

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل  
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du  
Littoral



MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME  
DE MASTER EN SCIENCES DE LA MER

Sujet:

**Evaluation de la qualité du poisson par méthodes  
physico-chimiques**

Présenté par:

**BOUHBILA Ridha**

Soutenu le 20/10/2012 devant le jury :

<b>M<sup>me</sup> MEKHAZNI. F</b>	<b>Maitre assistante A (ENSSMAL)</b>	<b>Présidente</b>
<b>Mr BENEDEDOUCHE. B</b>	<b>Maitre de conférences A (EPSNV)</b>	<b>Promoteur</b>
<b>M<sup>me</sup> CHAOU. N</b>	<b>Maitre assistante A (ENSSMAL)</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>me</sup> HAMDI. S</b>	<b>Maitre de conférences A (ENSSMAL)</b>	<b>Examinatrice</b>

**Promotion : (2012)**

# Sommaire

**Sommaire**

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Listes des figures

Introduction

**Chapitre I: Composition du poisson au moment de la capture**

I-I- Les lipides.....	3
I-I-1- Teneur en lipides .....	3
1-1-2- Les différentes classes de lipides .....	3
1-1-3- La composition des lipides en acides gras.....	4
1-2- Les glucides.....	4
1-3- Les protéines .....	5
1-3-1- Les protéines sarcoplasmiques .....	5
1-3-2- Les protéines des myofibrilles.....	6
1-3-3- Les protéines du tissu de soutien.....	6
1-4- Les constituants azotés non protéiques.....	6
1-5- Les vitamines et minéraux.....	7
1-6- L'eau contenue dans la chair.....	8
1-6-1- L'eau liée.....	8
1-6-2- L'eau multimoléculaire.....	8
1-6-3- L'eau d'interposition.....	9
1-6-4- L'eau libre.....	9
2- Anatomie et structure de la chair.....	10
2-1- Les muscles.....	10
2-2- Le tissu conjonctif.....	11
3- La flore microbienne naturelle du poisson.....	11

**Chapitre II: Les différentes variations affectant le poisson après la capture**

1-1- Evolution biochimique naturelle du muscle après la capture.....	13
1-2- Altérations des produits de la pêche.....	13
1-3- Apparition de la rigidité cadavérique.....	14
2- Auto-oxydation des graisses et dégradation de la matière azotée.....	17
2-1- L'oxydation des lipides.....	18
2-1-1- Mécanisme des réactions.....	18
2-1-2- Composés impliqués dans les réactions d'oxydation des lipides.....	19
2-2- Altérations microbiennes.....	20
2-3- Mécanisme de formation des amines volatiles et ammoniacque.....	21
3- Facteurs de variation de la durée des phases d'apparition/résolution de la rigidité cadavérique .....	22
3-1- Effet des réponses de Stress.....	23
3-2- Chute du pH.....	23
3-3- Evolution de la capacité de rétention d'eau dans le muscle .....	25
4- L'adénosine monophosphate désaminase (AMPd) – Rôle dans la glycolyse musculaire.....	25
5- Analyse sensorielle du poisson frais au débarquement.....	27

### **Chapitre III : Évaluation de la qualité de la fraîcheur du poisson**

1- Analyse sensorielle.....	29
1-1- Altérations de la qualité gustative.....	29
1-2- La méthode QIM.....	31
2- Analyse physico-chimique.....	31
2-1- Méthodes physiques.....	31
2-1-1- Méthodes mécaniques et évaluation de la texture.....	31
2-1-1-1- Mesure de la conductivité.....	32
2-1-1-2- Mesure de pH.....	32
2-1-1-3- Mesure de la couleur (spécifique au Salmonidés).....	32
2-1-1-3- Mesure de la teneur en lipides.....	33
2-2- Méthodes chimiques.....	34
2-2-1- Indices de détérioration des lipides.....	35
2-2-2- Indice de dégradation de l'adénosine triphosphate (ATP).....	35
2-2-3- Méthodes usuelles de dosage et normes de qualité des produits de pêche.....	36
2-2-4- Intérêts de l'analyse des composés volatils.....	37
2-2-4-1- Méthode de distillation d'un extrait déprotéinisé par l'acide perchlorique.....	37
2-2-4-1-1- Principe de la méthode utilisée.....	37
2-2-4-1-2- Procédure expérimentale.....	38
2-2-4-1-3- Mode opératoire.....	38
2-2-4-1-4- Expression des résultats.....	40
2-2-4-2- Méthode de micro-diffusion de Conway.....	41
2-2-4-2-1- Principe de la méthode utilisée.....	41
2-2-4-2-2- Solutions.....	41
2-2-4-2-3- Echantillon.....	42
Conclusion.....	44

Résumé

Mots clés

Références bibliographiques

Annexe

Listes des  
abréviations,  
tableaux et figures

## Liste des abréviations

---

### Liste des abréviations

ABVT : azote basique volatil total  
ADP adénosine monophosphate  
ADSI Adénylosuccinate lyase  
ADSs Adénylosuccinate synthétase  
AGPI: acides gras poly insaturés  
AMP adénosine monophosphate  
AMPd adénosine monophosphate désaminase  
ANP: azote non protéique  
ATP: adénosine Tri-Phosphate  
CE: communauté européenne  
CEA: charge énergétique adénylique  
DHA: acide docosahéxaénoïque  
DMA: diméthylamine  
EPA: acide éicosapentoénoïque  
FA: formaldéhyde  
GTP Guanosine-5'-Triphosphate  
HPLC: chromatographie liquide de haute performance  
Hx: hypoxanthine  
IMP: inosine monophosphate  
K indice de fraîcheur  
MMA: monaméthylamine  
OTMA: oxyde de triméthylamine  
pH: potentiel d'hydrogène  
pHu: potentiel d'hydrogène ultime  
Pi: phosphore inorganique  
PNC: cycle des nucléotides purine  
PRE: pouvoir de rétention d'eau  
QIM: index de qualité moyen  
R: relaxed  
T: tense  
TMA: triméthylamine  
UE: union européenne

## Liste des tableaux

---

### Liste des tableaux

<b>Tableau n° 1 :</b> Composition chimique moyenne de la chair de poisson.....	7
<b>Tableau n° 2 :</b> Composition chimique comparative de muscles de poissons gras et maigres.....	7
<b>Tableau n° 3 :</b> Répartition des différentes catégories de protéines dans le muscle .....	7
<b>Tableau n° 4 :</b> Principaux pro-oxydants présents dans le poisson .....	19
<b>Tableau n° 5:</b> principaux anti-oxydants présents dans le poisson.....	20
<b>Tableau n° 6:</b> barème simple d'inspection du poisson.....	28
<b>Le Tableau n° 7:</b> présente certaines des qualités sensorielles des poissons et coquillages cuits.....	30
<b>Tableau n° 8:</b> Comparaison entre les deux techniques de dosage d'ABVT.....	43
<b>Tableau n° 9 :</b> Recommandation pour l'utilisation de l'ABVT et du facteur P pour apprécier l'état d'altération du poisson (Téléostéens) .....	43

## Liste des figures

---

### Liste des figures

<b>Figure n° 1</b> : isotherme de sorption type.....	9
<b>Figure n° 2</b> : structure métamérique des muscles de poisson .....	11
<b>Figure n° 3</b> : évolution naturelle du muscle de poisson après la capture.....	14
<b>Figure n° 4</b> : Dégradation aérobie et anaérobie du glycogène dans le muscle du Poisson.....	16
<b>Figure n° 5</b> : Aspect extérieur de la rigor-mortis.....	16
<b>Figure n° 6</b> : Mécanisme d'oxydation des lipides.....	18
<b>Figure n° 7</b> : voies de dégradation de TMAO.....	21
<b>Figure n° 8</b> : L'évolution post-mortem du muscle.....	22
<b>Figure n° 9</b> : Mécanismes par lesquels le stress modifie l'évolution biochimique <i>post mortem</i> .....	23
<b>Figure n° 10</b> : Réaction de désamination de l'adénosine monophosphate (AMP) en inosine monophosphate (IMP) et $\text{NH}_4^+$ .....	26
<b>Figure n° 11</b> : Réactions d'autolyse des nucléotides aboutissant à la formation d'hypoxanthine.....	27
<b>Figure n° 12</b> : Cycle de synthèse de l'AMP, cycle des nucléotides purine (PNC)....	28
<b>Figure n° 13</b> : Altération des qualités gustatives du cabillaud glacé (0°C).....	29
<b>Figure n° 14</b> : Évaluation visuelle de la couleur d'un filet de salmonidé à partir d'échantillons de couleurs standards.....	33
<b>Figure n° 15</b> : Mesure quantitative de la couleur d'un filet de salmonidé au moyen d'un colorimètre.....	33
<b>Figure n° 16</b> : Mesure de la teneur en lipides de la chair d'un poisson au moyen d'un appareil (« Torry fish fatmeter »).....	34
<b>Figure n° 17</b> : Les étapes de détermination de l'ABVT.....	38
<b>Figure n° 18</b> : Vue en coupe transversale de la cellule à microdiffusion de Conway.....	41

# Introduction

## Introduction

---

Le secteur de la pêche est aujourd'hui l'un des secteurs les plus importants de la production alimentaire à l'échelle mondiale. Selon la FAO, 130 millions de tonnes de poissons sont pêchées ou élevées chaque année dans le monde (**Sylla et al, 2008**).

Le poisson est un aliment très important dans les pays en développement, du fait de sa valeur nutritionnelle et sa haute teneur en protéines. Cependant, c'est une denrée rapidement périssable, en particulier dans les zones à climat chaud où les techniques de réfrigération n'existent pas toujours (**Zakhia, 2000**).

La qualité et la sécurité du poisson sont des éléments cruciaux tout au long de la chaîne, depuis la production primaire jusqu'à l'utilisateur final.

L'altération rapide du poisson a toujours été et est encore à l'heure actuelle, une des causes principales qui ont limité la consommation de cette importante denrée alimentaire.

Sous notre climat, la chair du poisson se décompose rapidement en provoquant la formation de substances malodorantes qui, non seulement rebutent la clientèle possible, mais encore sont susceptibles d'occasionner chez le consommateur des troubles physiologiques plus ou moins graves.

Cependant les principaux problèmes de conservation et de commercialisation sont à la base de la dégradation de la qualité des poissons (**Selmi et Sadok, 2006**).

Différents risques sont liés à chacune des espèces et peuvent en influencer la qualité et la sécurité. Les problèmes de sécurité liés au poisson sont d'ordre multiple et certains comme les phycotoxines ou *Vibrio* sont rencontrés uniquement en milieu marin et par conséquent dans les produits de la mer. En outre, la manipulation et la transformation sont extrêmement variées d'une espèce à l'autre. Les demandes des consommateurs ont conduit à l'implantation de nouveaux procédés, comme le traitement minimal des produits et les aliments prêts à l'emploi. Une profonde connaissance de la composition du poisson et des modifications qui surviennent lors de la manipulation, de la transformation et du stockage, est un élément essentiel dans la prise de décisions concernant les méthodologies à mettre en place pour l'évaluation de la qualité et de la sécurité.

Les effets immédiats des étapes de préparation du poisson (par exemple, lavage, éviscération, réfrigération) sur sa qualité peuvent être facilement vérifiés par les méthodes sensorielles. Toutefois, la qualité du poisson en termes de salubrité et de durée de conservation est très dépendante de facteurs non visibles comme l'autolyse, la contamination et la croissance de micro-organismes, mais ces effets ne peuvent être vérifiés que longtemps après que les dégâts se sont produits. Les procédures adéquates doivent alors être fondées sur la connaissance des effets des divers facteurs impliqués. On peut réaliser des améliorations

## Introduction

---

plus ou moins importantes en analysant les méthodes couramment utilisées dans la manipulation du poisson (**Huss, 1999**).

Après la capture des poissons, un processus complexe de réactions physiques, chimiques et microbiologiques prend place favorisant la dégradation de la qualité des poissons frais et limitant leur durée de vie. Pour maintenir le plus longtemps possible la qualité du poisson à un niveau compatible avec les normes en vigueur et les exigences du consommateur, il est nécessaire d'inhiber ou de ralentir ces divers mécanismes d'altération. Pour ce faire, différentes techniques, telles que le salage, le séchage, le fumage et le marinage, sont applicables (**Mestiri et al, 2006**).

Dans notre travail en fait appel à une révision générale concernant la sécurité et la qualité du poisson, et pour les buts suivants :

- Améliorer les connaissances concernant la qualité et la sécurité du poisson et des produits de la pêche.

- Présenter les méthodes utilisées pour le contrôle de la qualité et de la sécurité, depuis les plus traditionnelles jusqu'aux plus novatrices pour renseigner le plus exactement possible sur l'état de fraîcheur ou le degré d'altération du poisson de la mer.

L'accent sera mis sur des techniques qui soient adéquates, efficaces, rapides, peu onéreuses et appropriées.

Ce mémoire reprend cette démarche:

Dans une première partie nous verrons les causes de variabilité de la qualité du poisson, et quels en sont les facteurs importants.

Ensuite nous placerons l'accent sur les différentes évolutions physico-chimiques bactériologiques et biochimiques de la chair de poisson après la capture.

Enfin, dans une troisième partie, nous présentons les détails de différentes techniques utilisées en contrôle de la qualité avec une profonde connaissance permettant de choisir les méthodes appropriées pour l'évaluation de la qualité et de la sécurité des espèces et des produits concernés dans chaque situation.

# Chapitre I

## Composition du poisson au moment de la capture

### **I- Composition du poisson au moment de la capture**

La composition chimique moyenne de la chair de poisson est présentée dans le tableau n°1.

Nous devons remarquer tout d'abord la grande variabilité des valeurs ;elles dépendent:

- des espèces,
- des individus,
- de l'endroit où est fait l'analyse,

et seraient liées au mode de vie, au cycle sexuel, à la saison... (**Sainclivier, 1983**).

#### **I-I- Les lipides**

##### **I-I-1- Teneur en lipides**

Les poissons répartissent leurs réserves lipidiques de façon variable selon les espèces. En effet les lipides s'accumulent soit dans le foie soit dans les muscles. Lorsque le foie se surcharge en graisse, les muscles ne contiennent qu'une faible teneur en lipides. Ces poissons sont appelés « poissons maigres » (cabillaud, morue). Pour les « poissons gras » (sardine, saumon, thon) les lipides s'accumulent dans les muscles, la teneur en lipides des muscles est alors supérieure à 8 %. Une classe intermédiaire est parfois citée dans la littérature, celle des « poissons semi- gras » (sole, plie, turbot) dont la teneur en lipides est comprise entre 3 et 8% (**Sainclivier, 1983**), le tableau n° 2 montre la composition chimique comparative de muscle de poisson gras et maigre.

La teneur en lipides varie selon la localisation des muscles dans le poisson. On distingue les muscles blancs et les muscles rouges, ces derniers possèdent un taux de lipides bien supérieur ainsi qu'une teneur en myoglobine plus élevée et un taux d'humidité moindre.

Les muscles rouges interviennent lors du déplacement pendant les migrations saisonnières.

La teneur en lipides varie également en fonction du cycle sexuel, cette variation a des conséquences sur les muscles des poissons gras uniquement. En période de repos sexuel le taux de lipides est le plus élevé. Il diminue de façon plus ou moins importante selon les espèces au moment de la migration et de la ponte.

Le sexe de l'animal, son régime alimentaire, la localisation géographique sont également des facteurs de variations du taux musculaire de lipide (**Andries, 2002**).

##### **1-1-2- Les différentes classes de lipides**

Les lipides des poissons peuvent être classés en deux catégories : d'un côté les phospholipides et le cholestérol qui ont un rôle essentiel dans la structure et le fonctionnement de la cellule, et de l'autre les lipides neutres qui fournissent des acides gras nécessaires au métabolisme énergétique. Ces derniers sont regroupés en globules dans les cellules musculaires et le tissu de soutien qui les entoure. Les lipides neutres sont des triglycérides, qui

sont des lipides de réserves donneurs d'acides gras. Même si la fraction totale d'acides gras dépend de la quantité totale de graisse de poisson, sa valeur varie fortement selon l'espèce, l'âge, le sexe, le stade physiologique du poisson. Au contraire les taux de phospholipides et de cholestérol sont relativement constants dans les différentes espèces (**Ackman, 1988**).

### 1-1-3- La composition des lipides en acides gras

Le poisson est riche en acides gras poly insaturés(A.G.P.I), également appelés acides gras essentiels car ils ne sont pas synthétisés par l'organisme mais sont indispensables à la synthèse de certains constituants nécessaires au fonctionnement de l'organisme comme les prostaglandines, les leucotriènes et les thromboxanes.

Ces A.C.P.I peuvent être classés en deux familles distinctes :

Famille  $\omega_6$ , acides gras dérivés de l'acide linoléique et dont le principal représentant est l'acide arachidonique.

Famille  $\omega_3$ , acides gras dérivés de l'acide alpha linoléique et dont les principaux représentants sont l'acide éicosapentoénoïque (E.P.A) et l'acide docosahéxaénoïque (D.H.A).

On reconnaît aujourd'hui des vertus sur le plan médical aux A.G.P.I et notamment aux acides gras de la famille  $\omega_3$ . Les A.G.P.I, en général, sont intéressants car ils interviennent sur le métabolisme du cholestérol. En effet, si on ingère simultanément du cholestérol et des A.G.P.I, on retrouve dans les selles une grande partie du cholestérol sous forme de cholestérol estérifié, la résorption intestinale du cholestérol est donc diminuée. De plus le cholestérol estérifié à des A.G.P.I se lie moins facilement à la paroi des vaisseaux sanguins ce qui limite le risque d'athérosclérose.

Les A.G.P.I de la famille  $\omega_3$  sont également intéressants pour leurs effets régulateurs dans le métabolisme de l'acide arachidonique. En effet, cet acide gras est un précurseur de la synthèse de nombreuses molécules comme des médiateurs de l'immunité, des vasoconstricteurs, des substances thrombosantes, etc. Mais si elles sont synthétisées en trop grande quantité, elles peuvent avoir un effet néfaste et provoquer des maladies auto-immunes, de l'asthme, de l'hypertension artérielle (**Kinsella, 1988 in Mokrani, 2010**). Les A.G.P.I de la famille  $\omega_3$  favorisent la synthèse de médiateurs ayant une activité pro-inflammatoire. La sardine (*Sardina pilchardus*) a une teneur élevée en A.G.P.I. (41,52%) (**Zarrouk et Maurin, 1986 in Mokrani, 2010**).

### 1-2- Les glucides

Ces composants ont été découverts tardivement dans les muscles de poissons, car dans les conditions habituelles de la pêche, ils ont pratiquement disparu au moment où le poisson est embarqué.

Contrairement à une idée encore largement répandue, le muscle de poisson est au moins aussi riche en glycogène que celui des mammifères. La teneur en ce composé varie énormément et peut aller jusqu'à 2,5 % (**Anonyme**).

En outre le muscle de poisson au repos contient normalement quelques mg de glucose libre et des traces de ribose.

Le mécanisme de dégradation glucidique est identique à ce qu'il est chez les animaux à sang chaud : le poisson ne présente donc aucune originalité à cet égard (**Anonyme**).

### 1-3- Les protéines

Les protéines sont responsables d'un grand nombre de fonctions physiologiques telles que le maintien de la structure, le métabolisme et les mécanismes de la contraction/ relaxation qui permettent la mobilité de l'animal.

Après l'eau qui représente 80% du poids de la chair de poisson, les constituants majeurs sont les protéines. La qualité alimentaire de la chair de poisson est en grande partie due à la nature spécifique des constituants protéiques et à leur configuration structurale complexe. Même si le mécanisme de contraction et relaxation des tissus musculaires est commun à tous les animaux, l'architecture des tissus musculaires des poissons est très différente des autres animaux, de part le milieu dans lequel ils évoluent (**Love R.M, 1970**). Le support apporté par l'eau qui environne les poissons, diminue les besoins en muscles supportant le squelette.

Les cellules musculaires des poissons sont généralement plus courtes que celles des mammifères et des oiseaux. Au lieu d'être connectés à des tendons, les muscles se rejoignent en leur extrémité dans un tissu de soutien appelé myocommata qui sépare un bloc musculaire d'un autre (**Love R.M, 1970**). Ces blocs de cellules ou myotomes ont une forme comparable à la lettre « W ». Par chauffage le myocommata qui est composé en majorité de collagène se sépare, donnant son aspect caractéristique à la chair de poisson cuite.

Les protéines présentes dans le muscle de poisson peuvent être classées d'une façon générale en trois principaux groupes : les protéines sarcoplasmiques, les protéines myofibrillaires et celles du tissu conjonctif (**Mokrani, 2010**), leur répartition est donnée dans le tableau n° 3.

#### 1-3-1- Les protéines sarcoplasmiques

Ces protéines sont les seules hydrosolubles. Elles sont obtenues par pression de la chair ou par extraction en solution faiblement ionique (**Susuki, 1981 ; Piclet, 1987 in AFREM-IFREMER, 1991**). Leur teneur dans les poissons qui migrent est le double de celle des poissons sédentaires (démersaux). Elles sont plus diversifiées que chez les mammifères, et

spécifiques de l'espèce parce que libérées de l'influence de certains facteurs, alimentaires par exemple (**Piclet, 1987 in AFREM- IFREMER, 1991**).

Ce sont essentiellement la myoglobine, que l'on rencontre dans les muscles rouges qui ont un rôle dans le métabolisme énergétique important (**Anonyme**), les albumines et les globulines (**Jacquot, 1961 in AFREM- IFREMER 1991**).

### **1-3-2- Les protéines des myofibrilles**

Elles représentent 65 à 75 % des protéines du muscle. Leur extraction est possible dans des solutions salines concentrées.

Les myofibrilles occupent l'essentiel du volume cellulaire d'une cellule musculaire. Par observation au microscope à lumière polarisée, les myofibrilles sont constituées d'une alternance de bandes claires dites bandes I et de bandes foncées dites bandes A. Les bandes claires sont traversées en leur milieu par les stries Z et les bandes sombres par une zone plus claire appelé zone H, coupée en son milieu par une bande sombre appelée ligne M. l'élément de base de myofibrille s'étend entre deux stries Z, on l'appelle sarcomère.

### **1-3-3- Les protéines du tissu de soutien**

Ces protéines sont insolubles dans des solutions salines concentrées et dans l'eau. Elles représentent 3 à 10% des protéines musculaires contre 10 à 15% chez les mammifères. Leur extraction est possible dans des solutions acides, le collagène étant la molécule la plus abondante. Le muscle du poisson est caractérisé par une faible teneur en collagène, l'importance d'une structure conjonctive de soutien étant moindre dans l'eau. Cette caractéristique explique la tendreté de la chair de poisson et permet même une consommation à l'état cru. (**Mokrani, 2010**).

### **1-4- Les constituants azotés non protéiques**

En plus des protéines qui constituent 70 à 91% de l'azote total, on trouve des composés divers formant « l'azote non protéique » (A.N.P) composé d'acides aminés libres, de dipeptides, d'oxydes d'amines ou de dérivés d'acides aminés.

Chez les Gadidés, l'A.N.P est constitué en majorité par de la taurine, de la créatine, de l'oxyde de triméthylamine (O.T.M.A), puis en moindre proportion de l'ansérine, de la créatinine, de l'urée. Certains de ces constituants sont caractéristiques d'une espèce ou d'une famille de poissons. Chez les sélaciens la teneur élevée en urée est commune à tous les représentants. Ces composés sont volatils et donneraient pour certains auteurs son goût caractéristique à l'espèce ou la famille de poisson (**Mokrani, 2010**).

## Chapitre I

**Tableau n° 1 :** Composition chimique moyenne de la chair de poisson.

	JACQUOT (1961)	STANSBY (1962)	DUNAJSKI (1979)
Eau	66-84 %	28-90 %	53-81 %
protéines	15-24 %	6-28 %	13-24 %
lipides	0,1-22 %	0,2-64 %	0,1-31 %
Sucres	glycogène 0,3 %		
Cendres	0,8-2 %	0,4-15 %	

**Tableau n°2 :** Composition chimique comparative de muscles de poissons gras et maigres.

(Jacquot, 1961 in AFREM- IFREMER 1991).

	EAU	PROTEINES	LIPIDES	CENDRES
Poisson gras	68,6 %	20 %	10 %	1,4%
Poisson semi-gras	77,2%	19 %	2,5 %	1,3 %
Poisson maigre	81,2 %	16,4 %	0,5 %	1,3 %

**Tableau n°3 :** Répartition des différentes catégories de protéines dans le muscle (1) Cheptel et Cheptel (1976) (2) Anonyme.

	Muscle de mammifère (1)	Muscle de poisson (2)
Protéines sarcoplasmiques	25-30 %	15-22 %
<u>Protéines intracellulaires</u>		
Protéines myofibrillaires	50%	65-75 %
dont myosine	54%	50-60 %
actine	27%	15-25 %
Protéines conjonctive		
<u>Protéines extracellulaires</u>	10-15 %	3-10 %

### 1-5- Les vitamines et minéraux

Les matières minérales se caractérisent par l'abondance du phosphore, du soufre et du potassium. En revanche les taux de sodium, calcium et magnésium sont faibles. On trouve

également des oligo-éléments comme le fer (trois fois moins que dans la viande), l'iode, le cuivre, le zinc.

Le poisson est réputé comme une bonne source de vitamines A et D. En fait celles-ci sont présentes surtout dans le foie, en faibles quantités dans la chair des poissons maigres, mais très présentes dans celle des poissons semi-gras et gras. Les vitamines E et K sont retrouvées principalement dans les huiles de chair ou de foie.

Les teneurs en vitamines hydrosolubles sont intéressantes, le muscle de poisson contient, en effet, de la biotine, de l'acide folique, de la niacine. La thiamine est uniquement présente dans les poissons très frais. La riboflavine, la pyridoxine et la vitamine B12, sont surtout présentes dans le poisson à chair rouge comme le thon, le hareng, le maquereau (**Andries, 2002**).

### **1-6- L'eau contenue dans la chair**

L'eau est le composant fondamental de la matière vivante. Par sa teneur, bien sûr, qui est de loin la plus élevée comparée aux autres constituants. Mais surtout, et c'est un aspect essentiel, par ses rôles. Ceux-ci sont multiples et liés aux propriétés physiques et physico-chimiques de la molécule d'eau.

#### **1-6-1- L'eau liée**

La section A (figure n° 1) correspond à une eau fortement liée, en une couche monomoléculaire, aux groupements polaires de certains composés, et notamment les groupements  $-NH_3^+$  et  $-COO^-$  des protéines.

L'énergie de cette liaison va de 1 à 15 Kcal/mole. Ce sont des valeurs élevées qui expliquent que cette eau soit très difficile à extraire et ne soit disponible, ni comme milieu de réaction ni comme réactif (**Cheptel et Cheptel, 1976**).

Cette catégorie d'eau ne représente que 4 à 10 g pour 100 g de protéines chez le poisson (**Sainclivier, 1983**).

Au-delà de la section A, on trouve de moins en moins liée, dans la mesure où ces molécules ne sont pas en contact "direct" avec les groupements polaires très attractifs. On les divise en plusieurs groupes en fonction du type de liaisons auxquelles elles sont engagées.

#### **1-6-2- L'eau multimoléculaire**

4 à 10 g pour 100 g de protéines chez le poisson (**Sainclivier, 1983**). Ces molécules se fixent en couches successives sur la couche monomoléculaire, grâce à des liaisons hydrogènes (liaisons à forte énergie également). Elles participent également à des liaisons avec les groupements hydrophiles de molécules organiques solubles (certaines protéines, sels ...) (**Cheptel et Cheptel, 1976**).

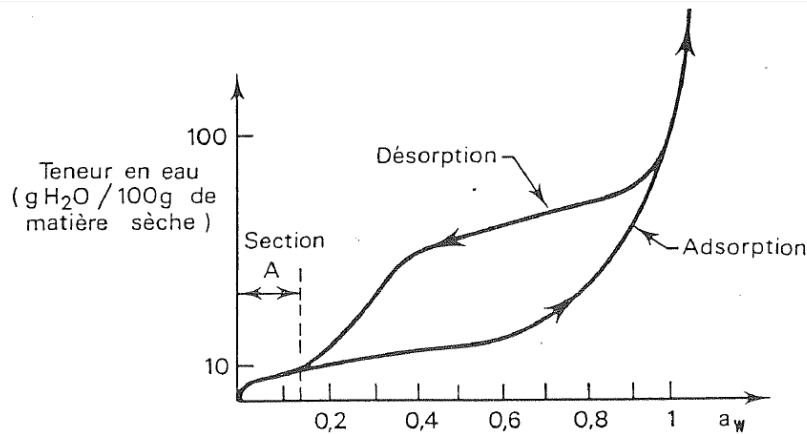


Figure n° 1 : isotherme de sorption type (Cheptel et Cheptel, 1976).

L'activité de l'eau ( $a_w$ ) est définie par l'abaissement de la pression partielle de vapeur d'eau au-dessus d'un aliment:

$$a_w = P_w / P_w^\circ \text{ (à une température donnée).}$$

$P_w$  = pression partielle de vapeur d'eau au-dessus d'une solution ou d'un aliment.

$P_w^\circ$  = pression partielle de vapeur de l'eau pure.

Cet abaissement s'explique par la présence des constituants chimiques qui mobilisent partiellement l'eau, et diminuent ainsi sa capacité à se vaporiser et sa réactivité.

$a_w$  reflète donc la plus ou moins grande disponibilité de l'eau vis-à-vis des réactions chimiques et biochimiques.

### 1-6-3- L'eau d'interposition

20 à 60 g pour 100 g de protéines chez le poisson (Sainclivier, 1983). On la trouve dans les structures en feuillets où elle participe à la construction de films plus ou moins mobiles. Elle migre à des vitesses différentes selon l'orientation que les structures, dans lesquelles elle se trouve engagée, présentent par rapport à la cause de déshydratation.

On regroupe souvent ces trois premières catégories d'eau plus ou moins fortement liées sous le vocable "eau d'absorption". Celle-ci constitue une faible partie des 350 à 450 g d'eau pour 100 g de protéines que l'on trouve dans la chair de poisson (Sainclivier, 1983).

### 1-6-4- L'eau libre

L'eau libre représente la majeure partie de l'eau des aliments frais. Elle constitue la base des liquides organiques et se trouve en grande partie sous forme de gels, localisée, dans le muscle, entre les fibres et entre les couches de tissu conjonctif.

(Hamm, 1960 in AFREM- IFREMER, 1991) définit le pouvoir de rétention d'eau (PRE) comme la faculté du muscle à conserver, dans des conditions bien définies, son eau propre ou

de l'eau ajoutée. Il est essentiellement lié à la mobilité de l'eau et aux interactions eau-protéines et protéines-protéines qui déterminent des espaces dans lesquels les molécules d'eau peuvent migrer et se fixer.

Le facteur principal de variation du PRE est le pH: pour la viande, le PRE présente un minimum aux environs de pH 5,0, correspondant au pH isoélectrique des protéines musculaires, et deux maxima, l'un acide, l'autre basique (**Goutefongea, 1969; Hamm, 1960**). Parmi les aminoacides polaires intervenant dans les liaisons avec l'eau on trouve les diacides (acides aspartique et glutamique), des diamines (lysine, arginine) et des acides aminés soufrés (cystéine notamment). La chair de poisson est riche en lysine, ce qui expliquerait son degré d'hydratation plus élevé et sa plus grande laxité comparée à la viande (**Price, 1971**).

On estime que les protéines sarcoplasmiques ne retiennent que 3 % (**Price, 1971**) à 5 % (**Hamm, 1960**) de l'eau. Ce sont surtout les protéines myofibrillaires qui participent à la rétention d'eau (**Price, 1971 ; Hamm, 1960**).

## **2- Anatomie et structure de la chair**

### **2-1- Les muscles**

La partie du poisson couramment consommée est constituée par les muscles des filets. Leur proportion est variable puisqu'ils représentent 35-40 % du poids du poisson entier pour le lieu noir, le merlan, le cabillaud...et jusqu'à 65-70 % chez le hareng et l'anchois.

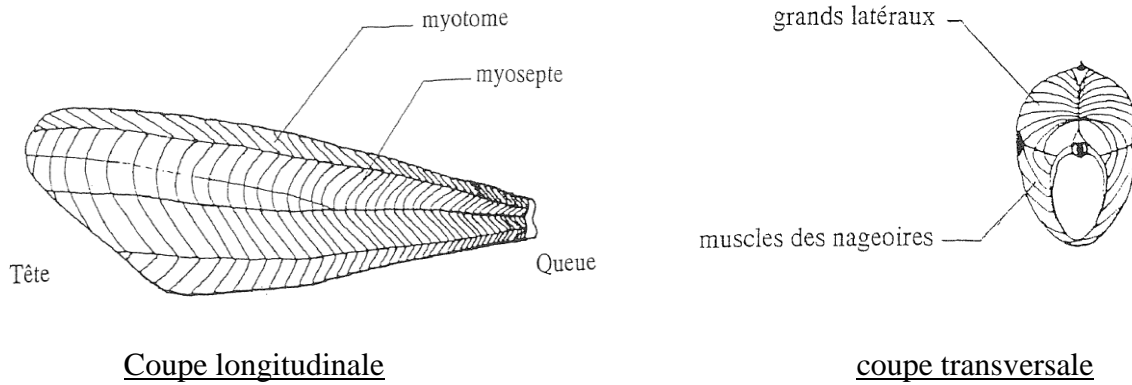
Ce sont principalement des muscles longs divisés en feuillettes, ou myotomes, de forme approximativement conique dont le sommet est dirigé vers la tête.

On les divise en deux groupes:

Les grands latéraux: Ce sont deux muscles en forme de fuseau disposés le long et de chaque côté de la colonne vertébrale.

Les muscles des nageoires: Ils n'ont pas de rôle propulseur mais sont très actifs dans leur rôle stabilisateur et directionnel. Ce sont les muscles dorsaux et ventraux.

Sur une coupe longitudinale représentant la disposition des feuillettes dans les muscles, les myomères forment des dessins en W parallèles reliés aux septa médians longitudinaux, alors que sur une coupe transversale ils décrivent des courbes complexes.



**Figure n° 2:** structure métamérique des muscles de poisson (**Dunajski, 1979**).

La forme des myotomes est une caractéristique de l'espèce, mais varie également avec la place du myotome dans le muscle (**Dunajski, 1979**). La structure serait en relation avec la manière dont le poisson nage. Chaque myotome est composé de fibres musculaires courtes (1 à 3 mm). Celles-ci s'étendent entre deux myoseptes (cloison conjonctive séparant deux myotomes), plus ou moins parallèlement au grand axe du muscle.

Le diamètre des fibres est lui aussi variable, lié à l'espèce, à l'âge, à la fonction du muscle et à la localisation dans le muscle (**Love, 1958 in Dunajski, 1979**).

Les fibres musculaires présentent une structure identique à celles des muscles de mammifères.

Les muscles des espèces de haute mer (pélagiques) qui fournissent de gros efforts, sont très irrigués. La chair est alors teintée par la myoglobine ; ce sont des poissons à chair rouge. A l'inverse les poissons vivant sur les fonds à proximité des côtes ont une chair blanche.

### **2-2- Le tissu conjonctif**

La proportion de tissu conjonctif dans le poisson est moindre que chez les mammifères, mais il est plus uniformément réparti (**Dunajski, 1979**) il enveloppe le muscle d'une sorte de membrane très fine en relation avec les myoseptes qui divisent le muscle. La résistance de ces deux éléments (membrane et myoseptes) conditionne l'intégrité des filets (**Sikorski, 1984**). Cette résistance semble varier avec l'espèce considérée. Lorsqu'elle est brisée les myotomes peuvent glisser les uns par rapport aux autres (clivage).

### **3- La flore microbienne naturelle du poisson**

La contamination naturelle du poisson est étroitement liée à la qualité du milieu dans lequel il vit (**Gillepsie, 1975 ; Shewan, 1977 ; Liston, 1980**).

Sur le poisson vivant ou fraîchement pêché, les micro-organismes se rencontrent essentiellement sur les surfaces externes (peau et épithélium des branchies, qui constituent des

## Chapitre I

---

barrières naturelles à l'invasion microbienne), et dans les intestins; la chair est normalement stérile (Shewan, 1962 in AFREM- IFREMER, 1991).

La charge microbienne est variable :

$10^2$  à  $10^7$  germes/cm<sup>2</sup> de peau.

$10^3$  à  $10^9$  germes/g de branchies ou intestins.

Mais les charges réduites (10 à 100 germes/cm de peau) s'observent surtout sur les poissons des eaux froides et propres (Liston, 1980 ; Huss et Eskildsen, 1974), tandis que les fortes contaminations se retrouvent surtout sur des poissons capturés en eaux polluées et/ou chaudes tropicales (Shewan, 1977).

La flore est essentiellement constituée de bactéries Gram<sup>-</sup>. On trouve :

En surface: en majorité des *Pseudomonas*, mais aussi des bactéries des genres *Moraxella*, *Flavobactérieum*, *Vibrio*, *Acinétobacter*.

Dans les intestins : des Entérobactéries et les genres *Vibrio*, *Lactobacillus*, *Pseudomonas* et parfois *Clostridium*.

Dans les eaux chaudes, la prépondérance des Gram<sup>+</sup> (surtout *Micrococcus*).

Hormis les poissons pêchés en eaux polluées (la présence de germes tels que *Vibrio parahaemolyticus*, *Clostridium botulinum*, *Salmonella* et *Shigella* est directement liée à leur présence dans les eaux et les sédiments), les analyses confirment que la chair de poisson est saine, et que la flore naturelle n'est que très rarement pathogène. (AFREM-IFREMER, 1991).

# Chapitre II

Les différentes  
variations affectant  
le poisson après la  
capture

### Chapitre II: Les différentes variations affectant le poisson après la capture

#### 1-1- Evolution biochimique naturelle du muscle après la capture

Les mécanismes biochimiques rencontrés dans le muscle de poisson suivent en général le même schéma que dans le muscle des mammifères (figure n°3) (**AFREM- IFREMER, 1991**).

La mort du poisson provoque l'arrêt de la circulation sanguine. Les tissus, et en particulier les muscles, ne sont plus oxygénés. Le métabolisme s'en trouve perturbé la dégradation du glycogène en glucose, puis  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$ , ne se fait plus par la voie des acides carboxyliques (cycle de Krebs) ; le pyruvate produit est dégradé en acide lactique. Le tissu musculaire s'acidifie et la quantité d'énergie utilisable (A.T.P) diminue.

La baisse du pH est cependant limitée par le pouvoir tampon du muscle et le pH atteint bientôt une valeur limite (pH ultime) d'autant plus rapidement que la quantité de glycogène disponible est grande. Cette acidification du milieu est importante car elle inhibe l'activité d'enzymes endogènes (protéases notamment) et la croissance bactérienne.

La perméabilité sélective de la membrane du réticulum sarcoplasmique vis-à-vis des ions calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) disparaît à la mort du poisson. Dès lors, ces ions peuvent diffuser librement hors du réticulum sarcoplasmique, et provoquent la formation du complexe actomyosine à l'origine de la contraction musculaire. Si l'A.T.P n'est plus présent en quantité suffisante, cette contraction devient irréversible c'est la rigidité cadavérique (Rigor-mortis) qui s'accompagne d'un raccourcissement des muscles (**Dunajski, 1979**).

La Rigor-Mortis apparaît généralement de 1 à 7 heures après la mort, selon la capacité qu'ont les tissus à resynthétiser de l'A.T.P par des voies annexes.

#### 1-2- Altérations des produits de la pêche

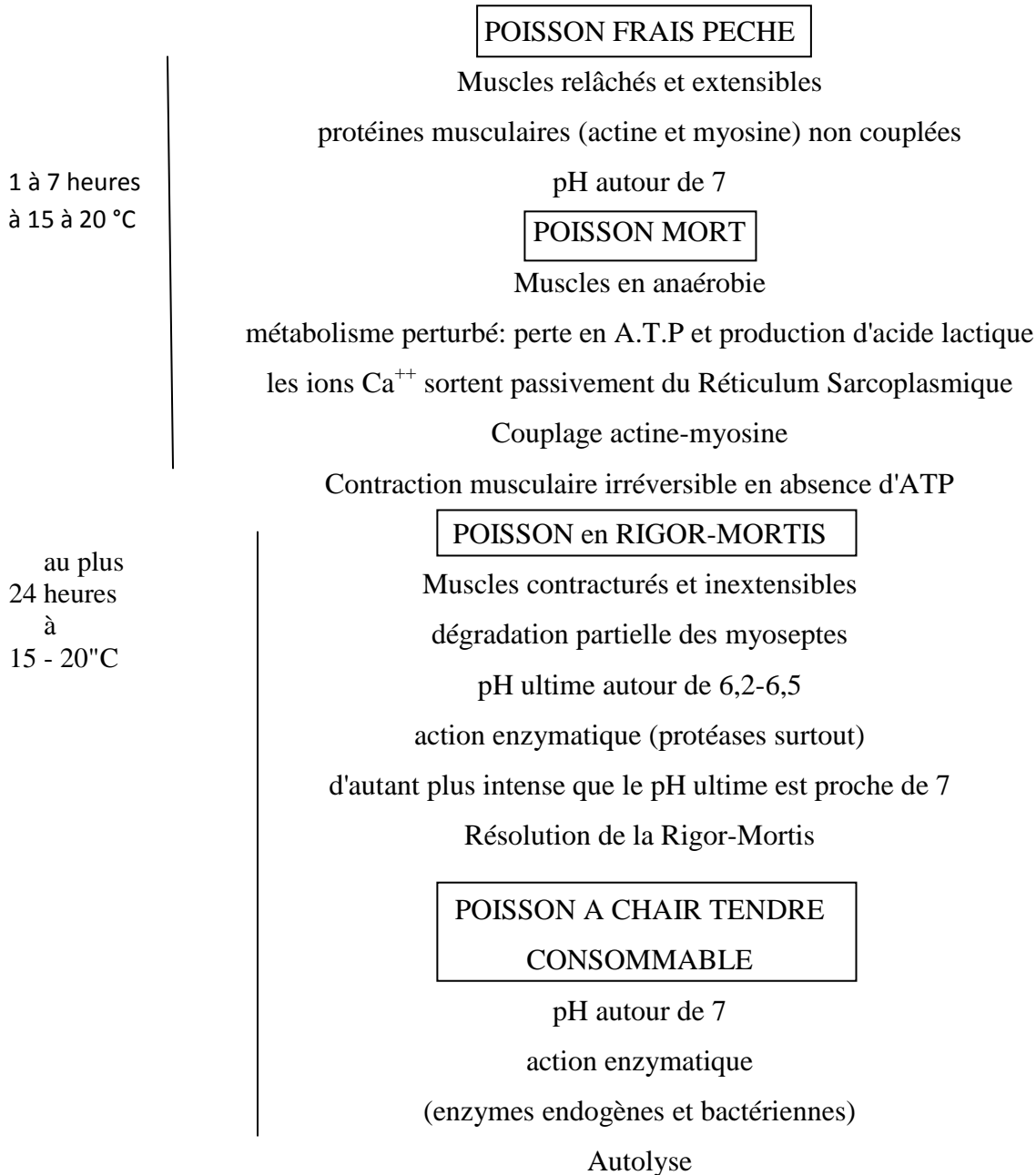
Le poisson subit immédiatement après sa mort un processus naturel de décomposition qui est le résultat de la superposition de réactions chimiques, enzymatiques et bactériennes. La conséquence en est une rapide altération des propriétés organoleptiques, une réduction de la valeur nutritive et la formation de substances toxiques (**Kodo, 1990**). Tel que la production de la triméthylamine (TMA), issue de la dégradation des oxydes de triméthylamine (TMAO) est responsable aussi de mauvaises odeurs mais elle est peu présente chez les poissons gras (**Eymard, 2003**).

L'évolution du muscle après la mort peut être divisée en quatre phases :

- la phase *pré-rigor* dite d'excitabilité musculaire et de contraction fibrillaire
- Le changement le plus important est l'établissement de la *rigor mortis*.
- la phase *post-rigor* dite de résolution de la rigidité cadavérique

## Chapitre II

-La phase d'autolyse (Eymard, 2003).



**Figure n° 3** : évolution naturelle du muscle de poisson après la capture.

(Sikorski, 1980)

### 1-3- Apparition de la rigidité cadavérique

Suite à une contraction, la repolarisation des cellules musculaires et des cellules nerveuses les innervant, nécessite de l'A.T.P. Dans ces cellules la concentration en  $K^+$  est 30 fois plus importante à l'intérieur de la cellule que dans le milieu extracellulaire, et inversement la concentration en  $Na^+$  est 10 fois plus faible dans le milieu intracellulaire. Ces différences de concentration sont à l'origine du potentiel de membrane, qui est maintenu par une pompe

## Chapitre II

---

$\text{Na}^+$  -  $\text{K}^+$  - ATP dépendante localisée dans la membrane cellulaire, la sortie de trois ions sodium étant couplée à l'entrée de deux ions potassium par molécule d'ATP hydrolysée. L'arrêt de la production d'ATP suite à la mort du poisson, entraîne une perte de contrôle progressive de la pompe  $\text{Na}^+$  -  $\text{K}^+$  - ATP dépendante, provoquant des dépolarisations de plus en plus fréquentes des cellules nerveuses qui entraîne une alternance de contraction et relaxation du muscle.

Quand la concentration devient insuffisante pour maintenir le potentiel membranaire et la séquestration des ions calcium dans le réticulum sarcoplasmique, l'actine et la myosine se lient de façon irréversible aboutissant au phénomène nommé rigidité cadavérique (**IngÓlfsdÓttir, 1997**).

Cette dégradation ou *Autolyse Aseptique* du muscle du poisson affecte en premier lieu les glucides.

Si la lutte du poisson est brève lors de sa capture (assommement dès la sortie de l'eau, électronarcose, etc.), le processus suivant intervient :

Dégradation du glycogène musculaire grâce à l'ATP disponible (reformé à partir de la phosphocréatine),

Glycogénolyse anaérobie et formation d'acide lactique dès que les réserves d' $\text{O}_2$  des cellules musculaires sont épuisées (insuffisance d'apport due à l'arrêt de la circulation) (Figure n°4),

Chute de la teneur en ATP dès que celle de la phosphocréatine devient inférieure à 30 %,

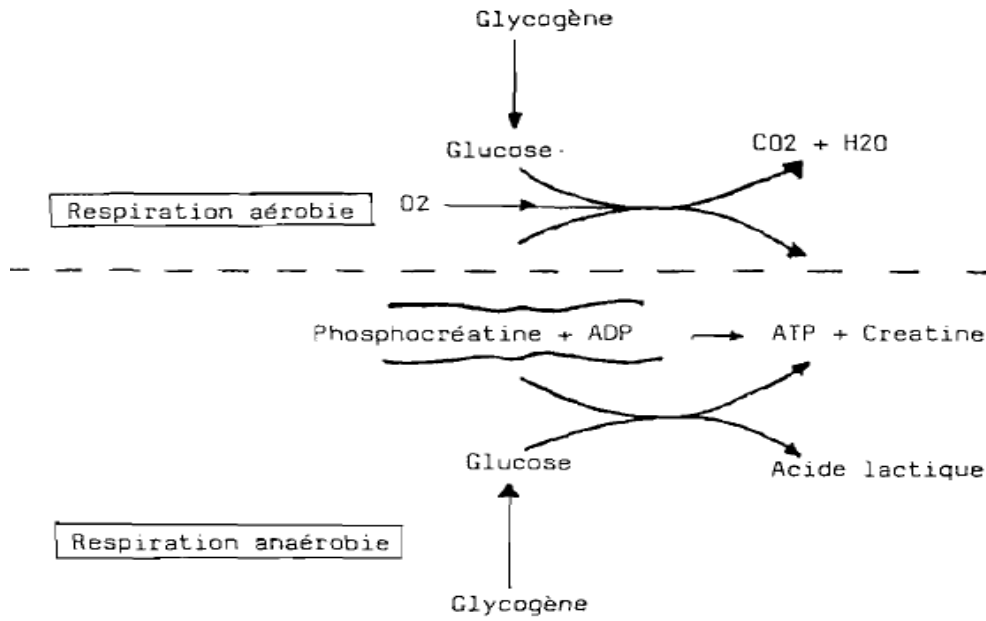
Quand la teneur en ATP atteint la moitié de sa valeur initiale, l'actomyosine perd son élasticité,

La baisse du pH provoque la perte d'une partie de son eau liée et l'insolubilisation de l'actomyosine.

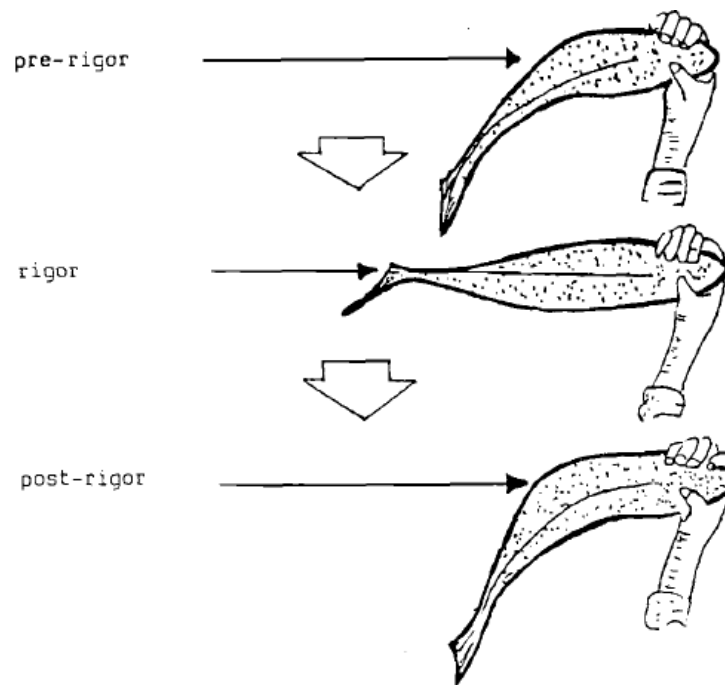
La rigidité musculaire débute par la queue pour s'étendre à tout le corps.

C'est la *rigidité cadavérique* ou *rigor-mortis*. Puis les cathepsines (issues des lysosomes) hydrolysent les fibres musculaires. C'est l'état de post-rigor qui se traduit par une flaccidité des tissus et un retour à l'aspect souple existant en pré-rigor. (Figure n° 5). Il est intéressant de noter que le prolongement de la période de latence précédant la rigor-mortis améliore la conservation du poisson. En effet, après la rigor-mortis, les membranes musculaires perdent leur sélectivité et ne s'opposent plus à la diffusion des enzymes lytiques tissulaires (et bactériennes); la baisse du pH ralentit (au moins au début) la prolifération microbienne. (**Kodo, 1990**).

## Chapitre II



**Figure n° 4:** Dégradation aérobie et anaérobie du glycogène dans le muscle du poisson (Huss, 1986)



**Figure n° 5:** Aspect extérieur de la rigor-mortis.

(Source: Torry advisory note N 36 - cité par Leva *in* Kodo, 1990)

### 2- Auto-oxydation des graisses et dégradation de la matière azotée

Les lipides du poisson sont très insaturés. L'instabilité qui en résulte permet la fixation d'oxygène. Il s'ensuit des réactions en chaîne aboutissant à la formation de composés divers responsables de la flaveur désagréable de « graisse oxydée » : c'est le *rancissement oxydatif*.

Les protéines sont peu touchées pendant la rigor-mortis. Elles le seront ultérieurement par les enzymes protéolytiques tissulaires. Les concentrations en acide glutamique, en tyrosine, et en  $\text{NH}_3$  augmentent, contrairement à celles de l'alanine, de la lysine et de la leucine.

L'ATP qui se dégrade permet la formation d'inosine monophosphate (I.M.P), d'un peu de  $\text{NH}_3$ , d' $\text{H}_2\text{S}$ , d'acétaldéhyde, de diacétyl, responsables du développement de saveurs et d'arômes particuliers (**Kodo, 1990**).

Les conséquences d'une concentration intracellulaire élevée en calcium sont multiples. Les ions  $\text{Ca}^{++}$  activent des lipases, des phospholipases et des protéases. Le pH du cytosol favorise l'activité de ces enzymes. D'autres hydrolases sont libérées suite à la perte d'intégrité de la membrane des lysosomes. De plus les bactéries en multiplication libèrent également des protéases.

L'action de ces enzymes aboutit au phénomène d'attendrissement de la chair du poisson. On parle alors de résolution de la rigidité cadavérique, mais ce phénomène se poursuit et conduit à terme à une perte de fraîcheur et de qualité. Après la mort, les modifications structurales des protéines musculaires sont variables selon les espèces de poisson. Toutefois, il y a des changements clés communs, mais chaque espèce subit ces modifications à une vitesse et une intensité variable. Ces changements sont l'affaiblissement de la strie Z, la disparition de la ligne dense M, la fragmentation des myofibrilles, la perte de l'alignement transversal des éléments contractiles, la perte du caractère compact des fibres, l'augmentation des espaces intercellulaires entre les fibres, la déconnexion des fibres musculaires du myocommata et désintégration du réseau péri cellulaire (**IngÓlfsdÓttir, 1997**).

Les modifications liées aux phénomènes autolytiques et celles provoquées par les protéases d'origine bactérienne sont difficiles à différencier. Les réactions d'autolyse amorcent le processus, mais les effets des bactéries deviennent prépondérants.

Les protéases isolées dans le muscle du poisson, principalement des cathepsines, ont des niveaux d'activité relativement faible. Par contre les protéases digestives, ont un rôle important dans les phénomènes d'autolyse. Les plus importantes sont les endopeptidases du type trypsine, localisées dans le cæcum, la cathepsine D et des enzymes de type pepsine situées dans la paroi de l'estomac. Ces enzymes sont responsables de la dégradation des

protéines en polypeptides larges qui seront à leur tour dégradées en peptides par des exopeptidases (Granroth, 1978).

### 2-1- L'oxydation des lipides

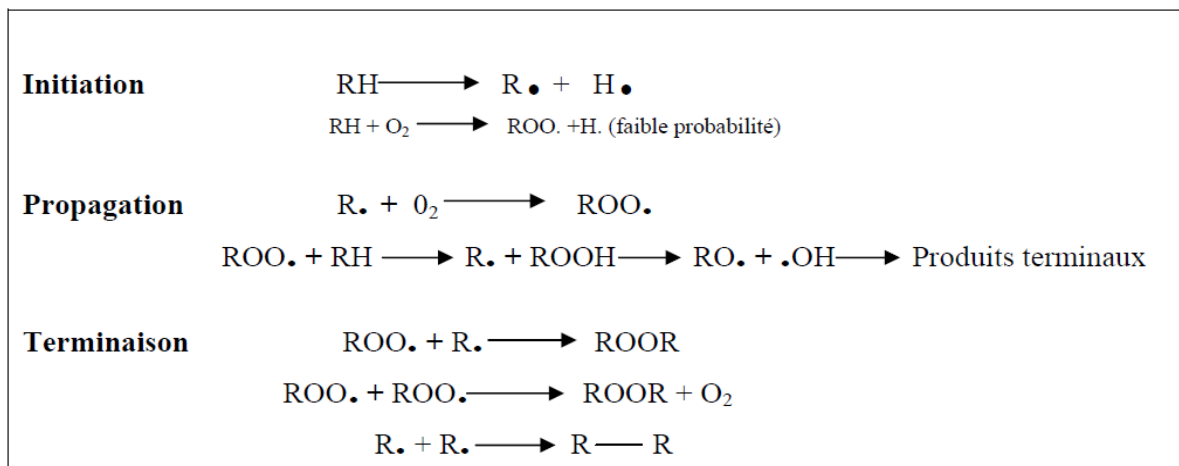
Les lipides contenus dans le poisson sont fortement insaturés, ce qui peut être vu comme un avantage (intérêt des acides gras essentiels), mais aussi comme un désavantage.

En effet, la sensibilité des acides gras vis-à-vis de l'oxydation dépend du degré d'insaturation de ces derniers. Ainsi, les acides gras du poisson sont facilement oxydés durant leur stockage post-mortem. La présence d'une gamme de pro-oxydant au sein de la chair du poisson augmente encore le risque d'oxydation. In vivo les effets de ces pro-oxydant sont contrebalancés par une variété naturelle d'anti-oxydant. Immédiatement après la mort, cette balance est perturbée et de nombreux changements, qui stimulent l'initiation de la lipo-oxydation (Khayat et Schwall, 1983).

#### 2-1-1- Mécanisme des réactions

L'oxydation, réaction entre un acide gras insaturé et une molécule d'oxygène, se déroule en trois phases (figure n° 6) :

- . L'initiation : cette phase est nécessaire car l'oxygène ne peut réagir directement avec les lipides. Il y a formation de radicaux libres.
- . La propagation : elle correspond à l'étape d'oxydation par l'oxygène gazeux des lipides insaturés. Elle crée autant de radicaux libres qu'elle en consomme.
- . Terminaison : ce sont les réactions d'arrêt, par lesquelles les radicaux libres s'associent pour donner des composés non radicalaires.



**Figure n° 6** : Mécanisme d'oxydation des lipides (Khayat et Schwall, 1983). Produits terminaux : alcool, éthers, aldéhydes, cétones, hydrocarbures.

R.: radical alcoyle RO.: radical alcoxy ROO.: radical péroxy

**2-1-2- Composés impliqués dans les réactions d'oxydation des lipides**

Les réactions d'oxydation intéressent les acides gras libérés après hydrolyse des triglycérides et des phospholipides par des lipases ou des phospholipases. Ces enzymes ont soit une origine endogène (enzymes lysosomiales), soit exogène (enzymes d'origine bactérienne).

Les principales sources d'oxygène nécessaires pour la progression de l'oxydation des lipides sont :

L'oxygène présent in situ, sur les sites de réaction.

L'oxygène transporté dans le muscle.

L'oxygène incorporé lors des étapes de transformation, comme le filetage.

L'oxygène diffuse sur 1 à 4 mm à travers la surface du tissu musculaire (**Lawrie, 1974**).

**Tableau n° 4 : Principaux pro-oxydants présents dans le poisson (Undeland, 1997).**

<b>Molécules métalliques de faible poids moléculaire</b>	<b>Système oxydants</b>	<b>Hemoprotéines</b>	<b>Enzymes</b>
Fer Cuivre	Superoxyde Ascorbate Système mitochondrial Système microsomal	Myoglobine Hémoglobine Cytochromes	Lipo-oxygénases Cyclo-oxygénases Peroxydases

De nombreux composés naturellement présents dans la chair de poisson peuvent jouer le rôle de pro-oxydants (Tableau n° 4), en interférant avec des réactions à des niveaux variables de la chaîne d'oxydation. A l'inverse le tableau n° 5 regroupe des composés présents dans le poisson qui interfèrent directement ou indirectement dans les étapes d'initiation (inhibiteurs préventifs) ou de propagation (anti-oxydants vrais). Ces différents composés ont un effet concentration-dépendant sur les réactions d'oxydation, certains composés sont donc soit inhibiteur, soit initiateur.

La lumière (rayons ultra-violets), la température, l'oxygène atmosphérique, le niveau d'hydratation du produit influencent également les réactions d'oxydation (**Mokhrani 2010**).

## Chapitre II

**Tableau n° 5:** principaux anti-oxydants présents dans le poisson (Undeland, 1997).

Inhibiteurs preventives		Oxydant vrais
Superoxyde dismutase	Amino-acides	Tocopherols
Catalase	Peptides	Ubiquinol
Peroxydases	Acides organiques	Caroténoides
Feroxydases	Ascorbate	Ascorbate
Nucléotides	Phospholipides	Glutathion peroxydase

### 2-2- Altérations microbiennes

L'autolyse aseptique des muscles du poisson favorise la diffusion des liquides biologiques et la progression des bactéries. L'altération bactérienne prend le pas sur les dégradations enzymatiques d'autant plus rapidement que la concentration microbienne est élevée dans les foyers normaux d'infection du poisson (peau, branchies, tube digestif). Sur la peau du poisson, un mucus (mucopolysaccharides, acides aminés libres, O.T.M.A) constitue un milieu très favorable à la prolifération bactérienne. La diffusion des micro-organismes de contamination est lente à travers la peau mais facile par les ouïes, les vaisseaux sanguins et la cavité abdominale,

Les micro-organismes de contamination accélèrent la dégradation du poisson. En effet, les muscles étant normalement stériles (sauf chez certains poissons d'eau douce) et les réactions enzymatiques lentes, le poisson s'altérerait beaucoup moins vite en l'absence de la flore de contamination. La composition de cette flore est fonction du milieu ambiant (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Flavobacterium*), de la contamination intestinale, elle-même fonction de l'ingestat (*Clostridium botulinum*, entérobactéries...).

L'altération bactérienne des produits de la pêche débute par la disparition de l'odeur « d'algues marines » caractéristique du poisson frais, remplacée progressivement par des odeurs aigres ou acides puis aminées et soufrées enfin ammoniacales et fécales (à l'état putride). Ces modifications sont dues à la disparition de certaines substances et à l'apparition de déchets du métabolisme bactérien. Les acides aminés peuvent être soit désaminés en acides gras inférieurs, soit décarboxylés pour donner naissance à des aminés toxiques (tyramine, tryptophane, histamine...). L'OTMA inodore est réduite en TMA à odeur d'ammoniac et en DMA ou MMA. La production de NH<sub>3</sub> croît.

L'intervention des micro-organismes rend les produits de la pêche rapidement inconsommables. Elle s'ajoute aux altérations enzymatiques et au rancissement. (Kodo, 1990).

**2-3- Mécanisme de formation des amines volatiles et ammoniacque**

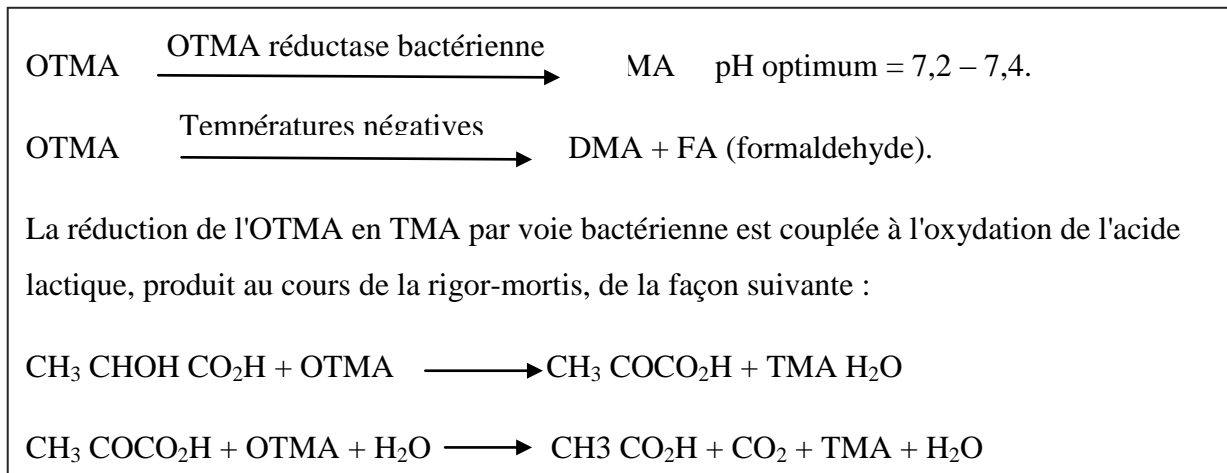
L'ensemble de ces composés : triméthylamine (TMA), diméthylamine (DMA), monaméthylamine (MMA) et ammoniacque (NH<sub>3</sub>) forme l'azote basique volatil total.

L'ammoniacque est un constituant normal de la chair de poisson qui résulte des réactions de désamination. Il est produit massivement lors de la dernière phase d'altération surtout chez les poissons cartilagineux.

La détermination de l'ammoniacque issue de la décomposition bactérienne de l'urée, de la créatine et d'autres composés azotés, n'est pas intéressante comme technique d'évaluation de la fraîcheur du poisson en général.

La formation de MMA est fugace et cette substance reste de l'état de traces.

La TMA et la DMA provienne de la dégradation de l'oxyde de triméthylamine (O.T.M.A). La présence de triméthylamine est une caractéristique des organismes marins (il existe chez certains poissons d'eau douce mais en très faible quantité). La dégradation de l'OTMA peut suivre deux voies :



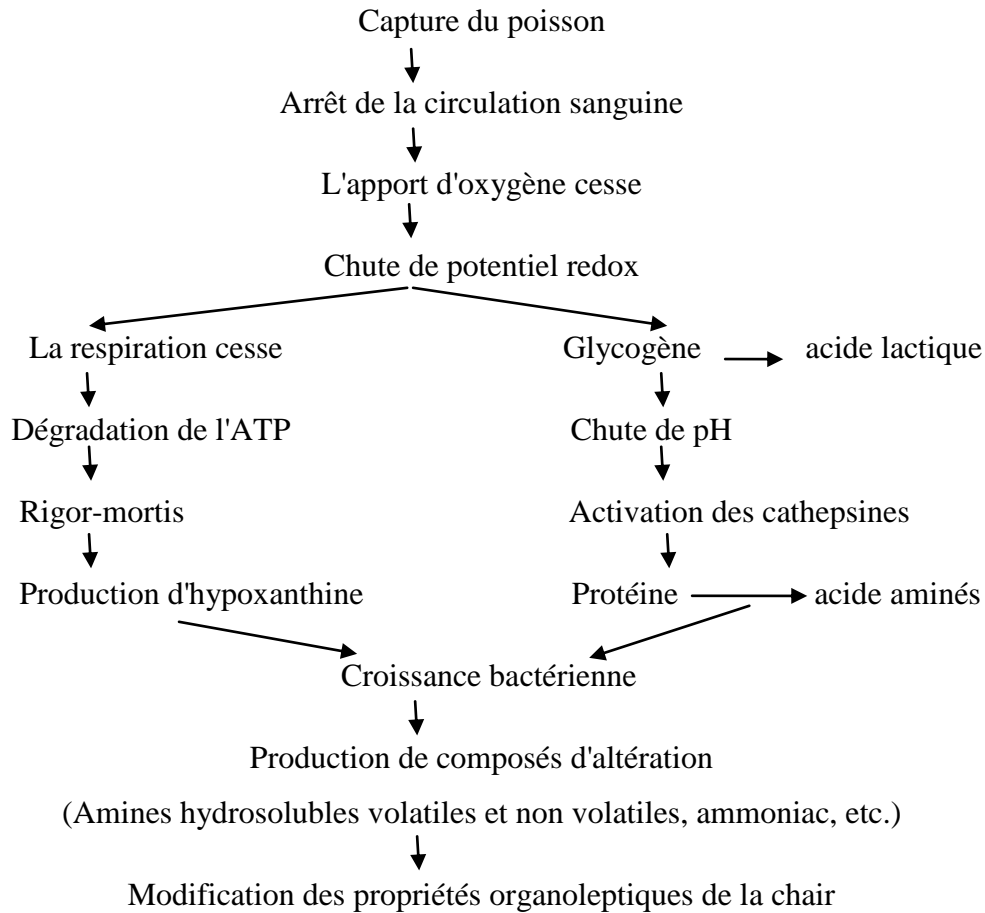
**Figure n° 7:** voies de dégradation de l'OTMA (**Regenstein et al. 1982**).

La production de TMA est totalement inhibée à des températures inférieures à 0 °C, et est très lente aux températures de réfrigération. De fait de l'existence d'un minimum de cellules viables de bactéries psychrotrophes pour qu'il ait production de TMA; la TMA ne se forme pas à basse température car les bactéries ne peuvent atteindre le seuil suffisant pour la réduction de l'OTMA. Cette réaction n'intervient que lorsque les bactéries viennent à manquer l'oxygène, soit le 6<sup>ème</sup> jour de conservation sous glace (**Sainclivier, 1983**); elle permet aux microorganismes non fermentatifs de se développer en condition microaérophiles voire anaérobie, dans les tissu (**Hobbs, 1982 in Quimper et Abgrall, 1992**).

## Chapitre II

La réduction de l'OTMA n'est pas uniforme dans le poisson lui-même elle se produit d'abord près des sites d'infection (péritoine), la TMA formée diffuse ensuite vers l'intérieur des muscles avant même que les bactéries n'y aient pénétré (**Sainclivier, 1983**).

L'évolution post-mortem du muscle peut se résumer de la façon suivante:



**Figure n ° 8:** L'évolution post-mortem du muscle.  
(**Jacober el Rand, 1982 in Quimper et Abgrall 1992**).

### 3- Facteurs de variation de la durée des phases d'apparition/résolution de la rigidité cadavérique

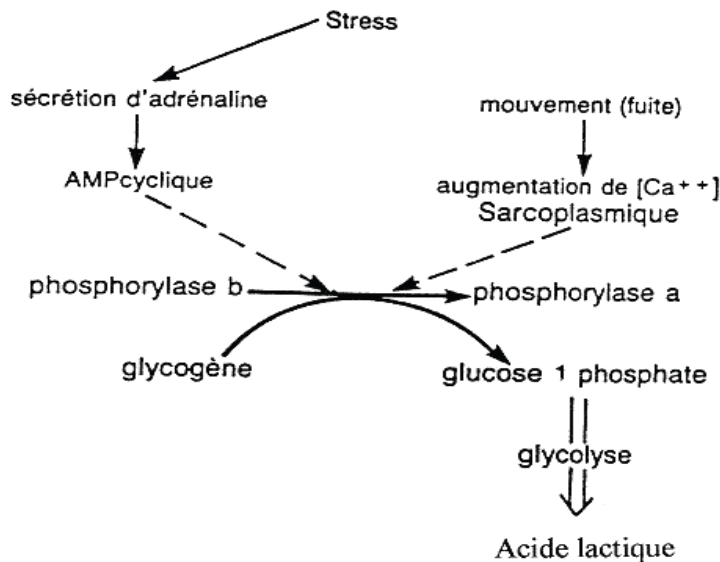
La longueur des étapes de la rigidité cadavérique (apparition, résolution) dépend de plusieurs facteurs : espèce, taille, méthode de pêche et de manutention, température et état physique du poisson (**Stroud, 1969**).

Si le poisson est épuisé lors de sa capture, par exemple lors du chalutage, l'apparition de la rigidité cadavérique est plus précoce. Plus la température de stockage est élevée plus des phases se succèdent rapidement. Le processus est plus rapide pour les poissons de petite taille que pour les plus grands et les poissons plats. Si la rigidité survient à température élevée (au-

dessus de 17°C pour le cabillaud) la tension qui en résulte peut être très forte et conduire à un affaiblissement du tissu conjonctif et à la rupture du filet. Le même phénomène peut avoir lieu si la manutention d'un poisson en état de rigidité s'effectue de façon trop brutale (Nazir et Magar, 1963 ; Partmann, 1965 in Mokrani 2010).

### 3-1- Effet des réponses de stress (effet de l'engin de pêche)

Les réponses de stress qui surviennent au cours de la période qui précède (de quelques heures) et qui entoure l'abattage, peuvent contribuer à augmenter l'activité ATPasique du muscle, l'activité musculaire contractile, la température corporelle et la sécrétion de certaines hormones de stress (catécholamines) (Cassens et al. 1975 ; D'Souza et al. 1998 in El rammoz, 2005). Certains de ces facteurs sont susceptibles d'augmenter la concentration de calcium.



**Figure n° 9:** Mécanismes par lesquels le stress modifie l'évolution biochimique *post mortem* (Monin, 1988).

### 3-2- Chute du pH

L'ensemble des réactions survenant dans la cellule musculaire *post mortem* suite à la libération dans le sarcoplasme des ions calcium qui stimulent l'activité ATPasique du complexe actomyosine, entraînant ainsi la libération de phosphate inorganique, conduit à l'accumulation d'acide lactique et à la libération de protons (H<sup>+</sup>) en proportion sensiblement équivalente. Ces phénomènes provoquent une acidification progressive du muscle et donc une chute du pH musculaire *post mortem* qui se poursuit jusqu'à l'arrêt des réactions biochimiques (ou glycolyse) anaérobies (De Fremery et Lineweaver, 1962 ; McGinnis et al. 1989 in El rammoz, 2005).

## Chapitre II

---

La chute du pH *post mortem* se caractérise par sa vitesse et son amplitude. La vitesse de la chute est déterminée principalement par l'activité ATPasique, alors que l'amplitude de la chute du pH *post mortem* dépend principalement des réserves du muscle en glycogène (les réserves énergétiques) au moment de l'abattage (**Bendall et Lawrie, 1962 in El rammouz, 2005**).

La valeur finale du pH *post mortem* est appelée pH ultime ou pHu.

(**Sayre et al. 1963, Scopes 1971 et Bendall 1973 in El rammouz, 2005**) suggèrent que la glycolyse et donc la chute du pH *post mortem* cessent pour 2 raisons:

- La 1<sup>ère</sup> raison est la carence en glycogène dégradable qui détermine l'arrêt de la chute du pH. Au-delà, le pH se stabilise en présence d'une quantité de glycogène non négligeable (c'est le glycogène résiduel), sa valeur ultime est très variable, elle dépend de l'espèce animale et du muscle proprement dit.
- La 2<sup>ème</sup> raison est la disparition de l'adénosine monophosphate (AMP) par sa désamination progressive en inosine monophosphate (IMP), sous l'action de l'adénosine monophosphate désaminase (AMPd). En effet l'AMP est un cofacteur de certaines enzymes la glycogénolyse et de la glycolyse; d'une part il se lie à la glycogène phosphorylase (enzyme de dégradation du glycogène) qui existe sous 2 formes distinctes (la forme T : 'Tense', forme moins active et la forme R : 'Relaxed' forme plus active) et catalyse la forme R (**El rammouz, 2005**) et d'autre part, il constitue un substrat pour la phosphofructokinase (enzyme de la glycolyse).

L'inactivation des enzymes de la glycolyse à bas pH (conditions acides) pourrait également contribuer à l'arrêt de la glycolyse et donc de l'acidification du muscle (**Young et al. 2004**). Néanmoins, les valeurs de pH auxquelles les enzymes sont inhibées (**Sahlin, 1978 in El rammouz, 2005**).

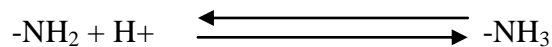
La contraction *post-mortem* et la chute de pH reste modérées chez les poissons. Le pH s'abaisse généralement de 7 à 6,5-6,0 dans le cas de poissons maigres et à 6,0-5,6 dans le muscle brun de poissons gras. Cet abaissement de pH du muscle est généralement insuffisant pour inhiber ou ralentir le développement microbien. En plus d'une activité protéolytique susceptible d'amollir rapidement les tissus, des enzymes telles que les lipases et les phospholipases restent remarquablement actives au froid et dégradent les lipides. Les modifications *post-mortem* des muscles de poisson gras qui se traduisent par une baisse de solubilité des protéines, une fragilisation des cellules, et la libération d'acides gras est plus rapide que celle des poissons blancs. Afin de limiter ces dégradations il est nécessaire de réfrigérer immédiatement les poissons après capture.

### 3-3- Evolution de la capacité de rétention d'eau dans le muscle

Les chaînes polypeptidiques des protéines sont constituées d'acides aminés assemblés par des liaisons CO-NH, mais la molécule d'acide aminé peut disposer aussi d'autres fonctions carboxyles négatives ou/ et amines positives. La charge nette résultante d'une protéine est la somme arithmétique de ces charges positives et négatives. Il aura donc répulsion entre protéines de charges nettes de même signe; l'espace existant entre elles est plus grand et permet une plus grande rétention d'eau et vis-versa. Ces charges sont les principales responsables de la capacité de rétention d'eau parce qu'elles sont sous la dépendance des conditions extérieures de salinité, de pH... (Sainclair, 1983).

D'autres liaisons peuvent être intervenir: des liaisons salines des liaisons cationiques (2 charges négatives reliées par un métal divalent), des liaisons disulfure et des liaisons d'hydrogène.

Généralement les protéines qui possèdent plus d'électricité retiennent plus d'eau grâce aux ions véhiculés par l'eau et aux liaisons hydrogène qui peuvent s'établir: les ions positifs se concentrent vers l'anion protéique et les molécules d'eau sont retenues grâce aux liaisons hydrogène qui s'établissent. Les protéines cellulaires sont à l'état hydraté. Les groupes  $-NH_2$  peuvent fixer des ions  $H^+$  en donnant des liaisons datives:



Si l'on prélève un filet de poisson immédiatement après la mort une exsudation importante s'observe à mesure que le temps passe. Cela signifie que la capacité de rétention d'eau (C.R.E) du muscle de poisson diminue constamment pendant le déroulement de la rigor mortis comme cela est observé d'ailleurs avec la viande des mammifères. Ce phénomène est d'importance considérable quant aux conséquences technologiques. Notamment si le poisson est manipulé brutalement et la peau abîmée. Les protéines du sarcoplasme sont dénaturées et se fixent sur les myofibrilles.

En même temps actine et myosine associées irréversiblement sont responsables d'une évolution dans leur faculté de retenir l'eau, faculté minimum au moment où le pH ultime est atteint.

Les facteurs responsables de la diminution de la CRE sont :

L'abaissement du pH pendant la glycolyse.

L'altération des propriétés des ions liés aux protéines puisqu'ils modifient leurs charges électriques. (Sainclair, 1983).

### 4- L'adénosine monophosphate désaminase (AMPd) – Rôle dans la glycolyse musculaire

L'AMPd (AMP aminohydrolase) est l'enzyme responsable de la désamination irréversible de l'adénosine monophosphate (AMP) en inosine monophosphate (IMP) et en ion ammonium

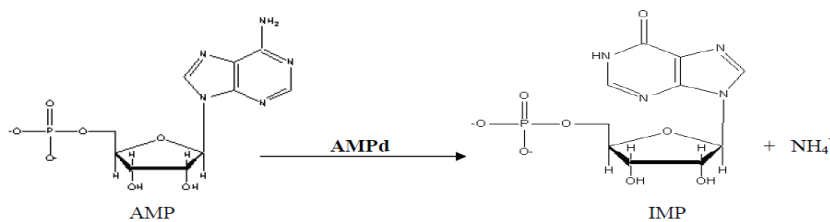
## Chapitre II

$\text{NH}_4^+$  (Morisaki *et al.* 1992) (Figure n°10). Son rôle physiologique n'est pas totalement connu à ce jour, il semble qu'elle joue un rôle dans la régulation de la charge énergétique adénylique (CEA) dans la cellule, en intervenant sur les concentrations relatives des différents nucléotides adényliques ATP, AMP et IMP (Barshop et Friedman, 1984). Cette régulation s'effectue via une action sur l'équilibre de la réaction catalysée par l'adénylate kinase, qui assure l'équilibre entre les nucléotides, et qui peut s'écrire :



L'élimination de l'AMP par l'AMP désaminase aura pour conséquence un déplacement de cet équilibre vers la production de l'ATP au détriment de la réserve en nucléotides adényliques.

L'AMP désaminase est régulée par une multitude de facteurs et est impliquée aussi dans certaines réactions comme la glycolyse. La resynthèse de l'AMP ne se fait pas via une réaction simple de l'amination de l'IMP parce que la désamination est une réaction irréversible. Cette synthèse se fait en 2 étapes ; la 1<sup>ère</sup> catalysée par l'adénylosuccinate synthétase et la 2<sup>ème</sup> par l'adénylosuccinate lyase. Ce cycle de synthèse de l'AMP constitue le cycle des nucléotides purine (PNC) (Figur n° 12) (Stayton *et al.*, 1983 ; Honzatko *et al.*, 1999 *in El rammouz*, 2005). Il faut cependant noter que ce système n'est pas forcément responsable de l'activation de la glycolyse en présence de fortes concentrations en  $\text{P}_i$  (phosphore inorganique), qui entraînent une diminution de la production des ions  $\text{NH}_4^+$  suite à l'inhibition de l'AMP désaminase (Yoshino et Murakami, 1985).



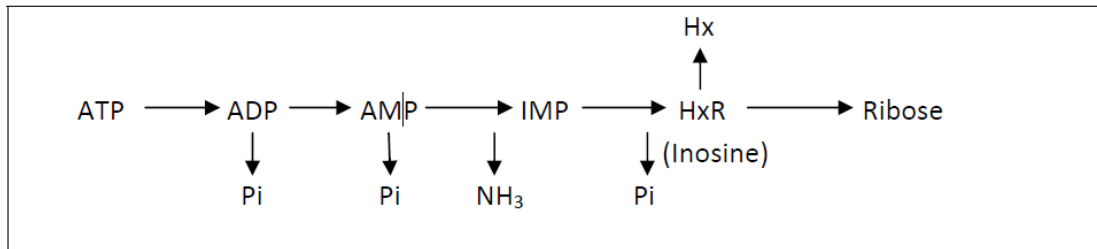
**Figure n° 10:** Réaction de désamination de l'adénosine monophosphate (AMP) en inosine monophosphate (IMP) et  $\text{NH}_4^+$ .

Après une série de réactions de déphosphorylation et désamination, l'ATP se dégrade en inosine monophosphate (IMP), transformé à son tour en hypoxanthine (Hx) et ribose (figure n° 11).

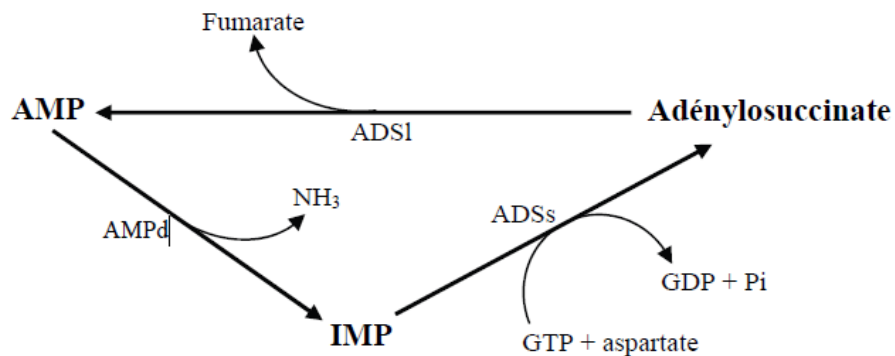
Ces processus autolytiques se déroulent de la même manière chez tous les poissons, mais avec une vitesse qui varie énormément d'une espèce à l'autre. L'effet des produits de

## Chapitre II

dégradation autolytique sur la qualité organoleptique n'est que partiellement compris. Il est connu depuis longtemps au Japon que l'IMP ainsi que d'autres nucléotides relèvent fortement le goût même à des concentrations faibles et qu'en association avec l'acide glutamique ils déterminent un « goût de viande » (Huss, 1988). L'inosine serait pratiquement dépourvue de saveur, alors que l'hypoxanthine aurait la propriété de donner un goût amer au poisson en cours d'altération.



**Figure n° 11:** Réactions d'autolyse des nucléotides aboutissant à la formation d'hypoxanthine (Huss, 1988).



**Figure n° 12:** Cycle de synthèse de l'AMP, cycle des nucléotides purine (PNC) (Lowenstein, 1972).

### 5- Analyse sensorielle du poisson frais au débarquement

L'évaluation sensorielle de la fraîcheur du poisson au débarquement fait appel aux cinq sens humains ; le toucher (pour évaluer la fermeté, la texture, l'adhérence...), la vue (pour évaluer la couleur, la teinte, les reflets...), l'odorat (pour apprécier les odeurs et les arômes), le goût (pour estimer la saveur crue ou après cuisson). Les principaux organes du poisson qui font l'objet de cette évaluation sont l'œil, les branchies, la peau et la chair.

Dans la pratique, l'évaluation de la fraîcheur par l'agent responsable du contrôle de la qualité s'effectue rapidement, une longue expérience fait que, le chargé de l'évaluation analyse puis synthétise d'un seul coup d'œil la qualité du poisson dans un lot, d'autant que pour certaines espèces, un seul caractère suffit à indiquer le début d'altération (Ababouch, 1994).

## Chapitre II

Le tableau n° 6 présente un barème simple de critères permettant de classer un lot de poissons en deux catégories : acceptable ou inacceptable.

**Tableau n° 6:** barème simple d'inspection du poisson. (Ababouch .1994).

Examen		Poisson frais	Poisson avarié
Type	Objet		
Externe	Odeur	Légère, agréable, rappelant les algues marines pour les poissons de mer, ou les herbes aquatiques pour les poissons d'eau douce.	Désagréable, acre, acide, ammoniacale, putride.
	Aspect général	Brillant avec éclat métallique et reflets irisés, absence de sang autour de la tête et le long de la colonne vertébrale entre les reins et la queue.	Mat, sans éclat ni reflets.
	Rigidité du corps	Corps rigide, arqué. Consistance ferme et en même temps élastique.	Corps flasque, mou. Consistance molle. La pression des doigts laisse des marques.
	Sécrétions	Poisson humide, mucus transparent, pas de sécrétion visible.	Présentes et gluantes.
	Ecailles	Fortement adhérentes, brillantes.	Se détachent facilement une fois soulevées.
	Peau	Tendue, bien adhérente.	Ridée, décolorée, se déchire facilement.
	Œil	Clair, vif, brillant, luisant, convexe, transparent, occupant toute la cavité orbitaire.	Terne, vitreux, opaque, concave, affaissé dans l'orbite.
	Opercule	Adhérent, sans tache de sang.	Légèrement soulevé, avec taches rouge-brunes.
	Branchies	Humide, brillantes, roses ou rouge sang.	Sèches, grisâtres ou plombées.
	Abdomen	Ni gonflé, ni affaissé, ni tendu, ni déchiré.	Flasque, déformé, souvent gonflé, avec taches bleus foncé, verdâtres ou noires.
Anus	Hermétiquement fermé.	Béant, souvent proéminent.	
Interne	Viscères	Lisse, propres, brillantes, nacrées, péritoine adhérent à la paroi de la cavité abdominale.	Affaissées, gonflées, péritoine fragile.
	Colonne vertébrale	Adhérente et faisant corps avec la paroi thoracique et les muscles du dos.	Facile à détacher la chair.
	Chair	Ferme, blanche ou rose, rarement rouge (thon), avec reflets nacrés en surface et à la coupe.	Friable, coloration rouge à brun, notamment le long de la colonne vertébrale.

Chapitre III

Evaluation de la  
qualité de la  
fraicheur du poisson

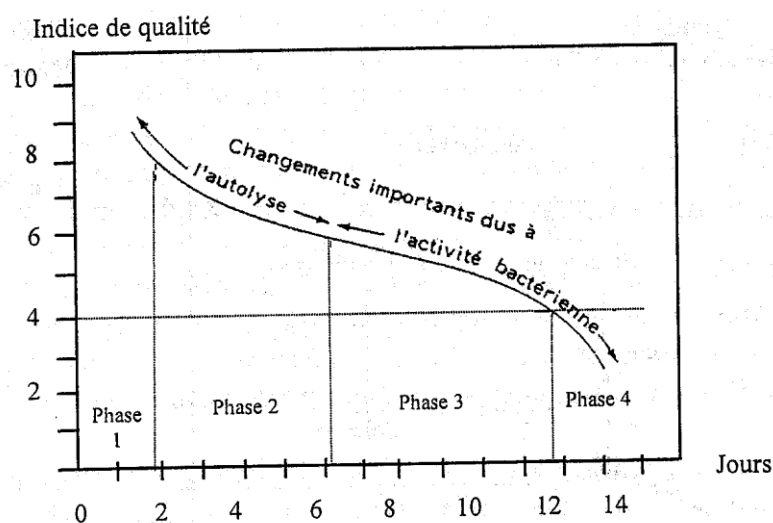
### Chapitre III: Evaluation de la qualité de la fraîcheur du poisson

#### 1- Analyse sensorielle

##### 1-1- Altérations de la qualité gustative

Les critères de qualité pour du poisson réfrigéré pendant le stockage peuvent être déduits d'un examen sensoriel du poisson cuit. Le Tableau n° 7 présente certaines des qualités sensorielles des poissons et coquillages cuits. Le schéma caractéristique de la détérioration du poisson conservé sous glace se caractérise par quatre phases :

- Phase 1: Le poisson est très frais avec une saveur douce et délicate d'algues. Le goût peut être légèrement métallique. Dans le cabillaud, le merlan, l'églefin et le flétan, la saveur douce atteint son maximum 2 à 3 jours après capture.
- Phase 2: Il y a une perte de l'odeur et de la saveur caractéristiques. La chair devient neutre mais sans arrière-goûts. La texture est encore plaisante.
- Phase 3: Des signes de détérioration apparaissent et un certain nombre de substances volatiles à l'odeur désagréable se forment suivant les espèces de poisson et le type d'altération (aérobie, anaérobie). Un des composants volatiles peut être la triméthylamine (TMA) dérivée de la réduction bactérienne de l'oxyde de triméthylamine (OTMA). La TMA a une odeur de poisson caractéristique. Au début de cette phase, l'arrière-goût peut être légèrement aigre, fruité et légèrement amer surtout dans le poisson gras. Pendant les derniers stades se développent des odeurs doucereuses, de chou, ammoniacales, sulfureuses et rances. La texture devient soit molle et aqueuse, soit dure et sèche.
- Phase 4: Le poisson peut être considéré comme altéré et putride (**Huss, 1999**).



**Figure n°13:** Altération de la qualité gustative du cabillaud glacé (0°C) (**Huss, 1976**).

### Chapitre III

**Le Tableau n° 7:** présente certaines des qualités sensorielles des poissons et coquillages cuits.

<b>Critères</b>				
<b>Parties du poisson inspectées</b>	<b>Notes</b>			
	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Apparence</b>				
Peau	Pigmentation brillante, iridescente; pas de décoloration; mucus transparent, aqueux	Pigmentation brillante mais non luisante; mucus légèrement trouble	Pigmentation en voie de décoloration et terne; mucus laiteux	Pigmentation terne <sup>1</sup> ; mucus opaque
Œil	Convexe (gonflé); cornée transparente; pupille noire et brillante	Convexe et légèrement enfoncé; cornée légèrement opalescente; pupille noire et terne	Plat; cornée opalescente; pupille opaque	Concave au centre <sup>1</sup> ; cornée laiteuse; pupille grise
Branchies	Couleur brillante; pas de mucus	Moins colorées, quelques traces de mucus clair	En voie de décoloration; mucus opaque	Jaunâtres <sup>1</sup> , mucus laiteux
Chair (de l'abdomen)	Bleuâtre, translucide, lisse et brillante; pas de changement de la couleur initiale	Veloutée, cireuse, terne; couleur légèrement altérée	Légèrement opaque	Opaque <sup>1</sup>
Couleur le long de la colonne vertébrale	Incolore	Légèrement rosée	Rose	Rouge <sup>1</sup>
Organes	Les reins et résidus d'autres organes devront être rouges, de même que le sang dans l'aorte	Les reins et résidus d'autres organes devront être rouge terne ; sang en voie de décoloration	Les reins, résidus et sang devront être roses	Les reins <sup>1</sup> , résidus et sang devront être brunâtres
<b>Etat physique</b>				
Chair	Ferme et élastique; surface lisse	Moins élastique	Légèrement molle (flasque), moins élastique, cireuse (veloutée) et surface terne	Molle (flasque) <sup>1</sup> ; écailles facilement détachables; surface ridée
Colonne vertébrale	Se casse au lieu de se détacher	Adhère	Adhère légèrement	N'adhère pas <sup>1</sup>

### Chapitre III

Péritoine	Adhère complètement à la chair	Adhère	Adhère légèrement	N'adhère pas <sup>1</sup>
<b>Odeur</b>				
Branchies, peau, cavité abdominale	Odeur d'algues	Pas de mauvaise odeur ni d'odeur d'algues	Légèrement aigre	Aigre <sup>1</sup>

<sup>1</sup> ou tout autre état d'altération plus avancé.

(Echelle de fraîcheur: Règlement du Conseil (EEC) N° 103/76 OJ N° L20 (28 Janvier 1976) (EEC, 1976) *in Huss, 1999*).

#### 1-2- La méthode QIM

La méthode QIM est un système de cotation des défauts du poisson cru (plus la note est élevée, plus le poisson est frais). Pour chaque critère considéré, une note de 0 à 3 est attribué par les juges. Une table de cotation QIM (critères, qualificatifs et note associées) s'applique pour une seule espèce. L'addition des notes obtenues pour chaque critère donne un score sensoriel global appelé index de qualité (IQ) (tableau n °7).

Cet indice a été élaboré afin qu'il diminue linéairement avec le nombre de jours d'entreposage sous glace.

Le grand intérêt de cette méthode est donc de pouvoir estimer la durée de vie restante d'un produit conservé sous glace grâce à son index de qualité. (**Huidobro et al. 2001**).

#### 2- Analyse physico-chimique;

##### 2-1- Méthodes physiques

Les méthodes d'analyse physiques sont moins nombreuses que les méthodes chimiques, mais permettent d'effectuer rapidement et facilement des mesures de routine à peu de frais. Par ailleurs, elles se font sans altérer les pièces de chair à analyser.

##### 2-1-1- Méthodes mécaniques et évaluation de la texture

Des méthodes mécaniques sont utilisées pour mesurer les modifications structurelles. Ces méthodes permettent le plus souvent la mesure de la déformation engendrée par une pression donnée. Les instruments utilisés sont des texturomètres qui ont un fonctionnement variable selon le type d'analyse. La confrontation des résultats avec les méthodes sensorielles est plus ou moins satisfaisante selon les auteurs. La méthode de mesure et d'échantillonnage, ainsi que l'espèce, le stade physiologique et le mode de capture ont une influence considérable sur la capacité de ces méthodes à évaluer la fraîcheur du poisson. L'absence de méthode universelle pour évaluer les propriétés mécaniques rend leur utilisation impossible en routine (**Mokrani, 2010**).

### 2-1-2- Mesure de la conductivité

La conductivité électrique diminue dans le muscle du poisson avec le temps de conservation et on peut l'utiliser pour en mesurer la fraîcheur. L'appareil le plus connu est appelé « Torrymeter for Fish Freshness », qui mesure les changements de ces propriétés diélectriques. Il est muni de deux paires d'électrodes et génère un courant alternatif de l'ordre de 1 milliampère au travers du poisson. Le signal électrique est enregistré et converti sur une échelle de 1 à 16. En règle générale, huit mesures consécutives sont effectuées de chaque côté du poisson le long de la ligne latérale. L'appareil enregistre les résultats en mémoire et en fait la moyenne. Le résultat obtenu est ensuite comparé à des standards qui sont fournis avec l'appareil. Une lecture dont la valeur est élevée indique une grande fraîcheur du poisson et, à l'inverse, une faible valeur signifie que le poisson n'est pas frais (**Morin, 2002**).

### 2-1-3- Mesure de pH

L'analyse est effectuée sur le muscle dorsal après retrait du revêtement cutané, la mesure de pH réalisée sur 10 g de muscle homogénéisés dans 50 ml d'eau distillée. (**Chaouqy et El marrakchi, 2005**).

On exécute plusieurs mesures colorimétriques de pH dans les liquides filtrés de macérations préparées avec de la chair fraîche ou altéré pour plus de fiabilité.

### 2-1-4- Mesure de la couleur (spécifique au Salmonidés).

Nous rapportons deux méthodes pour mesurer la couleur de la chair. La première consiste à comparer une pièce de chair, soit une darne ou un filet, à des échantillons de couleur standards imprimés sur des cartons et numérotés (figure n° 14). Le système de comparaison « Roche » est un de ces standards et l'échantillon de couleur au milieu de l'échelle, qui représente un bon niveau de rosé pour le saumon, correspond à une concentration d'environ 6 à 8 mg/kg d'astaxanthine ou canthaxanthine dans la chair (**Biomar, 1997 in Morin, 2002**). Ce système est facile d'utilisation et peu coûteux. La seconde méthode consiste à utiliser un colorimètre pour mesurer la couleur au moyen d'un lecteur optique directement sur un filet ou une darne (figure n° 15).



**Figure n° 14:** Évaluation visuelle de la couleur d'un filet de salmonidé à partir d'échantillons de couleurs standards (Morin, 2002).



**Figure n° 15:** Mesure quantitative de la couleur d'un filet de salmonidé au moyen d'un colorimètre (Morin, 2002).

### 2-1-5- Mesure de la teneur en lipides

Dans l'animal mort, les corps gras, comme les matières azotées, subissent des transformations que l'on peut déceler et à mesurer pour tenter de caractériser l'état de la chair.

La teneur en lipides d'un poisson d'élevage peut être un critère important pour sa commercialisation. En effet, certains acheteurs recherchent un poisson plus gras pour son apport en oméga-3 par exemple, mais d'autres préfèrent une chair un peu moins grasse afin d'en faire un produit fumé de bonne qualité.

La composition en matières grasses peut être mesurée en laboratoire par des méthodes d'extraction chimique.

Ces méthodes sont précises, mais prennent du temps, sont dispendieuses et requièrent le prélèvement d'échantillons. Il existe une méthode un peu moins précise, consistant à utiliser

un appareil qui détermine la quantité de gras directement dans la chair d'un poisson; cet appareil est le « Torry fish fatmeter » (figure n° 16). L'appareil portatif est muni d'une sonde à micro-ondes qui est placée sur le poisson entier. La sonde réagit avec l'eau libre contenue dans la chair et l'appareil qui enregistre le taux d'humidité détermine le taux de gras par corrélation. L'appareil doit être calibré par le fabricant pour effectuer des mesures sur diverses espèces de poissons telles que le saumon, la truite, le bar rayé, la dorade, le maquereau, le hareng et le thon. Bien que les résultats que l'on obtient avec ce type d'appareil soient un peu moins précis que les dosages chimiques, il constitue un outil rapide, simple à manipuler et fiable pour utilisation en usine. On peut même l'utiliser sur du poisson vivant et anesthésié afin de moduler la composition en matière grasse de la chair en cours de production selon les besoins de l'entreprise (Morin, 2002).



**Figure n° 16 :** Mesure de la teneur en lipides de la chair d'un poisson au moyen d'un appareil « Torry fish fatmeter » (Morin, 2002).

#### 2-2- Méthodes chimiques

Bien que l'analyse sensorielle demeure le test le plus utilisé pour évaluer la fraîcheur du poisson en industrie, les dosages chimiques sont très présents en recherche pour appuyer et expliquer les résultats de l'évaluation sensorielle. Par les méthodes chimiques, on évalue l'apparition ou la disparition de certaines molécules organiques ou inorganiques durant la dégradation de la chair. Certains indices chimiques sont utilisés pour mesurer l'oxydation des lipides, d'autres pour traduire l'altération des protéines ou permettre de suivre la dégradation de l'ATP. Très peu de tests déterminent la dégradation biochimique dans sa globalité. Pour cette raison, il est important de cibler les indices chimiques les plus appropriés selon le type de produit investigué, l'espèce de poisson et le mode d'entreposage.

### 2-2-1- Indices de détérioration des lipides

Puisque les salmonidés sont en général assez gras, l'oxydation des lipides est un bon indicateur de l'état de fraîcheur. Plusieurs molécules sont produites à la suite de l'oxydation des lipides. Les produits primaires de l'oxydation des lipides sont les hydroperoxydes, intermédiaires inodores et incolores, qui se décomposent à leur tour en divers produits secondaires tels que des aldéhydes, des cétones, des hydrocarbures et des alcools. Ces derniers sont responsables en grande partie du goût de rancidité.

L'indice de peroxyde (*peroxyde value, PoV*), est une méthode classique qui repose sur le dosage des peroxydes produits. C'est un titrage qui mesure en fait le degré d'oxydation des doubles liaisons des acides gras par une réaction d'oxydoréduction. Ce dosage s'effectue directement sur l'huile extraite. Cette méthode n'est pas parfaite, car les résultats sont influencés par la structure et la réactivité des hydroperoxydes, ainsi que par la température et le temps de la réaction. Il faut prendre en considération que les peroxydes sont des produits de dégradation primaires et qu'ils se décomposent à leurs tours. Ainsi, une hausse de cet indice peut être observée au début d'une longue période d'entreposage, suivie d'un plateau pour ensuite démontrer un abaissement des valeurs mesurées.

Les acides gras libres sont le résultat de l'hydrolyse enzymatique des triglycérides et des phospholipides.

Les acides gras libres sont encore plus vulnérables à l'oxydation que les acides gras estérifiés. Lors d'un entreposage réfrigéré, où la prolifération bactérienne est potentielle, l'indice FFA (« free fatty acids » pour « acides gras libres ») peut être très utile. Ils se mesurent par titrage directe sur l'huile extraite à l'aide d'une base en utilisant un indicateur (Morin, 2002).

### 2-2-2- Indice de dégradation de l'adénosine triphosphate (ATP)

La disparition de la *rigor* est un processus qui n'a pas encore été entièrement élucidé mais qui produit toujours le ramollissement (détente) du tissu musculaire. Elle serait reliée à l'activation d'une ou de plusieurs enzymes naturelles du muscle, digérant certains composants du complexe de rigor-mortis. Le ramollissement du muscle durant la résolution de la rigor (et éventuellement les processus d'altération) coïncide avec les changements autolytiques. Une des premières modifications qu'on décèle est la dégradation des composés reliés à l'ATP de manière plus ou moins prévisible après la mort. La dégradation des catabolites de l'ATP s'effectue de la même manière dans la plupart des poissons, mais la vitesse de chaque réaction individuelle (d'un catabolite à l'autre) varie beaucoup d'une espèce à l'autre et elle coïncide souvent avec le niveau perceptible de la dégradation déterminé par des analystes entraînés.

(Saito et al.1959 in Huss, 1999) ont été les premiers à observer ce schéma et à développer une formule pour la fraîcheur du poisson basée sur ces changements autolytiques :

$$K (\%) = \frac{[Ino] + [Hx]}{[ATP] + [ADP] + [AMP] + [IMP] + [Ino] + [Hx]} \times 100$$

Où [ATP], [ADP], [AMP], [IMP], [Ino] et [Hx] représentent les concentrations relatives de ces composants dans le muscle du poisson, mesurées à différentes périodes pendant la conservation au froid.

Le paramètre K ou indice de "fraîcheur" donne une estimation de fraîcheur relative basée principalement sur les altérations autolytiques qui se produisent pendant la conservation *post mortem* du muscle. Par conséquent, plus la valeur de K est élevée, plus le niveau de fraîcheur est bas. Malheureusement, certaines espèces de poissons comme le cabillaud d'Atlantique atteignent une valeur maximum de K de loin supérieure à la durée de conservation déterminée par des juges entraînés. De ce fait, K n'est pas considéré une valeur fiable en tant qu'indicateur de fraîcheur pour tous les poissons de mer. De même, la dégradation des catabolites de nucléotides n'est qu'une coïncidence dans les changements perceptibles de la fraîcheur et n'est pas reliée nécessairement à la cause de la détérioration de la fraîcheur, du fait que l'on considère que seul l'Hx aurait un effet direct sur l'arrière-goût amer du poisson altéré (Hughes et Jones 1966 in Huss, 1988). Aujourd'hui, on considère généralement que l'IMP est responsable du goût recherché de poisson frais qui n'existe que dans les produits de la mer de première qualité. Aucun des catabolites de nucléotides n'est considéré comme ayant un rapport avec les changements perceptibles de texture pendant le processus autolytique excepté bien sûr l'ATP dont la perte est associée à la *rigor mortis* (Huss, 1988).

#### 2-2-3- Méthodes usuelles de dosage et normes de qualité des produits de pêche

Dans le domaine d'agroalimentaire, les produits de la pêche font l'objet de contrôles officiels au moment du débarquement, ou avant la première vente. Pour ce faire, des réglementations sont établies par des commissions spécialisées (ex. commission de la communauté de l'union européenne, commission de la pêche au Canada, ...etc) pour définir les limites ou normes d'acceptabilité ou refus de la marchandise au niveau de chaque contrôle. Ces normes s'expriment via des paramètres observables et / ou mesurables.

Les amines volatiles sont principalement constituées par l'ammoniac (NH<sub>3</sub>), la diméthylamine [DMA = (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NH], la triméthylamine [TMA = (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N]. Ces molécules sont souvent regroupées selon le nom de bases azotiques volatiles totales (El baraka, 2009).

Pour la quantification de ces substances, il existe plusieurs méthodes de dosage: certaines de ces méthodes permettent la mesure de l'ABVT d'une manière absolue (proportion de chacune des amines volatiles), d'autres méthodes conduisent uniquement à une appréciation globale généralisée. Le principe de base des techniques couramment utilisées dans ce domaine, est décrit ci-dessous :

### **2-2-4- Intérêts de l'analyse des composés volatils**

La perte de fraîcheur consécutive à l'altération du poisson met en jeu des réactions complexes, influencées par de nombreux paramètres. Ainsi, il a été suggéré qu'il n'existait pas un seul indicateur de la perte de fraîcheur mais plutôt une combinaison d'éléments permettant de rendre compte des multiples changements se produisant au sein de la chair de poisson.

Les composés volatils contribuant aux changements d'odeur peuvent être utilisés pour apprécier l'état de fraîcheur ou d'altération du poisson. En effet, l'étude des différents composés volatils retrouvés dans le poisson durant sa conservation sous glace a permis de mettre en évidence l'origine chimique des différentes odeurs perçues durant toute la durée de vie du produit.

Les composés volatils ont pu être classés en différentes catégories en fonction de l'impact de l'odeur qu'ils génèrent sur la qualité générale du produit (poisson très frais, poisson altéré), de leur origine (phénomènes d'autolyse, métabolisme des bactéries), de leur structure chimique (Mokrani, 2010).

#### **2-2-4-1- Méthode de distillation d'un extrait déprotéinisé par l'acide perchlorique:**

C'est la méthode de référence retenue par l'union européenne (règlement CE n° 2074/2005). La première étape est une déprotéinisation de l'échantillon par l'acide perchlorique ( $\text{HClO}_4$ ). Ensuite on procède à la distillation de l'ABVT à la vapeur, suivie de sa neutralisation par l'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ). La description de cette méthode est présentée comme suivant.

##### **2-2-4-1-1- Principe de la méthode utilisée**

Après l'extraction des protéines d'un échantillon du poisson (100 g de chair prélevée dans trois endroits différents du corps) à l'acide perchlorique ( $\text{HClO}_4$ ), l'extrait obtenu subit une distillation suivie d'une neutralisation de l'ABVT (essentiellement des bases volatiles) via l'acide chlorhydrique.

Afin d'alléger le manuscrit, nous avons opté de présenter le mode opératoire sous formes des points suivants :

### 2-2-4-1-2- Procédure expérimentale

Pour garantir la fiabilité et la rentabilité des résultats, tous les produits chimiques utilisables sont d'une pureté analytique (HPLC):

Les solutions préparées dans de l'eau déminéralisée ; une attention particulière doit être réservée à la préparation des réactifs (acide perchlorique ( $\text{HClO}_4$ ,  $0,6 \text{ mg. l}^{-1}$ ), soude caustique  $2 \text{ g. l}^{-1}$  et une solution standard d' $\text{HCl}$  ( $0,05 \text{ N}$ )) dans le but de minimiser les sources d'incertitudes.

Dans notre cas, on utilisera un appareil de distillation automatique et par conséquent le titrage sera réalisé à l'aide d'une solution standard d' $\text{HCl}$  ( $0,01 \text{ N}$ ). (Figure n° 17).

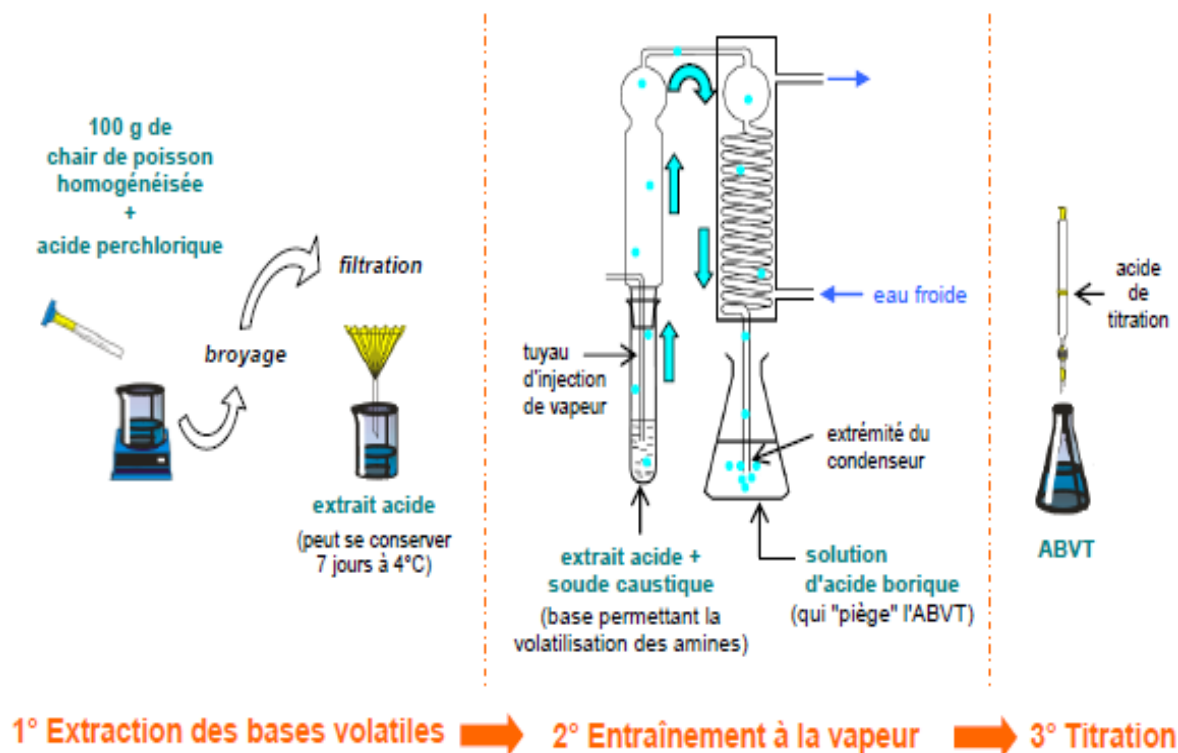


Figure n° 17: Les étapes de détermination de l'ABVT

### 2-2-4-1-3- Mode opératoire

#### *Dosage de l'ABVT par la méthode d'entraînement à la vapeur*

Le dosage de l'ABVT a été réalisé selon la méthode de distillation d'un extrait déprotéinisé par l'acide trichloracétique préconisé par la commission de l'Union Européenne (Directive UE 91/493).

Les analyses doivent être effectuées en double. La méthode appliquée est correcte si la différence entre les deux analyses ne dépasse pas  $2 \text{ mgN}/100 \text{ g}$

### Chapitre III

---

Il faut effectuer un essai à blanc en utilisant 25ml d'acide trichloracétique à la place de l'extrait.

Pour obtenir un extrait de poisson exempt de protéines, on pèse 100g de muscle de poisson auquel on ajoute 200 ml de solution aqueuse d'acide trichloracétique à 7,5 %. Après homogénéisation et centrifugation à 2000 tours/minute pendant 5 minutes, on filtre sur Bucher avec filtre Whatman n°3, ou sur filtre n°2 sans Buchner.

L'entraînement à la vapeur est réalisé avec un appareil de distillation de type Kjeldahl.

On introduit 25 ml de filtrat dans le tube de distillation puis 6 ml d'hydroxyde de sodium à 10%. On place sous l'extrémité du condenseur un béccher dans lequel on verse 10 ml de solution aqueuse d'acide borique à 4% contenant 0,04 ml d'un indicateur mixte pour le titrage de l'ammoniac, constitué de rouge de méthyle et de vert de bromocrésol. On met en route la distillation et on prolonge l'entraînement à la vapeur jusqu'à ce que le béccher contienne exactement un volume final de 50 ml (40 ml de distillat). L'appareil sera rincé avant l'utilisation suivante.

La solution d'acide borique étant devenue verte sous l'effet de l'alcalinisation produite par l'ABVT recueilli, on place le béccher sous une microburette graduée à 0,01 ml (ou une burette automatique) contenant une solution aqueuse d'acide sulfurique 0,1 N, et on titre jusqu'à complète décoloration (la chute de burette doit être lue précisément à ce stade, l'addition ultérieure d'une goutte d'acide sulfurique entraînera alors l'apparition d'une légère coloration rose).

#### ***Dosage de la TMA par la méthode d'entraînement à la vapeur***

La méthode de dosage de la TMA est assez proche de celle décrite pour le dosage de l'ABVT.

Cependant il existe une étape supplémentaire entre la déprotéinisation de l'échantillon et sa distillation : avant la distillation, on ajoute au filtrat 20 ml de formol (solution à 37% minimum) pour bloquer les amines primaires et secondaires (**Malle et al, 1987**).

Les mesures de l'ABVT et de la TMA sont couramment utilisées dans l'industrie à l'arrivée des matières premières. Elles permettent d'évaluer approximativement la qualité. Ces dosages sont également pratiqués lors de l'inspection si à l'issue de l'examen organoleptique des doutes persistent sur l'état d'altération des produits.

Le règlement (CE) n° 854/2004 (qui fixe les règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale) prévoit des dosages d'ABVT et de TMA pour les produits de la pêche non transformés. Des valeurs limites ont été définies dans le règlement (CE) n° 2074/2005 (annexe).

### Chapitre III

---

En général pour les poissons téléostéens :

La teneur en ABVT indique que la qualité est satisfaisante en dessous de 20 mg N/100g, elle est acceptable entre 20 et 25 mg N/100g, au-delà le produit est en voie d'altération.

Si le taux d'ABVT est supérieur ou égal à 100 mg pour 100 g de chair de poisson cartilagineux, le spécimen est jugé impropre à la consommation (**Sainclivier, 1983**), non satisfaisante si la concentration 'ABVT est supérieure à 50 mg/100g de la chair. (**Malle et al, 1989**)

Pour la TMA, généralement la qualité est satisfaisante en dessous de 3mgN/100g, elle est moyenne entre 3 et 5 mg N/100g, au-delà le produit est en voie d'altération.

Les valeurs limites de TMA sont variées selon les espèces et leurs habitats. Les teneurs les plus basses se trouvent chez les poissons d'eau douce et les plus élevées chez les cartilagineux. La production de TMA varie avec la nature de la microflore contaminante, le pH, la température...( **Sainclivier, 1983**).

**Le rapport TMA/ABVT** exprimé en pourcentage que l'on appelle facteur P peut être utilisé pour faciliter l'interprétation des résultats. En effet il donne des éléments sur la composition de l'ABVT. D'autre part, puisque c'est un rapport, il subit de façon plus atténuée l'incidence des facteurs affectant à la fois les teneurs en TMA et ABVT, qu'il s'agisse de l'espèce ou du taux de graisse. Généralement la qualité est satisfaisante en dessous de 17%, elle est moyenne entre 17 et 40%, au-delà le produit est en voie d'altération (**Mokrani, 2010**).

#### 2-2-4-1-4- Expression des résultats

Le résultat s'exprime en mg d'azote pour 100g de chair du poisson est applicable aussi bien pour l'ABVT et que pour la TMA, à une décimale près.

#### Formule de calcul

$$\begin{aligned} \text{ABVT TMA} &= (V_1 - V_0) \times (m + V_{\text{ATCA}}) \times (M_N \times \text{CH}_2\text{SO}_4) / V_i \\ &= (V_1 - V_0) \times (100 + 200) \times (14 \times 0,1) / 25 \\ &= (V_1 - V_0) \times 16,8 \text{ (mg d'azote/ 100g de produit)} \end{aligned}$$

Soit :

$V_1$  = Volume d'acide sulfurique 0,1 N versé afin de neutraliser le distillat recueilli après distillation (ml).

$V_0$  = Volume d'acide sulfurique utilisé pour neutraliser le distillat « blanc » (ml).

$M_N$  = Masse moléculaire de l'azote = 14 g/ mol.

$\text{CH}_2\text{SO}_4$  = Concentration de l'acide sulfurique = 0,1 N.

$V_i$  = Volume de la prise d'essai du filtrat (ml).

$m$  = masse de l'échantillon (g).

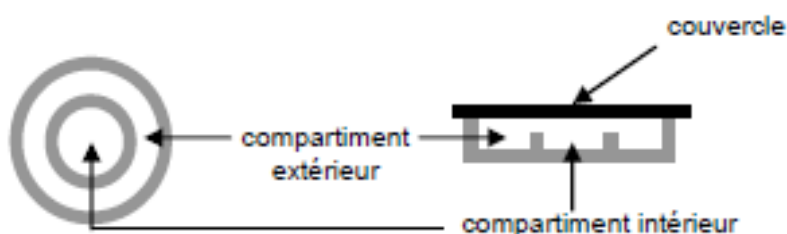
$V_{\text{ATCA}}$  = Volume d'acide trichloracétique ajouté à l'échantillon.

#### 2-2-4-2- Méthode de micro-diffusion de Conway

Cette méthode utilise une cellule appelée « *cellule de Conway* » constituée de deux compartiments (interne et externe) équipés d'un couvercle qui en assure l'étanchéité.

##### 2-2-4-2-1- Principe de la méthode utilisée

La méthode microdiffusion de Conway consiste à doser les corps volatils en les déplaçant par un réactif non volatil et en les absorbant par une liqueur appropriée. Les solutions sont placées respectivement dans les 2 compartiments concentriques d'une capsule spécialement construite qui est fermée hermétiquement par un couvercle rodé.



**Figure n° 18:** Vue en coupe transversale de la cellule à microdiffusion de Conway. (Ifremer, 2008).

Elle fait intervenir de toutes petites quantités de réactifs et d'échantillon à tester (de l'ordre de ml), d'où son nom.

La première étape est une déprotéinisation de l'échantillon par de l'acide trichloracétique suivi d'une filtration de l'extrait acide. Puis la microdiffusion est effectuée dans la cellule de Conway.

Le filtrat et de l'eau distillée sont placés dans la couronne extérieure de la cellule et l'acide borique est placé dans le compartiment central. L'ajout d'une solution saturée de  $\text{CO}_3\text{K}_2$  dans la couronne extérieure entraîne un dégagement de  $\text{NH}_3$  qui va être absorbé par l'acide borique. Puis la capsule est tournée doucement pour mélanger les réactives et incubée pendant 2 heures à 35 °C. Ensuite, le mélange est titré par un acide.

##### 2-2-4-2-2- Solutions

Acide trichloracétique 20%.

Acide borique 10g dans une fiole de 1 litre + 200 ml éthanol + 700 ml d'eau.

### Chapitre III

---

L'acide borique se dissout ; ajouter 10 ml de l'indicateur coloré (vert de bromocrésol + rouge de méthode).

Mélanger. Amener à la couleur voulue du rouge faible, ce qui demande habituellement une faible addition d'acide (borique) compléter au trait

Indic- Vert bromocrésol 0,033 % + rouge méthyle 0,066 % dans l'alcool. Se conserve très bien

HCl titré                      0,01 N pour l'ABVT  
   0,002 N pour la TMA

Solution saturée de  $K_2CO_3$

#### 2-2-4-2-3- Echantillon

100 g de muscle + 50 ml d'eau. Broyer au waring Blendor en passant successivement les trois vitesses pour avoir une bouillie liquide.

Ajouter 50 ml de TCA en s'arrangeant pour rincer le bol. Broyer 01 minute.

Filtres sur filtre à plis (Durieux 120).

#### *Dosage ABVT*

Cellule de Conway

-Au centre 1 ml de solution borique

-Couronne extérieure :

1 ml de défécate trichloracétique

(mesuré exactement : Micropipette ou pipette en verre jaugées à deux traits propre : nettoyée au mélange sulfochromique)

1,5 ml d'eau permutée

Couvrir avec le couvercle graissé aux pourtours

Ménager une petite ouverture pour introduire:

1 ml de  $K_2CO_3$  saturé

Refermer rapidement

Titre par HCl 0,01 N (titre)

#### *Dosage TMA*

Idem que pour A.B.V.T en remplaçant 0,5 ml d'eau par 0,5 ml de formol neutralisé

Calcul :  $\underline{ABVT} = V_1 \times N_1 \times 17 \times 200 \text{ mg NH}_3 / 100 \text{ g}$

HCl N1 titre

V 1 volume ml

$= V \times 0,001 \times 17 \times 200 = V \times 34 \text{ mg NH}_3 / 100 \text{ g}$

$\underline{TMA} = V_2 \times N_2 \times 17 \times 200 = V_2 \times 0,002 \times 17 \times 200$

### Chapitre III

$$= V \times 6,8 \text{ mg NH}_3/100\text{g}$$

**Tableau n ° 8:** Comparaison entre les deux techniques de dosage d'ABVT (**Sainclivier, 1983**).

Type de technique	Avantages	Inconvénients
Méthode d'entraînement à la vapeur d'eau	Simple (extraction par distillation) Relativement rapide (durée d'exécution est de 20 minutes) Peu couteuse La méthode la plus utilisée.	Destructive Conditions d'entrainements par la vapeur doivent être exactement standardisées
Méthode de CONWAY	L'extraction se fait par microdiffusion à travers une membrane. Méthode plus précise. La plus fiable. Appliqué sur des petites quantités des réactifs et des échantillons.	lente par rapport de 1/2 à 1 heure Peu utilisable.

**Tableau n ° 9 :** Recommandation pour l'utilisation de l'ABVT et du facteur P pour apprécier l'état d'altération du poisson (Téléostéens) (**Jouve, 1996**).

ABVT mg N/100g		P = TMA/ ABVT %	Etat de fraîcheur
Cas général	Exception Lieu noir, sébastes		
< 20	< 20	< 17%	satisfaisante
20 à 25	20 à 30	< 17 à 40 %	Acceptable
> 20	> 30	> 40	Non satisfaisante

# Conclusion

## Conclusion

---

### Conclusion

La perte de la fraîcheur suivie par l'altération est une combinaison complexe de processus microbiologiques, chimiques et physiques. La plus part des tests proposés pour l'appréciation de la fraîcheur prennent en compte qu'un seul événement, du processus d'altération; chaque test, pris isolément, ne reflète donc que très imparfaitement l'état de fraîcheur ou le stade d'altération. Pour essayer de quantifier les différents phénomènes, plusieurs critères doivent être employés: sensoriels, microbiologiques et physico-chimiques.

L'examen relatif à l'évaluation de la qualité d'un échantillon des poissons analysés permet de faire quelques remarques en ce qui concerne la composition et l'altération de la chair de ce téléostéen.

Il est principalement reproché à l'examen organoleptique d'être soumis au facteur personnel.

Mais il faut remarquer, par contre, qu'en présence d'un ensemble de phénomènes aussi complexes que ceux qui régissent l'altération du poisson, des avantages particuliers peuvent être offerts par un système d'appréciation qui ne soit pas entièrement automatique; celui-ci est, en effet, susceptible de se trouver adapté à chaque cas spécial par l'observateur expérimenté. Il convient donc de toujours tenir compte d'un examen organoleptique bien conduit.

Au laboratoire, la définition de l'état de fraîcheur du poisson qui n'a pas subi de traitement conservateur doit surtout s'appuyer sur une méthode chimique, capable de donner une mesure des transformations d'origine bactérienne que la chair a pu éprouver. Le procédé le plus sûr consiste dans le dosage des formes volatiles de l'azote (azote aminé ou azote ammoniacal).

L'altération se caractérise essentiellement par la production de composés azotés volatils. Le dosage de ceux-ci sous leurs deux formes, ammoniacale et aminée, est capable de rendre compte de la condition de fraîcheur d'un échantillon de poisson, pourvu qu'il soit fait état de l'espèce à laquelle celui-ci appartient.

Des renseignements complémentaires peuvent être parfois fournis par le dosage de l'indole.

D'autre part, la recherche directe des bactéries dans la chair, à l'aide d'explorations microscopiques, est de nature à apporter un soutien à l'observation des caractères organoleptiques.

En raison de la variabilité de la teneur en ABVT des poissons frais, certains auteurs trouvent que ce test n'est pas assez sûr comme indicateur de premier changement, pour cette raison et face aux obligations de faire des analyses en brefs délais possible, la science de l'agroalimentaire à développer des appareils et techniques plus rapide, plus simple et plus

## **Conclusion**

---

fiable en attendant l'agrément générale pour mettre en service de surveillance de l'industrie du poisson.

### ملخص

إن الهدف من هذه الدراسة هو تحديد مختلف مكونات لحم السمك وكذلك ذكر مختلف المعارف حول النوعية وتحولاتها في السمك الطازج. بالإضافة إلى إظهار المركبات الكيميائية التي تستطيع التأثير وتغيير هذه الأخيرة أثناء التخزين.

إظهار طرق التقييم (الحسية، الفيزيائية، البيوكيميائية والكيميائية) لنوعية السمك مع معلومات تطبيقية حول سبل سريان اختبارات المراقبة وكذلك جداول عادة ما تستعمل في اختبارات المراقبة الحسية في أوروبا.

إن المتابعة الكيميائية لمعايير الازوت القاعدي المتطاير كليا وكذلك ثلاثي مثيل أمين بينت أنها علامات مناسبة لتحديد نسبة تعفن السمك مرفقة بنماذج المراقبة لتركيز كلا منها.

### Résumé

Cet ouvrage est une mise au point sur les différents composants de la chair du poisson ainsi que des connaissances en matière de la qualité et de l'altération du poisson frais.

Les composants chimiques qui peuvent influencer sur la qualité du poisson au cours de l'entreposage sont mentionnés.

Les méthodes (sensorielle, physique, biochimique et chimique) d'évaluation de la qualité du poisson sont proposées avec les informations pratiques sur la façon de conduire les tests de contrôle et les tableaux habituellement utilisés dans les examens sensoriels du poisson en Europe.

Le suivi chimique montre que les paramètres Azote Basique Volatile Total (ABVT) et triméthylamine (TMA) constituent des indices appropriés pour l'évaluation de degré l'altération du poisson, avec des normes de contrôle de ces derniers proposées.

### Mots clés

Poisson, fraîcheur, altération, méthodes, physico-chimique

# Références bibliographiques

## Références bibliographiques

---

### Références bibliographiques

- ABABOUCHE L. (1994)., Contrôle de la qualité des produits de la mer : recueil des méthodes d'inspection et d'assurance de la qualité des produits de la mer. *Ed. Rome: FAO. Document technique PCT/TUN/2359*. 76 p.
- ACKMAN R.G. (1988)., Concerns for utilization of marine, lipids and oils food technology. *Lancaster, Surrey*, pp. 151-155.
- AFREM- IFREMER. (1991)., Contrat d'étude MRT Etude et expérimentation d'un pasteurisateur industriel pour la préparation de plats cuisinés en cycle court. *Laboratoire Génie alimentaire Ifremer: Connaissance de la matière première et étude des barèmes de traitement thermique de cuisson sous vide du poisson en cycle court*. 46 p.
- ANDRIES S. (2002)., La qualité du poisson frais : Méthodes d'évaluation et utilisation de la méthode HACCP au stade d'une criée. *Thèse pour le diplôme d'état de docteur vétérinaire : Faculté de médecine de Nantes*. 127p.
- ANONYME. Le poisson matière première de l'industrie alimentaire, *rapport IFREMER*.
- BARSHOP B. A., FRIEDMAN K. (1984)., Analysis of the interaction of rabbit skeletal muscle adenylate deaminase with msin subfragments. Analytically regulated system. *J. Biol. Chem.* 259: 60-66.
- CHAOUQY N.E., EL MARRAKCHI A. (2005)., Aspects chimiques et bactériologiques de l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) entreposé sous glace et à moyenne température (20-25°C). *Revue Méd. Vét.*, 156, 6: 341-349.
- CHEPTEL J.C., CHEPTEL H. (1976)., Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments, Vol.n°1: *Technique et Documentation, entreprise moderne d'édition, Paris*.
- COMMUNAUTE EUROPEENNE. (1991)., Directive du conseil du 22 juillet 1991 fixant les règles sanitaires régissant la production et la mise sur le marché des produits de la pêche (91/493/CEE). *Journal Officiel Des Communautés Européennes*, L. 268 du 24 Septembre 1991 : 15-34.
- COMMUNAUTE EUROPEENNE. (1996)., Règlement (CEE n° 2406/96) du conseil du 26 novembre 1996 fixant des normes communes de commercialisation pour certains produits de la pêche. *Journal Officiel des Communautés Européennes*, L. 334 du 23 Décembre 1996 : 1-15.
- COMMUNAUTE EUROPEENNE. (2004)., Règlement (CEE n° 854/2004) du conseil du 29 Avril 2004 fixant les règles spécifiques d'organisation des contrôles officiels concernant les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine. *Journal Officiel des Communautés Européennes*, L. 226 du 25 Juin 2004 : 8-12.
- COMMUNAUTE EUROPEENNE. (2005)., Règlement (CEE n° 2074/2005) du conseil du 5 Décembre 2005 fixant les valeurs limites en Azote Basique Volatil Total

## Références bibliographiques

---

- (ABVT) pour certaines catégories de produits de la pêche et méthodes d'analyse à utiliser. *Journal Officiel des Communautés Européennes*, L. 338 du 22 Décembre 2005 : 10-13.
- DUNAJSKI E. (1979)., Texture of fish muscle, *Journal of Texture Studies*,10, n°4, pp.301-318.
- EL BARAKKA N. (2009)., Qualité des produits halieutiques : dosage des teneurs en histamine, azote basique volatile total (abvt) et du taux des sulfites dans quelques produits de pêche. *Diplôme de MAGISTER de Chimie Université Ibn Zohr, Agadir*.
- EL RAMMOUZ M R. (2005)., Etude des changements biochimiques *post mortem* dans le muscle des volailles- contribution au détermination de l'amplitude de la diminution d pH. *Thèse pour le diplôme DOCTORAT de l'institut national polytechnique de Toulouse*. 9-17p.
- EYMARD S. (2003)., Mise en évidence et suivi de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation du chinchard (*Trachurus trachurus*) : choix des procédés. *Thèse pour le diplôme DOCTORAT à IFREMER de Nantes*.16p.
- GILLESPIE B. (1975)., The bacterial flora of some queensland fish and cause spoilage, *Journal of Applied Bacteriology*,39. pp.91-100.
- GOUTEFONGEA R. (1969). Etude du pouvoir de rétention d'eau de la viande de porc. Variation en fonction du pH, *Analyses de biologie animale biochimie et biophysique*, 9. 111-116p.
- GRANROTH B. (1978)., Exopeptidases in Baltic herring. *Finn. Chem. Lett*, pp.108-111.
- HAMM R. (1960)., Biochemistry of meat hydratation, *Advances in food research*, 10, pp. 365-463.
- HUIDOBRO A., PASTOR A. and TEJADA M. (2001)., La méthode QIM (méthode d'index de qualité) développée pour la daurade royale (*Sparus aurata*), Notice n° : 2001-1314. Ifremer.
- HUSS Hall. (1976)., Konsumfisk - biologi, teknologi, kvalitet og holdbarhed. *Dansk Get. Tidsskr.* 59: 165-175.
- HUSS H.H. (1986)., Fresh fish : quality and quality changes. A training manual prepared for the FAO/DANIDA Training Prog. *On fish technology and quality control*. FAO/DANIDA, Rome, 131 p.
- HUSS H.H. (1988)., Fresh fish-quality and quality changes. *FAO Fisheries Technological papers*. N° 29. Rome, 15-16, 23, 57.
- HUSS H.H. (1999)., La qualité et son évolution dans le poisson frais. *FAO Document technique sur les pêches*. N° 348. Rome. 198p.

## Références bibliographiques

---

- Ifremer. (2008)., Fiche technique, principales méthodes de dosage des amines volatiles.
- INGOLFSDOTTIR S. (1997)., Post-mortem changes in fish muscle proteins structural changes. **In:** *Methods to determine the freshness of fish in research and industry*. Proceedings of the final Meeting of the concerted Action "Evaluation of fish freshness" AIR.CT94 2283. Nantes, France, pp. 198-203.
- JOUVE, J.L. (1996)., La qualité microbiologique des aliments : Maîtrise et critère. *Ed polytechnica*, Paris, 446-468p.
- KHAYAT et SHWALL. (1983)., Lipid oxidation in sea food. *Food technology*, pp. 130-140.
- KODO J.L. (1990)., L'ionisation des produits de la pêche. *Collection: Valorisation des produits de la mer*. ISSN : 0998-4089. 173p.
- LAWRIE R.A. (1974)., The eating quality of meat. *Meat Science*. 2<sup>nd</sup> edition. *Pergamon Press*, Oxford, pp. 286-342.
- LISTON J. (1980)., Microbiology in fishery science in *Advances in fish science and technology*, CONNELL JJ. *Ed. Fishing News Book Ltd, Farnham, Surrey*. England, pp. 138-157.
- LOVE R.M. (1970)., The chemical biology of fishes. *Ed. Academic. Press*, pp.547.
- LOWENSTEIN J.M. (1972)., Ammonia production in muscle and other tissues : The purine nucleotide cycle. *Physiol. Rev.* 52: 382-414.
- MALLE P; VANELLE A.M; PETIT A. (1989)., Teneur en azote basique volatil total du tissu musculaire des poissons marins. Eléments pour une normalisation de la détermination, de l'expression et de l'exploitation de l'ABVT. *Recueil de Médecine Vétérinaire*, 165, 395-402.
- MESTIRI F., ZERAI T., ROMDHANE M.S., et MEJRI S.(2006)., Effet de l'addition du thym, du laurier et du romarin sur la conservation de l'anguille fumée. *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô*, Vol. 33, 107-108 p.
- MOKRANI D. (2010)., La qualité du poisson frais, corrélation entre l'appréciation organoleptique et la teneur en ABVT/TMA. *Thèse pour le diplôme MAGISTER option contrôle qualité et analyses alimentaires, ENSV*. 106p.
- MONIN G. (1988)., Evolution post mortem du tissu musculaire et conséquence sur les qualités de la viande de porc. *Journées Rech. Porcine en France*. 20: 201-214p.
- MORIN R. (2002)., GUIDE : guide élevage des salmonidés, fascicule 12: transformation. *MAPAQ. Québec*.
- MORISAKI T., GROSS M., MORISAKI H., PONGRATZ D., ZOLLNER N., And

## Références bibliographiques

---

- HOLMES E. (1992)., Molecular basis of AMP deaminase deficiency in skeletal muscle. pp 6457-6461 (Vol. 89) in: *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*.
- PICLET G. (1987)., Le poisson aliment: composition, intérêt nutritionnel, Cahiers de Nutrition et Diététique, XXII, n°4, 317-336p.
- PRICE J.H. (1971)., The science of meat and meat products, Ed. *FREEMAN and Cy., San Francisco, 2<sup>nd</sup> edition*.
- QUIMPER A ., ABGRALL B. (1992)., Evaluation de l'état de fraîcheur du poisson. Ed. *ADRIA*. 16p.
- REGENSTEIN J.M., BUISSON D.H., SANSON A., FEY M. (1982)., Chemical changes of trimethylamine oxide during fresh and frozen storage of fish, 137-148 in chemistry and biochemistry of marine food products. Ed. *AVI Pub. Cy-Westport, Connecticut*.
- SAINCLIVIER M. (1983)., L'industrie alimentaire halieutique, vol. n°1 : Le poisson matière première, *Bulletin Scientifique et Technique de l'Ecole Supérieure Agronomique et du Centre de Recherche de RENNES*.
- SELMI S et SADOK S. (2006)., évaluation de la qualité sensorielle et biochimique de la sardinelle ronde *sardinella aurita* au cours du stockage dans l'eau de mer refroidie à la glace. Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô, Vol. 33. 101p.
- SHEWAN J.M. (1977)., The bacteriology of fresh and spoiling fish and biochemical changes induced by bacterial action in Handling, processing and marketing of tropical fish. Ed. *Tropical Products Institut*. London, pp. 51-66.
- SIKORSKI Z.E (1980)., Structure and proteins of fish and shellfish. Part .2, in Advances in fish science and technology, CONNELL JJ, Ed. *Fishing News Book Ltd, Farnham, Surrey, England*, pp.78.
- STANSBY M.E. (1962)., Proximate composition of fish, in fish in nutrition, HEEN E and KREUZER R, Ed. *Fishing News Books Ltd*, London.
- STROUD G.D. (1969)., Rigor in fish: the effect on quality. Torry Advis. Note, Aberdeen, 36p.
- SYLLA K.S.B., MUSABYEMARIYA B., BERGE J.P., SEYDI M. (2008)., Production et caractérisation de fractions protéiques à partir des coproduits de la sole tropicale (*Cynoglossus senegalensis*). Revue Africaine de Santé et de Productions Animales (RASPA). Vol n°6 (3-4). 181-187p.
- UNDELAND I. (1997)., Lipid oxidation in fish-causes, changes and measurements. In : *Methods to determine the freshness of fish in research and industry*. Proceedings of the final Meeting of the concerted Action, Evaluation of fish freshness AIR3CT94 2283. Nantes, 243-251.

## Références bibliographiques

---

YOUNG O.A., J. WEST, A. L. HART., VAN OTTERDIJK F. F. H.(2004)., A method for early determination of meat ultimate pH. *Meat Sci.* 66: 493-498.

YOSHINO M., MURAKAMI K. (1985)., Stabilisation of the adenylate energy charge by the depletion of adenylates without glycolytic stimulation. *Biochim. Biophys. Res. Comm.* 129 : 287-292.

ZAKHIA N. 2000., Adaptation d'une méthodologie d'assurance qualité au séchage traditionnel de poisson au Mali, Gestion de la sécurité des aliments dans les pays en développement. *Actes de l'atelier international, Cédérom du CIRAD, Montpellier, France.* CIRAD-FAO, 11-13.

# Annexe

## Annexe

---

### **Annexe :**

#### **Valeurs limites en Azote Basique Volatil Total (ABVT) pour certaines catégories de produits de la pêche.**

Le règlement (CE) n° 854/2004 (qui fixe les règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale) prévoit des dosages d'ABVT et de TMA pour les produits de la pêche non transformés.

Des valeurs limites ont été définies dans le règlement (CE) n° 2074/2005 :

**25 mg azote/100g** : Sébastes, *Helicolenus dactylopterus* (Rascasse du Nord), *Sebastichthys capensis* (Sébaste du Cap).

**30 mg azote/100g** : espèce de la famille des Pleuronectidés (à l'exception du flétan)

**Exemples de Pleuronectidés** : plie cynoglosse, limandes, limandes-soles, Flets, plies, camardes.

**35 mg azote/100g** : Saumon atlantique (*Salmo salar*), espèces appartenant à la famille des Merlucciidés (merlus), espèces appartenant à la famille des Gadidés (cabillaud, merlans, églefin).

Ces taux élevés **correspondent à des critères de retrait** de la consommation. Ils ne **doivent donc pas être retenus pour l'établissement de cahiers des charges**, servant de référence de qualité pour des transactions commerciales.