone	500
Chloroforme	482
Ethanol	477

$E \frac{1\%}{1\,cm} = 2200$ dans l'hexane

Spectre d'absorption dans l'infrarouge : Méthode KBr
Maximum 1660 cm-¹

Spectrométrie de masse : m/e 564, 549, 508, 485, 472, 458, 428, 413, 406, 402, 361

Point de fusion : 216-218°C crist. éther de pétrole-acétone

Coefficient de partage :

Hexane - 95 % méthanol	50 : 50
Hexane - 85 % méthanol	92 : 8

Activité biologique : ce n'est pas une provitamine A

Solubilité à 25° C :

huiles végétales	0,02 %
acétone	0,03 %
éthanol	insoluble
propylène glycol	traces
benzène	0,2 %
chloroforme	10 %

3. STABILITÉ DE LA CANTHAXANTHINE

L'instabilité des pigments caroténoïdes pose le problème de leur conservation tant dans les matières premières que dans les aliments fabriqués. Les conditions et la durée de conservation peuvent apporter des modifications sensibles, difficilement prévisibles, étant donné la variété des formules alimentaires, les conditions de fabrication et de distribution dans la pratique industrielle (CABELL et ELLIS, 1955 ; POPE et al., 1957 ; FÄSSLER *et al.*, 1962 ; TIEWS et ZUCKER, 1963).

La principale cause d'altération des pigments caroténoïdes est leur oxydation. Le mode de présentation enrobé de la canthaxanthine la protège efficacement de l'oxydation comme l'ont montré BUNNEL et BORENSTEIN (1967) ; CHOUBERT et LUQUET (1979). Ces résultats montrent bien la concordance existant entre le taux de canthaxanthine annoncé par le fabricant et le taux de canthaxanthine réellement trouvé dans les concentrats.

Par contre, le processus d'élaboration des granulés et le stockage des aliments entraînent une perte importante de pigments (CHOUBERT et LUQUET, 1979) comme le montre le tableau 2. En effet, deux facteurs au moins interviennent au cours du pressage : une élévation thermique et une forte pression qui entraînent l'abrasion des nutriments lors du passage de l'aliment à travers la filière. L'effet thermique ne peut expliquer, à lui seul, les pertes notées car la température des granulés à la sortie de la presse est basse (42-45° C), températures auxquelles la canthaxanthine est stable. L'abrasion, davantage que la pression, serait responsable des pertes enregistrées car l'agglomération exerce un rôle de fragilisation de l'enrobage par laminage des particules contre la filière plutôt qu'un effet de destruction proprement dit. Ainsi, les détériorations subies par les granulés hâteraient la destruction de la canthaxanthine par suite de la considérable surface ainsi exposée à l'air lors du stockage.

Tableau 2 : Concentration en canthaxanthine, rapportée à la matière sèche, de l'aliment avant et après granulation et de l'aliment stocké pendant deux mois (CHOUBERT et LUQUET, 1979)

Essai	Aliment avant granulation µg/g	Aliment après granulation µg/g	Aliment stocké pendant 2 mois µg/g
1	249	218	142
2	282	289	170
3	276	198	205
4	264	242	165
5	262	221	201
6	324	223	211
7	240	173	171
8	318	267	218
9	234	216	173
10	306	212	176
11	317	212	180
12	240	188	154
13	299	216	178
moyenne	277 ± 32	221 ± 32	180 ± 22

4. EFFETS DE LA CANTHAXANTHINE SUR LA COULEUR DES TRUITES

Après ingestion de la canthaxanthine, la couleur de la truite se modifie. Paradoxalement, ce critère n'a pas été étudié. Certes, les méthodes d'analyses, discutées par ailleurs, (CHOUBERT, 1982), permettent de déterminer indirectement la couleur mais les résultats obtenus ne sont interprétables qu'au moyen d'une gamme arbitraire de référence et à la condition que la couleur relative de chaque pigment soit constante. En fait, ces mesures ne sont utilisables que dans des conditions rigoureusement semblables et connues, peu compatibles avec la pratique. De plus, les valeurs ainsi obtenues ne sont qu'indicatives (FERRANDO *et al.*, 1966).

Cependant, on utilise, pour décrire la couleur, une terminologie généralement confuse et imprécise car on exprime par un mot une sensation déterminée qui est la résultante de plusieurs phénomènes physiques perçus simultanément (tableau 3).

Tableau 3 : La couleur et sa mesure

Attribut perceptif	Mesure psychophysique
luminosité	luminance (Y)
teinte	longueur d'onde dominante (λd)
saturation	pureté d'excitation (Pe)

Préciser une couleur revient à utiliser plusieurs qualificatifs permettant de parfaire l'information que l'on désire donner (MAINGUY et ROUQUES, 1965). L'analyse de cette information montre que l'on est toujours amené à distinguer :

— la teinte permettant d'opérer un choix élémentaire dans la gamme des couleurs telles que le rouge, le vert, le bleu.

— la saturation qui exprime la proportion du mélange de cette teinte avec le blanc. La teinte et la saturation définissent la chromaticité.

— la luminosité permettant de distinguer une couleur claire d'une couleur sombre. C'est une caractéristique d'intensité.

Pour apprécier l'effet de la canthaxanthine sur la couleur du muscle de truites, nous avons examiné les relations qui existent entre la teneur en canthaxanthine de la musculature et les caractéristiques de chromaticité telles que la longueur d'onde dominante (λd) et la pureté d'excitation (Pe) et de luminosité (Y). A cette fin, les valeurs de réflectance obtenues à l'aide d'une sphère intégratrice équipant un spectrophotomètre Beckman DB ont été traitées selon les normes CIE 1931 (WYSZECKI et STILES, 1967). Le dosage de la canthaxanthine a été effectué selon la méthode décrite par OSADCA *et al.* (1972).

4.1. Relation entre la concentration en canthaxanthine et la longueur d'onde dominante

On remarque une augmentation rapide de la longueur d'onde dominante dans les jaunes (577 nm $< \lambda d <$ 580 nm) lorsque la quantité de canthaxanthine de la masse

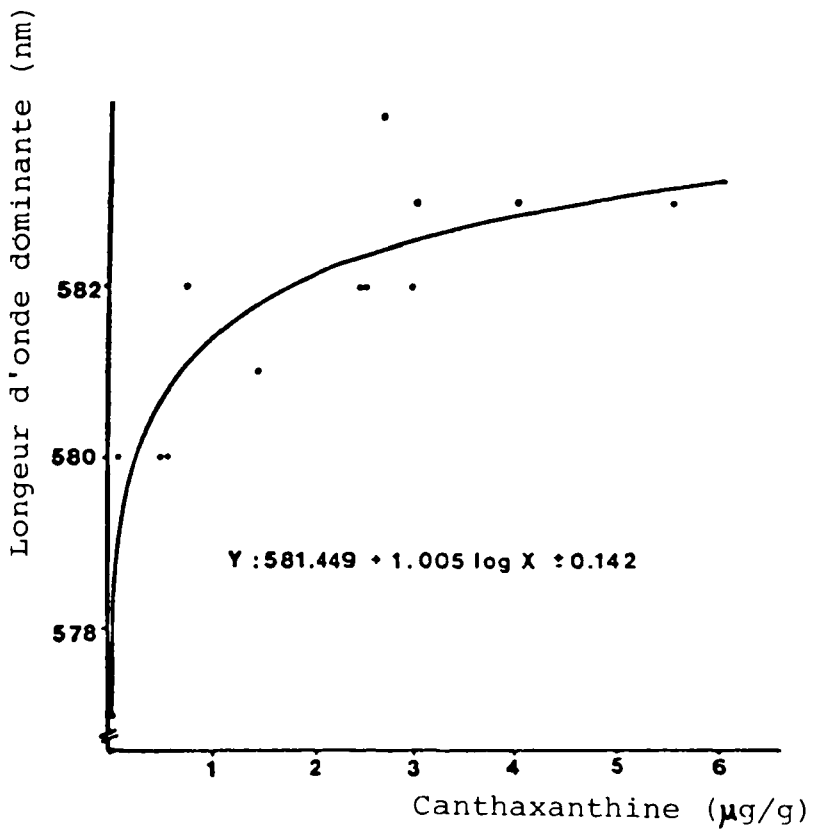

Figure 2 : Relation entre la concentration en canthaxanthine du muscle des truites et la longueur d'onde dominante (CHOUBERT, 1982)

musculaire croît pour atteindre 0,5 µg/g. Lorsque cette quantité est dépassée, le déplacement de la teinte du muscle vers le jaune orangé, puis l'orangé, est beaucoup plus lent et atteint un niveau au-delà duquel toute augmentation de la fixation musculaire de canthaxanthine semble ne plus produire d'effet (figure 2).

Ainsi, l'addition de canthaxanthine renforce soit la teinte, soit la concentration musculaire. Il est important de noter que l'un de ces effets n'implique pas nécessairement l'autre.

4.2. Relation entre la concentration en canthaxanthine et la pureté d'excitation

On note que la saturation augmente avec la concentration en canthaxanthine du muscle. En fait, dans la zone orangée, cette saturation ne varie que faiblement (figure 3).

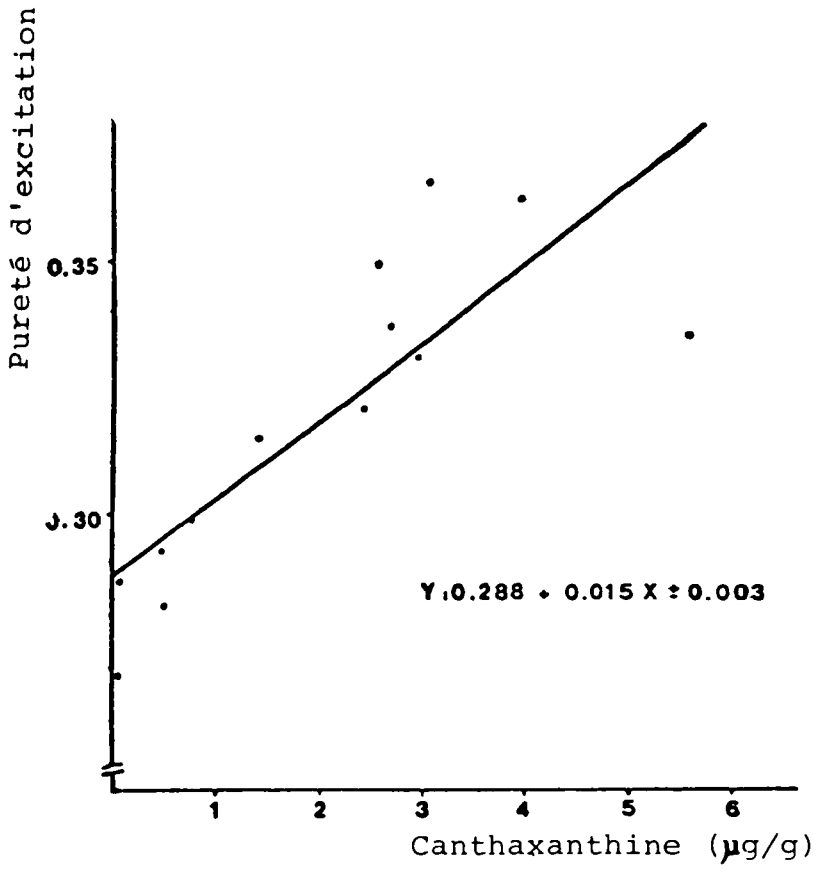

Figure 3 : Relation entre la concentration en canthaxanthine du muscle des truites et la pureté d'excitation (CHOUBERT, 1982)

4.3. Relation entre la concentration en canthaxanthine et la luminosité

La luminosité diminue à mesure que la concentration du muscle en canthaxanthine augmente ; la couleur du muscle devient plus foncée (figure 4).

Sur le plan méthodologique, les différentes corrélations existantes entre la concentration en canthaxanthine du muscle et les caractéristiques colorimétriques sont hautement significatives. Dans ces conditions, les méthodes de dosages par spectrophotométrie après extraction de la canthaxanthine ou par mesure colorimétrique sur un broyat de muscle permettent d'obtenir des résultats qui sont pratiquement équivalents. Ce sont donc des commodités ou des objectifs particuliers qui permettent de préférer l'une des méthodes à l'autre.

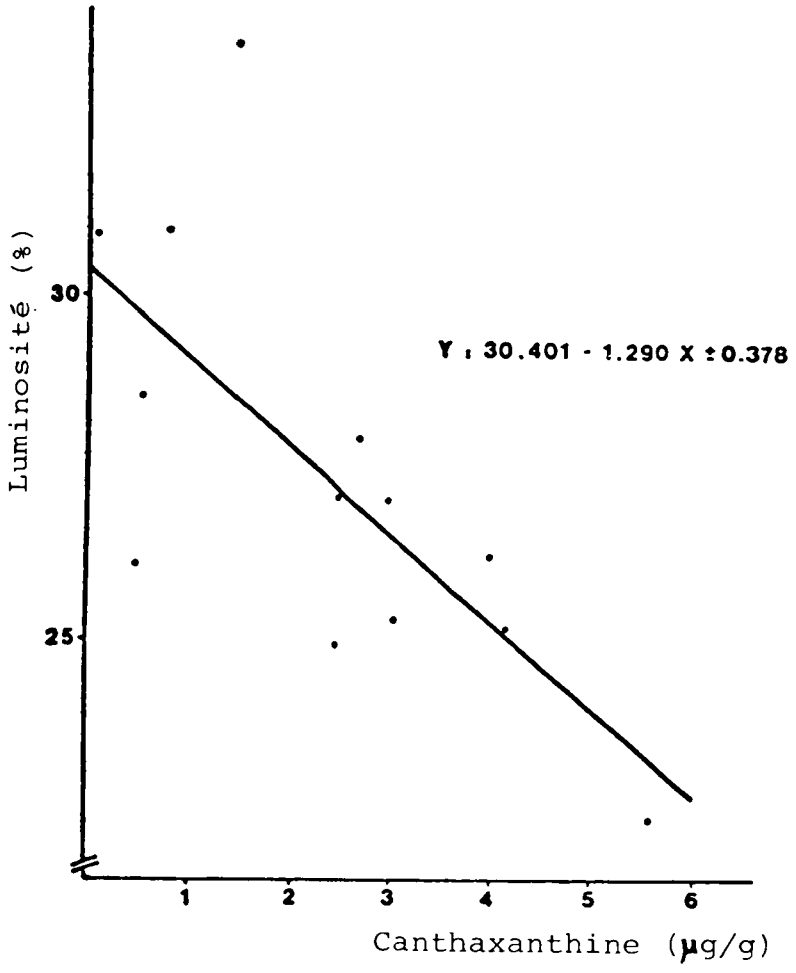

Figure 4 : Relation entre la concentration en canthaxanthine du muscle des truites et la luminosité (CHOUBERT, 1982).

En fait, sur le plan pratique, ces études ont permis de définir la couleur de la truite de la façon la plus objective. Elles donnent aussi la possibilité de mettre au point avec exactitude une gamme de référence usuelle dont chaque couleur sera définie par des coordonnées précises et vérifiables. Cette gamme devrait permettre une appréciation plus rapide et plus précise de la couleur des truites à condition de répondre à deux impératifs (LEGRAS, 1980) :

— avoir une correspondance maximum avec la teinte des classes de couleurs de la chair des truites,

— avoir une concordance optimale quant à l'aspect physique visible (épaisseur, translucidité, structure de surface), point important pour le jugement comparatif visuel de la couleur.

Cette classification permettrait d'offrir au consommateur un choix ; la sélection au niveau commercial et les incidences psycho-sensorielles et économiques sur les consommateurs seraient à préciser ultérieurement à partir de ces limites de perceptions visuelles bien repérées par la colorimétrie.

5. EFFETS DE LA CANTHAXANTHINE SUR LA FIXATION MUSCULAIRE

Jusqu'alors, la fixation des pigments caroténoïdes en général et de la canthaxanthine en particulier, a été étudiée plus sous l'aspect des causes de sa variation que sous son aspect dynamique. La majorité des auteurs se sont attachés à définir

l'influence de la nature de ces pigments ou celle de leur concentrations dans l'aliment (PETERSON *et al.*, 1966; SCHMIDT et BAKER, 1969; SAVOLAINEN et GYLLENBERG, 1970; SAITO et REGIER, 1971; UGLETVEIT, 1974; ABDUL MALAK *et al.*, 1975; CHOUBERT et LUQUET, 1975; KUO *et al.*, 1976; CHOUBERT, 1977, 1979).

Or, l'étude de la fixation et de la rétention de la canthaxanthine, en fonction de sa consommation, apporte des indications précieuses non seulement sur l'aptitude des animaux à se pigmenter, mais aussi sur l'efficacité des différentes matières premières ou sur les concentrations optimales de pigments à incorporer dans les aliments en relation avec la durée de distribution (CHOUBERT et LUQUET, 1982).

L'évolution de la quantité de canthaxanthine fixée dans la musculature totale du poisson en fonction de la quantité ingérée peut être représentée par une courbe à allure parabolique (fig. 5). On remarque que la quantité de canthaxanthine fixée par la truite est d'autant plus élevée que la quantité de canthaxanthine ingérée est importante. Toutefois, cette quantité atteint un niveau au-delà duquel toute augmentation de l'ingestion de pigment ne produit plus d'effet. Cette limite de 100 μg de canthaxanthine fixée par le poisson est encore inexpliquée mais peut correspondre soit à une impossibilité de la part du poisson à absorber plus de canthaxanthine, soit à une saturation des sites de liaisons lipoprotéiques comme cela a été noté pour le β-carotène par MATHEWS-ROTH et GULBRANDSEN (1974). Ces résultats sont à rapprocher, dans une certaine mesure, de ceux obtenus chez la volaille (TAGWERKER *et al.*, 1962).

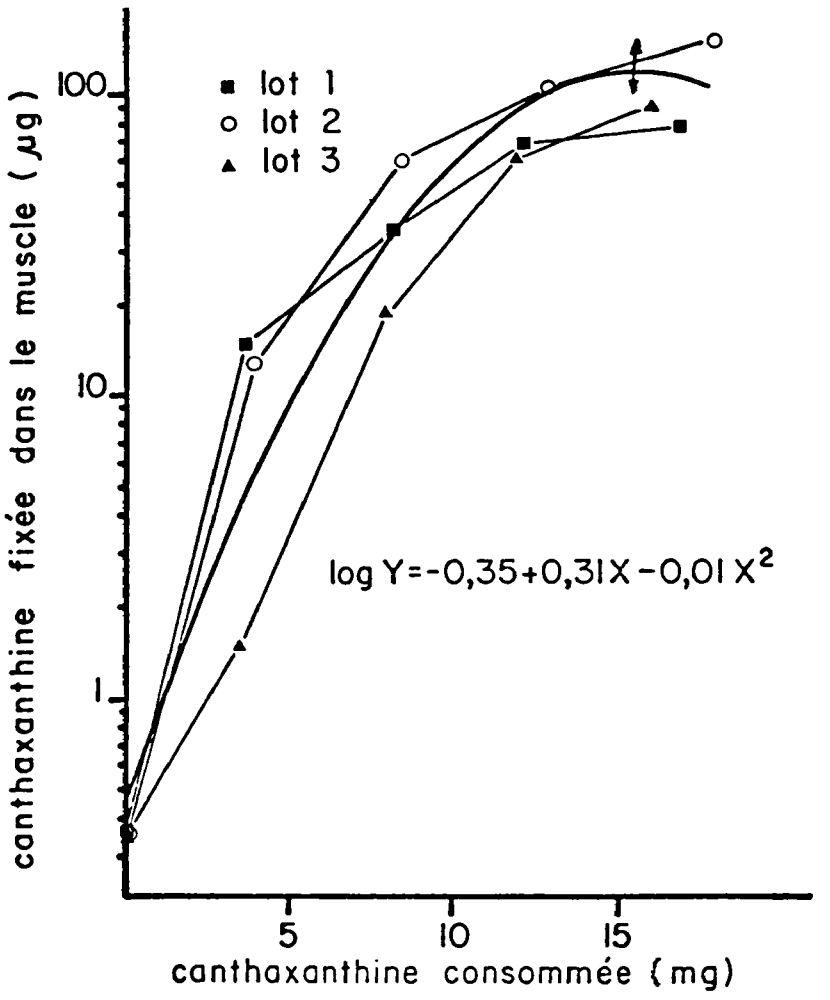

Figure 5 : Relation entre la quantité de canthaxanthine consommée par le poisson et la quantité de canthaxanthine fixée dans le muscle (CHOUBERT et LUQUET, 1982)

Sur la figure 5, on remarque que le changement de pente de la courbe représentant l'évolution de la canthaxanthine fixée dans la totalité de la masse musculaire du poisson n'a lieu qu'à partir du moment où le poisson a consommé 4 à 5 mg de canthaxanthine. Pour un aliment contenant 200 μg/g de canthaxanthine et un indice de consommation moyen de 1,38, cela se traduit par une durée de distribution du pigment d'environ une semaine. Chez la poule pondeuse, MARUSICH *et al.* (1962) rapportent un phénomène analogue tant pour la canthaxanthine que pour l'isozéaxanthine et le β-apo-8'-caroténal.

En fait, la quantité totale de canthaxanthine ingérée apparaît plus importante à considérer que le temps pendant lequel les pigments sont consommés. Dans ce contexte, on doit se demander ce qui se passerait si l'administration de la canthaxanthine, en vue d'obtenir une fixation de pigments sur une période de temps plus courte, était effectuée de façon aménagée : une ration dite de démarrage à forte teneur en canthaxanthine précédant une ration dite de finition à teneur moindre en canthaxanthine.

6. EFFETS DE LA CANTHAXANTHINE SUR LA RÉTENTION MUSCULAIRE

La rétention musculaire totale de la canthaxanthine est calculée à partir des variations en concentations de la canthaxanthine dans les muscles latéro-dorsaux selon la relation :

$$\text{Rétention musculaire} = \frac{[(P)\,(C)]\ \text{final} - [(P)\,(C)]\ \text{initial}}{\text{consommation en pigment}}$$

où P représente le poids des muscles latéro-dorsaux, C représente la concentration en canthaxanthine des muscles.

Les résultats obtenus pour les muscles latéro-dorsaux ont été ensuite extrapolés à l'ensemble de la musculature du poisson selon LUQUET (1971) et AUGER ((1973).

Par l'analyse factorielle (SNEDECOR et COCHRAN, 1967), on peut établir une relation entre la rétention musculaire de la canthaxanthine et la quantité de canthaxanthine ingérée représentée par la figure 6 (CHOUBERT et LUQUET, 1982).

Cette courbe présente une valeur maximale au-delà de laquelle les valeurs de rétention diminuent alors que la quantité de canthaxanthine ingérée augmente. Cette valeur maximale de 0,906 % est basse et ne représente environ que le dixième de celle qui est classiquement observée chez la volaille (MAINGUY et ROUQUES, 1965; FERRANDO *et al.*, 1966; CHEMILLIER, 1977).

Sur la courbe de rétention, l'intervalle de confiance (95 %) a été reporté de part et d'autre. Deux points X_1 et X_0 ont également été mentionnés, selon ZEITOUN *et al.* (1976). XI représente la quantité de canthaxanthine ingérée correspondant à une rétention égale à la limite inférieure de Y max. X_0 représente la quantité de canthaxanthine ingérée correspondant à une rétention musculaire égale à la limite inférieure de Y max. sur la courbe représentant la limite supérieure de la rétention musculaire. Ces valeurs X_0 et X_1 correspondent respectivement à 4,7 et 7,2 mg de canthaxanthine ingérée par le poisson.

Dès lors, la réponse à une quantité de canthaxanthine ingérée X, soit Y, comprise entre X_0 et la quantité de canthaxanthine ingérée correspondant à la valeur maximale de la rétention (X max.), n'est pas statistiquement différente de la valeur maximale observée (Y max.), parce que la distribution Y max. — Y n'est pas connue avec exactitude. C'est pourquoi dans le cas d'un régime alimentaire contenant 200 μg/g de canthaxanthine, analogue à celui employé ici, on peut, pour des raisons économiques évidentes, réduire la quantité de canthaxanthine ingérée par le poisson, c'est-à-dire ramener la durée d'administration de la canthaxanthine de trois semaines (maximum de rétention musculaire) à une période d'environ deux semaines.

On peut considérer, en outre, qu'à chaque niveau d'ingestion de la canthaxanthine, la rétention musculaire aurait une allure parabolique dont la valeur maximum serait d'autant plus élevée et atteinte d'autant plus rapidement que le niveau d'ingestion serait lui-même plus élevé.

Il importe toutefois de bien souligner qu'il s'agit là de conclusions tirées d'une étude de quatre semaines faites sur de jeunes truites en croissance.

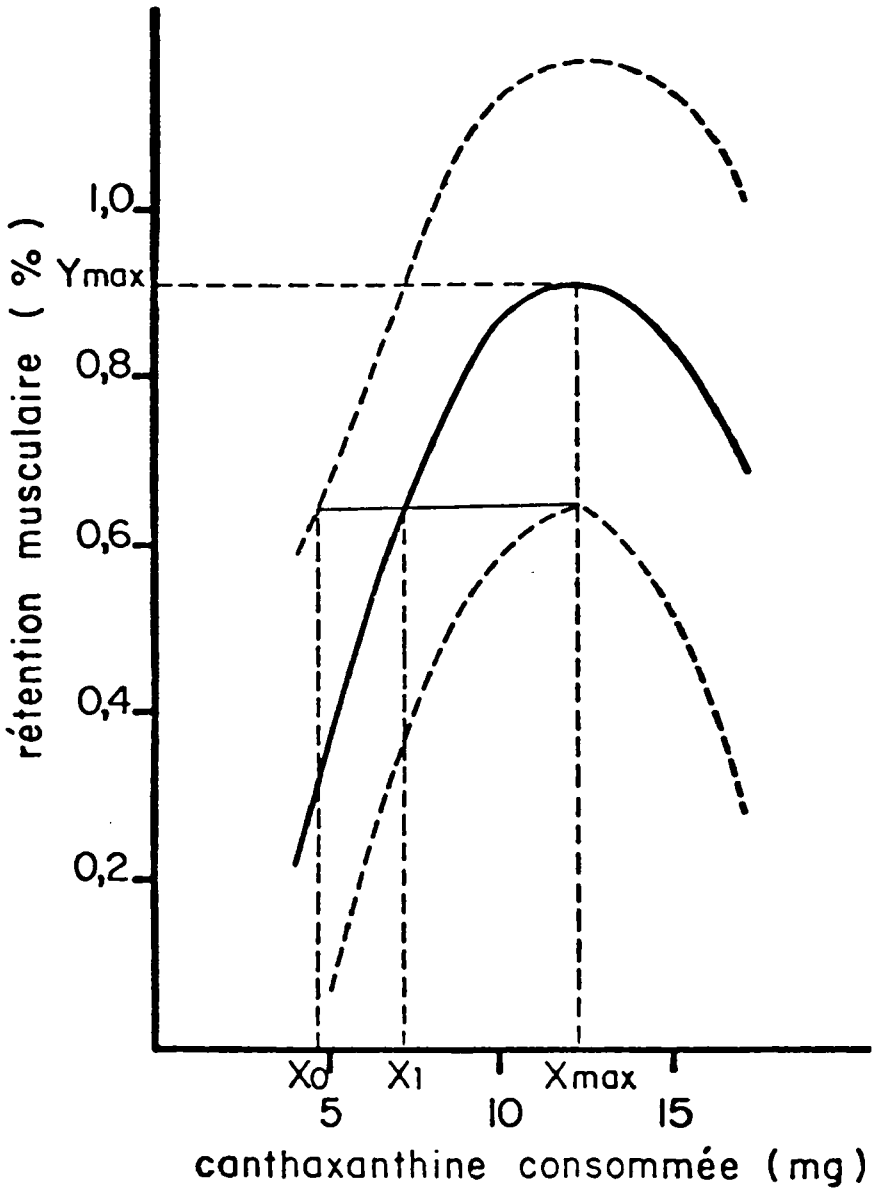

Figure 6 : Relation entre la quantité de canthaxanthine consommée par le poisson et la rétention musculaire (CHOUBERT et LUQUET, 1982)

7. DIGESTIBILITÉ DE LA CANTHAXANTHINE

La quantité de canthaxanthine fixée par la truite arc-en-ciel, dépend de la quantité de pigment réellement absorbée. Celle-ci ne peut s'évaluer qu'en connaissant la digestibilité de ce pigment. Classiquement, la digestibilité s'estime par différence en mesurant la fraction éliminée dans les fèces. Cependant, pour les caroténoïdes, cette digestibilité ainsi mesurée n'est en fait qu'une digestibilité apparente, car le calcul des C.U.D. (Coefficient d'Utilisation Digestive) (MAYNARD et LOOSLI, 1969) ne tient pas compte de l'instabilité de ces composés. En effet, les pigments caroténoïdes peuvent être détruits au cours du transit digestif (BOOTH, 1956 ; 1957) dans l'estomac ou l'intestin en raison des pH excessifs. De plus, l'existence d'une flore bactérienne aérobie stricte dans le tube digestif de la truite arc-en-ciel a été rapportée par TRUST et SPARROW (1974).

La récolte des fèces en vue de la détermination des coefficients d'utilisation digestive chez le poisson se heurte à des problèmes spécifiques aux animaux aquatiques: récolte quantitative et phénomène de dissolution. Aussi, la méthode indirecte qui ne nécessite pas la récolte quantitative des fèces est-elle couramment utilisée. Jusqu'à l'heure, la méthode classiquement utilisée était la pression abdominale (INABA *et al.*, 1962; NOSE, 1967; POSSOMPES, 1973). Elle consiste, après anesthésie du poisson, à appliquer une légère pression sur l'abdomen du poisson pour en collecter les fèces. Les valeurs de C.U.D. pour la canthaxanthine obtenues dans ces conditions sont rapportées dans le tableau 4. On remarque une très grande dispersion des résultats pour les deux séries de mesures. De plus, nos résultats font apparaître en moyenne une faible digestibilité de la canthaxanthine de l'ordre de 20 à 30%.

Tableau 4: Coefficient d'utilisation digestive de la canthaxanthine (p. 100 M.S.) (CHOUBERT et LUQUET, 1979)

Essai	C.U.D.
1	7,8
2	41,4
3	4,8
4	34,1
5	27,2
6	14,6
7	14,5
8	49,4
9	19,3
10	8,6
11	6,6
12	11,1
13	7,7
moyenne	19 ± 14

Il est cependant permis de faire des réserves sur la valeur des prélèvements des fèces effectués par pression adbominale (De La NOUE *et al.*, 1980). En effet, il convient que l'échantillon de fèces prélevé soit effectivement représentatif et en premier lieu que leur composition soit la plus proche possible de celle qu'elles avaient lors de leur émission. Or les fèces, récoltées par pression abdominale, ne sont que des contenus digestifs et non réellement des fèces. D'autre part, on peut reprocher à cette technique de ne prélever que des échantillons ponctuels non représentatifs de l'ensemble des fèces pendant tout un nycthémère. Or, POSSOMPES (1973) et FURUKAWA (1973) ont montré qu'il existe des variations dans la composition des fèces au cours de la journée.

Un prélèvement en continu tout au long du nycthémère des fèces émises naturellement par le poisson mais avec un temps d'immersion très court pour éviter tout phénomène de dissolution est donc préférable. C'est ce que nous nous sommes efforcés de réaliser en mettant en œuvre une méthode de collecte en continu des fèces (CHOUBERT *et al.*, 1979, 1982).

L'évolution temporelle des CUD de la canthaxanthine est représentée sur la figure 7. On remarque que son tracé est très irrégulier mais oscille autour d'une valeur

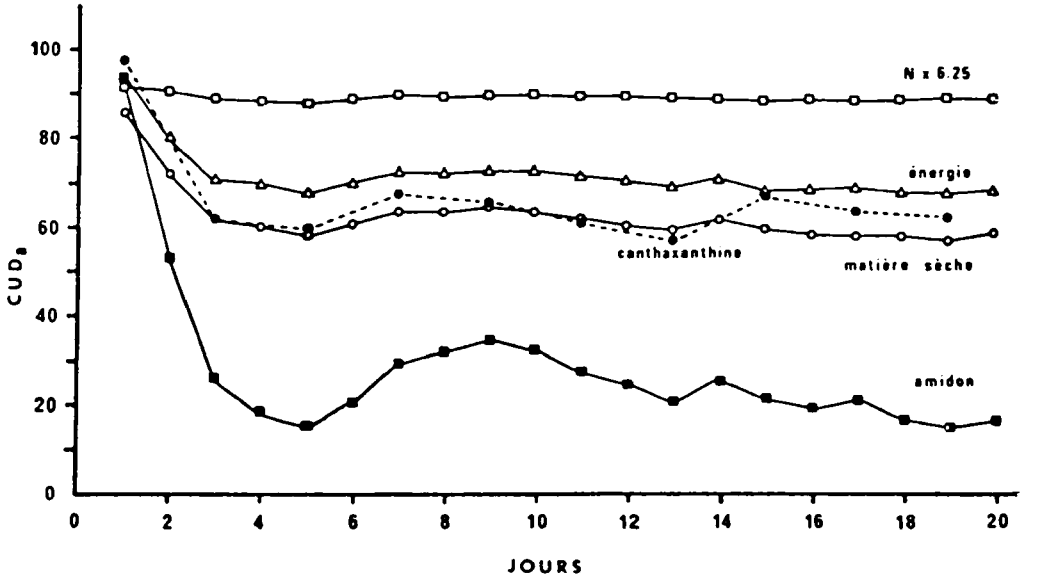

Figure 7 : Evolution temporelle du C.U.D. de la canthaxanthine (De La NOUE *et al.*, 1980).

moyenne de l'ordre de 60%. La variation des valeurs des coefficients d'utilisation digestive pendant les deux premiers jours de prélèvement s'explique par le mélange dans le tractus digestif et par conséquent dans les fèces de l'aliment antécédent et de l'aliment expérimental contenant de la canthaxanthine. A la température d'acclimatation retenue pour nos conditions expérimentales (14 ± 1° C), le seul temps de vidange gastrique est de 36 heures. Les valeurs moyennes quotidiennes des CUD de la canthaxanthine atteignent une relative stabilité dès le troisième jour après le changement de régime.

La décomposition de la variance, en fonction des différentes sources de variation dont on peut estimer les effets (bacs, jours et erreur résiduelle), a été effectuée à partir des analyses des jours 3 à 20. Les résultats sont présentés dans le tableau 5 avec les

Tableau 5 : Estimation des composantes de la variance des CUD, jour 3 à 20. Les écarts-types approximatifs des estimateurs sont indiqués entre parenthèses (De La NOUE *et al.*, 1980)

Sources de variations	M.S.	Canthaxanthine
Bacs	0,9	59,8
	(0,7)	(39,9)
Jours	4,4	0
	(1,7)	(6,8)
Erreur résiduelle	4,0	81,8
	(0,7)	(19,9)

écarts type d'erreur correspondants. Ceux-ci ne permettent pas de déterminer des intervalles de confiance, la distribution d'une variance n'étant pas symétrique (SNEDECOR et COCHRAN, 1967), mais ils donnent une idée de l'imprécision des résultats due à un échantillonnage limité en jours et en bacs. On observe néanmoins que la contribution de "l'effet bac" à la variation totale est importante pour la canthaxanthine et représente plus de 50% de la variance totale. Par contre, la contribution "jour" est nulle.

Bien qu'imprécises les estimations des composantes de la variance des CUD permettent d'apprécier les fluctuations susceptibles d'affecter les phénomènes digestifs dans le temps et d'un lot expérimental à l'autre. Les fluctuations dans le temps présentent un caractère assez général et mériteraient une analyse plus approfondie de leurs causes réelles en fonction notamment du mode de nourrissage. De plus, des différences entre bacs peuvent refléter, en partie, une hétérogénéité de matériel biologique qu'il conviendrait de vérifier.

8. CONCLUSION

Le rôle de la canthaxanthine dans la pigmentation de la truite n'est qu'un aspect particulier de sa fonction car son intervention a été soupçonnée dans de nombreux phénomènes tels que la croissance ou la reproduction (DEUFEL, 1965).

Jusque là, seule la pigmentation a été analysée mais il est certain que les autres aspects du rôle de la canthaxanthine chez le poisson gagneraient à être étudiés.

9. BIBLIOGRAPHIE

ABDUL MALAK N., 1975. Influence de certains facteurs nutritionnels et écologiques sur le métabolisme d'un pigment caroténoïde : la canthaxanthine, chez la truite (*Salmo gairdneri* R.). *Thèse Doct. 3e cycle.* Lyon, 106 pp.

ANDRÉ E., 1926. Influence de l'alimentation sur la pigmentation cutanée des salmonidés. *Revue Suisse Zool.,* 33, 659-666.

AUGER G., 1973. La canthaxanthine : son influence sur la coloration de la chair des truites. *Thèse Doct. Vété.* Paris, 112 p.

BESSE P., 1951. La saumonisation artificielle des salmonidés, Truites et Saumons de fontaine. *C.R. Hebd. Séanc. Acad. Sci. Paris,* 233, 637-639.

BITZER R.A., 1963. The coloring of future hatchery trout. *U.S. Trout News,* 8, 3.

BOOTH V.H., 1956. Disappearance of carotene from the alimentary tract of vitamin A deficient rats. *Brit. J. Nutr.,* 10, 241-250.

BOOTH V.H., 1957. Effects of sexe on the disappearance of carotene from the alimentary tracts of rats. *Brit. J. Nutr.,* 11, 148-152.

BUNNEL R.H., BORENSTEIN B., 1967. Canthaxanthin, a potential new food color. *Food Technol.,* 21, 331-334.

CABELL C.A., ELLIS N.R., 1955. Feeding value of stored corn. *J. Anim. Sci.,* 14, 1167-1173.

CHEMILLIER J., 1977. La pigmentation du poulet de chair. *Doc. Roche,* 1393, 35 pp.

CHOUBERT G., 1977. Caroténoïdes fixées par la truite arc-en-ciel en croissance. *Thèse Doct. 3e cycle,* Paris, 47 pp.

CHOUBERT G., 1979. Tentative utilization of spirulin algae as a source of carotenoid pigment for rainbow trout. *Aquaculture, 18,* 135-143.

CHOUBERT G., 1982. Method for colour assessment of canthaxanthin pigmented rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). *Sci. Alim.,* 2 (4), 451-463.

CHOUBERT G., DE LA NOUE J., LUQUET P., 1979. Continuous quantitative automatic collector for fish feces. *Prog. Fish Cult.,* 41 (2), 64-67.

CHOUBERT G., DE LA NOUE J., LUQUET P., 1982. Digestibility in Fish : Improved device for the automatic collection of feces. *Aquaculture, 29,* 185-189.

CHOUBERT G., LUQUET P., 1975. Nature des caroténoïdes fixés au niveau de la peau et du muscle de la truite arc-en-ciel ayant ingéré de l'huile rouge de capelan. *Ann. Hydrobiol.*, 6 (2), 123-130.

CHOUBERT G., LUQUET P., 1979. Influence de l'agglomération et du stockage des aliments composés sur leur teneur en canthaxanthine. Conséquences sur la digestibilité et la fixation de ce pigment chez la truite arc-en-ciel. *Ann. Zootech.*, 28, (2), 145-157.

CHOUBERT G., LUQUET P., 1982. Fixation et rétention musculaire de la canthaxanthine par la truite arc-en-ciel. *Ann. Zootech.*, 31, (1) 1-10.

CHOUBERT G., LUQUET P., 1983. Utilization of shrimp meal for rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.) pigmentation. Influence of fat content in the diet. *Aquaculture, 32,* 19-26.

CRAM D.J., HAMMOND G.S., 1965. Chimie organique. Gauthier-Villars éd., Paris, 758 p

CZECZUGA B., 1970. Some carotenoids in *Chironomus annularius* Meig. larvae (*Diptera : chironomidae*). *Hydrobiol.* 36 (3-4), 353-360.

CZECZUGA B., 1974. Carotenoids in the fish milt. *Bull. Acad. Pol. Sci. Ser. Sci. Biol.*, 22, 211-214.

CZYGAN F.C., 1966. Uber den Stoffwechsel von Ketocarotinoiden in niederen Krebsen. *Z. Naturforsch.*, 21 b, 801-805.

DE LA NOUE J., CHOUBERT G. PAGNIEZ B., BLANC J.M., LUQUET P., 1980. Digestibilité chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri* R.) lors de l'adaptation à un nouveau régime alimentaire. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37 (12), 2218-2224.

DEUFEL J., 1965. Pigmentierungsversuhe mit canthaxanthin bei Regenbogenforellen. *Arch. Fisch. Wiss.*, 16, 125-132.

ELLIS J.N., 1979. The use of natural and synthetic carotenoids in the diet to color the flesh of salmonids. *In* Proc. World Symp. on finfish and fishfeed technology, Hamburg 20-23 June 1978, ed. by J.E. HALVER and K. TIEWS, Vol. II. Berlin, 353-364.

FASSLER C., VUILLEUMIER J.P., BRUBACHER G.B., 1962. Uber die Stabilität von natürlichen carotenoiden in Futtermitteln unter Normalen Lagerbedindungen. *Int. Z. Vitaminforsch.*, 32 (4), 454-459.

FERRANDO R., MAINGUY P., ROUQUES A., 1966. Tentatives d'interprétation d'ensemble des effets sur la coloration vitelline de l'apport contrôlé de divers caroténoïdes dans la ration des poules pondeuses. *C.R. Hebd. Séanc. Acad. Sci. Paris,* 263, 676-678.

FOPPEN F.H., 1971. Tables for the identification of carotenoid pigments. *Chromat. Rev.* 14 (3), 133-298.

FURUKAWA A., 1973. Diet in yellowtail Culture. *In :* K.S. Price Jr., W.N. SHAW and K.S. DANBERG (Ed.). Proceeding of the 1st International Conference on Aquaculture Nutrition. *Coll. Mar. Stud., Univ. Del. Newark,* 85-104.

GOODWIN T.W., 1951. Carotenoids in Fish. *Biochem. Soc. Symp.*, 6, 63-81.

GRANGAUD R., MASSONET R., 1950. Activité antixérophtalmique du pigment caroténoïde d'*Aristeamorpha foliacea* (Penaeidae). *C.R. Hebd. Séanc. Acad. Sci. Paris,* 230, 1319-1321.

HARTMANN M., MEDEM F.G., KUHN R. BIELIG H.J., 1947. Untersuchungen über die Befruchtungstoffe der Regenbogenforelle. *Z. Naturforsch.*, 2, 330-343.

HAXO F., 1950. Carotenoids of the mushroom *Cantharellus cinnabarinus. Botan. Gaz.*, 112, 228-232.

INABA D., OGINO C., TAKAMATSU C., UEDA T., KUROKAWA K., 1973. Digestibility of dietary components in fishes. II. Digestibility of dietary protein and starch in rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 29, 242-244.

JOHNSON E.A., CONKLIN D.E., LEWIS M.J., 1977. The yeast *Phaffia rhodozyma* as a dietary pigment source for salmonids and crustaceans. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 34, 2417-2421.

KUO H.C., LEE T.C., KAMATA T., SIMPSON K.L., 1976. Red Crab processing waste as a carotenoid source for rainbow trout. *Alimenta*, 2, 2-6.

LEGRAS P., 1980. Etude de la couleur de la viande de veau. D.E.S., *Univ. Clermont-Ferrand*, 170 pp.

LUQUET P., 1971. Efficacité des protéines en relation avec leur taux d'incorporation dans l'alimentation de la truite arc-en-ciel. *Ann. Hydrobiol.*, 2 (2), 175-186.

MAINGUY P., ROUQUES A., 1965. Le jaune de l'œuf. II. La couleur des œufs du marché français. *Bull. Soc. Scient. Hyg. Aliment.*, 53 (7-8-9), 194-212.

MARUSICH W.L., ACKERMAN G.L., BAUERNFEIND J.C., 1962. Effeet of feed additives on yolk pigmentation. *Poultry Sci.*, 41, 1664.

MASSONNET R., 1958. Recherches sur la biosynthèse de l'astaxanthine. *Thèse Doct. Etat, Lyon*, 150 pp.

MATHEWS-ROTH M., GULBRANDSEN C.L., 1974. Transport of β-carotene in serum of individuals with carotenemia. *Clin. Chem.*, 20 (12), 1578-1579.

MAYNARD L.A., LOOSLY J.K., 1979. Animal nutrition 6 th. ed. *Mc Graw-Hill, New-York*, 613 p.

MUELLER P., TAMM R., 1963. Process of making a carotenoid preparation. *U.S. Patent* 3, 110, 598.

NOSE T., 1967. On the metabolic fecal nitrogen in young rainbow trout. *Bull. Freshwat. Fish. Res. Lab. Tokyo*, 17, 97-105.

OSADCA M., ARAUJO M., DE RITTER E., 1972. Determination of canthaxanthin in concentrates and feeds. *J. Ass. off. Analyt. Chem.*, 55, 110-113.

PETERSON D.H., JÄGER H.K. SAVAGE G.M., WASHBURN G.N., WESTERS H., 1966. Natural coloration of trout using xanthophylls. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 95, 408-414.

PETRACEK F.J., ZECHMEISTER L., 1956. The structure of canthaxanthin. *Arch. Biochem. Bioph.*, 61, 137-139.

POPE C.W., SCHAIBLE P.J., EVANS R.J., 1957. Effect of BHT and vitamin E in freshly and stored feeds upon pigmentation of broilers. *Poult. Sci.*, 36, 1149.

POSSOMPES B.P., 1973. Influence de la température sur les besoins en protéines, le transit alimentaire et de la digestibilité chez la truite arc-en-ciel, *Salmo gairdneri* R., *Thèse Doct. 3e Cycle, Paris*, 58 p.

SAITO A., REGIER L.W., 1971. Pigmentation of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) by feeding dried crustacean waste. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 28 (4), 509-512.

SAVOLAINEN J.E.T.,GYLLENBERG H.G., 1970. Feeding of rainbow trouts with *Rhodotorula sanneii* preparations. III. Amounts and qualities of carotenoids. *Lebensm. Wiss. u. Technol.*, 3, 18-20.

SCHMIDT P.J., BAKER E.G., 1969. The indirect pigmentation of salmon and trout flesh with canthaxanthin. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 26, 357-360.

SIMPSON K.L., KAMATA T., 1979. Use of carotenoids in fish feeds. *In :* Proc. World Symp. on finfish and fishfeed technology, Hamburg 20-23 June 1978. ed. by J.E. HALVER and K. TIEWS, Vol. II. Berlin, 415-424.

SNEDECOR G.W., COCHRAN W.G. 1967. Statistical methods. 6 th ed. *Iowa State Univ. Press. Ames*, 535 p.

STEVEN D.M., 1949. Studies on animal carotenoids. II. Carotenoids in the reproductive cycle of brown trout. *J. Exp. Biol.*, 26, 295-303.

TAGWERKER F.J., STREIFF K., BRUBACHER G., 1962. Carotenes and carotenoids in poultry nutrition. *Proc. 12 th World's poultry congr., Sydney*, 177-181.

THOMMEN H., GLOOR U., 1965. Zum Vorkommen von Ketocarotenoiden in der Forelle. *Naturwissenschaften*, 52,161-162.

THOMMEN H., WACKERNAGEL H., 1964. Zum Vorkommen von Ketocarotinoiden in crustaceen. *Naturwissenschaften*, 51, 87-88.

TIEWS J., ZUCKER H., 1963. Xanthophyll-ein Wertbestimmender Bestandteil der grünen Pflanzen. *Tierärztl. Umsch.*, 18, 590-597.

TRUST T.J., SPARROW R.A.H., 1974. The bacterial flora in the alimentary tract of fresh-water salmonid fishes. *Can. J. Microbiol.*, 20, 1219-1228.

TUNISON A.V., PHILLIPS A.M., SHAFFER H.B., MAXWELL J.M., BROCKWAY D.R., Mc CAY C.M., 1944. The nutrition of trout. Cortland hatchery report n° 13 New-York conservation dept. Albany, New-York, 28 p.

UGLETVEIT S., 1974. Pigmentering av lakse-og Ørretkjøtt. *Fisken Hav. ser. B.*, 9, 31-60.

WYSZECKI G., STILES W.S., 1967. Color science. *John Wiley and Sons, New-York*, 628 p

ZEITOUN I.H., ULLREY D.E., MAGEE W.T., GILL J.L., BERGEN W.G., 1976. Quantifying nutrient requirements of fish. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 33, 167-172.