

COMMISSION DE L'OCEAN INDIEN
ASSOCIATION THONIERE
PROJET THONIER REGIONAL II

IFREMER
INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE
POUR L'EXPLOITATION DE LA MER

**AMELIORATION DE LA QUALITE DES GRANDS
PELAGIQUES A LA REUNION**

**Mise au point d'un protocole de diminution du stress
intervenant dès le ferrage**

(ACTION 4)

par

Cédric DEZIER ⁽¹⁾, David ROOS ⁽²⁾, François RENE ⁽²⁾.

Juin 1997

Série de documents scientifiques de l'Association Thonière



IFREMER Délégation de La Réunion, B.P. 60, rue J. Bertho 97822 le Port cedex

(1) Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes

(2) Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

SOMMAIRE

I - INTRODUCTION	3
A Présentation de l'étude.	3
B Qu'entend-t-on par "QUALITE"?	3
C Présentation des grands pélagiques pêchés à La Réunion.	4
D Quelques notions de physiologie des grands pélagiques.	5
1. Osmorégulation en milieu marin.	5
2. Respiration et nutrition.	6
3. Appareil circulatoire.	8
4. Thermorégulation en milieu marin.	11
5. Locomotion en milieu marin.	12
E Traitement du poisson après appontage.	14
1. Problèmes de qualité sanitaire.	14
2. Problèmes de qualité organoleptique.	14
F. Nécessité d'agir encore plus en amont.	17
1. Cas du syndrome "Thon cuit": "Yake Niku" pour les japonais.	17
2. Phénomène de stress et d'épuisement musculaire.	18
II - MATERIEL ET METHODES	21
A Elaboration des hameçons anesthésiants.	21
B Fourniture en poissons	21
C Approvisionnement en produits anesthésiants.	22
D Estimation de l'efficacité du traitement: observations, prélèvements, analyses.	22
1. Observations.	22
2. Prélèvements et analyses.	22
3. Facteurs objectifs.	23
4. Analyse sensorielle	24
F Récapitulatif: protocole mis en place lors de la prise d'un poisson.	24
1. Sur le bateau.	24
2. Au laboratoire.	25
III - CONCLUSION.	26
BIBLIOGRAPHIE.	27
GLOSSAIRE	33

I - INTRODUCTION

A Présentation de l'étude.

La vocation de tout organisme IFREMER est de fournir un appui technique et scientifique aux pêcheurs professionnels. Dans le cadre de cette étude, il aura été question de mettre au point un système de traitement du poisson permettant de mieux valoriser ce dernier. L'originalité de cette étude réside dans l'idée d'intervenir dès le ferrage du poisson. Jusqu'à lors, les études portaient uniquement sur un traitement après appontage. Ici, nous allons essayer d'intervenir encore plus en amont, en reprecisant toutefois les différentes étapes qu'il convient de respecter pour obtenir un produit de la meilleure qualité possible. Les pêcheurs étant au point de départ de la chaîne de transformation du poisson, ils ont une influence capitale sur la qualité du produit fini que l'on retrouvera dans l'assiette du consommateur! Pour aider les pêcheurs à fournir du poisson de meilleure qualité, qu'ils pourront mieux valoriser, nous avons étudié un système de capture permettant de limiter le stress, la fatigue musculaire et leurs effets néfastes sur la qualité.

L'idée d'un protocole de tranquillisation est venue de certains pêcheurs de La Réunion qui, bien que maîtrisant parfaitement les techniques de traitement post-capture, se trouvaient confrontés à des problèmes d'altération de la qualité du poisson. Cette altération irréversible intervenait entre le moment du ferrage et celui de l'appontage: le mal est déjà fait quand le poisson sort de l'eau ! Nous expliquerons les phénomènes qui se produisent afin de mieux justifier nos méthodes de lutte. Ces méthodes auront pour objectif de garantir une qualité irréprochable.

B Qu'entend-t-on par "QUALITE"?

Depuis ces dernières années, il y a un mot qui revient constamment dès que l'on parle de denrée alimentaire, c'est le mot "QUALITE". Et si l'on s'interroge sur le sens de ce vocable apparemment simple, on se rend compte que la qualité est une entité qui regroupe énormément de notions diverses et variées. Il convient donc de définir ce que nous entendons par "qualité" et quels sont les aspects de ce mot qui vont retenir notre attention tout au long de l'étude.

Le premier critère que nous garderons constamment à l'esprit est celui de la qualité sanitaire du produit, c'est-à-dire la garantie que la consommation du produit n'entraîne pas de trouble physiologique chez le consommateur. Cette exigence implique d'une part des conditions de préparation et de stockage du produit les plus hygiéniques possibles, et d'autre part un contrôle strict de l'innocuité des xénobiotiques éventuellement administrés aux poissons avant ou après la mort. Ce dernier point fait l'objet de réglementations plus ou moins sévères selon les pays.

Une fois la sécurité du consommateur garantie, nous pouvons nous intéresser à des critères de qualité qui ont des conséquences économiques non négligeables pour le monde de la pêche.

Il s'agit par exemple de la qualité de la chair en tant que matière première amenée à subir des transformations. Pour cet exemple, il faudra distinguer la qualité pour une utilisation en cru, en cuit, en réfrigéré, en surgelé,... Les exigences ne seront évidemment pas les mêmes selon la destination projetée du produit de base. Le caractère économique de ce critère de qualité apparaît tout de suite en terme de rendement et de prix de vente du produit...

Un autre critère, très lié à celui sus-cité, est celui de la qualité organoleptique qui fait intervenir des notions d'appréciation plus subjectives puisqu'il s'agit, entre autres, du caractère plus ou moins agréable que procure la consommation du produit.

La qualité de transformation et la qualité organoleptique font intervenir des notions de fraîcheur, de texture, de saveur, de couleur, d'adiposité et de taille du produit. Nous verrons les moyens dont nous disposons pour optimiser tous ces aspects.

Une attention toute particulière sera portée à ce que l'on appelle: "La Qualité SASHIMI." Le "Sashimi" est, littéralement, une "denrée issue de la mer et consommée crue". Pour notre part, nous nous intéresserons au Sashimi de thon en montrant le haut degré de qualité que doivent posséder les poissons concernés.

C Présentation des grands pélagiques pêchés à La Réunion.

Nom scientifique	Nom anglais	Nom français	Nom Réunionnais	Taille	Intérêt
<i>Thunnus obesus</i> (Lowe, 1839)	Bigeye tuna	Patudo, Thon obèse	Thon gros yeux	160-200 cm	Industrie, Sashimi
<i>Thunnus albacares</i> (Bonnaterre, 1788)	Yellowfin tuna	Albacore	Thon jaune, Thon rouge, Grand fouet	150-200 cm	Industrie, Sashimi
<i>Thunnus alalunga</i> (Bonnaterre, 1788)	Albacore	Germon	Thon batard	210 cm	Conserves
<i>Katsuwonus pelamis</i> (Linnée, 1758)	Skipjack tuna	Listao, Bonite à ventre rayé	Bonite calou, Bonite ventre rayé	60-100 cm	Conserves
<i>Makaira mazara</i> (Jordan & Snyder, 1901)	Blue marlin	Marlin bleu	Empereur bleu	300 cm	Pêche sportive
<i>Istiophorus platypterus</i> (Shaw & Nodder, 1792)	Sailfish	Voilier	Empereur l'éventail	200 cm	Pêche sportive
<i>Coryphaena hippurus</i> (Linnée, 1758)	Common dolphin	Coryphène	Daurade	100-200 cm	Très apprécié pour consommation
<i>Acanthocybium solandri</i> (Cuvier, 1831)	Wahoo	Thazard	Thon banane	150-210 cm	Qualité de sa chair
<i>Xiphias gladius</i> (Linnée, 1758)	Swordfish	Espadon	Espadon	450 cm	Très apprécié pour consommation

Dans la perspective d'obtention de la qualité Sashimi, nous nous intéresserons surtout, dans toute la suite de cette étude, aux thons jaune et Patudo, respectivement *Thunnus albacares* et *Thunnus obesus*.

Le thon qui se prête le mieux à la consommation sous forme de Sashimi est le thon rouge, *Thunnus thynnus*. Or, cette espèce est absente des eaux réunionnaises. Pour rivaliser sur

les marchés japonais du Sashimi, les pêcheurs réunionnais ont tout intérêt à viser une qualité extra puisque les espèces sur lesquelles ils travaillent sont, à qualité égale, moins rémunératrices.

Au-delà de cette différence liée aux caractéristiques de la chair, les thonidés ont tous une physiologie très évoluée, comparée à celle des autres téléostéens. Et même si certains aspects physiologiques énumérés ci-après apportent des explications assez indirectes aux problèmes d'altération de la qualité, nous avons jugé utile de les rappeler, afin de mieux cerner le haut degré d'adaptation des thons à leur mode de vie pélagique.

D Quelques notions de physiologie des grands pélagiques.

Parmi les treize espèces recensées de thons, les plus étudiés ont été *Katsuwonus pelamis*, *Thunnus alalunga* et *Thunnus thynnus*.

1. Osmorégulation en milieu marin.

La caractéristique essentielle de l'eau de mer est d'être... salée! Ce qui signifie que les poissons qui y vivent auront tendance à perdre l'eau (H₂O) qu'ils contiennent. Les molécules d'eau vont en effet diffuser, de façon passive, du milieu le moins salé (le corps du poisson), vers le milieu le plus salé (l'eau de mer), pour équilibrer la concentration de ces deux milieux.

Il est aisé de comprendre que les poissons d'eau de mer risqueraient la déshydratation s'ils n'étaient pas dotés de systèmes actifs (donc coûteux en énergie), pour maintenir un niveau viable d'hydratation. Pour ce faire, trois adaptations comportementales et physiologiques :

- Les poissons boivent de l'eau salée en permanence (Fig. 1).
- Leur urine est peu abondante et très concentrée en sel.
- Les branchies sont équipées de cellules à chlorure qui rejette des sels grâce à l'intervention d'un système enzymatique consommateur d'énergie: la (Na⁺ - K⁺) - ATPase. (Fig. 2).

Plus de 90% de la pression osmotique du sang des poissons étant dû à la présence des ions Na⁺ et Cl⁻ (BOEUF, 1987), l'efficacité d'un tel système est réelle mais coûteuse en énergie.

A ce propos, STEVENS et DIZON (1982) estiment entre 15 et 20% du coût métabolique total nécessaire à la nage, la part de l'iono et de l'osmorégulation!

En somme, les poissons se procurent de l'eau dans leur milieu extérieur mais comme celle-ci est salée, ils ont développé des systèmes de dessalage: les branchies et les reins. Les thons sont qualifiés de poissons sténohalins puisqu'ils ne peuvent survivre que dans un milieu, le milieu salé.

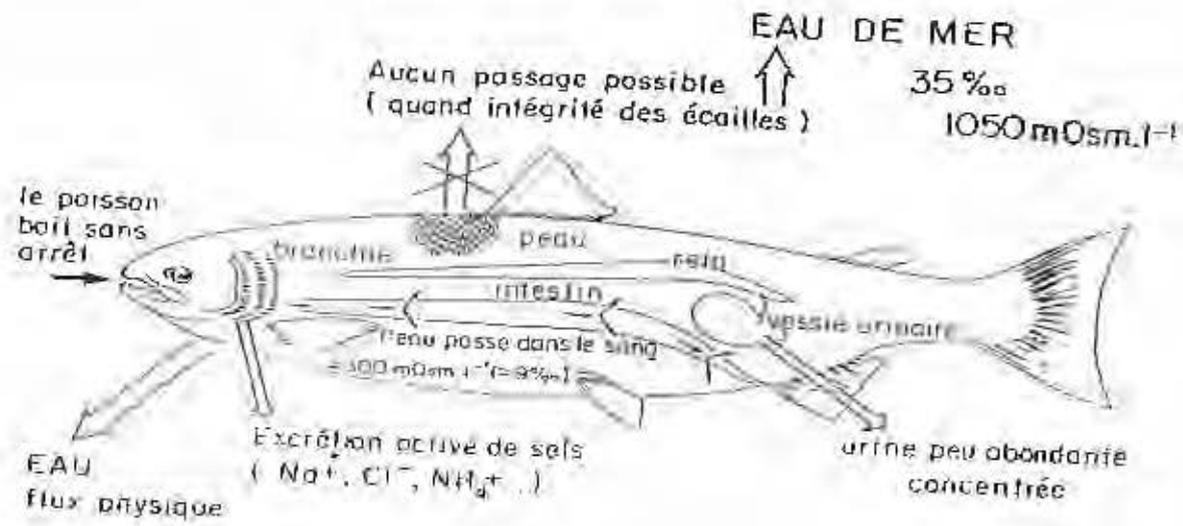


Figure 1 : L'osmorégulation en milieu marin.

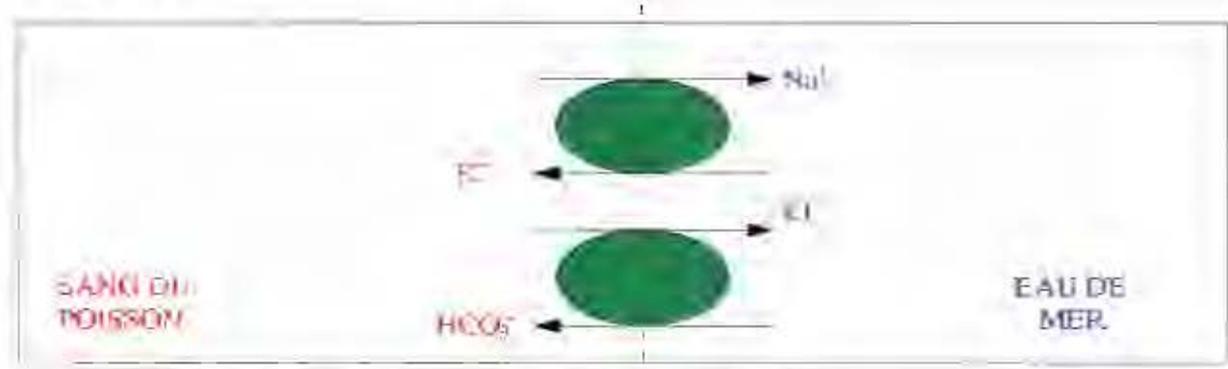


Figure 2. La branchie, siège de transport actif de sels.

Etant donné que les poissons marins boivent en permanence, le produit libéré par l'hameçon sera en partie absorbé par voie digestive. L'absorption du produit peut se faire au niveau digestif, voire au niveau péritonéal si l'hameçon a perforé le tube digestif. Cependant, cette absorption est à la fois beaucoup plus faible et beaucoup plus lente que par voie branchiale. Seulement, le phénomène d'évagination de l'estomac connu chez le thon permettra un relargage du produit au niveau de la cavité buccale et donc des branchies, voie par laquelle l'absorption sera très performante.

2. Respiration et nutrition

L'oxygène

HUGHES (1984) a estimé la surface branchiale de diverses espèces de poissons: les valeurs s'échelonnent de 0.07 à 1.5 m² par kg de poids vif. Les thons ont donc une très grande surface branchiale puisqu'ils sont à 1,5 m² par kg de poids vif, (ce qui se rapproche des valeurs de surface d'échange rencontrées chez les mammifères). De plus, la barrière de diffusion est très mince, ce qui veut dire que les thons sont dotés d'un système de captation de l'oxygène

très performant. En temps normal, seulement 60 à 70% de cette surface est irriguée. Certains phénomènes, comme une augmentation de température ou d'activité, le stress ou encore la digestion, entraînent une augmentation de la perfusion branchiale, ce qui a des conséquences néfastes sur l'osmorégulation. Il se produit en effet un départ d'eau plus important du sang vers le milieu extérieur, le poisson se trouve alors exposé à un risque de déshydratation. On assiste là à un antagonisme respiration-osmorégulation.

Adaptations à la capture des proies et au sprint.

Les caractéristiques intrinsèques des fibres musculaires rouges et des fibres musculaires blanches des thons sont les mêmes que celles des autres Téléostéens.

La supériorité des performances musculaires des thons vient d'une part de la disposition anatomique particulière de ces fibres, et d'autre part, de l'efficacité du turn-over de l'ATP, source d'énergie indispensable à la contraction musculaire (Fig. 3).

Les fibres musculaires rouges sont orientées de façon parallèle à la colonne vertébrale tandis que les fibres musculaires blanches forment un angle de 30 à 45° et sont disposées en hélice. Ceci permet à toutes les fibres musculaires blanches d'être contractées de façon quasi-maximale, ce qui améliore le rendement de la force de propulsion.

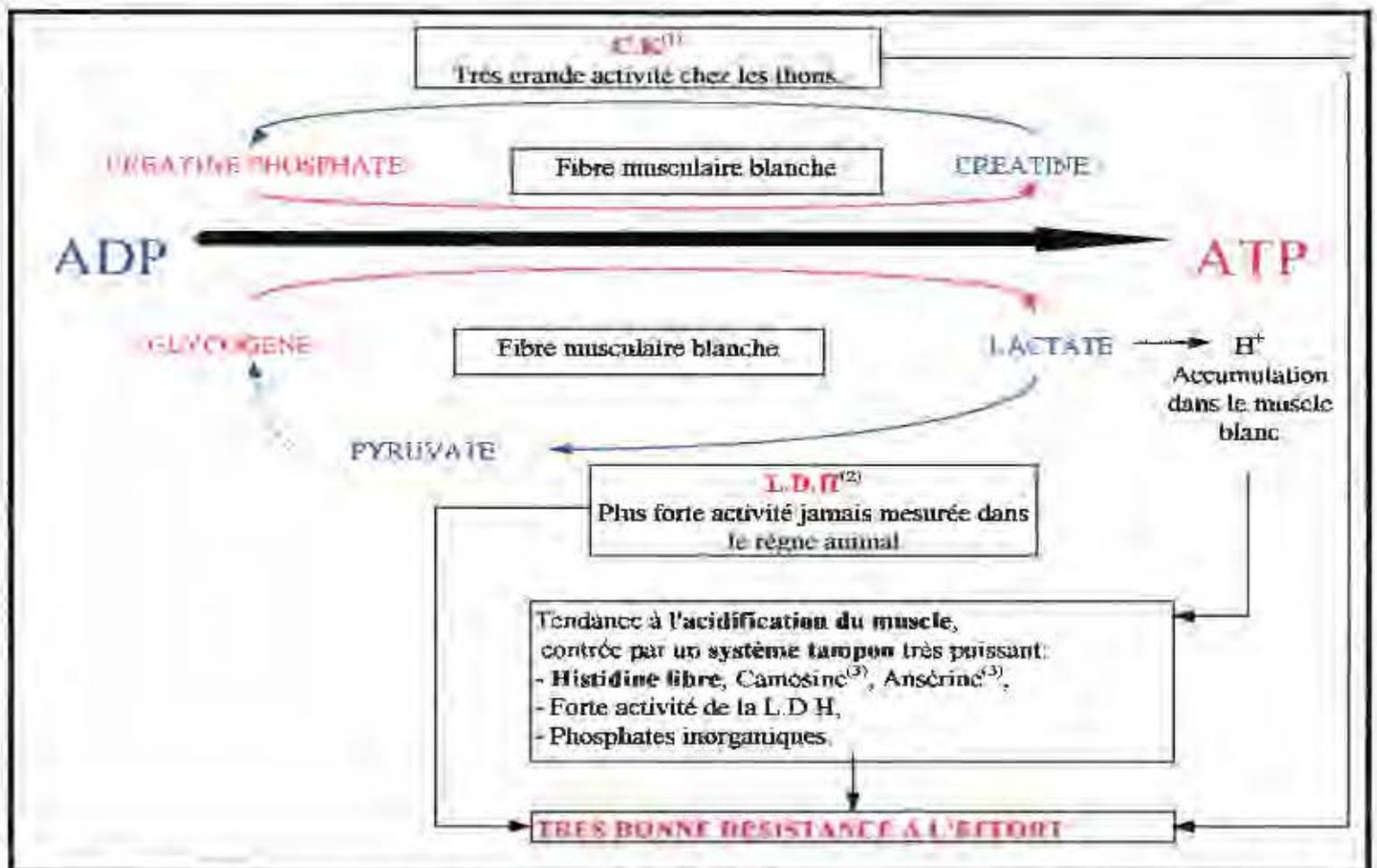
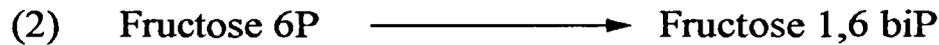


Figure 3 : Sources d'ATP lors d'un mouvement violent (Glycogène et Créatine-Phosphate).
Voies de reconstitution de ces sources ⁽¹⁾ Créatine Kinase, ⁽²⁾ Lactate DésHydrogénase, ⁽³⁾ Protéines dipeptidiques

L'élimination du lactate se fait en utilisant ce dernier pour la synthèse de glycogène en remontant les étapes de la glycolyse, ce qui nécessite de contourner les deux étapes irréversibles que sont:



Cependant, les voies enzymatiques utilisées ne sont pas clairement élucidées, même si pour la réaction (1), la Pyruvate Kinase semble être capable de catalyser la réaction dans les deux sens, ceci suite aux mesures de son activité enzymatique qui s'avère élevée chez le thon (Schutle et al. 1992).

De forts taux de lactate ont été mesurés chez des thons après une activité musculaire intense (ce qui arrive pendant une phase de frénésie alimentaire!) (Arthur et al. 1992).

Le retour à un taux normal de lactate se fait dans les deux heures qui suivent l'arrêt de l'activité (contre 8H00 pour la truite arc-en-ciel) (Arthur et al. 1992).

La paroi interne et spongieuse du ventricule a une très grande capacité pour transformer le lactate en pyruvate mais du fait de sa faible part dans la masse totale de l'animal, son rôle quantitatif est plus faible que celui du muscle rouge, lui-même beaucoup plus faible que celui du muscle blanc.

Les autres organes (branchies, foie) ont un rôle respectivement malconnu et négligeable dans l'élimination du lactate, l'organe émonctoire principal restant le muscle blanc.

Adaptations à un transit digestif très rapide.

L'extensibilité de son estomac ainsi que la rapidité de la vidange gastrique, permettent au thon une prise d'aliment maximale lorsqu'il rencontre une grande quantité de proies. La température viscérale élevée augmente la vitesse de digestion et d'assimilation des nutriments. La digestion est surtout caecale et intestinale pour libérer le volume gastrique le plus vite possible après une ingestion pour en permettre une suivante.

3. Appareil circulatoire.

Le coeur et les muscles rouges (fibres lentes et oxydatives) sont les deux tissus les plus aérobies du thon: les activités enzymatiques de la citrate synthétase(1), de la carnitine-palmitoyl transférase (2) et de la 3-hydroxy-o-acyl-CoA déshydrogénase(3) y sont très élevées.

(1) Enzyme régulant le cycle de Krebs

(2) et (3) Enzymes de la β -oxydation des acides gras.

De plus, L'activité de la citrate synthétase au niveau des cellules branchiales augmente avec l'activité du poisson.

Le coeur des thons est très gros (Fig. 4), relativement au poids du corps (0.427-0.810%), la surface interne des ventricules est irriguée par les artères coronaires (alors que chez les autres Téléostéens, elle n'est baignée que par du sang veineux) et la paroi est épaisse. Figure 5.

En somme, un coeur volumineux (avec des enzymes à très haute activité aérobie, de forme pyramidale et avec une orientation bien particulière des fibres myocardiques) est essentiel pour permettre le courant sanguin rapide et sous haute pression nécessaire aux dépenses énergétiques énormes du thon.

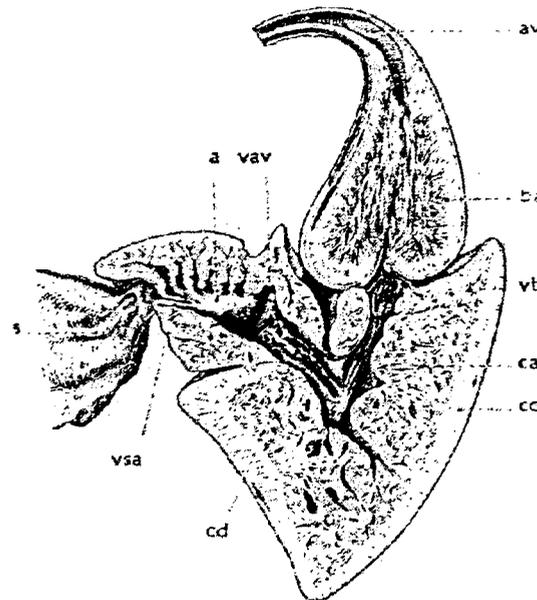


Figure 4: Cœur d'un thon

La concentration du sang en Hb est très forte chez les thons, ceci, en relation avec un grand volume sanguin et une pompe cardiaque performante, favorise la fonction d'oxygénation des muscles.

Au niveau cellulaire (coeur et muscle rouge), les taux en myoglobine sont plus élevés que dans n'importe quelle autre espèce.

Les enzymes aérobies du coeur et du muscle blanc ont des activités spécifiques beaucoup plus fortes que chez les autres espèces étudiées. Par contre, l'activité enzymatique des muscles rouges est comparable à celle des autres téléostéens. En fait, dans le muscle rouge, les thons ont atteint les limites de concentration intracellulaire d'organites (nécessaires à la production d'ATP) permettent de préserver une place aux protéines myofibrillaires. Une solution pour accroître le capital aérobie est d'augmenter la quantité relative de tissus aérobie dans le corps.

Le substrat oxydatif préféré du coeur et du muscle rouge semble être les lipides plutôt que les glucides, ceci étant surtout vrai pour le muscle rouge (étude faite sur *Katsuwonus*

pelamis par Moyes et al. 1992). Ceci semble être associé, par extrapolation des études faites sur les autres vertébrés, à de meilleures performances aérobies.

Le stockage lipidique se fait à la fois dans le muscle rouge, dans le muscle blanc (dans les mêmes proportions) et en sous-cutané.

La réserve en lipides du muscle blanc est considérable puisque celui-ci représente de 47 à 55% du corps, alors que les muscles rouges ne représentent que de 4 à 13% du corps.

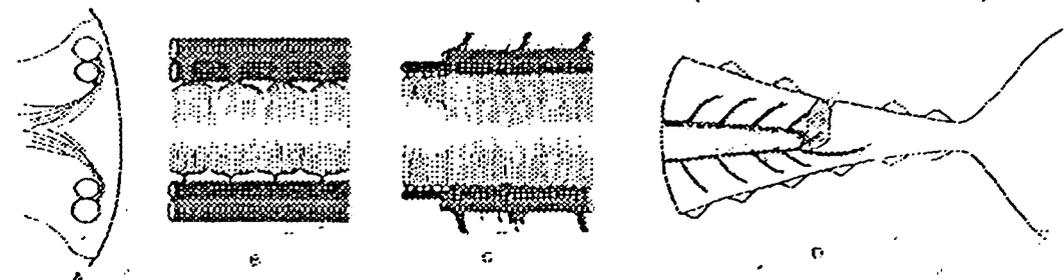
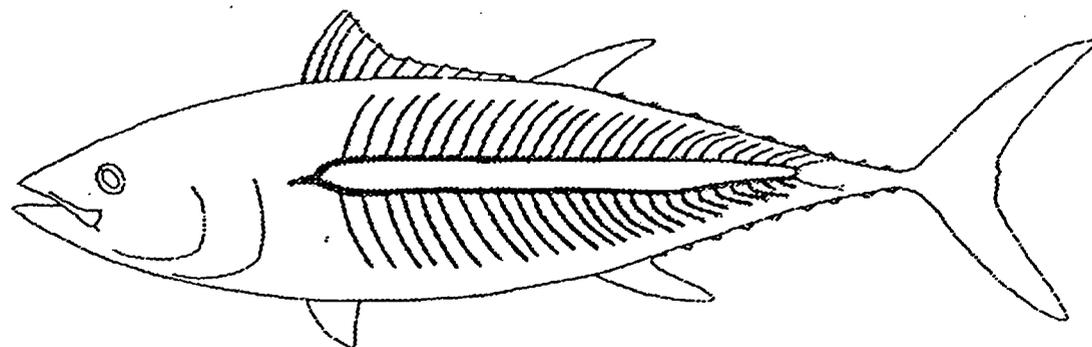
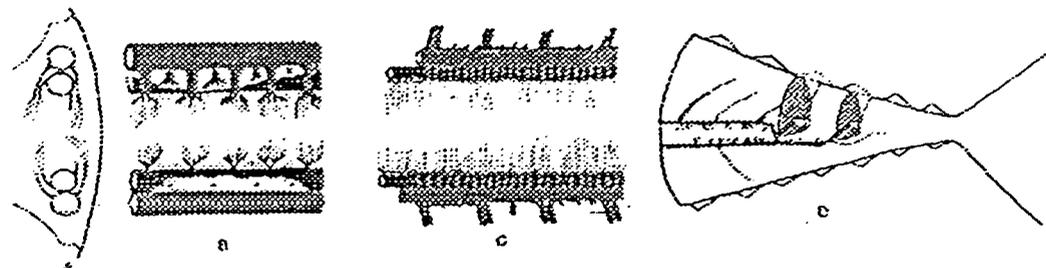
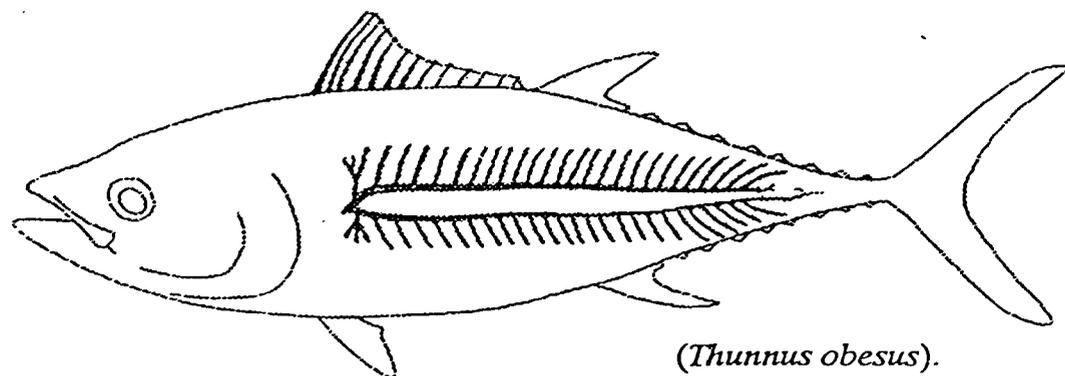


Figure 5 : Systèmes circulatoires du Patudo et de l'albacore.

4. Thermorégulation en milieu marin.

La chaleur produite par la forte activité des thons est retenue dans les muscles (blanc et rouge), le cerveau et les viscères par un système d'échange à contre courant appelé *retia mirabilia* (Carey et al.1971;Stevens and Neill 1978), placé en amont des branchies, ce qui permet de récupérer la chaleur du sang veineux (qui serait perdue au niveau branchial!) pour la transmettre au sang artériel.

N.B: Les espadons ne réchauffent que leur cerveau et leurs yeux en faisant circuler le sang à travers des muscles de l'oeil qui constituent une véritable étuve! (Watson et al.1993).

Le *retia mirabilia* se décompose en deux systèmes (Fig 6):

1. Le rete latéral, qui consiste en une multitude d'artéριοles (branchées sur les artères latérales sous-cutanées et de veinules reliées aux veines latérales.

2. Le rete central, qui se situe entre l'aorte dorsale et la veine cardinale postérieure.

Ces deux systèmes retiennent de 70 à 99% de la chaleur émise par les muscles rouges. (Dickson, 1993).

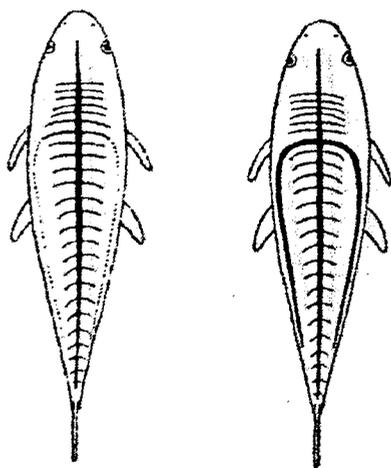


Figure 6 : Le *retia mirabilia*

Il existe une corrélation négative entre la surface totale du *retia mirabilia* et la quantité relative de muscles rouges, ce qui signifie que les poissons ayant développé un bon système d'échange à contre-courant peuvent assurer les mêmes performances avec moins de muscle rouge. En somme, la supériorité de capacité aérobie des muscles rouges des thons vient de leur température constante et élevée plutôt que de leur quantité relative.

Le muscle blanc, quant à lui, ne contient pas ou peu de système à contre-courant. Sa surface de perte de chaleur est très importante et il serait trop coûteux de vouloir maintenir constante et élevée la température de cette importante partie du corps, surtout réservée à la phase anaérobie. De plus, le fait de sacrifier la périphérie du corps permet de limiter le gradient de température entre l'animal et son milieu, ce qui limite les pertes de chaleur par conduction et convection.

Parmi les Scombridés, seuls les genres *Thunnus*, *Euthynnus*, *Katsuwonus* et *Auxis* sont capables d'un semblant de thermorégulation. (Graham et al. 1981).

On définit trois groupes parmi les thons:

1. le groupe des bluefin (eaux froides), comprenant le Germon et les thons rouges (du sud et du nord).
2. le groupe des yellowfin (eaux chaudes), comprenant l'Albacore.
3. le groupe intermédiaire du Patudo.

Le groupe des bluefin ne possède pas de veine cardinale postérieure ni de rete central.

Le Germon n'a pas la possibilité de réduire ses gains de chaleurs dus à la fréquentation d'eaux chaudes, c'est pourquoi on le rencontre surtout en eaux froides.

5. Locomotion en milieu marin.

Outre sa morphologie très hydrodynamique, le thon présente de nombreuses adaptations myo-squelettiques lui permettant d'avoir une nage performante.

La nage du thon s'effectue avec un corps maintenu quasi-rigide, la propulsion étant produite par des mouvements latéraux de la queue uniquement. La position très internalisée des muscles rouges chez le thon permet un meilleur transfert des forces au squelette. Il existe chez le thon de très longs tendons obliques postérieurs, reliant les muscles rouges à la colonne vertébrale. La propulsion est transmise à la queue par l'intermédiaire d'un système pédonculé caudal à double-attache. Ces tendons, de par leur élasticité, aident au mouvement en reprenant leur position initiale et permettent ainsi une économie énergétique.

Certains Scombridés n'ont pas de vessie natatoire (*Scomber*, *Sarda*, *Auxis*, *Euthynnus*, *Katsuwonus*), ils doivent donc augmenter leur vitesse minimale d'équilibre hydrostatique quand ils grossissent car leur densité s'accroît. Pour les autres, (*Thunnus sp.*), il y a une croissance allométrique de la vessie gazeuse ainsi que de la nageoire pectorale, (chez *Thunnus alalunga* notamment), qui permettent une réduction de cette vitesse minimale quand le poisson grossit.

En conséquence, chez ces poissons, la quantité de muscle rouge est très faible mais le *retia mirabilia* est très important. Une conséquence de cette faible quantité de muscles rouges est qu'il reste beaucoup de place pour les muscles blancs qui sont tout de même les muscles intervenant lors des phénomènes de fuite ou d'attaque!

Les muscles blancs maintenus à une température élevée fonctionnent un peu comme des muscles rouges. C'est ce qui peut expliquer la faible quantité de muscles rouges rencontrée chez les poissons endothermes. De ce fait, la division du travail entre muscle blanc et muscle rouge a tendance à être très faible chez eux, ceci permettant d'améliorer les performances de nages dans les périodes de transition (passage de la vitesse de croisière à la vitesse d'attaque ou de fuite).

Conclusion

Parmi les poissons pélagiques, les thons peuvent être considérés comme les plus sportifs et les plus évolués! En effet, ils nagent sans cesse, maintiennent leur température

corporelle au-dessus de la température du milieu et ont un niveau métabolique par conséquent très élevé. De plus, leur grande taille et leur vitesse importante contribuent à l'augmentation des forces de frottement dans l'eau, ce qui élève d'autant le coût énergétique du déplacement.

Pour répondre à de telles exigences énergétiques, les thons ont développé des systèmes très performants dans l'apport, la distribution et l'utilisation d'énergie dans l'organisme ainsi que dans la limitation des pertes d'énergie. Ces systèmes adaptatifs tiennent en trois volets:

1. Comportement:

- Longues distances parcourues,
- Exploration des profondeurs (permise par l'endothermie),
- Endothermie comportementale.

2. Système sensoriel:

- Acuité visuelle maintenue par système de réchauffement du cerveau et des yeux (Block et Finnerty 1994), vrai pour les thons et les poissons à rostre,
- Capacité à percevoir des faibles changements de pression partielle d'O₂, de température, de salinité,
- Capacité à percevoir le champ magnétique terrestre.

3. Nage rapide et de longue durée:

- Adaptations pour réduire les frottements et augmenter la force de propulsion,
- Adaptations du système cardio-vasculaire et endothermie

De plus, les adaptations décrites font intervenir principalement trois organes : le coeur, le muscle rouge et le muscle blanc.

1. Coeur

- Grande taille et grande activité aérobie.
- Prépondérance du catabolisme lipidique.

2. Muscle rouge

- Capacité aérobie, activité ATPasique myofibrillaire et proportion comparables à celles des autres espèces mais tout ceci se fait à "haute température"!
- Prépondérance du catabolisme lipidique.

3. Muscle blanc

- Température moins constante et moins élevée que dans le muscle rouge.
- Les capacités aéro et anaérobies sont plus fortes que chez les ectothermes.
- Grand pouvoir tampon (Histidine),
- Reformation rapide de glycogène à partir de lactate.
- Deux ou plusieurs types de fibre musculaire.

E Traitement du poisson après appontage.

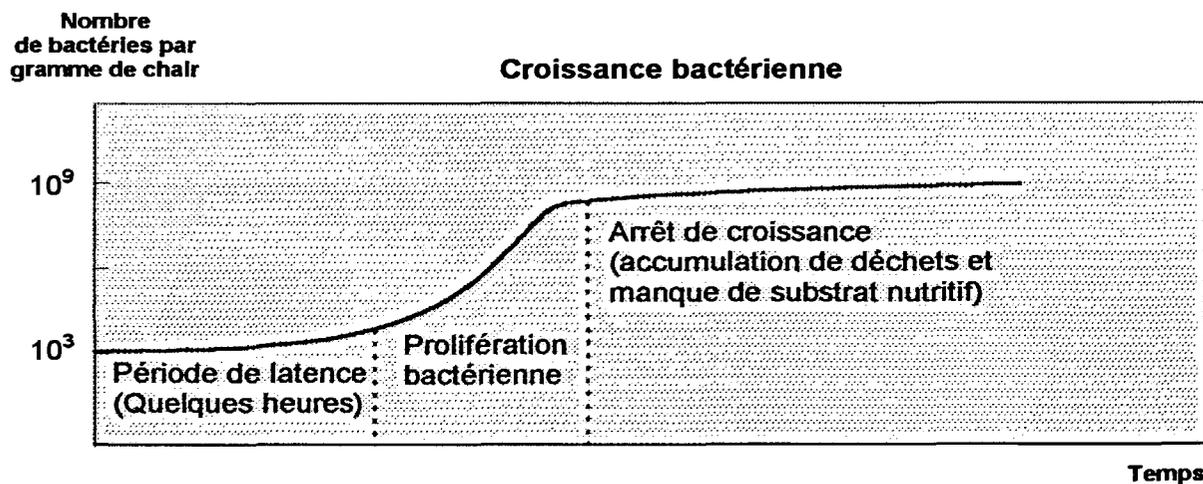
Les phénomènes d'altérations qui se produisent naturellement après la mort d'un thon sont inévitables. Seule leur vitesse d'évolution peut être modulée. Au moment de l'appontage, le poisson est souvent vivant mais il arrive aussi qu'il soit mort. Pour l'un comme pour l'autre, les actions qui vont conduire le thon jusqu'à la mise en cale réfrigérée, doivent se faire en respectant certaines règles. Ceci afin de limiter les problèmes d'altérations que nous allons présenter en premier lieu.

1. Problèmes de qualité sanitaire.

Il s'agit principalement de phénomènes bactériens.

- La flore bactérienne est surtout constituée de GRAM Négatif (*Vibrio*, *Moraxella*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Proteus*,...).
- Les quelques GRAM Positif rencontrés sont des *Micrococcus*.

La prolifération bactérienne comprend trois phases:



Il se produit des réactions de désamination ou de décarboxylation des Acides Aminés.

N.B: Le mucus du corps et des branchies subit également des modifications suite à la prolifération bactérienne.

2. Problèmes de qualité organoleptique.

La qualité organoleptique d'un produit est tout ce qui a trait à sa couleur, son aspect, son goût.

Différents types d'altérations de la couleur sur la chair crue.

a) Couleur "digestive".

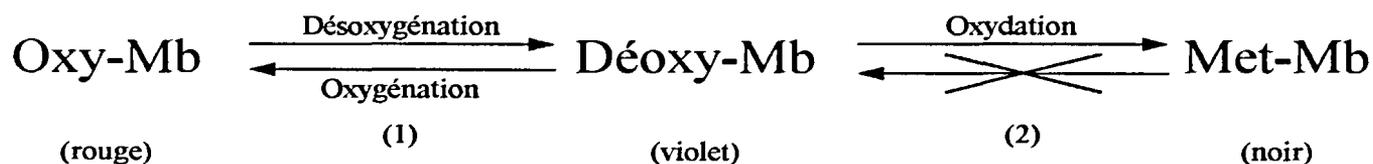
Certaines enzymes digestives (endopeptidases, pepsine-like), au cours de phénomènes autolytiques, peuvent diffuser dans les muscles les plus au contact de la cavité abdominale pour y entraîner des modifications de couleur.

b) Couleur argentée.

Cette coloration se rencontre surtout au niveau de la queue, consécutivement à une augmentation de la teneur en acide lactique (forte activité musculaire, agonie, ...). Cette coloration est irréversible.

c) Couleur noirâtre.

Le pigment musculaire responsable du transport de l'oxygène est la Myoglobine (Mb). Cette Mb se rencontre sous différentes formes:



La réaction (1) se produit lorsque le poisson manque d'oxygène, pendant qu'il agonise sur le pont d'un bateau par exemple. Par stockage en présence d'oxygène, la réaction inverse se produit pour ramener la chair à sa couleur initiale.

La réaction (2) a lieu en milieu acide (après accumulation d'acide lactique par exemple), quelle que soit la température, et de façon irréversible. La chair du poisson restera noire, quoi que l'on fasse! Ce phénomène est plus marqué sur les thons à chair faiblement colorée.

d) Couleur blanchâtre, chair cassante et exsudative.

Phénomène complexe et irréversible ayant pour origine le stress et une forte activité musculaire. Le mécanisme sera détaillé dans le chapitre suivant.

e) Problèmes de saignée.

La saignée peut être insuffisante ou tardive, ceci entraînant des plages de colorations ou des pétéchie nuisibles à la commercialisation.

Différentes altérations de la texture de la chair crue.

a) Aspect gélatineux.

Un thon "normal" a une teneur en eau d'environ 80%.
En période de frais, la perte de matière qui se produit entraîne une augmentation de la teneur en eau: de 84 à 88%. Il en résulte un aspect gélatineux, réversible dans 20% des cas seulement.

b) Aspect spongieux: "gaping".

Des lacunes entre les myotomes, consécutives à de violentes contractions musculaires, sont observées.

c) Chair cassante et exsudative, couleur blanchâtre.

Comme indiqué précédemment, cette altération sera explicitée dans le prochain chapitre.

d) Variations physiologiques de l'aspect de la chair après la mort.

Le phénomène de *rigor mortis* a des conséquences sur l'aspect de la chair. D'autre part, il faut savoir que la *rigor mortis* sera d'autant plus forte et précoce que les conditions d'épuisement, de stress et de température sont plus fortes. La *rigor mortis* est un phénomène qui s'installe au niveau de la queue, pour progresser vers la tête.

Muscle fraîchement pêché: pH 7, bon Pouvoir de Rétention d'Eau (P.R.E)
Muscle en *rigor mortis*: pH 6, faible P.R.E
Ensuite, retour à pH 7 avec un bon P.R.E.

Evolution de la flaveur d'un produit cru.

a) Phénomène autolytique.

Les enzymes du muscle sont responsables de modifications pouvant être agréables ou désagréables, selon le temps d'évolution.



IMP: exhausteur de goût.

HYPOXANTHINE: goût amer.

b) Phénomène oxydatif.

L'oxygène (de l'air ou de l'eau) réagit avec les corps gras insaturés: c'est le phénomène de rancissement, qui touche principalement la région sous-cutanée.

Tout le traitement post-capture, même quand il est parfaitement maîtrisé, laisse passer des thons dont la chair est dite "cuite". La prophylaxie de cette altération irréversible exige un traitement du poisson depuis le moment-même du ferrage, et non à partir de l'appontage seulement.

F. Nécessité d'agir encore plus en amont.

1. Cas du syndrome "Thon cuit": "Yake Niku" pour les japonais.

Ce syndrome, bien connu des pêcheurs, est caractérisé par une chair pâle, exsudative, molle et légèrement aigre alors que la qualité extra est caractérisée par une chair rouge, translucide, ferme et d'odeur agréable.

C'est un phénomène qui atteint tout ou partie du thon et qui possède des caractères saisonnier (plus fréquent en été), géographique (certaines zones sont réputées "thon cuit") et sexuel (les femelles semblent être plus souvent atteinte). La prévalence d'une telle altération de la qualité peut atteindre jusqu'à 25% des pêches palangrières et 50% des pêches à la canne ou à la traîne.

Les premières hypothèses proposées incriminaient une augmentation de la température corporelle et une chute du pH de la chair (Nakamura and al., 1977). Il s'ensuivait une dénaturation des protéines myofibrillaires par des enzymes lysosomiales (Cathepsines B, D et L). Cette dénaturation irréversible a lieu même à 0°C, or les cathepsines sont inactives en dessous de 15°C...

En 1981, Cramer et al. montrent l'absence de relation avec la température corporelle, comme l'illustre la figure 7.

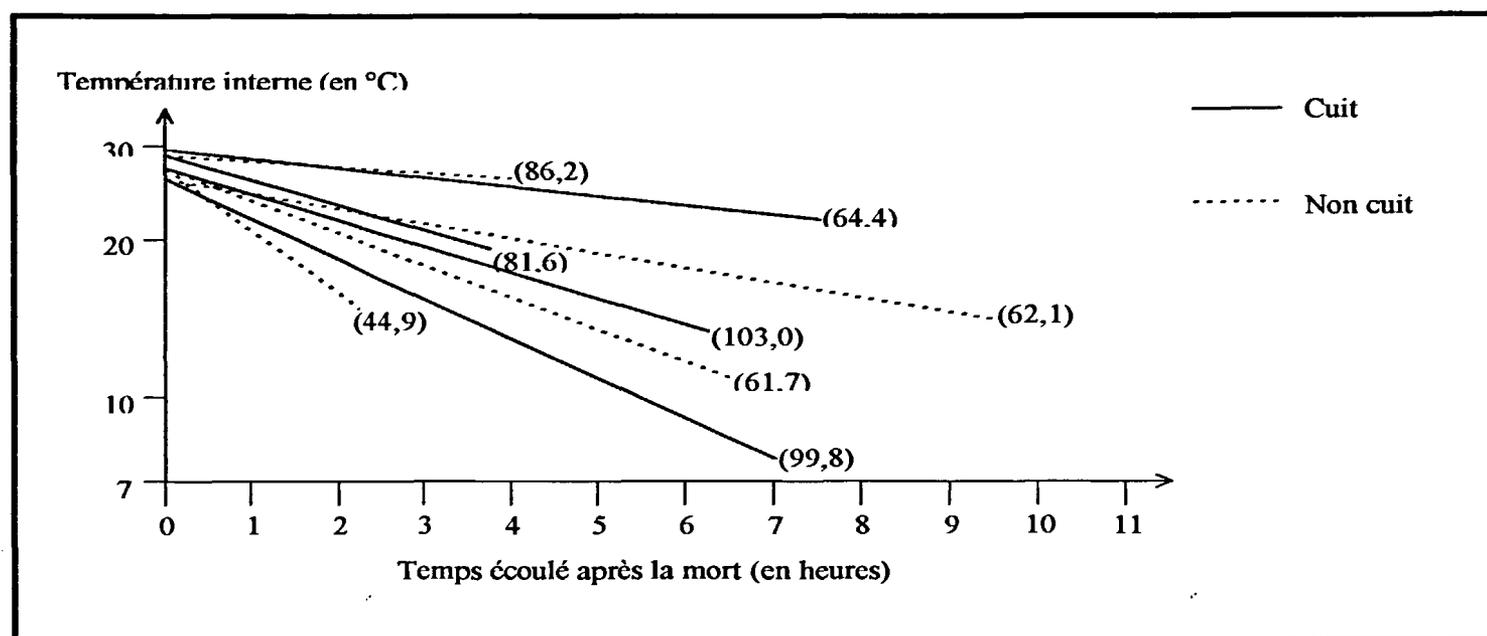


Figure 7: Températures internes initiale et finale en échelle semi-logarithmique pour linéariser les changements de température. Les nombres entre parenthèses sont les poids (en Kg) de chaque thon. D'après Ikehara et al. (1981).

La figure 7 permet de constater que des thons ayant des courbes d'évolution thermiques semblables pourront être indépendamment "cuits" ou "non cuits", ce qui infirme l'hypothèse d'un déterminisme "thermique".

En 1988, Watson et al. proposait une nouvelle théorie où le syndrome trouve son origine dans le stress et l'épuisement musculaire de la capture.

2. Phénomène de stress et d'épuisement musculaire.

L'analyse ultrastructurale d'une fibre musculaire de thon présente une désintégration sélective des stries Z, de la troponine et de la tropomyosine associée à une irrégularité du reticulum sarcoplasmique. Dans le cas du Syndrome Thon Cuit, ces lésions sont beaucoup plus marquées et apparaissent très vite après la mort.

Ces lésions sont spécifiques de l'action d'enzymes très particulières: les CANPs (Protéases neutres activées par le calcium). Ce sont des enzymes cytoplasmiques, ubiquistes, de pH optimal 5,5-8,0 et qui restent actives, même en dessous de 5°C.

La libération de calcium, à l'origine de la forte activité de ces enzymes lors du syndrome thon cuit, provient de la baisse du taux d'oxygène et d'ATP disponibles qui a lieu pendant les efforts violents que produit un thon pris à l'hameçon.

En parallèle de l'action néfaste de l'épuisement musculaire, il faut noter les effets immédiats du stress qui sont:

- Libération de cortisol
- Libération de catécholamines (Adrénaline et Noradrénaline)

L'action des catécholamines (permettant d'expliquer le syndrome thon cuit) consiste en une phosphorylation de la troponine qui va catalyser l'action des CANPs. Les catécholamines sont éliminées par une enzyme branchiale qui admet pour autre substrat les catécholaminestrogènes, résultat de la transformation des hormones sexuelles (oestrogènes) par la Tyrosine Hydroxylase. Il existe donc une compétition qui diminue la clairance branchiale des catécholamines. Ce phénomène sera principalement marqué chez les femelles en période de reproduction.

L'action du cortisol consiste en une augmentation de la glycémie (indicateur de stress précoce et durable) et de la lactatémie. Les mécanismes de régulation étant consommateurs d'oxygène et d'ATP, cela favorise la baisse des taux de ces deux sources d'énergie, déjà amorcée par la forte activité musculaire existante.

Les autres effets du stress sont résumés sur la figure 8.

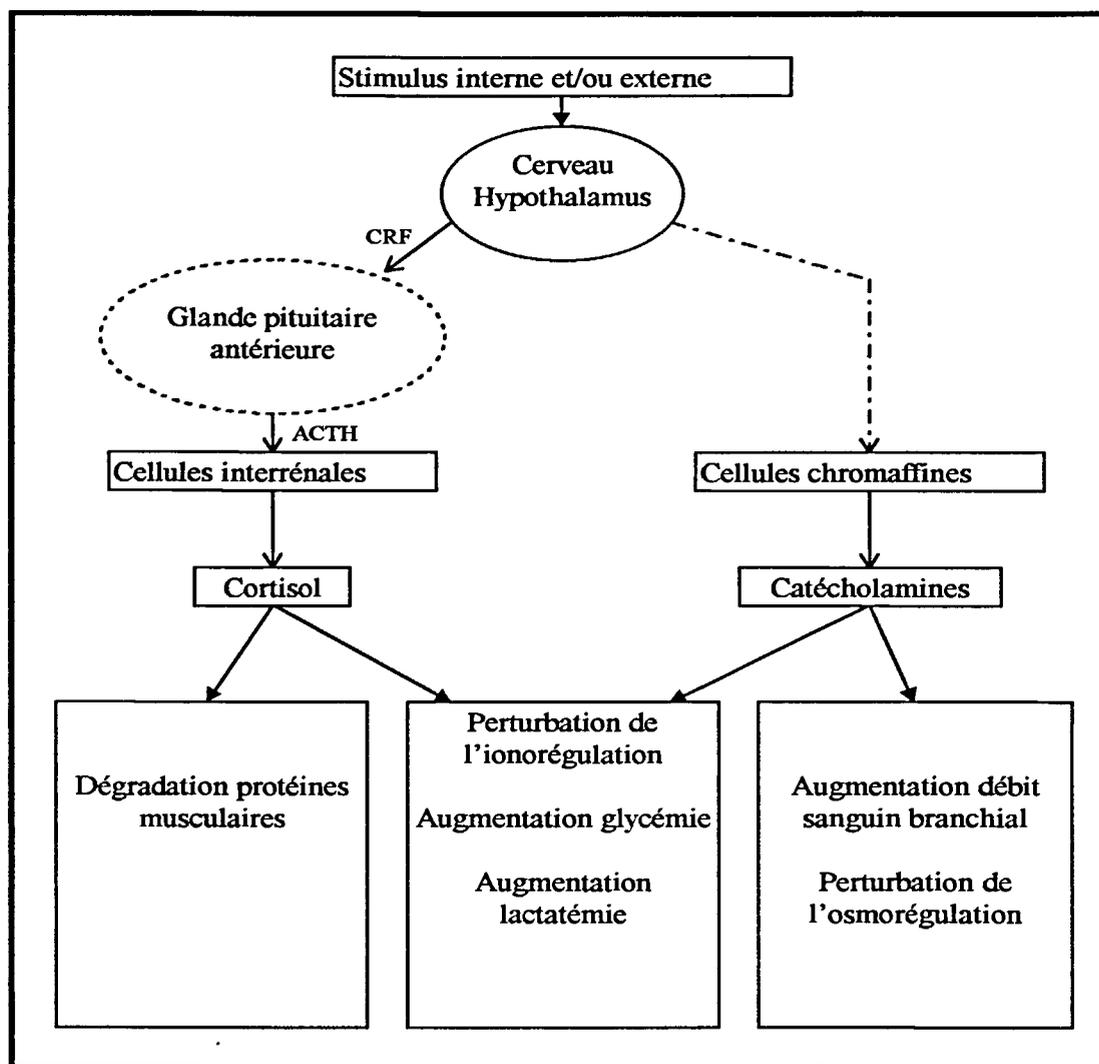


Figure 8 : Conséquences immédiates d'un stress chez un thon.
D'après Mazeaud et al.,(19).

Les différentes étapes qui aboutissent à la formation d'une viande « cuite » sont rassemblées sur la figure 9.

Il faut bien garder à l'esprit que ces réactions sont inévitables et que le stress et la fatigue musculaire ne vont faire qu'accélérer le phénomène.

La couleur pâle vient de la dénaturation et de la coagulation des protéines.

La souplesse provient de la rupture des fibres de collagènes, du pH faible et de la destruction des stries Z.

Le caractère exsudatif s'explique par la dégradation des protéines musculaires qui ne retiennent plus l'eau, ainsi que par l'oedème généré.

La saveur légèrement aigre est le résultat d'une augmentation en acides.

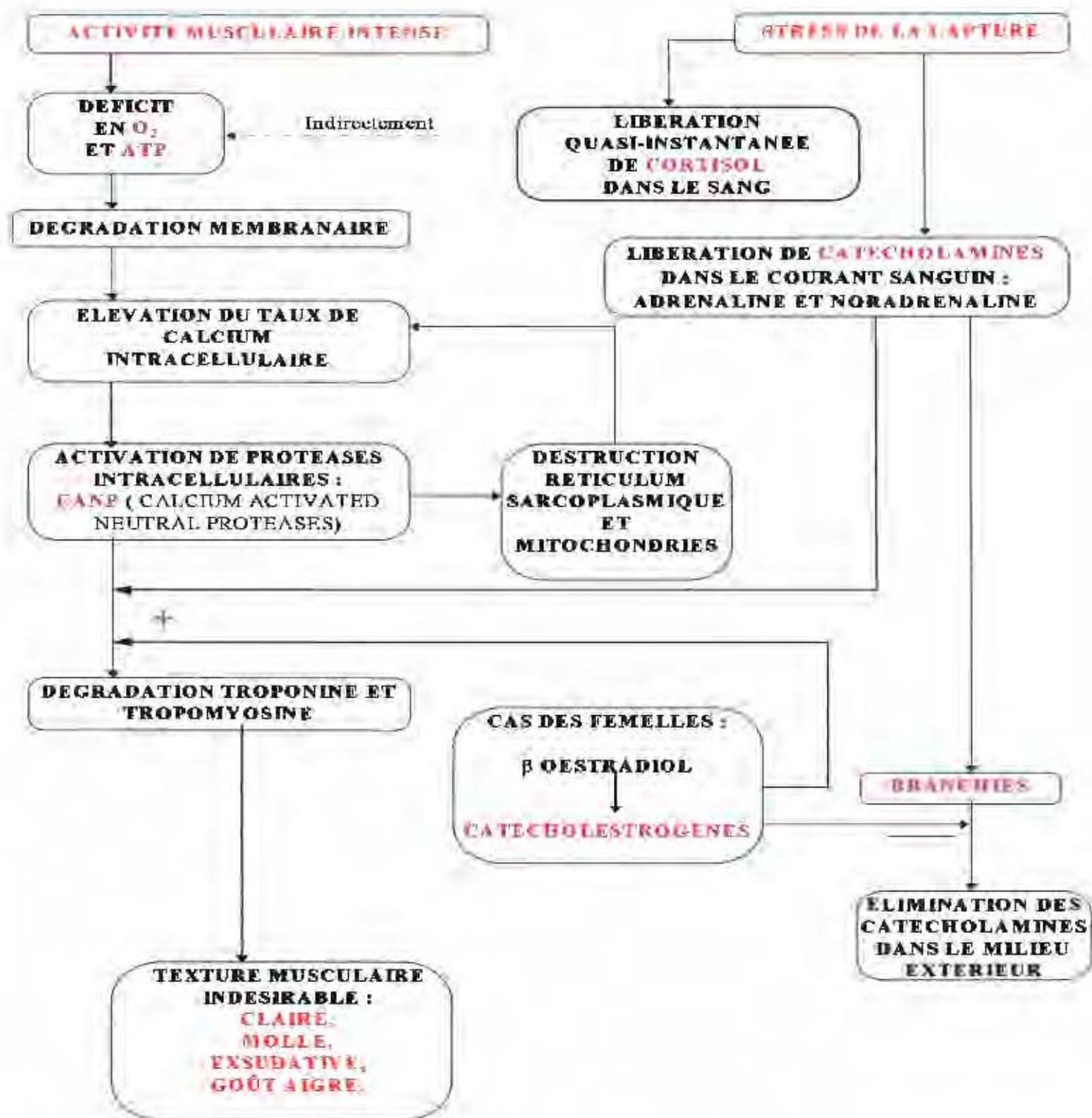


Figure 9 : Physiopathogénie du syndrome « Thon Cuit ».
D'après Watson, Bourke et Brill (1988)

II - MATERIEL ET METHODES

A Elaboration des hameçons anesthésiants.

Nous nous sommes procuré le matériel nécessaire à l'élaboration de ces hameçons chez un marchand d'article de pêche et de modélisme, dans un magasin de bricolage et chez nos confrères vétérinaires du Port. Les outils utilisés nous ont été prêtés par l'école d'apprentissage maritime du Port, ainsi que par l'atelier de la DCN basé au Port.

Matériel acheté:

- hameçons type palangre N°. 6/0 à 9/0.
- câbles gainés Ø 1,2 mm
- Durit silicone Ø ext 4 mm, Ø int 2,5 mm
- seringues TERUMO de 2-5-10 et 20 cc
- nylon 35-120 et 160/100°
- sleeves à câble et à Nylon
- tube aluminium Ø ext 18 mm, Ø int 16 mm
- tubes PVC Ø ext 45 mm, Ø int 40 mm
- tubes PVC Ø ext 55 mm, Ø int 50 mm
- perfuseurs
- émerillons à agrafe N°. 8
- divers leurres type Octopus
- pince à sleeve
- colle époxy
- écrous Ø 6

Matériel prêté:

- fer à souder
- scie à métaux
- pince universelle
- lime queue de rat
- perceuse et forets
- marteau
- Loctite frein-filet
- thermomètre à sonde

B Fourniture en poissons

Nous avons eu beaucoup de difficultés à trouver des pêcheurs motivés pour nous emmener en mer et essayer nos « engins ». Les poissons hameçonnés le furent avec M. BERTHIER Philippe et son bateau (BOB). Les sorties (une journée) étaient payées 1000F TTC avec, en sus, 25F TTC par kilo de poisson pêché.

C Approvisionnement en produits anesthésiants.

Le cabinet vétérinaire du Port nous a permis de nous procurer les produits que nous voulions tester avant d'avoir connaissance de l' AQUI-S (50% 2-Méthoxy-4-propényl phénol et 50% Polysorbate 80). Nous avons donc utilisé de la kétamine (Chlorkétam ND), du métomidate (Hypnodil ND).

Les autres produits nous ont été fournis par la Clinique Jeanne d'Arc au Port: xylocaïne 10%, étomidate, diazépam (Valium ND), Thiobarbital sodique (Nesdonal ND).

Le bicarbonate de sodium a été acheté en grande surface.

Enfin, nous nous sommes procuré l' AQUI-S(auprès du laboratoire néo-zélandais Seafood Research Laboratory-Crop & Food Research P.O.Box 5114 - NELSON, NEW-ZEALAND.

Les seuls produits avec lesquels des poissons furent hameçonnés sont le bicarbonate de sodium et l' AQUI-S.

D Estimation de l'efficacité du traitement: observations, prélèvements, analyses.

1. Observations.

C'est un aspect très subjectif que l'on peut toutefois considérer puisque les pêcheurs professionnels ont une très bonne expérience des poissons. De plus, il existe certains critères objectifs, comme pour la dorade (*Coryphaena hippurus*) par exemple: la dorade vivante a le dos bleu turquoise et le ventre argenté. En cas de stress, le ventre devient jaune doré. Après la mort, le dos devient presque noir et le ventre redevient argenté.

Ce sont surtout les analyses biochimiques qui pourront permettre d'estimer l'efficacité de nos traitements.

2. Prélèvements et analyses.

Le matériel de prélèvement (tubes Vacutainer, porte aiguille, aiguilles, pipettes Pasteur et tubes Ependorf) nous a été fourni gracieusement par le laboratoire de biochimie et d'anatomie pathologique du CHD de Bellepierre, à Saint-Denis. Une centrifugeuse nous a également été prêtée.

Les prélèvements sanguins ont été réalisés, juste après l'appontage, au niveau du coeur à l'aide des Vacutainer. Trois tubes ont été nécessaires, tube sec; tube Héparinate de Lithium; tube Fluorure. Les tubes ont été placés au froid jusqu'à leur arrivée au laboratoire de l'IFREMER. Là, ils ont été centrifugés, le surnageant étant récupéré à l'aide d'une pipette Pasteur et conditionné dans un Ependorf avant identification et congélation.

Les prélèvements musculaires ont été réalisés en arrière de la nageoire pectorale, à l'aide d'un couteau de cuisine, conditionnés en sac congélation, identifiés et congelés.

L'analyse des prélèvements comprend une phase "objective": les analyses biochimiques, et une phase "subjective": les analyses physiques (couleurs, texture,...) et organoleptiques (goût, odeur,...).

Les analyses biochimiques seront réalisées par le CHD de Bellepierre, tandis que les analyses physiques seront elles réalisées par le CRITT.

3. Facteurs objectifs.

Pour apprécier l'efficacité de nos traitements peri-mortem, il nous fallait déterminer les paramètres biochimiques les plus pertinents, tout en tenant compte de la faisabilité technologique de ces analyses ainsi que de leur faisabilité budgétaire. Ceci étant, nous avons décidé de recourir à des analyses de marqueurs de stress et à des dosages d'histamine musculaire.

Choix des facteurs de stress hématologiques.

Parmi les marqueurs de stress hématologiques, il y a des marqueurs qui sont précoces, qui apparaissent rapidement dans la circulation sanguine lors d'un stress. Ces indicateurs, qui nous intéressent, sont:

- LE CORTISOL, (Tube sec)
- LE GLUCOSE, (Tube fluorure)
- LES IONS (Cl- notamment), (Tube sec)
- LE LACTATE SANGUIN. (Tube héparine)

Dosage de l'histamine

L'histamine est un indicateur des conditions de conservations du poisson. Son dosage permet d'apprécier la qualité hygiénique de la préparation et de la conservation du poisson, depuis son appontage jusqu'à l'assiette du consommateur. L'intérêt d'une telle analyse pour notre présente étude est, à première vue, assez discutable puisque le taux d'histamine ne dépend pas de la façon dont est pêché le thon (avec ou sans stress) mais plutôt de la façon dont il est manipulé après l'appontage. Malgré tout, il nous a semblé intéressant de faire les frais d'une telle analyse puisqu'un thon tranquilisé peut être manipulé et traité de façon plus calme et surtout plus rapide. Les risques d'échauffements musculaires, de retard à l'éviscération et au refroidissement (qui favorisent la formation de l'histamine) ainsi que les risques de contamination bactérienne sur le pont du bateau sont en effet réduits avec des thons tranquilisés.

Les prélèvements musculaires nécessaires ont été réalisés à l'aide d'un couteau de cuisine comme indiqué sur la figure 10. Les prélèvements ont été congelés en attendant d'être assez nombreux pour être envoyés au laboratoire du CRITT Agro-alimentaire de Saint-Denis. L'équipe dirigée par Mme LE MORVAN Isabelle, Ingénieur d'étude ARIST, réalisera le

dosage de l'histamine par la méthode officielle de chromatographie liquide à haute pression (HPLC), sur des échantillons d'environ 200 g.

4. Analyse sensorielle

L'équipe du CRITT possède une activité « analyse sensorielle » depuis le mois d'août 96, ce qui nous a permis d'envisager de soumettre nos échantillons à ce type de tests.

Cas général.

Les échantillons sont soumis à l'appréciation, par une équipe de juges formés à cet effet, de différents critères de qualité organoleptique qui sont:

- la couleur, qui n'est pas un caractère inhérent à l'objet mais plutôt une appartenance à l'expérience visuelle du juge. La lumière ambiante et la couleur de l'environnement sont des facteurs très importants à prendre en compte.
- la texture,
- l'odeur,
- le goût.

Ses principaux inconvénients sont qu'elle reste subjective et très coûteuse car il faut entraîner les juges pendant un temps assez long avant d'espérer des résultats à peu près homogènes d'un juge à l'autre et, pour un même juge, d'un jour à un autre.

Qualité Sashimi

La qualité Sashimi nécessite des « gradeurs » formés de façon beaucoup plus spécifique à ce type de denrée. C'est un aspect du problème qu'il reste à développer.

F Récapitulatif: protocole mis en place lors de la prise d'un poisson.

1. Sur le bateau.

1. Chronométrage du temps écoulé entre le « départ » et le gaffage. Observation du comportement du poisson.
2. Couverture des yeux du poisson.
3. Destruction du système nerveux.
4. Prise de sang au niveau cardiaque.
5. Saignée.
6. Eviscération.
7. Mesure de la température interne au niveau dorsal.
8. Refroidissement dans de la glace.

2. Au laboratoire.

1. Centrifugation des tubes et congélation des plasmas.
2. Prélèvement musculaire pour le dosage de l'histamine.
3. Observation de la couleur de la chair au niveau
4. d'une coupe transversale dans la queue.

III - CONCLUSION.

Cette étude doit être considérée comme une étape préliminaire à une nouvelle vision de la pêche. Le pêcheur professionnel doit prendre de plus en plus conscience de son rôle d'hygiéniste et de fournisseur de qualité.

Nous tenons à rassurer les pêcheurs qui se sont montrés sceptiques quant à l'efficacité de nos systèmes: les sorties en mer nous ont prouvé que les poissons mordaient bien aux « hameçons réservoirs »!

Ces systèmes devraient permettre une pêche plus facile, avec des poissons qui cassent moins souvent la ligne, qui s'abîment moins sur le pont et qui, surtout, n'arrivent pas à bord avec une altération déjà existante et irréversible de leur chair.

BIBLIOGRAPHIE.

Amano, K. Bito, M. and Kawabata, T.: Handling effect upon biochemical change in the fish muscle immediately after catch-I. Difference of glycolysis in the frigate mackerel killed by various methods. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 19, 487-498 (1953).

Anonyme. (1974). Preparing fresh tuna for the Japanese market. *Australian Fisheries*, 33 (8), pp. 8-9.

Arthur, P.G., West, T.G., Brill, R.W., Schutle, P.M. and Hochachka, P.W. (1992). Recovery metabolism of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) white muscle: rapid and parallel changes of lactate and phosphocreatine after exercise. *Can. J. Zool.* 70. pp 1230-1239.

Azam, K. Mackie, I.M. and Smith, J. (). Effect of stunning method on the time of onset, duration and resolution of rigor in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) as measured by visual observation and analyses for lactic acid, nucleotide-degradation products and glycogen.()

Barton, B.A. and Iwama, G.K. (1991). Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Annual Rev. of Fish Diseases*, pp.3-26.

Bito, M. Studies on the retention of meat color of frozen tuna. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, N°. 84. Feb., 1976.

Blanchard, M. Conservation du poisson à basse température (-45°C). *Rev. Gén. Froid*. Juillet/août 1994/27.

Blokhus, H. Aspects related to quality of farmed Norwegian salmon (*Salmo salar*). *Int. Symp. on Seafood Quality Determination, Anchorage, ALASKA, USA*. 10 nov 1986.

Boeuf, G. (1987). Bases physiologiques de la salmoniculture: osmorégulation et adaptation à l'eau de mer. *La pisciculture française*. N°. 87. pp 28-52.

Boeuf, G. (1988). Le facteur température et la physiologie des poissons. *La pisciculture française*. N°. 91. pp 15-28.

Boivert, J.P.J. (1980). Le thon, Biologie et pêche, Hygiène et transformation. *Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse*.

Bonnell, A.D. (1993). Raw material quality, in *Quality assurance in seafood processing: a practice guide*: 54-76.

Booke, H.E. (1978). Sodium bicarbonate, an inexpensive fish anaesthetic for field use. *Prog. Fish Cult.* 40: 11-13.

Bourne, P.K. (1984). The use of MS-222 (Tricaine Methanesulphonate) as an anaesthetic for routine blood sampling in three species of marine teleosts. *Aquaculture*, 36 : 313-321.

Boyd, N.S., Wilson, N.D., Jerret, A.R. and Hall, B.I. (1984). Effects of brain destruction on post harvest muscle metabolism in the fish kahawai (*Arripis trutta*). *J. Food. Sci.* 49. pp 177-179.

Brown, M.E., Fry, F.E.J.(1957). The aquatic respiration of fish in *The physiology of fishes*, Vol 1, pp 1-55.

Bruecker, P. and Graham, M. (1993). The effects of the anesthetic ketamine hydrochloride on oxygen consumption rates and behaviour in the fish *Heros citrinellum*. *Comp. Biochem. Physiol.* Vol 104 C, N° 1. pp 57-59.

Burgess, G.H.O., Cutting, C.L., Lovern, J.A. and Waterman, J.J. (1965). *Fish handling and processing*. Edinburgh. Her Majesty's Stationary Office.

Burns, T.A. (1978). Physiological effects of electrofishing on largemouth bass. *The Progressive Fish-Culturist* 40, N°4, October 1978.

Chiche, J.L. (1989). Contribution à l'étude des thons - Albacore (*Thunnus albacares*, BONNATERRE, 1788) -Germon (*Thunnus alalonga*, JORDAN, 1913) -Patudo (*Thunnus obesus*, LOWE, 1839). Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

CNERMA. 02/12/1992. Critères de qualité applicables aux produits de la pêche.

Cramer, J.L., Nakamura, R.M., Dizon, A.E., and Ikehara, W.N. Burnt tuna: conditions leading to rapid deterioration in the quality of raw tuna. *Marine Fisheries Review*, 43(6). pp 12-16. June 1981.

Craven, C., Hilderbrand, K., Kolbe, E., Sylvia, G., Daeschel, M., Gloria, B. and An, H. (1995). Understanding and controlling histamine formation in troll-caught albacore tuna: a review of preliminary findings from the 1994 season. Oregon Sea Grant. ORESU-T-95-00.

Crawford, L. (1972). The effect of premortem stress, holding temperatures, and freezing on the biochemistry and quality of Skipjack tuna. National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Report NMFS SSRF-651.

Davie, P.S. and Sparksman, R.I. (1986). Burnt tuna: an ultrastructural study of postmortem changes in muscle of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) caught on rod and reel and southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) caught on handline or longline. *Journal of food science*. Vol 51, N° 5. pp 1122-1128.

Dickson, K.A. (1993). Tunas as small as 207mm fork length can elevate muscle temperatures significantly above ambient water temperature. *J.exp.Biol.* 190, 79-93.

Dickson, K.A. (1995). Unique adaptations of the metabolic biochemistry of tunas and billfishes for life in the pelagic environment. *Environmental Biology of Fishes* 42:65-97.

Etienne, T. (1989). *L'anesthésie des poissons*. Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes. 56 p.

Fauconneau, B. et Maise, G. L'abattage des salmonidés d'élevage et la qualité. *Aqua Revue* N°. 35. Février-Mars 1991. pp 23-24.

Gibbs, R.H.Jr., and Colette, B.B.(1967). Comparative anatomy and systematic of the tunas, genus *Thunnus*. *Fish Bull.* vol. 66, n°.1: 130pp.

Gilderhus, P.A. (1989). Efficacy of Benzocaine as an Anesthetic for Salmonid Fishes. *North American Journal of Fisheries Management* 9 :150-153.

Goodrick, B. (1987). Postharvest quality of tuna meat, a question of technique. *Food Technol. Aust.* Vol 39, N°. 7, pp. 343-345.

Goodrick, B., Milne, D., Grauf, S. and Dingle, P. When keeping cool means keeping colour. *Australian Fisheries*, November 1991.

Graham, J.B. and Dickson, K.A.(1981). Physiological thermoregulation in the albacore *Thunnus alalunga*. *Physiol. Zool.* 54(4): 470-486.

Graham, J.B., F.J.Koerhn, and K.A.Dickson.(1983). Distribution and relative proportions of red muscle in scombrid fishes: consequences of body size and relationships to locomotion and endothermy. *Can.J.Zool.* 61: 2087-2096.

Guest, W.C. and Prentice, J.A. Transportation techniques for Blueback Herring. *Prog. Fish-Cult.* 44(4), October 1982.

Gunstrom, G.K. and Bethers, M. (1985). Electrical anesthesia for handling large salmonids. *The Progressive Fish-Culturist* 47(1): 67-69.

Harada, K. (1991). How to handle albacore. *Australian Fisheries*, 50 (2). pp 28-30.

Harrel, R.M. (1992). Stress mitigation by use of salt and anesthetic for wild Striped Bass captured for brood stock. *The progressive Fish-Culturist* 54: 228-233.

Hartley, W.G. (1967). Electronarcosis of fish for handling. Pages 251-255 in R. Vibert, ed., *Fishing with electricity, its application to biology and management, contributions to a symposium European Inland Fisheries Advisory Commission, FAO, Fishing News (Books) Ltd., London, England.*

Hartley, W.G. (1977). The use of electricity for anaesthetizing fish. *J. Fish Biol.* 11,377-378.

Hashimoto, K. and Watabe, S. (1983). Changes in color and water holding capacity of tuna meat during frozen storage. *Bull. Jap. Soc. of Sc. Fish* 49 (2).

Hochachka, P.W. and Mommsen, T.P. (1994). *Analytical techniques in Biochemistry and molecular biology of fishes*, 3. Elsevier.

Hoffmann, R., Lommel, R. and Riedl, M. Influence of different anaesthetics and bleeding methods on hematological values in fish. *Arch. FishWiss.* 33. pp 91-103. November 1982.

Hughes, G.-M. (1984). Measurement of gill area in fishes: practices and problems. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 64. pp 637-655.

Huss, H.H. Safety of foods. Technological Laboratory. Ministry of fisheries. Technological University bldg. 22. Lyngby DK. 2800 Denmark. FI 818/INT/60. Aug-Sep. 1991.

Ishikawa, P.E., Aleman, P.M. and Valencia, P.D. (1984). Occurrence of spontaneously cooked flesh phenomenon in fresh fish. *Bol. Invest. Inst. Tecnol. Pesq. Peru.* Vol 2, N° 1, pp 57-61.

Iwama, G.K., Yesaki, T.Y. and Ahlborn, D. (1990). The refinement of the administration of carbon dioxide gas as a fish anesthetic: the effects of varying the water hardness and ionic content in carbon dioxide anesthesia. *ICES C.M.* 1991/F:25.

Jameson, J. (1984). Added value products-Preparation of sashimi tuna. *The Australian Fishing Industry - today and tomorrow.* 10th-12th July 1984. Seminar papers G'. pp 331-341.

Kolz, M.L. (1989). Current and power determinations for electrically anesthetized fish. *The Progressive Fish-Culturist* 51: 168-169.

Kramer, D.E. and Liston, J. Seafood quality determination. Proceedings of an International Symposium Coordinated by the University of Alaska Sea Grant College Program, Anchorage, Alaska, USA. pp 10-14. November 1986.

Kynard, B., and Lonsdale, E. (1975). Experimental study of galvanonarcosis for Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) immobilization. *J. Fish. Res. Board Can.* 32: 300-302.

Lambert, T.C. Techniques for the capture and handling of atlantic mackerel with special reference to the use of quinaldine. *Prog. Fish-Cult.* 44(3), pp 145-147. July 1982.

MacKinlay, D.D., Jonhson, M.V.D. and Celli, D.C. (1994). Evaluation of stress of carbon dioxide anaesthesia. Mackinley, D.D. Ed. VANCOUVER, BC CANADA Fish Physiology Association. pp 421-424.

Malmstrom, T., Salte, R., Gjoen, H.M, and Linseth, A. (1993). A practical evaluation of Metomidate and MS-222 as anaesthetics for atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L). *Aquaculture*, 113 : 331-338.

Marking, L.L. and Meyer, F.P. (1985). Are better anesthetics needed in fisheries? *Fisheries*, Vol 10, N° 6.

Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Yoshino. *The Fishes of the Japanese Archipelago.* Plate. Tokai University Press.

Mattson, N.S. and Ripley, T.H. (1989). Metomidate, a better anesthetic for Cod (*Gadus morhua*) in comparison with Benzocaine, MS-222, Chlorobutanol, and Phenoxyethanol. *Aquaculture*, 83 : 89-94.

Mazeaud, M.M. and Mazeaud, F. (). Adrenergic response to stress in fish in *Stress and fish.* Pickering, A.D., Academic Press. pp 49-68.

Mazur, C.F., Boreham, A., Mclean, W. and Iwama, G.K. (1992). Rectified wide-band white noise as an electroanaesthesia waveform for use with rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). ICES C.M. 1991/F:25.

Mazur, C.F., Yesaki, T.Y. and Iwama, G.K. (1991). Improvements on the use of two alternatives to chemical anaesthesia for fish: electroanaesthesia and CO₂ anaesthesia. ICES C.M. 1991/F:25.

Nakayama, T., Liu, D.J and Ooi, A. (1992). Tension changes of stressed and unstressed carp muscle in isometric rigor contraction and resolution. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58, 1517-1522.

Olsen, Y.A., Einarsdottir, I.E. and Nilssen, K.J. (1995). Metomidate anaesthesia in Atlantic salmon, *Salmo salar*, prevents plasma cortisol increase during stress. *Aquaculture* 134. pp 155-168.

Opic, P., Conand, F., Bourret, P.(1994). *Poissons commerciaux du Sud-Ouest de l'océan Indien*. Editions ORSTOM. pp 91.

Orsi, J.A. and Short, J.W. (1987). Modifications in electrical anesthesia for salmonids. *The Progressive Fish-Culturist* 49: 144-146.

Pan, B.S. and D. James (eds), *Histamine in marine products: production of bacteria, measurement and prediction of formation*. FAO Fish.Tech. Pap., (252): 62 p.

Peres, G. Roche, H. et Skrzynski, J. (1989). L'importance des modifications hématologiques de nature biochimique provoquées par l'anesthésie chez les poissons. *Bull. Acad. Vét. Fra. Vol 62, N° 2*. pp 259-272.

Roullot, J. (). *Procédure et explications pour avoir la qualité de thon Sashimi*. CAN SEYCHELLES PTR II SFA.

Schutle, P.M., Moyes, C.D. and Hochachka, P.W. (1992). Integrating metabolic pathways in post-exercise recovery of white muscle. *J. Exp. Biol.* 166. pp 181-195.

Sendon, L. (1995). Processing Sashimi tuna on-board super freezer barges. *INFOFISH International* 1/95: 51-53.

Shin Oikawa, Tatsusuke Takeda, Yasuo Itazawa. (1994). Scale effects of MS-222 on a marine teleost, porgy *Pagrus major*. *Aquaculture* 121: 369-379.

Siwicki, A. (1984). New anaesthetic for fish. *Aquaculture*, 38 : 171-176.

Sternin, V.G., Nikonorov, I.V. and Bumeister, Yu.K.. (1972). *Electrical fishing, theory and practice*. Translated from Russian: Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem. (Available as TT 75-50005 from U.S.Department of Commerce, Springfield, Virginia.)

Stevens, E.D. and Dizon, A.E. (1982). Energetics of locomotion in warm-bodied fish. *Ann. Rev. Physiol.* 44. pp 121-131.

Swanson, C., Mager, R., Cech, J.J.Jr., Doroshov, S.I. (1994). Use of salts, anesthetics and polymers to minimize handling and transport mortality in delta smelt (*Hypomesus transpacificus*). Mackinley, D.D. Ed. VANCOUVER, BC CANADA Fish Physiology Association. pp 445-448.

Sylvester, J.R. and Holland, L.E. Influence of temperature, water hardness, and stocking density on MS-222 response in three species of fish. *Prog. Fish-Cult.* 44(3), July 1982.

Tanaka, T. and al. (1974). Quality of on board frozen tuna meat with reference to freshness of the fish and the freezing condition. IIR. Tokyo.

Thankamma, R., Lekshmy nair, A., Vasanth shenoy, A. and Gopakumar, K. (1985). Suitability of tuna red meat for preparation of wafers. *Fishery technology*, Vol 22: 45-47.

Thomas, P. and Robertson, L. (1991). Plasma cortisol and glucose stress responses of red drum (*Sciaenops ocellatus*) to handling and shallow water stressors and anesthesia with MS-222, quinaldine sulfate and metomidate. *Aquaculture*, 96: 69-86.

Uchiyama, H. Biochemical determination of fish freshness and partial freezing as a means of keeping freshness of fish and its products. *Aquaculture International Congress and Exposition*. Vancouver Trade and Convention Centre. Vancouver. British Columbia. Canada. September 6-9, 1988. p 14.

Watson, C., Bourke, R.E. and Brill, R.W. (1988). A comprehensive theory on the etiology of burnt tuna. *Fishery Bulletin*: Vol 86, N^o. 2, 1988.

Watson, T. Why some fishes are hotheads. *Science*, Vol 260,9 April 1993

Wells, R.M.G. (1987). Stress responses imposed by fish capture and handling: a physiological perspective. *Food Technology in Australia*, 39 (10). pp 479-481.

Williams, S.C. (1986). Sashimi tuna-20 questions and answers. *Australian fisheries*I, May 1986: 20-25.

Xu, G., Arimoto, T. and Inoue, Y. (1993). The measurement of muscle fatigue in walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) captured by trawl. *ICES mar. Sci. Symp.* pp 117-121.

Yokoyama, Y., Kawai, F. and Kanamori, M. (1993). Effect of cold-CO₂ anaesthesia on post-mortem levels of ATP-related compounds, pH, and glycogen in carp muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(12), 2047-2052.

GLOSSAIRE

Aérobiose : en présence et en utilisation de l'oxygène.

Anaérobiose : sans utilisation d'oxygène, en utilisant diverses substances organiques.

Chromatographie : méthode d'analyse chimique par absorption sélective des constituants d'un mélange par une matière pulvérulente (les couches obtenues peuvent être diversement colorées).

Clairance : coefficient d'épuration, correspondant à l'aptitude d'un tissu, d'un organe, à éliminer une substance d'un fluide organique.

Ectotherme : qui ne contrôle pas sa température interne et dépend donc de celle du milieu ambiant.

Endotherme : qui contrôle, grâce à divers mécanismes, sa température corporelle et la maintient constante quelque soit l'évolution du milieu extérieur (thermorégulation).

Ferrage : action de ferrer c'est-à-dire d'engager le fer d'un hameçon dans les chairs du poissons qui vient de mordre, en tirant le fil d'un coup sec.

Gaffage : action d'accrocher le poisson avec une perche munie d'un croc ou d'une pointe, ou de deux crocs.

Glycolyse : dégradation du glucose d'un organisme vivant, sous l'action d'enzymes.

Homéotherme : Cf Endotherme.

Organoleptique : qui a trait au sens du goût.

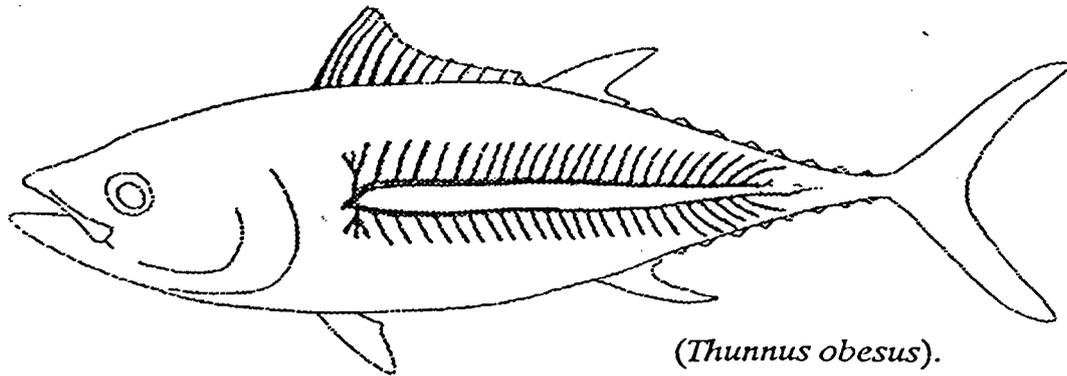
Osmorégulation : Système de régulation des quantités de sels minéraux et d'eau contenus dans un organisme vivant.

Poïkilotherme : Cf Ectotherme.

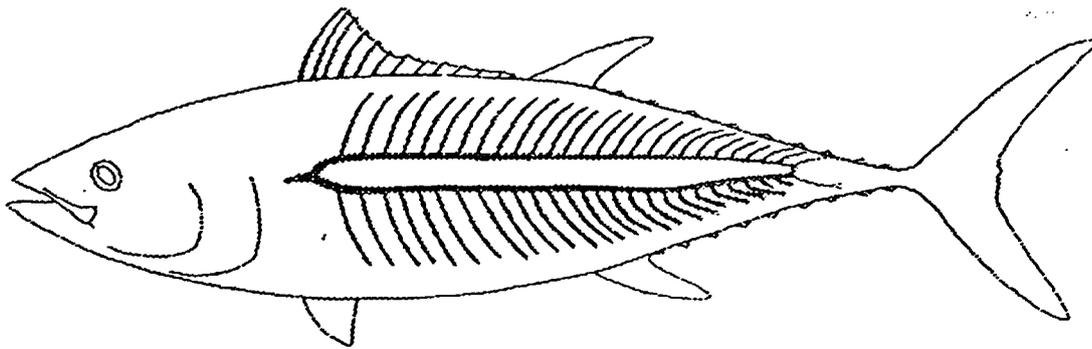
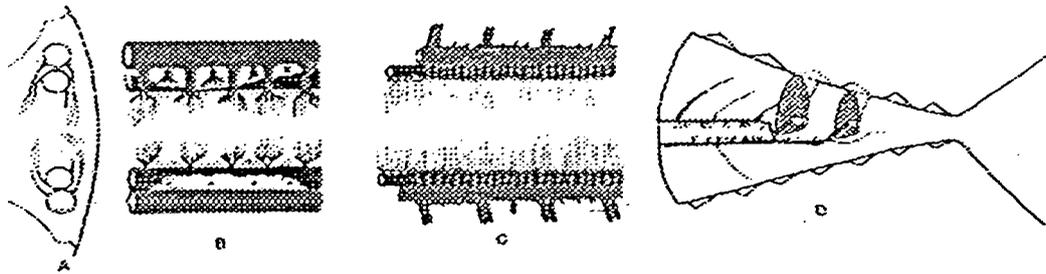
Pression osmotique : force d'attraction pour les molécules d'eau (H₂O) qu'exerce un milieu concentré, plus il est concentré, plus cette force augmente.

Sarcoplasme : cytoplasme qui entoure les fibrilles des fibres musculaires, abondant et coloré en rouge par la myoglobine dans les muscles rouges, pauvre dans les muscles blancs.

Thermorégulation : régulation interne de la température corporelle.



(Thunnus obesus).



(Thunnus albacares)

