

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
I : CADRE D'ETUDE	2
II : LIEU D'ETUDE.....	2
III : ESPECE D'ETUDE.....	2

ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1: GENERALITES SUR LA PÊCHE MAURITANIENNE.....	5
1.1 : Données géographiques	5
1.2 : Secteur général des pêches.....	5
1.3 : Profil des captures.....	6
1.4 : Sites de débarquement.....	9
2: COMPOSITION CHIMIQUE DES POISSONS	10
2.1 : Les lipides.....	11
2.2 : Les protéines.....	12
2.3 : Les extraits azotés.....	13
2.4 : Les vitamines et les sels minéraux.....	13
3: LES DIFFERENTS TYPES DE CONSERVATION.....	15
3.1 : La conservation par séchage.....	15
3. 1. 1 : La déshydratation.....	15
3.1.2 : La lyophilisation.....	15
3.1.3 : Le salage fumage.....	16
3.2 : La conservation par la chaleur	16
3.2.1 : La pasteurisation.....	16
3.2.2 : L'appertisation.....	16
3.3 : La conservation au froid.....	16
3.3.1 : Réfrigération	17
3.3.2 : Congélation.....	17
3.3.3 : Surgélation.....	17
3.4 : Production du froid de conservation (Dispositif expérimental du CRAER).....	18
4: ACTION DU FROID SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DU POISSONS.....	21
4.1: Action du froid positif sur la composition du poisson.....	21
4.2: Action du froid négatif sur la composition du poisson	23
4.2.1 : La dénaturation des protéines	23
4.2.2: Évolution des matières azotées non protéiques.....	24
4.2.3: Action sur les lipides	25
4.2.4: Action du froid négatif sur les glucides.....	25
5: ALTERATION ET DUREE DE CONSERVATION.....	27
5.1: Facteurs d'altération du poisson	27
5.1.1: La température	27
5.1.2: Les dommages physiques.....	27
5.1.3: Les facteurs intrinsèques.....	27
5.2: Les phases d'altération.....	28
5.3: Les signes d'altération.....	29
5.4: Changements post mortem dans le poisson.....	29

6: METHODES D'EVALUATION DE LA QUALITE DU POISSON.....	31
6.1 : Méthodes sensorielles	31
6.2 : Méthodes microbiologiques.....	31
6.3 : Méthodes biochimiques et chimiques.....	32
6.3.1: Amines – Azote basique volatile totale.....	32
6.3.2 : Ammoniac.....	33
6.3.3 : Triméthylamine (TMA)	33
6.3.4 : Diméthylamine (DMA)	34
6.3.5 : Mesures de la rancidité oxydative.....	34

MATERIEL ET METHODES

1: Echantillonnage et méthodologie de travail.....	36
2: Les analyses.....	36
2.1 : Détermination de l'azote basique volatile totale (ABVT).....	37
2.2 : Dosage des protéines (Azote Total) par la méthode Kjeldhal.....	39
2.3 : Détermination de la teneur en matière grasse	42
2.4 : Dosage de l'indice de peroxyde	43
2.5 : Dosage de l'indice d'iode.....	45
2.6 : Détermination de la teneur en eau.....	46

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1 : Poissons réfrigérés.....	47
2 : Poissons congelés	52
CONCLUSION GENERALE.....	58
BIBLIOGRAPHIE.....	60

INTRODUCTION GENERALE

En Mauritanie la zone littorale et ses ressources représentent une composante essentielle pour le développement. Plus de 50% de la population est concentrée dans cette zone. La part des ressources halieutiques dans l'alimentation des populations est très importante et continue à croître. A cela s'ajoute le poids socio-économique très important de la pêche en général et de la pêche artisanale en particulier devenue l'un des secteurs les plus stratégiques pour l'économie nationale.

Avec des captures annuelles de l'ordre de 430 000 tonnes, le secteur de la pêche contribue en Mauritanie plus de 50% des recettes d'exportations, 33% des recettes budgétaires, 13% du PIB et plus de 36 000 emplois directs dont plus de 12000 pêcheurs artisans (FAO Octobre 2006).

Le poisson est un produit de grande valeur socio-économique mais aussi un aliment de haute valeur nutritionnelle vue sa richesse en éléments nutritifs essentiels (protéines, lipides, poly-insaturés, vitamines liposolubles, éléments minéraux, ...). Le poisson, de façon générale, est une excellente source de protéines complètes puisqu'il renferme les neuf acides aminés essentiels que notre organisme ne produit pas et doivent provenir de notre alimentation. Les protéines servent à la formation des enzymes digestives et des hormones de même qu'à former, réparer et maintenir les tissus, comme la peau, les muscles et les os.

Le secteur de la pêche en Mauritanie souffre d'un problème important qui est le gaspillage des poissons dus à la mauvaise gestion et à une mauvaise conservation de denrées alimentaire insuffisante. Mais avec l'évolution du système de conservation par congélation ou réfrigération fonctionnant grâce aux énergies renouvelables (solaires et/ou éoliennes), un aliment de haute qualité en protéines et en lipides peut être mis à disposition par la conservation de cette méthode.

La congélation/réfrigération est une méthode de conservation par le froid et a pour but de prolonger la durée de vie du poisson en ralentissant l'action des enzymes et des bactéries ainsi que les processus physico-chimique qui altèrent sa qualité. Le poisson frais est une denrée hautement périssable qui se dégrade très rapidement à température ambiante. En abaissant la température à laquelle le poisson est conservé, on réduit le taux d'altération.

Cette étude a pour objet de suivre l'évolution de la qualité de sardinelle « *Sardinella aurita* » conservée par le froid produit par des énergies renouvelables à travers :

1. les paramètres chimiques et biochimiques : les protéines, la matière grasse, la teneur en eau ;
2. les paramètres indiquant le taux d'altération : l'Azote Basique Volatil Total (ABVT), l'indice de peroxyde, et l'indice d'iode. Elle a été réalisée au laboratoire de Biochimie et Physico-chimie Alimentaires du département de Biologie et au Centre de Recherche Appliquée aux Energies Renouvelables (CRAER) de l'Université de Nouakchott en Mauritanie.

I : CADRE D'ETUDE

Ce travail a pour but de suivre l'évolution des paramètres chimiques et biochimiques, caractérisant la qualité des produits halieutiques (Sardinelles). Ces produits sont conservés au froid par un système d'énergies renouvelables.

II : LIEU D'ETUDE:

- Centre des Recherches Appliquées aux Energies Renouvelables (CRAER). Le centre assure la conservation des produits à analyser.
- Laboratoire de Biochimie et Physico-chimie Alimentaires au département de biologie de l'université de Nouakchott. Toutes les analyses seront effectuées dans ce laboratoire.

III : ESPECE D'ETUDE : matériel biologique

Définition

Sardinella aurita est automatiquement définie par la place qu'elle occupe dans la classification zoologique :

Superclasse : Pisce B

Classe : Osteichthyes

Sous classe: Actinopterygii

Super Ordre: Teleostei

Ordre : Clupeiformes

Sous-ordre : Clupoidei

Famille : Clupeidae

Genre : *Sardinella*

Espèce : *aurita*

Description

Sardinella aurita a été décrite par Valenciennes en 1847, re-décrite depuis par de nombreux auteurs, notamment par Regan en 1917 (E. POSTEL).

Noms vernaculaires :

- Français : Sardinelle ronde, Allache
- Hassania : Tayit
- Wolof : Yaboi maureng
- Pouular : Yaabooy
- Soninké : yaabooy

Caractères particuliers :

- Corps arrondi à section ovale;
- Pelviennes à 9 rayons;
- Coloration brillante, argentée, avec une bande dorée sur les flancs, dos bleuté, une tache noire sur le bord postérieur de l'opercule;
- Taille maximale : 25 à 30 cm; voir photo

Ecologie :

La sardinelle ronde est un poisson pélagique, elle vit sur le plateau continental jusque 150-200 m de profondeur. Elle migre régulièrement entre le Cap Blanc (Nouadhibou) au nord et la Guinée au sud, en suivant les déplacements des masses d'eau. La période d'abondance de *Sardinelle aurita* situe entre septembre et décembre entre le Cap Blanc et le Cap Timiris, elle commence plutôt et poursuit jusqu'en février au sud du cap timiris.

La *sardinelle aurita* se reproduit au large des côtes mauritanienes et les jeunes alevins grandissent sur les hauts fonds du banc d'Arguin. Environ 360000 tonnes de sardinelles sont actuellement capturées dans les eaux mauritanienes, dont 70% sont transformées en farine de poissons (J. MAIGRET et B. LY), elle représente 5% da la capture annuelle de pêche artisanale.



Photo: *Sardinella aurita* Valenciennes 1847.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1: GENERALITES SUR LA PÊCHE MAURITANIENNE

1.1 : Données géographiques

La République Islamique de Mauritanie est située dans la partie Nord Ouest du continent Africain entre 20°36 Nord au sud du Sahara et 16°04 Sud au Nord du Sénégal. Avec 1.030.000 km². La Mauritanie est un pays vaste, constitué à 90% de zones désertiques Sahariennes.

Les côtes maritimes atlantiques de la Mauritanie sont de 720 km de long en plus des côtes fluviales de 750 km sur le fleuve Sénégal et qui déverse dans l'océan Atlantique créant ainsi un delta parfait de faune et de flore et un espace touristique et pastoral de premier niveau. Le plateau continental de la Mauritanie est de 32.366 km² et la zone économique exclusive, large de 200 milles, couvre une superficie de 162.166 km².

Les eaux maritimes sont balayées par le courant froid des canaries qui descend du Nord vers le Sud et le courant marin de Guinée qui remonte du sud vers le nord, assurant ainsi la formation des pêcheries productives grâce à la présence du phénomène d'upwelling (remontée en surface de masses d'eaux marines profondes riches en matières premières). La population Mauritanienne est estimée à 2.980.000 hab, peuplant 12 régions et un district (Nouakchott) la capitale. La densité la plus élevée est enregistrée dans les zones côtières (Nouakchott, Rosso et Nouadhibou) et à l'est du pays dans les régions de l'Assaba et des deux Hodhs.

1.2 : Secteur général des pêches

La pêche en Mauritanie est synonyme de pêche maritime. Le segment continental et fluvial demeure très marginal et confiné dans l'espace de la consommation locale.

L'aquaculture n'existe pas si ce n'est des expérimentations à portée limitée qui ont concerné la Tilapia au sud du fleuve et les huîtres dans la baie du lévrier.

1.2.1 : Les pêches maritimes

Les pêches maritimes se divisent en pêche industrielle et pêche artisanale et côtière. La pêche continentale et l'aquaculture ne sont pas développées et ne constituent pas des activités importantes dans le profil pêche.

a) La pêche industrielle :

Avec près de 163.610 tonnes de capture par an en moyenne soit plus de 90% de la production. Cette pêche constitue l'essentiel des recettes budgétaires provenant du secteur.

Dans la pêche industrielle ont distingué la pêche de fond (poulpes, crustacés, et poissons) et la pêche industrielle pélagique (sardinelles, Chinchards, sabres, maquereau....).

La flotte industrielle est composée de navires congélateurs et glaciers chalutiers et autres types de pêche à savoir les bateaux utilisant les sennes, les filets et les casiers Cette flotte cible toutes les espèces du plateau continental. Les navires sont soit des glaciers soit des congélateurs dont les capacités varient de petits navires de 19 GT jusqu'à moins de 2000 GT pour les navires ciblant le fond et de 2000GT à 9500 GT pour les super atlantique pêchant les espèces pélagiques dans le cadre d'accords de pêche ou de conventions.

Le second segment de la flotte industrielle démersale est spécialisé dans la pêche de la crevette et des espèces démersales autres que les céphalopodes avec des engins autres que le chalut ou la drague.

b) La pêche artisanale et côtière:

La pêche artisanale et côtière est principalement dédiée aux mauritaniens mais il existe dans le cadre d'accord bilatéral entre la RIM et le Sénégal un accord de pêche autorisant 250 embarcations en bois à pêcher en Mauritanie.

Ces embarcations utilisent comme engin de pêche les pirogues de petite taille et d'une capacité de 1 à 5 GT construites en bois, en Aluminium ou en fibre de verre, et soit avec des filets tournants, les filets maillants, les casiers, la palangre, la ligne, et les nasse etc.

Les zones de pêche de ces embarcations se situent à 20 m de profondeur et à l'intérieur des 6 miles. Elles ciblent en général les poissons côtiers. Le total des captures est estimé à 80.000 tonnes par an.

1.3 : Profil des captures

La pêche industrielle représente 90% des captures dont une très grande partie ne touche pas le sol mauritanien (accord de pêche et licences libres de pêche des espèces pélagiques). Les quantités débarquées en Mauritanie sont de l'ordre de (120.000 tonnes) provenant de la pêche artisanale (pêche fraîche) et 20.000 tonnes de la pêche industrielle généralement congelé ou sous glace.

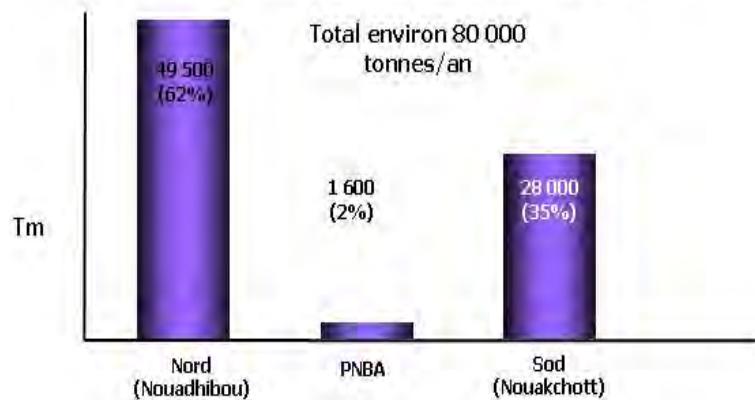
Plus de 72 espèces de valeur économique sont capturées en Mauritanie. Les principaux groupes d'espèces sont :

- Les céphalopodes (poulpe, calamar, seiche);
- Les crustacés (langouste verte, langouste rose, la crevette tigre, la crevette royale, la crevette du talus, crabe et oursin de mer);
- Les poissons demerseaux: merlu, dorade, sole, capitaine, ext.);
- Les espèces de petites pélagiques (les fraxinelles, les sardines, le chinchard, le maquereau, le calamar pélagique);
- Les thons (espadon, albacore, listao....);
- Les huîtres et les praires.

La quantité des capturées débarquées sur le sol Mauritanien est principalement composée de :

- 25297 tonnes de Céphalopodes congelés ;
- 7915 tonnes de poissons démersaux congelés ;
- 5073 tonnes de pélagiques congelées ;
- 1101 tonnes de crustacés congelés ;
- 80.000 tonnes de poissons frais et de céphalopodes (cf. histogramme);

Figure (1) : Estimation de la production de la pêche artisanale par zone



Source: CNROP

Figure 1 : structure de la production de la pêche artisanale par zone

Structure moyenne de la production de la pêche artisanale en Mauritanie (tonnage)

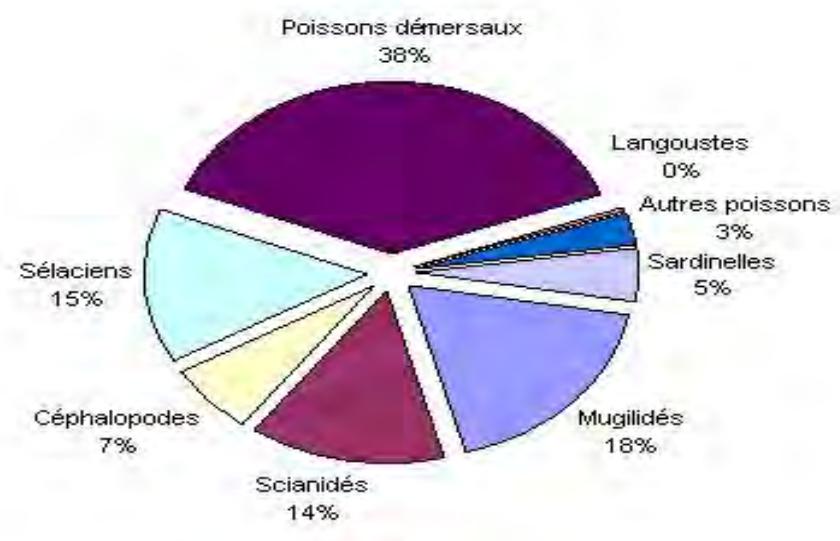


Figure 2: Structure moyenne de la production de la pêche artisanale en Mauritanie (Tonnage)

Source :CNROP

1.4 : Sites de débarquement

Les principaux sites de débarquements sont à Nouakchott et à Nouadhibou.

La quasi-totalité de la pêche est débarquée à Nouadhibou au niveau du port industriel (PAN) pour la pêche industrielle et au port artisanal « établissement portier de la baie du lévrier » pour la pêche artisanale et côtière pêchant avec des engins sélectifs et ne dépassant pas 26 m de longueur hors tout (HT).

Dans la zone sud à la frontière avec le Sénégal et jusqu'à la zone du Banc d'Arguin, la pêche ne dispose pas de port de débarquement. Les captures sont débarquées sur le rivage et transportées vers le marché de poisson de Nouakchott qui constitue, en fait, le centre de l'offre et de la demande du poisson frais destiné à la consommation locale à Nouakchott ou à l'intérieur et ou exporté vers les marchés régionaux ou mondiaux.

En définitif, les principaux sites de débarquement sont Nouadhibou avec 100% des débarquements de la pêche industrielle et 20% de débarquement de la pêche artisanale et la plage de Nouakchott située en face du marché de poisson de Nouakchott qui reçoit près de 80 % de débarquement de la pêche artisanale.

Les villages des Imraguens (Mamghar, Jreif ; Mhaijrat, Tiwilitt, Belewakch, Lemcid, ...) demeurent spécialisés dans la production des espèces de mullet, raie et requins, courbine. Cette production est réalisée en grande partie à l'intérieur ou dans les limites immédiates du Parc National du Banc d'Arguin.

Nouakchott est le principal centre d'exportation du frais alors que Nouadhibou est le centre d'exportation du congelé et du réfrigéré.

2 : Composition chimique

La composition chimique du poisson varie considérablement d'une espèce et d'un individu à l'autre selon l'âge, le sexe, l'environnement et la saison.

Le Tableau ci-dessous montre une variation normale et substantielle dans les composants des muscles du poisson. Les valeurs maximales et minimales indiquées sont plutôt extrêmes et rarement atteintes.

Tableau I : Principaux composants (en pourcentage) des muscles de poisson.

Constituants	Poisson (filet)		
	Minimum	Intervalle normal	Maximum
Protéines	6	16-21	28
Lipides	0,1	0,2-25	67
Hydrates de carbone		<0,5	
Cendres	0,4	1,2-1,5	1,5
Eau	28	66-81	96

Source : Stansby, 1962, Love, 19

Tableau II : Composition chimique des filets de diverses espèces de poissons

Espèce	Nom scientifique	Eau (%)	Lipides (%)	Protéines (%)	Valeur énergique (KJ/100g)
Merlan bleu*	<i>Micromesistius poutassou</i>	79-80	1,9-3,0	13,8-15,9	
Cabillaud*	<i>Gadus morhua</i>	78-83	0,1-0,9	15,0-19,0	314-388
Anguille*	<i>Anguilla anguilla</i>	60-71	8,0-31,0	14,4	295-332
Hareng*	<i>Clupea harengus</i>	60-80	0,4-22,0	16,0-19,0	
Saumon*	<i>Salmo salar</i>	67-77	0,3-14,0	21,5	
Truite*	<i>Salmo trutta</i>	70-79	1,2-10,8	18,8-19,1	
Thon*	<i>Thunnus sp</i>	71	4,1	25,2	581
Langoustine*	<i>Nephrops norvegicus</i>	77	0,6-2,0	19,5	369
Sardinelle**	<i>Sardinella aurita</i>	70,5(68,0 - 75,5)	5,3(1,7 - 9,8)	2,2(1,8 - 2,6)	5,3(1,7 - 9,8)
Sardine ***	<i>Sardina pilchardus</i>	74,3	2,4	20,25	

Sources: * Murray et Burt (1969), ** ITA Dakar sénégal *** Bouayad 1979 ; Ababouch et al. (1991)

2.1 : Les lipides

Les lipides présents dans les espèces de poissons télesostéens peuvent être divisés en deux groupes principaux : les phospholipides et les triglycérides. Les phospholipides constituent la structure intégrale des membranes des unités cellulaires et sont de ce fait appelés souvent lipides structuraux. Les triglycérides sont des lipides utilisés pour entreposer l'énergie dans les dépôts de graisse, habituellement à l'intérieur de cellules grasses spéciales entourées d'une membrane de phospholipide et d'un réseau assez faible de collagène. On appelle souvent les triglycérides des graisses de dépôt.

Quelques poissons ont des cires sous forme d'esters faisant partie de leurs graisses de dépôt. Le muscle blanc d'un poisson maigre typique comme le cabillaud contient moins de 1% de lipides. Les phospholipides en constituent environ 90% (Ackman, 1980). Cette fraction phospholipidique du muscle de poisson maigre constitue environ 69% de phosphatidyl-choline, 19% de phosphatidyl-éthanolamine et 5% de phosphatidyl-sérine, en plus d'autres phospholipides présents en faibles quantités.

Les poissons peuvent être classés en espèces maigres ou grasses suivant la façon dont ils stockent les lipides pour l'énergie. Les poissons maigres utilisent le foie comme réservoir d'énergie tandis que les poissons gras répartissent leurs lipides dans les cellules grasses à travers tout leur corps.

Les lipides des poissons diffèrent des lipides des mammifères. La différence principale tient au fait que les lipides du poisson incluent jusqu'à 40% d'acides gras à longue chaîne (14 à 22 atomes de carbone) qui sont hautement insaturés. La graisse des mammifères contiendra rarement plus de deux doubles liaisons par molécule d'acide gras alors que les dépôts gras du poisson contiennent plusieurs acides gras avec cinq ou six doubles liaisons (Stansby et Hall, 1967).

Le pourcentage d'acides gras polyinsaturés ayant quatre, cinq ou six doubles liaisons est légèrement plus faible dans les acides gras polyinsaturés des lipides des poissons d'eau douce (environ 70%) que dans les lipides correspondants des poissons d'eau de mer (environ 88%) (Stansby et Hall, 1967). Cependant la composition des lipides n'est pas complètement fixe mais peut varier en fonction de l'alimentation et de la saison.

Dans l'alimentation humaine, certains acides gras tels que les acides linoléiques et linolénique sont considérés comme essentiels car l'organisme ne peut pas les synthétiser. Dans les poissons marins, ces acides gras constituent seulement environ 2% des lipides totaux, ce qui est un faible pourcentage comparé à plusieurs huiles végétales. Cependant les huiles de

poisson contiennent d'autres acides gras polyinsaturés qui sont "essentiels" pour prévenir les maladies de peau de la même façon que les acides linoléique et arachidonique.

2.2 : Les protéines

Les protéines des tissus musculaires du poisson peuvent être divisées en trois groupes:

Les protéines structurelles (actine, myosine, tropomyosine et actomyosine), qui constituent de 70 à 80% de la teneur totale en protéines (comparée à 40% chez les mammifères). Ces protéines sont solubles dans des solutions salines de force ionique relativement élevée (0,5M).

Les protéines sarcoplasmiques (myoalbumine, globuline et enzymes) qui sont solubles dans des solutions salines neutres de force ionique faible (< 0,15M). Cette fraction représente de 25 à 30% des protéines.

Les protéines du tissu conjonctif (collagène) qui constituent environ 3% des protéines chez les téléostéens et environ 10% chez les élastoméobranches (comparé à 17% chez les mammifères).

Les protéines structurelles constituent le système contractile responsable du mouvement des muscles. La composition en acides aminés est approximativement la même que pour les protéines correspondantes dans le muscle des mammifères bien que les propriétés physiques puissent être légèrement différentes. Le point iso-électrique (pI) se situe aux environs d'un pH de 4,5 à 5,5.

Les protéines du poisson renferment tous les acides aminés essentiels qui ont, comme les protéines du lait, des œufs et de la viande de mammifères, une très haute valeur biologique.

Tableau III : Pourcentage d'acides aminés essentiels de différentes protéines

Acide aminé	Poisson	Lait	Boeuf	Oeuf
Lysine	8,8	8,1	9,3	6,8
Tryptophane	1,0	1,6	1,1	1,9
Histidine	2,0	2,6	3,8	2,2
Phénylalanine	3,9	5,3	4,5	5,4
Leucine	8,4	10,2	8,2	8,4
Isoleucine	6,0	7,2	5,2	7,1
Thréonine	4,6	4,4	4,2	5,5
Méthionine-cystéine	4,0	4,3	2,9	3,3
Valine	6,0	7,6	5,0	8,1

Sources: Braekkan, 1976 ; Moustgaard, 1957

2.3 : Les extraits azotés

Les extraits azotés peuvent être définis comme étant des composés de nature non protéique, solubles dans l'eau, de poids moléculaires faibles et renfermant de l'azote. Cette fraction ANP ou NPN (Azote non protéique) constitue de 9 à 18% de l'azote dans les téléostéens. Les composants principaux de cette fraction sont : des bases volatiles telles que l'ammoniaque et l'oxyde de triméthylamine (OTMA), la créatine, les acides aminés libres, les bases nucléotides et bases puriques et, dans le cas des poissons cartilagineux, l'urée. L'OTMA donne le TMA au cours d'altération par une oxydation bactérienne. Ce composant se trouve dans toutes les espèces de poissons marins, à des taux variant de 1 à 5% du tissu musculaire (poids net) mais est pratiquement absent chez les poissons d'eau douce et les organismes terrestres (Anderson et Fellers, 1952; Hebard *et al.*, 1982).

2.4 : Les vitamines et les sels minéraux

La teneur en vitamines et sels minéraux est spécifique aux espèces et peut, de plus, varier selon la saison. En général, la chair du poisson est une bonne source de vitamines B et également, dans le cas des espèces grasses, de vitamines A et D.

En ce qui concerne les éléments minéraux, la chair du poisson est considérée comme une source appréciable de calcium et de phosphore en particulier mais également de fer, cuivre et sélénium. Les poissons d'eau de mer ont une forte teneur en iodé. Les tableaux IV et V donnent une liste des teneurs en vitamines et en éléments minéraux. A cause de la variation naturelle de ces éléments, il est impossible de donner des chiffres exacts.

Tableau IV : Vitamines du poisson

Poisson	A (UI/g)	D (UI/g)	B ₁ (thiamine) (mg/g)	B ₂ (riboflavine) (mg/g)	Niacine (mg/g)	Acide pantothenique (mg/g)	B ₆ (mg/g)
Filet de cabillaud	0-50	0	0,7	0,8	20	1,7	1,7
Filet de hareng	20-400	300-100	0,4	3,0	40	10	4,5
Huile de foie de morue	200-10000	20-300	---	¹ 3,4	¹ 15	¹ 4,3	---

1Foie entier.

Source: Murray et Burt, 1969.

Tableau V: Quelques minéraux présents dans le muscle du poisson

Elément	Moyenne (mg/100g)	Intervalle (mg/ 100g)
Sodium	72	30-134
Potassium	278	19-502
Calcium	79	19-881
Magnésium	38	4,5-452
Phosphore	190	68-550

Source: Murray et Brut, 1969

La teneur en carbohydrate du muscle de poisson est très faible, habituellement inférieure à 0,5%. Ceci est typique des muscles striés, où le carbohydrate se présente sous forme de glycogène et comme partie des composants chimiques des nucléotides. Ce dernier est la source de ribose libérée à la suite de changements autolytiques post mortem.

3 : LES DIFFERANTS TYPES DE CONSERVATION

L'homme a toujours cherché des moyens de conserver les denrées alimentaires pour assurer sa survie en période de disette. Aux premières et simples méthodes de conservation (le séchage), ont succédé les techniques de salaison, la conservation par le sucre (les confitures) et la fermentation (vin, fromage, ...). Au siècle dernier sont apparue la conservation par la chaleur et plus récemment par le froid avec le développement des installations frigorifiques. Ces différents procédés ont chacun leurs avantages en termes de qualité nutritionnelle.

3. 1 : La conservation par séchage

3. 1. 1 : La déshydratation

Dès la plus haute antiquité, des grains, des fruits, des viandes, des poissons ont été séchés au soleil. Plus tard le séchage a été effectué dans des fours. Aujourd'hui, les denrées sont déshydratées par différentes techniques : séchoirs à air chaud, rampe infrarouge, cylindres chauffants, fluidification (passage de gaz chauds à travers une grille plaque). Le but de la déshydratation est d'éliminer suffisamment d'eau du produit pour empêcher le développement de micro-organismes et bloquer l'activité enzymatique.

Les techniques actuelles de déshydratation permettent de conserver les qualités nutritionnelles des denrées alimentaires. Néanmoins les nutriments fragiles à la chaleur comme certaines vitamines peuvent être partiellement détruits.

3.1.2 : La lyophilisation

La lyophilisation autrefois appelée cryodessiccation, a été découverte par les physiciens français d'Arsonval et Bordas. Elle consiste en une congélation, une mise sous vide, puis une sublimation de la glace et une désorption de l'eau intracellulaire. Cette technique permet d'obtenir un produit sec en préservant sa forme, sa dimension, sa couleur ses caractères organoleptiques. Les nutriments, même les plus fragiles, sont bien conservés. La lyophilisation donne des produits de qualité se réhydratant correctement, mais reste d'un prix de revient élevé, et donc réservée à certaines applications comme le café soluble, certains potages instantanés et l'alimentation de personnes en conditions extrêmes (astronautes, alpinistes....).

3.1.3 : Le salage fumage

Autre procédé de conservation traditionnel, le salage fumage permet en diminuant l'activité de l'eau du produit, de freiner ou bloquer les développements microbiens. Ces sont essentiellement utilisées en charcuterie et pour la conservation de certaines espèces de poissons (saumons, harangs ...). Ces techniques sont aujourd'hui bien maîtrisées. Suivant le degré de salage et/ou de fumage, les produits se conservent à température ambiante (Jambon sec, harangs...), ou au froid positif (saumons fumés, jambons). Ces produits se conservent quelques semaines à plusieurs mois. Les protéines, les glucides et les lipides peuvent être modifiés par la maturation engendrée par ces techniques (M. BITON)

.3.2 : La conservation par chaleur

Cette méthode de conservation consiste à détruire par la chaleur des micro-organismes contenus dans les denrées alimentaires, et à conditionner ces dernières dans un emballage étanche pour éviter les recontaminations microbiennes ultérieures.

3.2.1 : La pasteurisation

Elle porte les produits traités à des températures entre +70 et +100°C, afin de détruire les flores bactériennes thermosensibles. Les produits pasteurisés sont de bonnes qualités organoleptiques. Les macro-nutriments sont bien conservés ainsi que les vitamines. Néanmoins, en raison de la présence d'une flore résiduelle, les produits pasteurisés doivent être conservés au froid positif (entre +3 et +6°C), ce qui limite leur développement et leur utilisation (respect de la chaîne du froid et durée de vie courte).

3.2.2 : L'appertisation

Cette technique découverte par Nicolas APPERT vers 1810, porte les produits à plus haute température (+115 à +140°C) que la pasteurisation. Elle détruit toutes les flores bactériennes, permettant ainsi une conservation à température ambiante et une durée de vie longue. Les produits appertisés sont conditionnés en boîtes métalliques ou en bocaux de verre pour les conserves appertisées classiques, en barquettes et brique pour les produits les plus récents.

3.3 : La conservation au froid

La conservation au froid, pratique très ancienne, s'est répandue au début du XXème siècle avec le développement des techniques de production du froid artificiel. On distingue la réfrigération et la congélation/surgélation.

3.3.1 : Réfrigération

La réfrigération est un stockage des aliments, par catégories, dans un réfrigérateur ou une chambre froide, pendant quelques jours (la durée est très variable suivant les aliments). La température de réfrigération doit être comprise entre 0 et +8°C selon le type de produits. Elle concerne les produits frais et les semi conserves.

3.3.2 : Congélation

La congélation des aliments nécessite un abaissement de la température, moins rapide que lors d'une surgélation, entre -10 et -20°C selon les produits. Elle présente les mêmes caractéristiques que la surgélation mais nécessite moins d'énergie pour y aboutir. Ces modes de conservation aujourd'hui très répandus dans les pays développés pour leurs commodité et la grande variété de produits (fruits, légumes, viandes, poissons, plats cuisinés, produits de la boulangerie et de la pâtisserie...), impliquent un strict **respect de la chaîne du froid** à -18°C de la fabrication au consommateur entraînant un coût d'entreposage non négligeable.

3.3.3 : Surgélation

La surgélation consiste à abaisser très rapidement la température d'une denrée à une température très basse pour bloquer l'activité microbienne. Cet abaissement rapide à -40°C dans des cellules de refroidissement ou des surgélateurs permet de garder par la formation de très petits cristaux de glace, la structure cellulaire des produits. Les produits surgelés peuvent se conserver à -18°C pendant plusieurs mois (voire une année) sans modification notable des nutriments.

Toutefois, pour certaines denrées, la présence d'une activité enzymatique peut entraîner des rancissements de matières grasses au stockage.

Le tableau suivant montre les avantages et les inconvénients respectifs de la réfrigération et de la congélation

Tableau VI: comparaison entre la congélation et la réfrigération

Réfrigération	Congélation
Stockage de courte durée (au maximum un mois pour certaines espèces, quelques jours seulement pour d'autres)	Stockage de longue durée (un an ou plus pour certaines espèces)
Température de stockage: 0 °C	Température de stockage très basse, par exemple -30 °C
Coût relativement faible	Coût assez élevé
Le produit conserve l'apparence du poisson frais	Si la congélation est mal faite, la qualité peut sérieusement s'en ressentir
Technologie relativement simple	Technologie relativement complexe
Technologie peu spécialisée	Exige de grandes compétences
Équipements portables	Installations généralement fixes

3.4 : Production du froid de conservation (Dispositif expérimental du CRAER)

L'installation du CRAER est un système hybride (SH) de production d'électricité (photovoltaïque -éolien diesel) de puissance 5,7kW. Il est adapté aux sites isolés et alimente différentes charges électriques. Les charges essentielles sont les suivantes : un système d'éclairage, un parc d'ordinateurs connectés à l'internet, une unité de froid constituée d'un congélateur et d'un réfrigérateur de faibles consommation, une unité de dessalement d'eau par osmose inverse, deux climatiseurs split et d'autres équipements annexes. L'installation pilote du CRAER se compose des éléments suivants:

1- Aérogénérateurs (1,5 et 3 kW): à production éolienne est assurée par deux aérogénérateurs (photo2) de type Bornay Inclin de puissance nominale respective 3kW et 1,5kW, avec une tension de sortie de 48V pour les deux.

Ces aérogénérateurs fonctionnent dans un réseau appelé système hybride. Donc les aérogénérateurs contribuent à la fois à la couverture de la charge et au stockage du surplus d'énergie dans les batteries.

2- Panneaux solaires photovoltaïques (1,2 kW):

Le générateur photovoltaïque est constitué de 16 panneaux solaires (photo2) à inclinaisons changeables mis en série et en parallèle pour donner une tension nominale de 48V et un courant nominal de 17,6A.

3- Groupe électrogène secours (3,2 kW):

Le groupe électrogène secours du CRAER a peu fonctionné. Son fonctionnement est essentiellement lié à l'exploitation de l'unité de dessalement d'eau par osmose inverse.

4- Convertisseur (onduleur) 48Vcc/220Vac:

La charge du CRAER fonctionne en courant alternatif 220 V, c'est pour quoi l'utilisation d'un onduleur qui convertit le courant continu en courant alternatif est indispensable. Celui utilisé au CRAER est de type **onduleur/chargeur SW** permettant de trouver un signal sinus pur. Ses caractéristiques sont les suivantes : 48V CC/220V CA ; puissance nominale 4,5 kW. La photo suivante montre l'onduleur utilisé.

5- Congélateur et réfrigérateur (90 et 100 W) :

Permet de stocker les denrées alimentaires à des températures basses, entre 0 et 6 °C pour le réfrigérateur et entre 0 et -18°C pour le congélateur.

6- Système de stockage d'électricité de 24 batteries de 1440 Ah.

7- Système d'acquisition de données : 33 paramètres dont les données climatiques : vitesse du vent, rayonnement solaire global, température ambiante) ;

Tableau de contrôle

Un tableau de contrôle permet d'obtenir plusieurs scénarios de fonctionnement différents Pour la production d'électricité :

- Le sous-système photovoltaïque assure seul la production (aérogénérateurs et groupe électrogène déconnectés) ;
- Le sous-système éolien assure seul la production (panneaux photovoltaïques et groupe électrogène déconnectés) ;
- Le groupe électrogène assure seul la production (aérogénérateurs et panneaux photovoltaïques déconnectés) ;
- Les sous-systèmes éolien et photovoltaïque fonctionnent simultanément (groupe à l'arrêt) ;
- L'ensemble du système de production fonctionne;
- L'adjonction d'un convertisseur au système permet par ailleurs de faire des études sur différentes charges en 220V alternatif (plusieurs modes possibles de connections de charges).

- La configuration étudiée correspond au sous-système éolien qui assure seul la production (panneaux photovoltaïques déconnectés) ;



Photo2: Système de production et de stockage du CRAER (Aérogénérateurs, photovoltaïques et batteries).

4 : Action du froid sur la composition du poisson

4.1: Action du froid positif sur la composition du poisson

Pendant la conservation du poisson au froid positif, la protéolyse et peu important s'il n'y a pas de contamination, la solubilité des protéines diminue progressivement en même temps que les activités ATPasiques.

Parmi les constituants NPN les teneurs en ATP et IMP diminuent celle en inosine et hypoxanthine augmentent; parmi les amines volatiles, la teneur en DMA et surtout celle en ATP augmentent tandis que TMAO diminue. La teneur en azote basique volatile (ABVT) souvent utilisée pour mesurer la qualité augmente (voir tableau IX). Parmi les amines non volatiles, l'histamine augmente de manière importante que la Cadavérine (voir tableau VII et VIII).

Quand aux amines acides libres leur teneur augmente par la protéolyse mais diminue du fait de la lixiviation et varie selon la nature des muscles (à chair blanche ou sombre); les amines acides soufrés donnent naissance à des sulfures volatils responsables des mauvaises odeurs. L'altération des lipides se manifeste par une augmentation de la teneur en acide gras libres: les huiles de poissons les plus insaturées rancissent le plus vite. La diminution rapide de la glycogénolyse est due à une destruction progressive des cofacteurs essentiels de l'activité enzymatique.

L'importance de l'évolution de tous ces constituants varie avec les espèces, leur contamination initiale, leur état physiologique (et donc la saison de pêche).

Tableau VII: Teneurs en amines non volatiles du maquereau conservé à +1°C (en mg %g)

	Jours								
	0	3	7	10	14	17	21	24	28
Putrescine	0.05	0.8	0.26	0.43	1.13	2.20	2.91	7.06	8.92
Histamine	0.01	0.41	2.16	2.37	5.25	12.04	32.44	52.14	57.94
Cadavérine	0.01	0.31	1.22	2.06	4.73	10.29	15.79	35.50	43.08
Spermidine	0.30	0.07	0.08	0.39	0.47	0.35	0.31	0.47	0.31
Spermine	0.37	0.12	0.09	0.56	0.57	0.43	0.41	0.40	0.55

RITCHIE A.H et al

Tableau VIII: Teneurs en amines non volatiles du hareng conservé à +1°C (en mg %g)

Acides aminés	Jours					
	0	3	7	10	14	17
Putrescine	0.32	1.09	0.98	1.94	3.02	5.88
Histamine	0.08	0.12	5.82	11.37	14.78	34.78
Cadavérine	0.53	2.32	5.81	11.57	14.78	34.78
Spermidine	0.49	0.46	0.24	0.46	0.16	2.48
Spermine	1.18	1.26	0.57	1.47

RITCHIE A.H et al

Tableau IX: Evolution des teneurs en amines volatiles du poisson au froid positif.

Espèces	Température (en °C)	Durée d'entreposage (en jours)	Teneurs en amines volatiles en mgN/100g)			Références
			TMAO	TMA	DMA	
hareng (<i>Clupea harengus</i>) 1	glace à 0°C EMR à 0 °C	0	55 ; 78 ; 37	0,3 ; 0,4 ; 0 5		SMITH J.G.M Et al. (1980)
		6 ou 7	35 ; 59 ; 27	0,6 ; 1,6 ; 1,7		
		12 ou 13	3,5 ; 44 ; -	29 ; 13,4 ; -		
	EMR à 0 °C	0	55 ; 78 ; 37	0,3 ; 0,4 ; 0,9		
		6 ou 12	30 ; 24 ; 25	6 ; 11 ; 1,4		
		12 ou 13	15 ; 9 ; -	6 ; 11 ; 1,4		
merlan bleu (<i>Micomesistius poutassou</i>) 2	glace à 0°C poisson entier	0		0,2 ; 0,1		SMITH J.G..M.et al. (1980)
		7		0,8 ; 1,2		
		11		5 ; 12,5		
	poisson éviscéré	0		0,2 ; 0,1		
		7		0,2 ; 3		
		11		2,5 ; 15,2		
	EMR à + 1°C poisson entier	0		0,2 ; 0,1		
		7		2 ; 3,8		
		11		12 ; 23,5		
	Poisson éviscéré	0		0,2 ; 0,1		
		7		4 ; 1		
		11		18 ; 18		
Chinchard (<i>Trachurus trachurus</i>)	Glace à 0°C ou EMR renouvelée	0		1,4	1,1	SMITH J.G..M. et al. (1980)
		7		2,1	-	
		12		3,4	2	
Lieud'alaska (<i>Theragra chalcigrama</i>)	Glace EMR	0	61,12	0,20	0,8	
		4	61,4	0,27	0,91	
		6	59,	0,70	1,48	
		0	61,2 60,7	0,20	0,83	
		4	55,1	1,24	1,09	
		6		4,28	2,20	
crevettes	glace à 0°C	0		0,1		BHOME A.M. et al (1986)
		15		2,9		
Queue de crevettes	Glace à 0°C	0		1,3		CHANG O. et al (1983)
		8		2,6		
		10		3		
		13		3		

- 1) Le 1^{er} chiffre en novembre, le 2^{ème} chiffre en février, le 3^{ème} chiffre en juillet.
- 2) Le 1^{er} chiffre en février et la 2^{ème} en avril.

4.2: Action du froid négatif sur la composition du poisson

L'abaissement de la température de conservation au dessous de 0°C favorable au maintien de la qualité a pourtant quelque désavantage. Le changement de l'eau en glace modifie l'équilibre physicochimique des constituants et par là, déhydrate les tissus.

La déshydratation augmente la concentration en solutés de la phase liquide, change son pH, et abaisse son activité de l'eau (A_w) comme suit :

t°	-5	-10	-15	-18	-20	-25	-30	-40	-50
A_w	0.95	0.90	0.86	0.84	0.82	0.78	0.75	0.68	0.62

Les effets du froid négatif se manifestent physiquement par des altérations mécaniques : rupture de membranes cellulaires, cisaillements, perforations provoquant la libération de constituants, d'enzymes responsables eux même d'altérations chimique et biochimique.

La déshydratation modifie le potentiel redox et entraîne la précipitation de certains électrolytes d'où rupture de l'effet tampon avec risque de déstabilisations de l'état colloïdal, coagulation, précipitation, dénaturation des protéines - protéine ou protéine – lipide, oxydation et lipolyse des lipides. Ces réactions, le plus souvent irréversibles, se manifestent pendant toute la durée de séjour au froid négatif. Elles se traduisent à la consommation par une modification de la texture, de l'aspect, de la flaveur qui aboutit à une diminution de la succulence.

4.2.1 : La dénaturation des protéines

La solubilité en solution saline est l'une des méthodes d'estimation de la dénaturation des protéines myofibrillaires. Leur solubilité diminue en fonction de la durée de l'entreposage à l'état congelé.

Les protéines sarcoplasmiques hydrosolubles sont moins facilement dénaturées par le froid négatif ; leur activité enzymatique diminue. La myoglobine des muscles rouges s'oxyde en metmyoglobine (brunissement du muscle).

Les protéines extracellulaires (tissu conjonctif) dénaturées provoquent le clivage des myotomes des muscles, défaut d'autant plus que le séjour sur glace a été plus long avant congélation.

Les sels minéraux, par leur concentration accrue dans la phase liquide résiduelle des muscles congelés (donc à force ionique élevée) et par leur nature (diversifiant les point d'eutexie de cette même phase) participant à la dénaturation des protéines et à la variabilité de son importance.

4.2.2 : Évolution des matières azotées non protéiques

Pendant l'entreposage du poisson à l'état congelé:

- Les teneurs en diméthylamine (DMA) (provenant de réduction, déméthylation de TMAO) et de formaldéhyde (HCHO) augmentent surtout chez les Gadidae et les Elasmobranches, peu chez d'autre espèces. L'augmentation est plus faible aux températures les plus basses. la formation enzymatique de HCHO encore mal élucidée, est sous la dépendance de deux co-facteurs (Flavine-NADH et F^{+2} ou F^{+3} avec agent réducteur); eux mêmes inhibés ou indifférent à la présence d'oxygène.
- le formaldéhyde accélère la dénaturation des protéines en réagissant avec plusieurs groupes latéraux de leurs molécules. Il provoque une polymérisation et la formation d'un réseau tridimensionnel de liaisons intermoléculaires. Ces réactions dépendent de la force ionique de la phase liquide: une force élevée tend à dissocier ces liaisons. La production de HCHO est accélérée et plus élevé dans la préparation de chair hanchée.
- Les aminoacides libres (AAL) chargés positivement (histidine, lysine), par rapport aux molécules des protéines myofibrillaires, favorisent leur agrégation. Les AAL à charge électrostatique nulle (proline, alanine) ont peu d'effet, ceux chargés négativement (acide glutamique, glycine) empêchent la dénaturation.
- La dégradation des nucléotides suit des processus ATP... ADP ... IMP.... Inosine(HxR)... Hypoxanthina (Hx). À -10°C, Les désaminases sont actives, à -30°C, il y a encore une activité de déphosphorilation. L'augmentation des teneurs en HxR et Hx sont en concordance avec la dénaturation des protéines. l'augmentation de la valeur K (indice de fraîcheur) est une bonne indication de la dégradation de nucléotides.

Les matières azotées non protéiques (NPN) évoluent déjà à l'état frais et pendant l'entreposage au froid positif préalable à la congélation. On estime que la teneur en azote aminé peut atteindre 5 fois la teneur initiale après 4 mois d'entreposage à l'état congelé. Cette augmentation est due à la protéolyse enzymatique qui se poursuit au ralenti mais aussi à d'autres transformations. La teneur en NH3 d'abord multipliée par 2 ou 3, diminue au delà de 4 mois à l'état congelé.

L'oxydation de triméthylamin 'TMA), aux températures voisines de 0°C, est réduite par une TMAO réductase en triméthylamine (TMA).

4.2.3 : Action sur les lipides

Pendant l'entreposage du poisson à l'état congelé:

- L'hydrolyse des lipides concerne les phospholipides (PL) plus que les lipides neutres (LN). Les acides gras libres (AGL) résultants proviennent en grande partie des glycérophosphates (Céphaline, Lécithine....) en passant par des produits intermédiaires : les lyso-formes (Lyso-phosphatidyle-choline, Lyso-phosphatidyle-éthanol-amine). La lipolyse est moins active aux températures les plus basses et progresse à des vitesses variables en fonction de la durée d'entreposage; elle est moins importante dans les poissons gras.
- L'oxydation des lipides est d'autant plus rapide que leur teneur en acide gras insaturé est élevé. Les graisses de la peau et sous cutanées (facilement accessible à l'O₂ de l'air) sur les plus exposées. L'oxydation des muscles rouges est plus rapide que celle des muscles blancs; les poissons gras y sont plus sensibles que les maigres. La déshydratation concomitante à la congélation, les températures négatives élevées de l'entreposage et une longue durée de conservation sont des facteurs d'augmentation du taux d'oxydation.
- Le rancissement résulte de ces processus ; il se manifeste par des mauvaises odeurs et flaveurs. Le phénomène dépend des mêmes facteurs que l'oxydation des lipides.
- La corrélation entre la formation des AGL et la dénaturation des protéines est une relation complexe suggérant plusieurs hypothèses. A l'inverse des AGL, les LN (triglycérides) protégeraient de la dénaturation des protéines.

En conclusion, plus la durée d'entreposage est longue, plus la température doit être basse; -20°C pour les poissons maigres, -30 °C pour les poissons gras.

4.2.4 : Action du froid négatif sur les glucides

La vitesse de la glycolyse augmente pendant la congélation puis elle diminue progressivement pendant l'entreposage aux températures négatives (surtout aux plus basses).

La glycolyse, active dès la capture du poisson se poursuit au températures inférieurs à 0°C. L'activité globale des enzymes impliquées est forte pendant la congélation elle-même, puis elle diminue graduellement au cours de l'entreposage à l'état congelé. Ainsi dans les muscles

d'Agglefn la décomposition du glycogène et l'assimilation de l'acide lactique, maximale entre -3.2 et -3.5 °C est encore significative à -10 °C. Dans les muscles de Morue et de Lingue conservés à -14°C, à -20°C ou à -30°C. On note une augmentation de la teneur en adénosine - 5-triphosphate au début de l'entreposage. L'évolution des teneurs en hexose -phosphates immédiatement après la capture et lors de la congélation influe sur les teneurs dans le produit congelé. Lors d'une congélation de morue pré-rigor, la teneur en G 1-P (glucose 1-phosphate) a diminué après deux semaines à -29°C. La glycolyse se poursuit de plus en plus lentement selon que la température s'abaisse de -14°C à -29°C. La teneur G 6P suit la même évolution mais avec plus d'ampleur. Le fructose monophosphate a disparu après deux semaine (à -14°C et à -29°C). La teneur en F -1-6-P n'est que peu ou pas modifiée au cours de l'entreposage parce que la diminution a lieu avant congélation ou au tout début du séjour au froid négatif. Par phospholyse, l'inosine se décompose en hypoxanthine et en ribose -1-phosphate ; la vitesse de réaction est trois fois moindre à -20°C qu'à -14°C. Les teneurs en lactate augmentent nettement à -29 °C pendant 4 à 16 semaines, puis très lentement. La décongélation provoque une glycolyse rapide (Marcel SAINCLIVIER)..

5 : Altération des poissons conservés

Le poisson frais est un aliment très périssable. Sa détérioration progresse rapidement après sa capture. Sous les températures ambiantes, le poisson s'altère en moins de 12 heures. Cependant, de bonnes techniques de pêche (qui abîment très peu le poisson) et la réfrigération, permettent de prolonger la durée de conservation du poisson frais.

5.1: Facteurs d'altération du poisson

Les principaux facteurs qui influencent le taux d'altération du poisson sont:

5.1.1: La température

Il est bien connu que les températures élevées accélèrent la dégradation du poisson qui est au contraire ralenti à basse température. En conséquence, si le poisson frais est conservé à faible température, la déperdition de qualité est lente. Plus vite on atteint une basse température lors de la réfrigération du poisson, plus on inhibe efficacement le phénomène d'altération. En règle générale, la vitesse à laquelle un poisson se dégrade quand il est conservé sous glace (0 °C) est utilisée comme base de comparaison pour déterminer la durée de conservation à différentes températures de stockage. Le rapport entre la durée de conservation du poisson à 0 °C et à une température t °C est appelé taux relatif d'altération à la température t °C; il est défini comme suit:

Taux relatif d'altération à la température t °C est égal à

$$\text{Durée de la conservation à } 0 \text{ °C} / \text{Durée de la conservation à } t \text{ °C}$$

5.1.2: Les dommages physiques

Du fait de sa finesse, la chair du poisson s'abîme facilement; de ce fait, toute meurtrissure ou manipulation brutale favorise la contamination bactérienne et la production d'enzymes, ce qui accélère le taux d'altération. En outre, si l'on ne manipule pas le poisson avec soin, on risque de crever les intestins et d'en répandre le contenu dans la chair du poisson (Michael Shawyer et Avilio F. Medina Pizzali).

5.1.3: Les facteurs intrinsèques

Les facteurs intrinsèques ayant une incidence sur le taux d'altération du poisson réfrigéré font l'objet du Tableau suivant :

Tableau X: Facteurs intrinsèques ayant une incidence sur le taux d'altération du poisson réfrigéré

Facteurs intrinsèques	Taux relatif d'altération du poisson conservé dans la glace	
	Taux faible	Taux rapide
Forme	Poisson plat	Poisson entier
Taille	Gros poisson	Petit poisson
Teneur en matières grasses	Espèce maigre	Poisson gras
Caractéristiques de la peau	Peau épaisse	Peau fine

Source: FAO, 1995 a.L

5.2: Les phases d'altération

Le tableau XI : montre Les quatre phases de l'altération du poisson

Phase I (Altérations autolytiques principalement dues à l'action enzymatique)	Juste après sa capture, le poisson est très frais et a un goût fin, doux et évocateur des algues. La détérioration est minime et se limite à une faible perte de goût et de l'odeur caractéristique. Chez certaines espèces tropicales, cette période peut durer 1 à 2 jours ou plus.	
Phase II (Altérations autolytiques principalement dues à l'action enzymatique)	Le poisson perd nettement son odeur et son goût naturel. La chair est neutre et ne sent pas mauvais, la texture reste agréable	
Phase III (Altérations bactériologiques principalement causées par les bactéries)	Le poisson commence à montrer des signes d'altération. Il a une odeur complètement anormale qui va du rance au pourri. La texture s'est beaucoup détériorée, et la chair est devenue molle et aqueuse, ou au contraire dure et sèche.	
Phase IV (Altérations bactériologiques principalement causées par les bactéries)	Le poisson est avarié, putride et impropre à la consommation.	

Source: FAO, 1995a.

5.3: Les signes d'altération

L'altération des poissons leur donne un mauvais goût et une odeur désagréable (d'acide, de pourri, de moisi, etc.) et transmet des germes pathogènes.

Les caractéristiques du poisson avarié par rapport au poisson frais sont les suivantes :

- Une odeur forte
- Des branchies rouge foncé et visqueuses, au lieu de branchies rouge vif
- Une chair molle avec traces de sang de couleur brune, au lieu de chair ferme avec sang rouge
- Des pupilles rouges laiteuses, au lieu de pupilles claires (Brigitte Maas-Can Berkel).

5.4: Changement post mortem dans le poisson

Changements sensoriels

Les changements sensoriels sont ceux perçus par les sens, c'est-à-dire: apparence, odeur, texture et goût.

Altérations autolytiques

Autolyse signifie "autodigestion". Il a été établi, depuis de nombreuses années, qu'il existe au moins deux types d'altération du poisson : bactérienne et enzymatique. Uchayama et Ehira (1974) ont montré que dans le cabillaud et l'albacore, les changements enzymatiques affectant la fraîcheur du poisson précédaient les changements de qualité microbiologique et étaient sans rapport avec ceux-ci. Dans certaines espèces (encornets, harengs), les altérations enzymatiques précèdent et par conséquent dominent la détérioration du poisson réfrigéré. Chez d'autres espèces, l'autolyse contribue, à des degrés différents, à l'altération de la qualité et s'ajoute au processus de dégradation microbienne.

Changements bactériologiques

Les micro-organismes se trouvent sur toute la surface externe (peau et branchies) et dans les intestins des poissons vivants et fraîchement pêchés. Le nombre varie énormément allant de 10^2 à 10^7 UFC (unités formant colonies)/cm² de surface de peau (Liston, 1980) et de 10^3 à 10^9 UFC/g de branchies ou d'intestins (Shewan, 1962).

Ces bactéries sont capables de transformer des substances chimiques naturelles du poisson à des autres produits rendant le poisson impropre à la consommation par des fortes odeurs qui indiquent l'altération du poisson voir tableau XII.

Tableau XII : Substrat et composés responsables d'odeurs et goûts désagréables produits par les bactéries pendant l'altération du poisson.

Substrat	Composés produits par action bactérienne
OTMA	TMA
Cystéine	H ₂ S
Méthionine	CH ₃ SH, (CH ₃) ₂ S
Carbohydrates et lactate	acétate, CO ₂ , H ₂ O
Inosine, IMP	hypoxanthine
Amino-acides (glycine, sérine, leucine)	esters, cétones, aldehydes
Amino-acides, urée	NH ₃

Oxydation et hydrolyse des lipides

Les deux réactions distinctes impliquant les lipides du poisson et d'intérêt pour l'altération de sa qualité sont l'oxydation et l'hydrolyse.

Il en résulte la production d'une série de substances dont certaines ont une odeur et un goût désagréables. Certaines peuvent également modifier la texture par des liaisons covalentes avec les protéines des muscles du poisson.

Les poissons gras sont évidemment très sensibles à la dégradation des lipides, ce qui peut créer de sérieux problèmes de qualité, même à des températures de conservation inférieures à 0°C.

6: Méthodes d'évaluation de la qualité des poissons conservés

La plupart du temps le mot "qualité" se réfère à l'aspect esthétique et à la fraîcheur ou au degré d'altération que le poisson a subi. Il peut aussi comprendre des aspects de sécurité tels que l'absence de bactéries et parasites pathogènes ou produits chimiques toxiques. Les méthodes d'évaluation de la qualité du poisson frais se divisent en deux catégories: sensorielles et instrumentales. Le consommateur étant, en fait, le juge final de la qualité, la plupart des méthodes chimiques et instrumentales doivent être en accord avec l'évaluation sensorielle avant d'être utilisées en laboratoire. Les méthodes sensorielles doivent cependant être appliquées scientifiquement, dans des conditions soigneusement contrôlées, pour que les effets de l'environnement sur les essais, les partis pris personnels etc. puissent être réduits.

6.1 : Méthodes sensorielles

L'évaluation sensorielle est définie comme la discipline scientifique utilisée pour évoquer, mesurer, analyser et interpréter les réactions aux caractéristiques des aliments perçues par les sens: la vue, l'odeur, le goût, le toucher et l'ouïe.

La plupart des caractéristiques sensorielles peuvent seulement être mesurées de manière subjective par les humains. On a cependant fait des progrès dans le développement d'instruments qui peuvent mesurer des changements particuliers de qualité.

Les instruments capables de mesurer des paramètres faisant partie du profil sensoriel sont l'Instron, le Rhéomètre Bohlin pour mesurer la texture et d'autres propriétés rhéologiques. Des méthodes microscopiques associées aux analyses d'images sont utilisées pour vérifier les changements structurels et le "nez artificiel" pour évaluer le profil d'odeurs (Nanto *et al.* 1993).

6.2 : Méthodes microbiologiques

Le but des examens microbiologiques des produits de la pêche est d'évaluer la présence possible de bactéries ou d'organismes pouvant avoir des conséquences sur la santé publique et de donner une idée de la qualité hygiénique du poisson incluant la rupture de la chaîne du froid et l'hygiène au cours de la manutention et du traitement. Les données microbiologiques ne fournissent pas en général d'informations sur l'appétence ou la fraîcheur. Les examens bactériologiques traditionnels sont complexes, longs, coûteux et requièrent des compétences pour leur exécution et l'interprétation des résultats.

Des méthodes microbiologiques variées et rapides ont été mises au point cette dernière décade et certaines de ces procédures automatisées peuvent être utiles pour analyser un grand nombre d'échantillons.

6.3 : Méthodes biochimiques et chimiques

Les méthodes biochimiques et chimiques pour l'évaluation de la qualité des produits de la mer présentent l'intérêt de pouvoir établir des normes quantitatives. L'établissement de seuils de tolérance des indicateurs chimiques d'altération élimine le besoin de fonder les décisions concernant la qualité des produits sur des opinions personnelles. Naturellement, dans la plupart des cas, les méthodes sensorielles sont utiles pour identifier la bonne ou mauvaise qualité des produits.

C'est pourquoi les méthodes biochimiques/chimiques peuvent être mieux utilisées pour résoudre les problèmes au sujet de produits de qualité douteuse. De plus, les indicateurs biochimiques/chimiques sont utilisés en remplacement des méthodes microbiologiques plus lentes. Les procédures les plus utiles pour mesurer objectivement la qualité des poissons (d'après Woyewoda *et al.* (1986) sont :

6.3.1: Amines – Azote basiques volatiles totales

Le dosage des amines basiques volatiles totales (ABVT), encore appelé azote basique volatil total) est un dosage largement utilisé pour évaluer la qualité des produits de la mer. C'est un terme général qui comprend la détermination de la triméthylamine (produite par les bactéries d'altération), la diméthylamine (produite par les enzymes autolytiques pendant le stockage du poisson congelé), l'ammoniac (produite par la désamination des acides aminés et des catabolites de nucléotides) et d'autres composés azotés volatils basiques associés à l'altération des produits de la mer.

L'azote basique volatil augmente peu pendant la conservation et semble même diminuer par évaporation aux températures les plus basses.

Pour les sardines, sardinelles et les maquereaux L'ABVT/N a été proposé comme base d'une échelle de classement de qualité (J. PANTALEON et R. ROSSIT):

- bonne qualité: moins de 50mg/100g
- qualité commercialement courante: 50 à 60 mg/100g
- qualité médiocre: 60 à 70 mg/100g
- taux limite: 70 mg/100 g

6.3.2 : Ammoniac

L'ammoniac est formé par la dégradation bactérienne ou désamination des protéines, peptides et acides aminés. Elle est produite aussi pendant l'altération autolytique de l'adénosine monophosphate (Figure 3) dans les produits de la mer glacés. Bien que l'ammoniac ait été détecté comme composant volatil dans de nombreux poissons altérés, L'ammoniac pourrait donc être utilisé comme un indicateur objectif de qualité pour les poissons qui se dégradent autolytiquement plutôt qu'essentiellement par altération bactérienne.

L'ammoniac s'est révélé être un excellent indicateur de la qualité des encornets (LeBlanc et Gill, 1984) qui représentait une part importante de l'ABVT dans les encornets rouges nordiques glacés.

6.3.3 : Triméthylamine (TMA)

La triméthylamine est une amine volatile à odeur forte souvent associée à l'odeur typique "douteuse" de produit de la mer qui se dégrade. Sa présence dans le poisson en cours d'altération est due à la réduction bactérienne de l'oxyde de triméthylamine (OTMA) qui est naturellement présent dans le tissu vivant de plusieurs espèces de poissons marins.

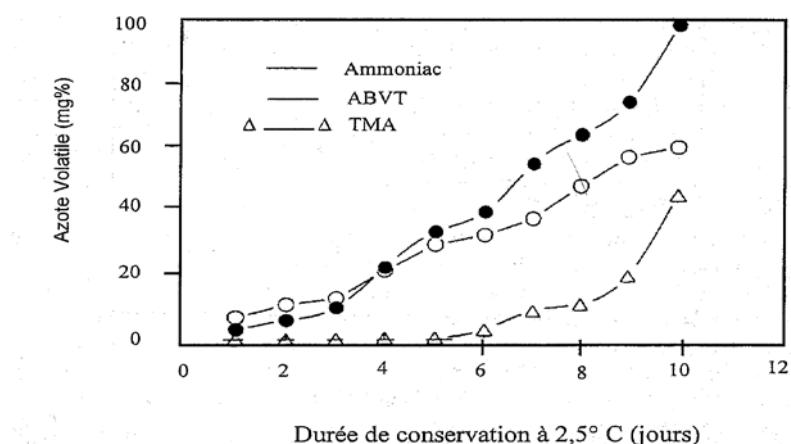
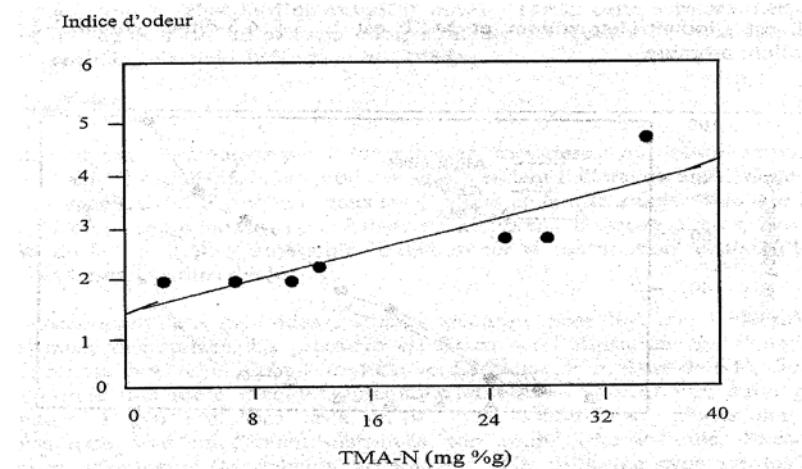


Figure 3 : Effet de la durée de stockage sur la production d'ammoniac, ABVT et TMA dans l'encornet rouge nordique (*Illex illecebrosus*), adapté de Gill (1990)



La Figure 4 : illustre la relation entre l'odeur et le niveau de TMA pour le cabillaud glacé. Le coefficient linéaire de détermination était statistiquement significatif au niveau de risque $P = 0,05$.

6.3.4 : Diméthylamine (DMA)

Certains types de poisson contiennent une enzyme, l'OTMA diméthylase (OTMA-ase), qui transforme l'OTMA en quantités équimolaires de DMA et de formaldéhyde (FA). Ainsi pour la famille des cabillauds (gadidés), la DMA est produite en même temps que le FA au cours du stockage à l'état congelé avec accompagnement du durcissement des protéines induit par le FA. Le taux de dénaturation des protéines est approximativement proportionnel à la quantité de FA/DMA produite, mais il est plus courant de surveiller la qualité des gadidés stockés à l'état congelé en mesurant la DMA plutôt que le FA.

6.3.5 : Mesures de la rancidité oxydative

Les acides gras hautement insaturés rencontrés dans les lipides du poisson sont très sensibles à l'oxydation. Les *produits d'oxydation primaire* sont les hydroperoxydes de lipides qui peuvent être détectés par des méthodes chimiques, généralement en utilisant leur potentiel d'oxydation pour oxyder des iodures en iodé ou pour oxyder le fer (II) en fer (III). La concentration en hydroperoxydes peut être déterminée par des méthodes titrimétriques ou des méthodes spectrophotométriques donnant l'indice de peroxyde (IP) en milliéquivalents (mEq) de peroxyde par kg de graisse extraite du poisson. Les méthodes de détermination de l'IP sont empiriques et les comparaisons entre IP sont seulement possibles pour des résultats obtenus en utilisant des méthodes identiques. Par exemple, la méthode au thyocyanate peut donner des valeurs de 1,5 à 2 fois supérieures à celles obtenues par la méthode de titrage d'iode (Barthel et Grosch, 1974).

Pour plusieurs raisons, l'interprétation de l'IP comme indice de qualité n'est pas fiable. D'abord, les hydro-peroxydes sont sans odeur et sans flaveur et donc l'IP n'est pas relié à la qualité sensorielle effective du produit analysé. L'indice de peroxyde peut cependant indiquer la possibilité de formation en phase finale d'oxydation des produits secondaires qui seront les indicateurs d'un processus d'auto oxydation. Ces produits comprennent les aldéhydes, les cétones, les acides gras à chaîne courte et d'autres éléments dont plusieurs ont des odeurs et des flaveurs très désagréables et qui, en combinaison, engendrent les caractères rances et douteux associés aux lipides de poisson.

MATERIEL ET METHODES

1: Echantillonnage et méthodologie de travail

L'échantillonnage se fait au port artisanal de Nouakchott. On se procure du poisson frais (sardinelles) dès le retour des pêcheurs artisanaux, de 11 à 13 heures ou bien de 16 à 19 heures. Les échantillons sont aussitôt acheminés au laboratoire pour analyses.

➤ **Analyses au frais:** Trois pièces de poissons sont aussitôt prisent aléatoirement et analysées :

- Trois fois pour la détermination de l'ABVT ;
- Quatre fois pour la teneur en protéine ;
- Trois fois pour l'extraction et dosage des indices de peroxyde et d'iode ;
- Trois fois pour la détermination de la teneur en eau ;

Les échantillons restants sont divisés en deux parties ; l'une conservée au congélateur à température négative et l'autre au réfrigérateur à température basse ((0 à 6°C)).

➤ **Analyses pendant la réfrigération:** Pendant la réfrigération (15 jours), on analyse, chaque quatre jours, trois pièces prisent aléatoirement parmi les poissons réfrigérés, en vue de la détermination des mêmes paramètres analysés.

➤ **Analyses pendant la congélation:** Les poissons congelés (un mois) subissent à leur tour les mêmes types d'analyses chaque semaine sur les trois pièces de poissons.

2: Les analyses

Les analyses réalisées sont :

- Dosage de l'azote basique volatil total (ABVT), principal indicateur d'altération des produits halieutiques
- Dosage des protéines
- Extraction des lipides
- Dosage des indices (peroxyde, iodé) qui donnent l'idée de l'oxydation et
- Détermination de teneur en eau

2.1 : Détermination de l'azote basique volatile totale (ABVT)

Le dosage de l'azote basique total (ABVT) est l'une des méthodes les plus anciennement utilisées pour apprécier l'altération du poisson. Elle permet de doser la teneur totale en azote des bases azotées volatiles (ammoniac, triméthylamine, diméthylamine,...) résultant de la dégradation des composés azotés du poisson lors de l'altération.

Plusieurs méthodes sont utilisées depuis 1933 pour le dosage de l'ABVT. Celles-ci consistent en une déparisionisation du muscle de l'échantillon, suivi de l'extraction des bases azotées qui sont alors entraînées de façon naturelle (micro diffusion) ou forcée (distillation) puis titrées par un acide fort.

Compte tenu de l'importance du dosage de l'ABVT dans les programmes d'assurance de la qualité de la pêche, les méthodes d'analyses les plus couramment utilisées sont :

- Dosage ABVT par la méthode de microdiffusion de Conway et Byrne.
- Dosage ABVT par la méthode de distillation d'un extrait déprotéinisé par l'acide trichloro- aétique.
- Dosage ABVT par la méthode de distillation d'un extrait déprotéinisé par l'acide perchlorique.
- *Dosage ABVT par la méthode de distillation directe d'Antonacopoulos celle utilisée dans notre laboratoire.*

2.1.1 : Principe du dosage

Après distillation direct d'un échantillon et fixation des bases azotées par l'acide borique, on procède à une neutralisation du distillant à l'acide sulfurique.

2.1.2 : Réactifs

Tous les réactifs doivent être de qualité analytique. Les solutions sont préparées dans l'eau distillée ou déminéralisées. Les réactifs à préparer sont :

- Oxyde de magnésium à 1% ;
- Acide borique à 2% (dissoudre 2 g dans 10 ml d'eau distillée, chauffer jusqu'à dissolution, après refroidissement compléter à 100 ml avec de l'eau distillée) ;
- Acide sulfurique 0.1N ;
- Indicateur mixte rouge de méthyle – bleu de méthylène (dissoudre 2 g de RM et 1 g de BM dans 100ml de 'éthanol à 95% ;
- Agent anti-moussant ;

2.1.3 : Appareillage

Il faut disposer du matériel suivant :

- Balance de précision au décigramme ;

- Appareil de distillation ;
- Bec brûleur bunsen ou manteau chauffant électrique ;
- Entonnoir et papier filtre ;
- Mixeur ou mortier pilon ;
- Burette de 25 ml ;
- Fiole ernenmeyer de 50 ml ;
- Agitateur magnétique et barreaux aimantés ;

2.1.4 : Mode opératoire

a) Préparation de l'échantillon

- Broyer 10 g de poisson dans un mortier ou au mixeur, ajouter 100 ml d'eau distillée
- Laisser reposer la mélange pendant 30 mn puis filtrer (la filtration est lente)

b) Distillation à la vapeur

- Verser 10 ml d'acide borique 2% et quelques goûtes d'indicateur coloré dans une fiole de 50 ml.
- Introduire 10 ml de filtrat à l'intérieur de l'appareil à distiller et ajouter 5 ml d'oxyde de magnésium 1% ou 2.5 ml de soude 10%.
- Connecter le tube réfrigérant et commencer la distillation en tournant le bouton du régulateur de chauffe.
- Recueillir le distillat dans la fiole contenant l'acide borique (s'assurer que l'extrémité inférieure du réfrigérant est immergée au-dessous de la surface du liquide de la fiole).
- La distillation dure jusqu'à ce qu'il n'y ait pratiquement plus de liquide à distiller (ne pas chauffer à sec le ballon) et qu'il n'y ait plus de dégagement de bulles dans l'eren contenant l'acide borique.

c) Blanc : remplacer le filtrat par 10 ml d'eau distillée et procéder de la même façon (le blanc est à effectuer avant l'échantillon).

d) Titrage

Introduire un barreau aimanté dans l'eren et placer l'ensemble sur l'agitateur magnétique.

Titrer le distillat et le blanc avec l'acide sulfurique 0.1N Jusqu'au virage coloré de l'indicateur.

2.1.5 : Expression des résultats

L'analyse doit se faire en double et la méthode est jusée correcte si la différence entre deux déterminations ne dépasse pas 2 mg/100g.

La teneur en N-ABVT en mg/100 g de poisson est égale à

$$\frac{(V_1 - V_0) \times 14 \times 0.1 \times V_d \times 100}{M \times V_e}$$

V_1 : volume d'acide sulfurique pour le titrage de l'échantillon

V_0 : volume d'acide sulfurique pour le titrage du blanc

14×0.1 : quantité d'azote (en mg) correspondant à 1 ml de solution acide sulfurique 0.1N

V_d : volume de dilution (100ml)

V_e : volume pris de l'échantillon

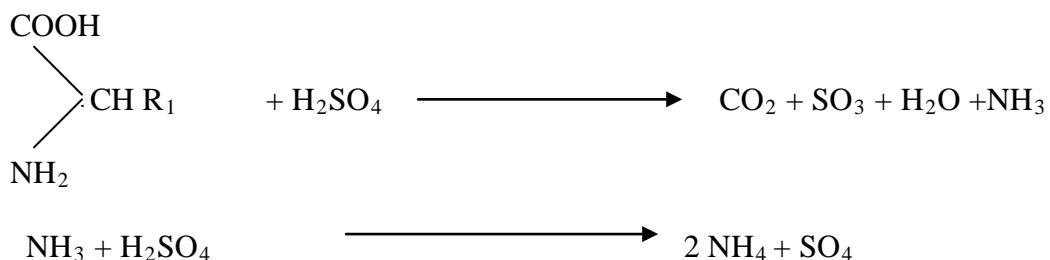
m : masse de l'échantillon

2.2 : Dosage des protéines (Azote Total) par la méthode Kjeldhal

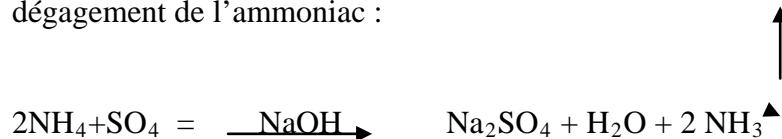
Cette méthode peut servir à l'analyse du poisson ainsi que des produits et sous produits halieutique.

2.2.1: Principe :

Minéralisation : La matière organique de l'échantillon est oxydée par l'acide sulfurique concentré et à chaud (évolution douce) en présence d'un catalyseur. L'azote organique est réduit en ammoniac sous forme de sulfate d'ammonium. La minéralisation doit se faire sous hotte aspirante (à cause des vapeurs très irritantes de dioxyde de carbone et trioxyde de soufre dues à la décomposition partielle de l'acide sulfurique).



Distillation et titrage : une distillation et neutralisation avec la soude en excès permet le dégagement de l'ammoniac :



L'ammoniac entraîné par la vapeur d'eau est récupéré dans l'acide borique et titré, soit au fur et à mesure de sa formation soit après distillation, par une solution d'acide sulfurique 0.1N en présence d'un indicateur coloré (rouge de méthyle ou indicateur mixte)

2.2.2 : Réactifs :

- Acide sulfurique (H_2SO_4) concentré 95-96%
- Capsule de sélénium (catalyseur Kjeldhal)
- Acide sulfurique 0.1N
- Soude 30%
- Acide borique 4%
- Indicateur coloré : rouge de méthyle (0.1g/100ml)

2.2.3 : Matériel

- Balance de précision
- Tube ou matras de minéralisation 100 ml
- Dispositif de chauffe
- Dispositif d'absorption des vapeurs (trompe à vide)
- Bille de verre
- Appareil de distillation
- Mixeur ou mortier pilon
- Burette de 25 ml
- Béchers de 250 ml
- Pipettes de 10 ml avec poire
- Agitateur magnétique et barreau aimanté
-

2.2.4 : Mode opératoire

a) Minéralisation

- Broyer 10g de poisson dans un mortier ou au mixeur
- Peser 1g d'échantillon et l'introduire dans les matras (1 à 6)

- Sous la hotte, ajouter une pastille de catalyseur
- Verser 15 ml d'acide sulfurique et agiter légèrement pour bien mouiller l'échantillon
- Déposer les billes de verres dans les matras afin de régulariser l'ébullition
- Placer les matras sur le dispositif de chauffe, si possible de façon à ce que leur axe soit incliné de 30° à 45° pour éviter une surchauffe du col, et chauffer d'abord doucement en agitant de temps en temps
- Lorsque les vapeurs blanches se forment raccorder les matras au dispositif d'absorption des vapeurs et brancher l'aspirateur de la hotte
- Poursuivre la minéralisation une demi-heure après la décoloration du mélange : l'opération dure entre 3h et 4h
- Laisser refroidir les matras obturés pendant une demi-heure

b) Distillation

- Ajouter 60 ml d'eau distillée dans les matras refroidis et agiter afin de diluer les sulfates d'ammonium
- Introduire 10 ml d'acide borique et quelques goûtes de rouge de méthyle dans un bêcher de 250 ml
- Placer ce bêcher à la sortie du réfrigérant de l'appareil de distillation
- Placer les matras (ou transvaser leur contenu dans les tubes adaptés) dans le distillateur après y avoir verser lentement 60 ml de soude à 30%
- Procéder à la distillation en chauffant modérément et régulièrement jusqu'à l'obtention d'un volume d'environ 150 ml de distillat à titrer

c) Titrage

Le titrage est effectué après la distillation avec l'acide sulfurique 0.1 N jusqu'au virage coloré de l'indicateur.

2.2.5 : Essais à blanc et essais témoins

a) Essai blanc

Remplir la prise d'essai par une quantité équivalente de substance dépourvue d'azote (Ex saccharose) et procéder de la même façon (le blanc est à effectuer avant l'échantillon).

b) Essai témoin

- Introduire 10 de solution de mère de sulfate d'ammonium (0.4714g/100ml) dans un tube de distillation

- Ajouter 60 ml d'eau distillée et poursuivre les opérations comme pour les échantillons
- Titrage : le volume d'acide sulfurique versé lors de la distillation doit être de 7.143 ml (pour une pesée exacte de 0.4714g de sulfate d'ammonium) pour attester du bon fonctionnement du distillateur.

2.2.6 : Expression des résultats

La teneur en azote total est exprimée en g d'azote par 100 g d'échantillon est égale à

$$\%N = \frac{(v_1 - v_0) \times 14 \times 0.1 \times 100}{m \times 1000}$$

La teneur en protéine est obtenue en multipliant le résultat précédent par 6.25 (les protéines contiennent 25% d'azote)

$$\% \text{ Protéine} = \% \text{ Azote} \times 6.25$$

V0 : volume d'acide sulfurique pour le titrage du blanc

V1: volume d'acide sulfurique pour le titrage de l'échantillon

m : prise d'essai en gramme

14 x 0.1 : quantité d'azote (en mg) correspondant à 1 ml de solution acide sulfurique 0.1N

6.25 : C'est le facteur de conversion protéines – azote pour le poisson et les produits halieutiques.

2.3 : Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode au double solvant

Méthode Bligh & Dyer

2.3.1 : Principe

La matière grasse est extraite à froid par un mélange de deux solvants (méthode Bligh & Dyer) : chloroforme et méthanol. Après filtration, la phase chloroformique contenant les lipides est soumise à évaporation pour éliminer le solvant ; on procède en suite à la pesée du résidu lipidique.

2.3.2 : Matériel et produits chimiques

- Balance de précision
- Mixeur
- Evaporateur rotatif ou dispositif de distillation
- Entonnoir et filtre
- Pipette pasteur
- Trompe à vide et fiole de garde
- Méthanol
- Chloroforme

2.3.3 : Mode opératoire

- Peser 50 g de chair de poisson et déposer dans le mixeur
- Ajouter 50 ml de chloroforme et 100 ml de méthanol
- Homogénéiser le mélange dans le mixeur pendant 2 mn
- Ajouter une nouvelle fois 50 ml de chloroforme et mixer une deuxième fois pendant 30 secondes
- Filtrer l'homogénat et laisser à décanter : une séparation nette s'opère entre les phases alcoolique et chloroformique
 - Aspirer la phase supérieur méthanolique au moyen d'une pipette pasteur branchée sur une trompe à vide munie d'une fiole de garde
- 6 Transvaser la phase chloroformique (contenant les lipides) dans un ballon rond à col rodé préalablement taré et adapter le sur l'évaporateur rotatif pour évaporation du chloroforme (à 35-40°C)
- Après évaporation totale du solvant, peser le ballon ne contenant plus que le résidu lipidique

2.3.4 : Expression des résultats

La teneur en matière grasse est exprimée en g/100g de poisson est égale à $\frac{T1 - T0}{PE}$

T1 : Poids du ballon avec matière grasse

T0 : poids du ballon vide

PE : prise d'essai.

2.4 : Dosage de l'indice de peroxyde (IP)

2.4.1 : Définition et principe

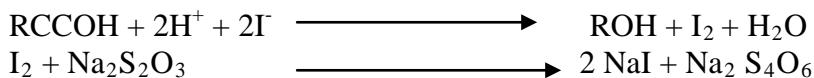
Les peroxydes proviennent de l'oxydation des acides gras insaturés rencontrés dans les lipides du poisson. L'indice de peroxyde est recherché pour évaluer l'état de conservation des matières grasses au cours du stockage.

Les lipides s'oxydent en présence d'oxygène et certains facteurs (UV, eau, enzyme, traces des métaux...). Cette oxydation appelée auto-oxydation ou rancissement aldéhydique conduit dans un premier temps à la formation d'un peroxyde par fixation d'une mole d'oxygène sur le carbone situé en position α à une liaison éthylénique des acides gras insaturés



Ces peroxydes se décomposent ultérieurement en dérivés carbonylés aldéhydiques et hydrocétones et divers produits oxygénés (alcool, acide, ...).

Les peroxydes ont la propriété de libérer l'iode en présence de l'iodure de potassium en milieu acide. L'iode ainsi formé est titré par le thiosulfate de sodium.



2.4.2 : Matériel et produits chimiques

- Balance de précision
- Burette de 25 ml
- Eprouvette de 15 ml et 100 ml et pipette 1 ml
- Fiole erlenmeyer de 100 ou 200 ml
- Solution aqueuse saturée de l'iodure de potassium (3 g de KI dans 2 ml d'eau distillée)
- Acide ascétique glacial
- Chloroforme
- Solution de thiosulfate de sodium 0.01N
- Empois d'amidon ou thiodène (indicateur d'iodométrie)

2.4.3 : Mode opératoire

- Peser 2 à 5 g d'extrait lipidique dans un erlen bouché.
- Ajouter 10 ml de chloroforme et agiter rapidement.
- Additionner 15 ml d'acide acétique et 1 ml de KI saturée.
- Reboucher aussitôt la fiole et agiter le mélange pendant une minute et le laisser exactement pendant une heure à l'abri de la lumière et à une température comprise entre 15 et 25 °C.
- Ajouter environ 75 ml d'eau distillée, en agitant vigoureusement et en présence de l'amidon comme indicateur coloré.
- L'iode libéré est titré par du thiosulfate de sodium 0.01N jusqu'à disparition de la coloration bleu.
- Effectuer un **blanc** (sans matière grasse) avec les mêmes volumes de réactifs et dans les mêmes conditions.

2.4.4 : Expression des résultats

$$\text{IP} = \frac{(\text{V} - \text{V}0) \times \text{N} \times 1000}{\text{M}} \quad (\text{en milliéquivalents de peroxydes par kg de lipides})$$

V : Volume de thiosulfate de sodium versé pour le titrage de l'échantillon.

V0 : Volume de thiosulfate de sodium versé pour le titrage du blanc.

P : masse (en g) de lipides de la prise d'essai.

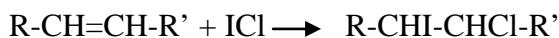
N : normalité du thiosulfate de sodium (0.01).

2.5 : Dosage de l'indice d'iode

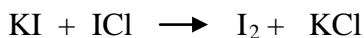
2.5.1 : Définition et principe

L'indice d'iode C'est la quantité en g d'iode fixée sur les doubles liaisons de 100 de lipide. Il permet de mesurer le nombre de doubles liaisons d'une huile ou d'une graisse, c'est-à-dire leur degré d'insaturation.

Les composés halogénés de l'iode et en particulier le chlorure d'iode (ICl), se fixent rapidement sur les doubles liaisons des AG/



ICl utilise en excès (IC 1 est contenu dans le réactif de Wijs) sature les doubles liaisons, l'excès reste en solution, l'iodure de potassium se combine ensuite avec l'ICl en excès pour libérer de l'iode :



On titre cet iode par du thiosulfate de sodium en présence d'empois d'amidon.

2.5.2 : Matériel et réactifs

- Balance de précision
- Erlen bouchés
- Burette de 25 ml
- Broyeur ou mortier pilon
- Filtre en verre
- Papier filtre Whatman N°1
- Solution aqueuse d'iodure de potassium 10%
- Réactif de Wijs
- Solution de thiosulfate de sodium 0.1N
- Empois d'amidon ou thiodène (indicateur d'iodométrie)

2.5.3 : Mode opératoire

- Pesa 2 à 5 g d'extrait lipidique de poisson dans un erlen bouché.
- Ajouter 25 ml de réactif de Wijs.
- Placer l'rlen à l'obscurité pendant une heure.
- Ajouter 100 ml d'eau distillée et 15 ml de KI à 10%
- Agiter pendant 5 mn.
- Titrer l'iode libéré par du thiosulfate de sodium 0.1N.
- Un Blanc est effectué avec les mêmes quantités de réactif (sans matière grasse) et traité dans les mêmes conditions.

2.5.4 : Expression des résultats

$$Ii = \frac{V_0 - V_x}{P} \times 1.269$$

V et V0 : volume en ml de thiosulfate de sodium à 0.1 N titré pour l'échantillon et le blanc.
P : masse en gramme de l'huile prise.

2.6 : Détermination de la teneur en eau

2.6.1 : Principe

Le produit est séché à une température de 130 à 133 dans un analyseur électronique d'humidité jusqu'à poids contant.

2.6.2 : Matériel

- Balance de précision
- Mortier Pilon le broyage
- Récipients en aluminium
- Analyseur électronique d'humidité MA30 Sartorius

2.6.3 : Mode opératoire

Mettre sous tension l'analyseur d'humidité en appuyant sur la touche << ON/OFF >>.

Lorsque l'appareil affiche << TAR >>, il est prêt à tarer la coupelle.

Ouvrir le capot de l'appareil et poser la coupelle en aluminium.

Appuyer sur la touche <<ENTER>> pour tarer : <<TAR>> disparaît et l'affichage pondéral indique 0.000g.

Déposer l'échantillon broyé (m> 96mg) sur la coupelle en le répartissant régulièrement.

Fermer le capot de l'appareil : le démarrage s'effectue automatiquement. Un signal sonore au démarrage et le symbole de dessiccation apparaît. Pendant le fonctionnement le temps et le résultat en % d'humidité apparaissent en permanence à l'affichage.

La détermination d'humidité s'arrête automatiquement quand aucune perte de poids notable n'est détectée et <<END>> s'affiche : lire directement le résultat en % d'humidité dans l'échantillon.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1 : POISSONS REFRIGERES

1.1 : Azote basique volatil total (ABVT)

Les résultats de la teneur en azote basique volatil total (ABVT en mg N/100g) des sardinelles réfrigérées entre 0 et 6 °C sont représentés dans le tableau XIII ci-dessous.

Tableau XIII: Evolution de la teneur en ABVT des sardinelles réfrigérées entre 0 et 6 °C

Durée de conservation (jours)	N°d'échantillon	ABVT (mg/100)	Moyenne	Observation
Poissons frais (0)	1	42	41.93	Bonne qualité
	2	42		
	3	41.8		
5	1	56	56	moins
	2	56		
	3	65		
9	1	70	70	médiocre
	2	70		
	3	70		
13	1	102	132	Mauvaise qualité
	2	140		
	3	154		

On constate que les résultats de l'ABVT des échantillons analysés durant la réfrigération varient entre 41.93 et 132 (voir tableau ci-dessus), et sont traduits par l'histogramme de la **figure 5**

D'après la méthode de distillation directe de l'ABVT du Docteur J. PANTALEON et R. ROSSET les variations de l'ABVT de sardinelle, sardines et maquereaux peut être expliquées comme suis :

- Bonne qualité : moins de 50 mg/100g
- Qualité commerciale courante : 50 à 60 mg/100g
- Qualité médiocre : 60 à 70 mg/100g
- Taux limite : 70 mg/100g

D'après ces résultats nous constatons que les poissons restent consommables pendant une semaine de réfrigération entre 0 et 6 °C (taux de l'ABVT arrive à sa limite).

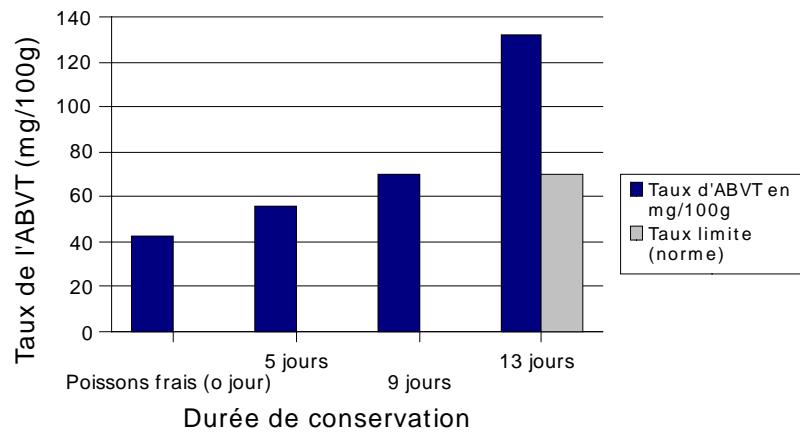


Figure 5: Histogramme de l'évolution de la teneur en azote basique volatil total (ABVT) des sardinelles réfrigérées entre 0 et 6 °C

1.2: Les protéines

Tableau XIV: Evolution de la teneur en azote total (AT N%) et des protéines des sardinelles réfrigérées entre 0 et 6 °C

Durée de conservation (jours)	N° d'échantillon	%N (azote total)	%protéine	moyenne
poissons frais (0)	1	2.61	16.36	16.34
	2	2.61	16.36	
	3	2.60	16.30	
5	1	0.288	1.8	1.8
	2	0.288	1.8	
	3	0.288	1.8	
9	1	0.07	0.43	0.43
	2	0.07	0.43	
	3	0.07	0.43	
13	1	0.042	0.26	0.26
	2	0.042	0.26	
	3	0.042	0.26	

Les résultats des analyses effectués montrent que la teneur en protéines diminue rapidement, elle varie entre 16.34% et 0.26%.

La perte en valeur protéique est due à la dégradation des protéines par la protéolyse enzymatique pendant la réfrigération (**voir Figure: 6**).

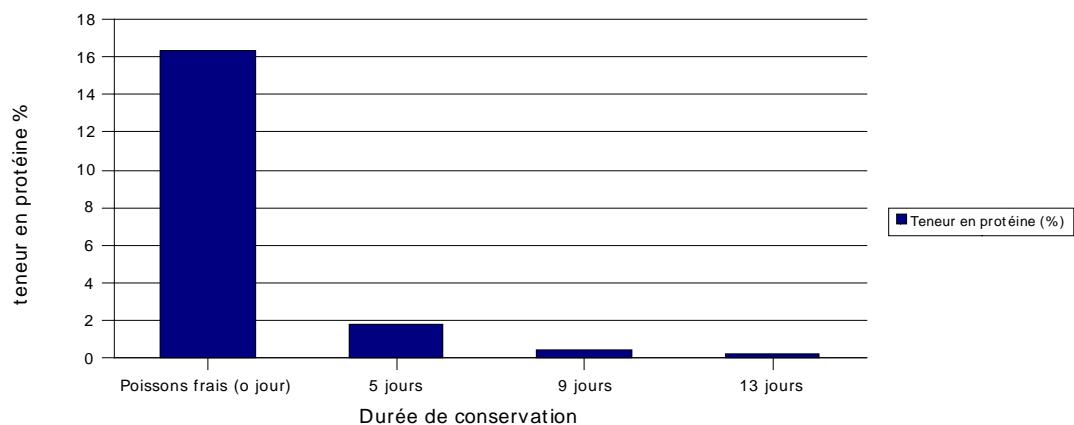


Figure 6: Histogramme de l'évolution de la teneur en protéine des sardinelles réfrigérées entre 0 et 6 °C

1.3 : Paramètres physicochimiques : Matière grasse et les indices de peroxyde et iodé

Les paramètres physicochimiques obtenus pendant la réfrigération entre 0 et 6 °C sont représentés dans le **Tableau XV**.

Durée de conservation (jours)	%Graisse (g/100g)	IP (m-éq/kg)	Ii (g i/100g)
Poisson frais (0)	8.94	8.13	4.48
5	8.6	10.90	8.47
9	8.3	11.2	8.78
13	6.3	15	9.28

La teneur en lipides des sardinelles réfrigérées est en diminution, ces valeurs varient entre 8.94 et 6.3 g/100g (voir histogramme de la **figure 7**).

La perte en matière grasse est essentiellement due à l'oxydation et à l'hydrolyse des lipides pendant la conservation.

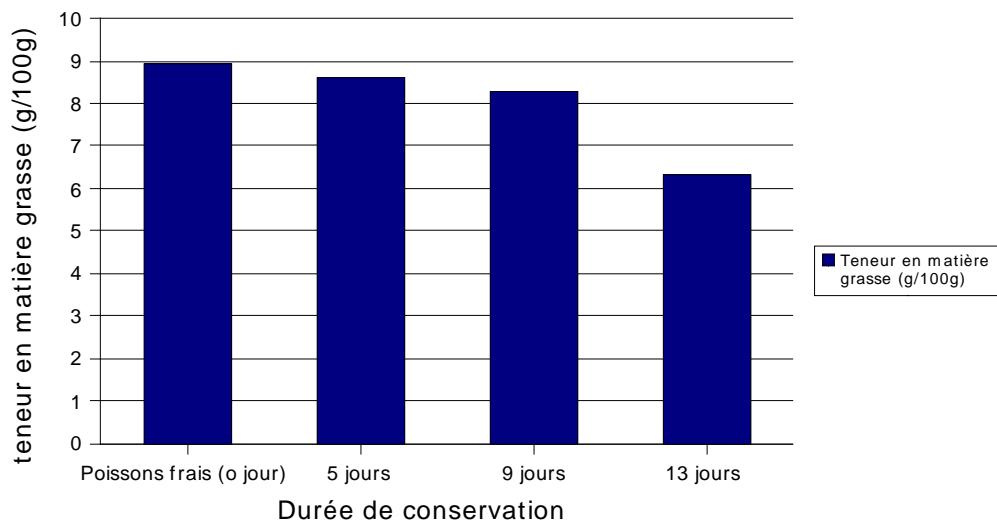


Figure 7: Histogramme de matière grasse des sardinelles réfrigérées entre 0 et 6 °C

L’indice de peroxyde est cherché pour évaluer l’état de conservation de lipides, ces valeurs sont en augmentation (**Figue 8**).

D’après la norme CODEX STAN 19-1981 (Rév. 2- 1999) Indice de peroxydes: Huiles vierges et graisses et huiles pressées jusqu’à 15 m-éq d’oxygène actif/kg d’huile à froid Autres graisses et huiles jusqu’à 10 m-éq d’oxygène actif/kg d’huile. Selon cette norme, les extraits lipidiques sont oxydés à partir du neuvième (9^{ème}) jour de conservation (la valeur trouvée est 11.2 m-éq /kg).

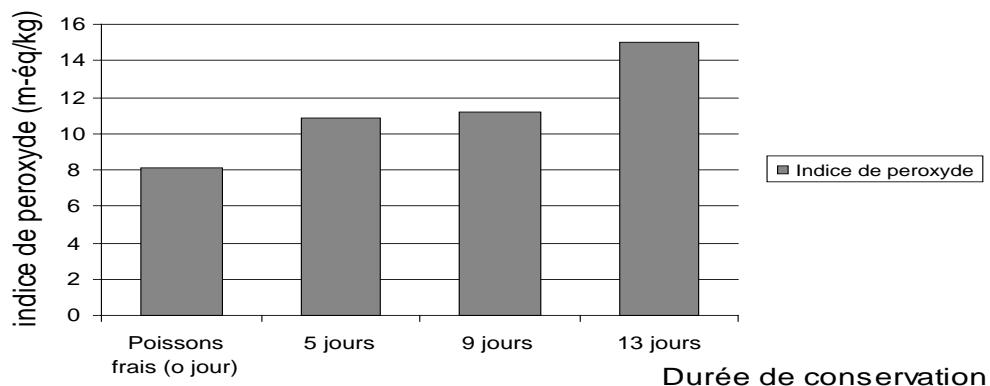


Figure 8: Histogramme de l’indice de peroxyde des sardinelles réfrigérées entre 0 et 6 °C

D'après les résultats obtenus, on remarque une légère variation de l'indice d'iode ces valeurs varient entre 4.48 et 9.28.

Ces valeurs montrent une faible insaturation des lipides extrait d'après la norme codex alimentaire pour l'indice d'iode (< 140).

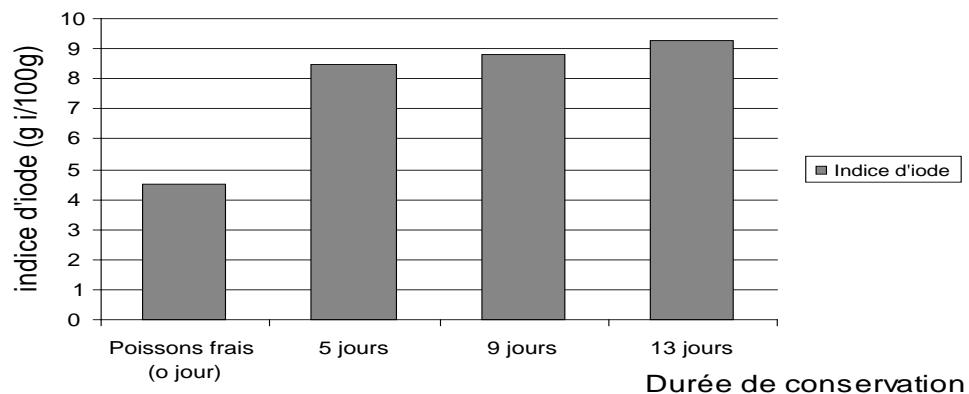


Figure : 9: Histogramme de l'indice d'iode des sardinelles réfrigérées entre 0 et 6 °C

1.4 : La teneur en eau

Tableau XVI: résultats de la teneur en eau des sardinelles réfrigérées entre 0 et 6 °C

Durée de conservation (jours)	N° d'échantillon	% eau	Moyenne %
poisson frais (0)	1	71.36	71.35
	2	71.34	
	3	71.29	
5	1	63	65.33
	2	69	
	3	64	
9	1	62.28	61.91
	2	61.84	
	3	61.63	
13	1	71.43	71.88
	2	70.94	
	3	73.28	

La teneur enregistre une diminution pendant quelques jours de conservation et ensuite elle enregistre une augmentation au moment le produit est signalé impropre à la consommation par les résultats de l'ABVT (> 70 mg/100g).

La perte en eau au début de conservation peut être expliquée par le changement de l'eau en cristaux de glace (**Figure 10**)

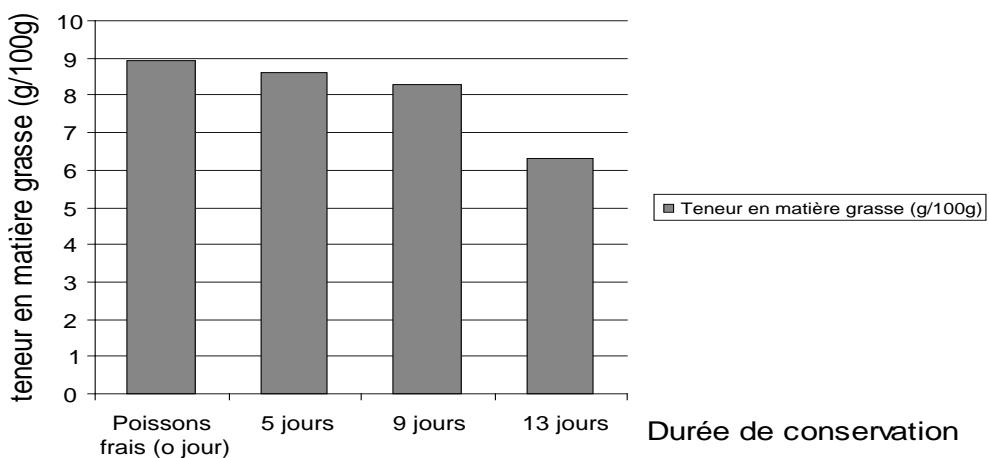


Figure 10: Histogramme de teneur en eau des sardinelles réfrigérées entre 0 et 6 °C

2 : POISSONS CONGELES

2.1 : Azote Basique Volatil Total (ABVT)

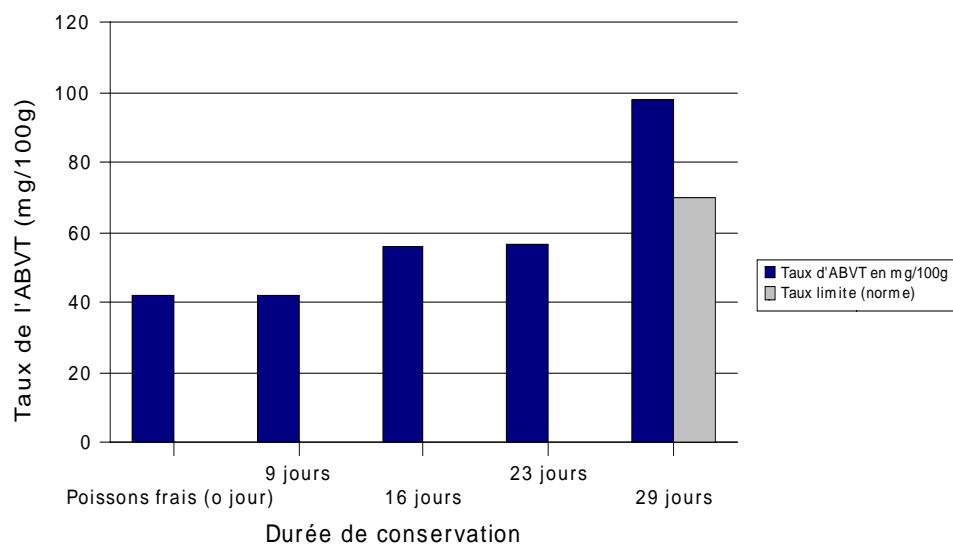
Les résultats de la teneur en azote basique volatil total (ABVT en mg N/100g) des sardinelles congelées à -18 °C sont représentés dans **Tableau XVII** ci-dessous.

Durée de conservation (jours)	N° d'échantillon	ABVT (mg/100g)	moyenne	Observation
Poissons frais (0)	1	42	41.93	Bonne qualité
	2	42		
	3	41.8		
9	1	42	42	Bonne qualité
	2	42		
	3	42		
16	1	56	55.66	moins
	2	55		
	3	56		
23	1	56	56.33	moins
	2	57		
	3	56		
29	1	98	98	Mauvaise qualité
	2	98		
	3	98		

On constate que les résultats de l'ABVT des échantillons analysés durant la réfrigération varient entre 41.93 et 98 (voir tableau ci-dessus), et sont traduits par l'histogramme de la **figure 11**

D'après la méthode de distillation directe de l'ABVT du Docteur J. PANTALEON et R. ROSSET les variations de l'ABVT de sardinelle, sardines et maquereaux peut être expliquées comme suis :

- Bonne qualité : moins de 50 mg/100g
- Qualité commerciale courante : 50 à 60 mg/100g
- Qualité médiocre : 60 à 70 mg/100g
- Taux limite : 70 mg/100g



D'après ces résultats nous constatons que les poissons restent en bon état pour la consommation pendant 22 jours de congélation à -18 °C (taux de l'ABVT arrive à sa limite).

Figure 11: Histogramme de l'évolution de la teneur en azote basique volatil total (ABVT) des sardinelles congelées à -18 °C

2.2 : Les protéines

Tableau XVIII: Evolution de la teneur en azote total (AT N%) et des protéines des sardinelles congelées à -18 °C

Durée de conservation (jours)	N° d'échantillon	%N (azote total)	% protéine	moyenne
poissons frais (0)	1	2.61	16.36	16.34
	2	2.61	16.36	
	3	2.60	16.30	
9	1	0.154	0.96	0.96
	2	0.154	0.96	
	3	0.155	0.96	
16	1	0.112	0.7	0.7
	2	0.112	0.7	
	3	0.112	0.7	
23	1	0.07	0.43	0.43
	2	0.07	0.43	
	3	0.07	0.43	
29	1	0.042	0.262	0.20
	2	0.028	0.175	
	3	0.028	0.175	

Les résultats des analyses effectués montrent que la teneur en protéines diminue rapidement, elle varie entre 16.34% et 0.20%.

La perte en valeur protéique est due à la dégradation des protéines par la protéolyse enzymatique pendant la congélation (voir **Figure 12**).

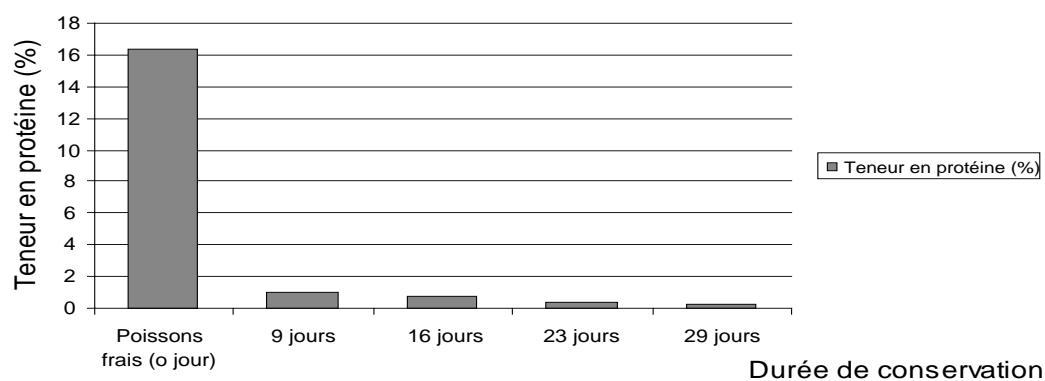


Figure 12: Histogramme de l'évolution de la teneur en protéine des sardinelles congelées à -18 °C

2.3 : Paramètres physicochimiques : Matière grasse et les indices de peroxyde et iode

Les paramètres physicochimiques obtenus pendant la congélation à -18 °C sont représentés dans le **Tableau XIX**.

Durée de conservation (jours)	% Graisse (g/100g)	IP (m-éq/kg)	Ii (g i/100g)
Poisson frais (0)	8.94	8.13	4.84
9	7.6	7.2	9.59
16	6.9	10.4	9.84
23	5.3	11.2	9.13
29	5.1	16	9.84

La teneur en lipides des sardinelles congelées est en diminution, ces valeurs varient entre 8.94 et 5.1 g/100g (voir tableau ci-dessus et la **figure 13**).

La perte en matière grasse est essentiellement due à l'oxydation et à l'hydrolyse des lipides pendant la conservation.

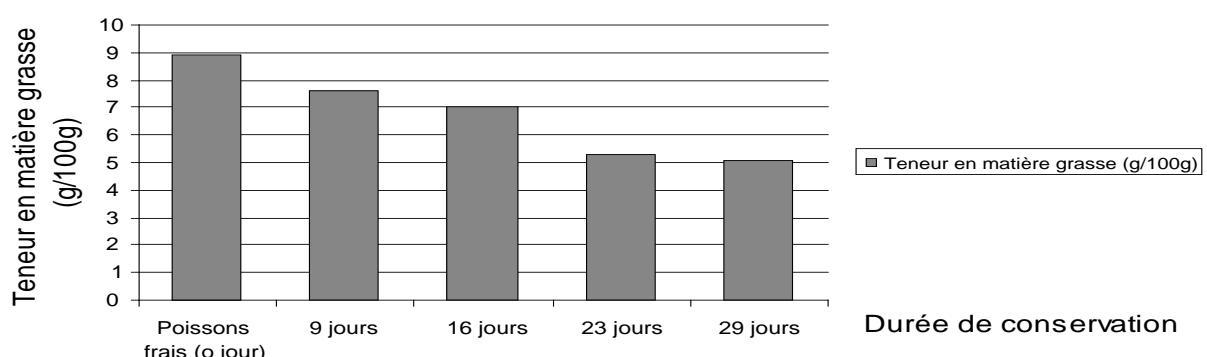


Figure : 13: Histogramme de matière grasse des sardinelles congelées à 18 °C

L'indice de peroxyde est cherché pour évaluer l'état de conservation, ces valeurs sont en augmentation (**Figure 14**).

D'après la norme CODEX STAN 19-1981 (Rév. 2- 1999) Indice de peroxydes:

Huiles vierges et graisses et huiles pressées jusqu'à 15 m-éq d'oxygène actif/kg d'huile à froid
 Autres graisses et huiles jusqu'à 10 m-éq d'oxygène actif/kg d'huile. Selon cette norme, les extraits lipidiques sont très oxydés à partir du 22 jours de congélation (la valeur trouvée est 11.2 m-éq /kg).

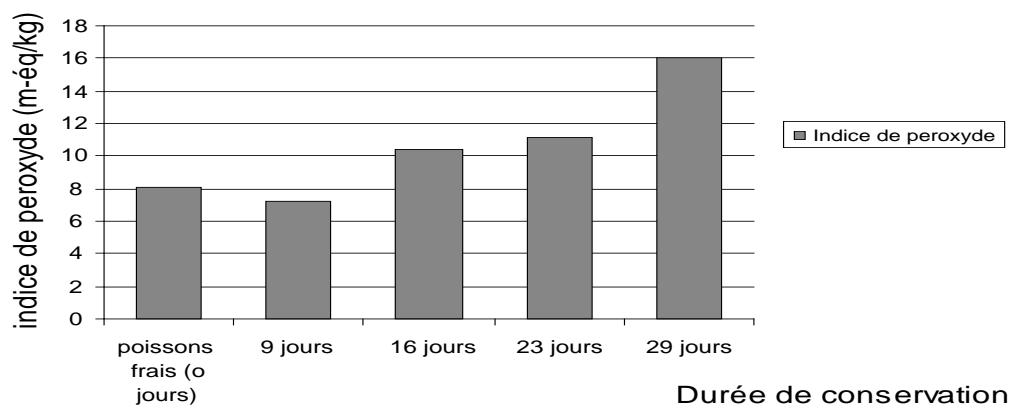


Figure 14: histogramme de l'indice de peroxyde des sardinelles congelées à -18 °C

D'après les résultats obtenus, on remarque une légère variation de l'indice d'iode ces valeurs varient entre 4.84 et 9.84.

Selon la norme codex alimentaire pour l'indice d'iode (< 140). Ces valeurs montrent une faible insaturation des lipides extrait donc cet indice est peut significatif.

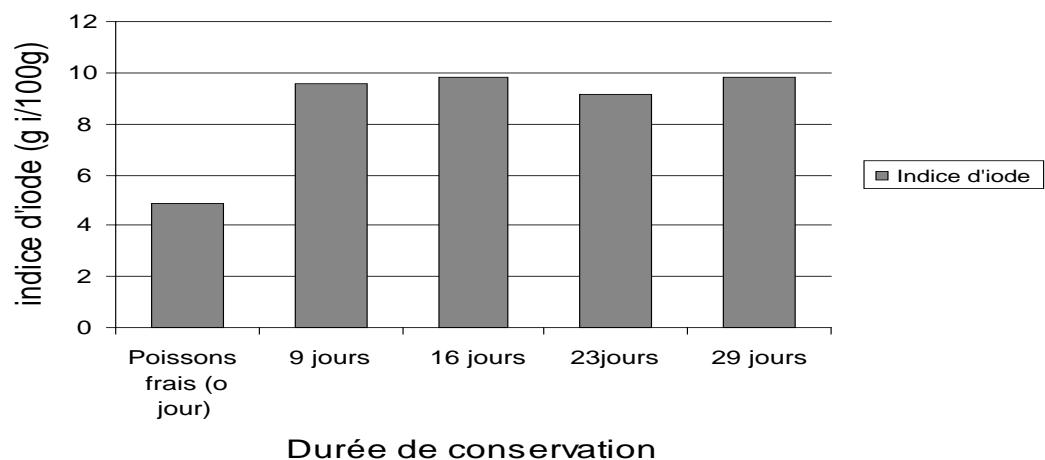


Figure 15: Histogramme de l'indice d'iode des sardinelles congelées à -18 °C

2.4 : Teneur en eau

Tableau XX: résultats de la teneur en eau des sardinelles congelées à -18 °C

Date Durée de conservation (jours)	N° d'échantillon	% eau	moyenne
poisson frais (0)	1	71.36	71.35
	2	71.34	
	3	71.29	
9	1	68.46	65.95
	2	64	
	3	65.38	
16	1	64	61
	2	59	
	3	60	
23	1	64.28	66.41
	2	69.96	
	3	65	
29	1	61.29	66.52
	2	71.76	

La teneur enregistre une diminution pendant quelques jours de conservation et en suite elle enregistre une augmentation au moment le produit est signalé impropre à la consommation par les résultats de l'ABVT (> 70 mg/100g).

La perte en eau au début de conservation peut être expliquée par le changement de l'eau en cristaux de glace (voir Figure 16)

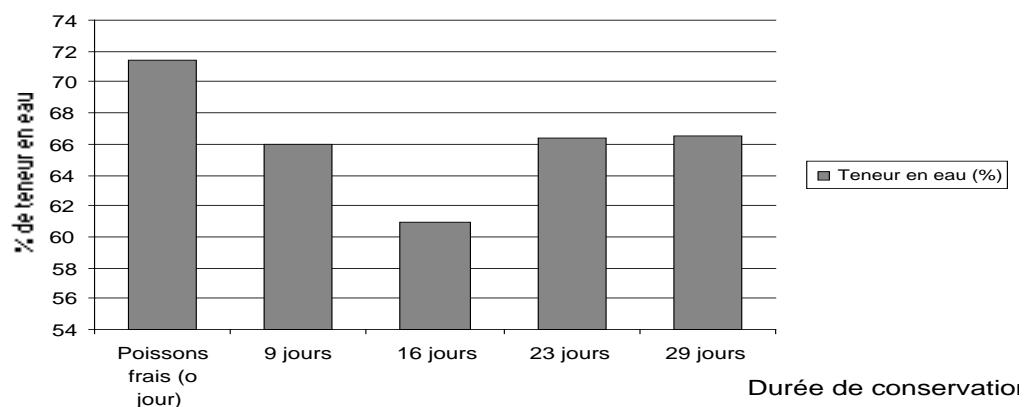


Figure 16: Histogramme de teneur en eau des sardinelles congelées à -18 °C

CONCLUSION GENERALE

Les résultats de suivi chimique et biochimique de la qualité de *Sardinelle aurita* nous montrent que cette espèce peut être conservée par un système frigorifique fonctionnant par des énergies renouvelables (énergie solaire et éolienne) pour une durée avoisinant une dizaine de jours tout au plus. Ces résultats sont synthétisés dans le **tableau XXI** ci-dessous.

Paramètres	Variation des valeurs trouvées		Normes
	Poissons réfrigérés	Poissons congelés	
ABVT (mg/g)	41.93 - 132	41.93 - 98	Jusqu'à 70 mg/100g
Indice de peroxyde m-éq/kg	8.13 - 15	8.13 - 16	Jusqu'à 10 m-éq/kg
Indice d'iode gi/100g	4.48 - 9.28	4.48 - 9.84	jusqu'à 140 gi/100g

L'évaluation de la qualité par les méthodes chimiques a donné des résultats comparables aux normes de l'ABVT et de l'indice de peroxyde.

Ces valeurs varient d'un échantillon à l'autre en fonction de la durée d'entreposage au congélateur ou réfrigérateur : les poissons réfrigérés s'altèrent plus vite que les poissons congelés.

Le changement de composition chimique durant la période de conservation est dû à des facteurs caractérisants chacun des ces paramètres:

- ✓ La diminution de la teneur en protéine est due à un facteur interne qui n'est autre que la protéolyse ;
- ✓ L'oxydation et l'hydrolyse favorisent la perte en matière grasse (lipide) pendant la conservation ;
- ✓ La transformation de l'eau en cristaux de glaces est un facteur favorisant la perte notable de la teneur en eau.

A la suite de cette étude on peut recommander de :

- conserver par réfrigération entre 0 et 6°C des sardinelles pendant une semaine, après cette semaine, le consommateur est exposé à des risques d'intoxications alimentaires.
- Conserver par le congélateur à -18 °C, des sardinelles pendant trois semaines.

Cette expérience technique a des avantages socioéconomiques, car elle a montré, qu'il est possible d'installer dans les zones rurales très isolées du pays des systèmes frigorifiques fonctionnant par des énergies renouvelables (solaire et éolienne) pour aider les population de ces zones à mieux conserver leur denrées alimentaires, en l'occurrence le poisson et de permettre aux pêcheurs de vendre leurs produit dans ces zones.

BIBLIOGRAPHIE

Abaouch L., Afilal. ME., Rhafiri. S. Et Busta F.F. (1991). *Food microbiol* .8. 127-136.

Ackman, R. G. (1980). Fish lipids. Part 1. In: J. J. Connell (ed.) *Advances in fish science and technology*, Fishing News (Books) Ltd., Farnham, Surrey, 86-103.

Anderson, D.W. Jr. and C.R. Fellers (1952). The occurrence of trimethylamine and trimethylamine oxide in fresh water fishes. *Food Res.* 17, 472-474.

Barthel G. and W. Grosch (1974). Peroxide value determination - comparison of some

Braekkan, O.R. (1976). Den emaeringstriessige betydning av fisk. *Fiskets Gang*, 35, 1976.

Brigitte Maas-Can Berkel: Agronomie 12, la conservation du poisson et de la viande de: www.anancy.net/uploads/file_fr/12-f-2005-screen.pdf

Bouayad M. (1979). Essais de fumage sur la sardine, le maquereau et la merlu. *Bull. Institut pêche maritimes* , 24,63-81

BHOBE A.H. Et al: Study of the properties of frozen shrimps. *J .of food Sci. And technol, India* (1986) **23** (3) 143-147.

CHANG O. et al: Avantages of liquid nitrogen freezing of penaeus monodon over conventional plate freezing. *Rev. Gén. Du froid* (1970) **61** (1) 37-42.

Conservation: HACHET Olivier GLEYZES Dédier BLUM Benoît. 2000/2001 Lycée Berthollet.

CNROP: Chaboud C., Kébé M., Ould Mohamed Ahmed A., Diop H. et Lawal H.S., 1988 - Eléments sur la pêche artisanale mauritanienne. *Bull. Centr.Nat.Rech.Océanogr. et Pêches*, Nouadhibou, 16(1).

E. POSTEL : RAPPORT S U R L A S A R D I N E L L E (*Surdinella aurita* Valenciennes) FAO Rome 1960.

FAO Octobre 2006: Données économiques générales sur la mauritanie FID/CP/MAU
<http://www.fao.org/fi/oldsite/FCP/fr/MRT/profile.htm>

FAO. 1995a. La qualité et son évolution dans le poisson frais, par H.H. Huss, Document technique sur les pêches n° 348. Rome, 1995.

FAO. 2005. Micheton. L'utilisation de la glace sur les bateaux de pêche artisanale, par Shawyer et Avilio F. Medina Pizzali, Document technique sur les pêches n° 436 Rome, 2005.

Hebard, C.E., G.J. Flick and R.E. Martin (1982). Occurrence and significance of trimethylamine oxide and its derivatives in fish and shellfish. In: R.E. Martin, G.J. Flick and C.E. Hebard (eds.), *Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products*, AVI, Westport, CT, USA, 149-304.

Gill, T.A. (1990). Objective analysis of seafood quality. *Food Rev. Int.* 6, 681-714.

ITA Dakar sénégal: http://www.ita.sn/rechprog/table_de_composition_des_aliments.html.

Love, R. M. (1970). *The Chemical Biology of Fishes*. Academic Press, London.

M. BITON : Publication OBJECTIF NUTRITION N°35 (Paris Septembre 1997): Les procédés de conservation des aliments:

http://www.institutdanone.org/comprendre/publications/objectif_nutrition/035/dossier.php

Marcel SAINCLIVIER: Industrie alimentaire halieutique-quatrième volume: la conservation par des moyens physiques, troisième partie : l'utilisation du froid RENNES 1993.

Moustgaard, J. (1957). *Laerebog i Husdvrenes Fysiologi og Ernaringsfisiologi*, A/S C.Fr. Mortensen, Copenhagen. (In Danish).

Murray J. and J.R. Burt (1969). The composition of fish. *Torry Advis. Note* 38, Torry Research Station, Aberdeen.

Nanto, H., H.Sokooshi and T.Kawai (1993). Aluminium-doped ZnO thin film gas sensor capable of detecting freshness of sea foods. *Sensors an actuators* 13-14.

Norme codex pour les graisses et les huiles comestibles non visées par des normes individuelles CODEX STAN 19-1981 (Rév. 2- 1999).

Plaquette de l'association vétérinaire d'hygiène alimentaire rédigée par J. PANTALEON et R. ROSSIT, intitulée : Contrôle de la qualité et de la salubrité du poisson et des coquillages.

RITCHIE A.H et al: The formation of diamines and polyamines during storage of mackerel. in <<advences in fish science and technology>> CONNELL J.J. Ed. Fishing News Books ltd farnham (1980) 489- 494.

SMITH J.G.M et al (1980) : Some observations on the ambient and chill storage of blue whiting. in (Advences in Fish science and technology CONELL J.J Ed Fishing News Books LTD Farnham **31** (4) 375-385.

Stansby, M.E. (1962). Proximate composition of fish. In: E. Heen and R. Kreuzer (ed.) *Fish in nutrition*, Fishing News Books Ltd., London, 55-60.

Stansby, M.E. and A.S. Hall (1967). Chemical composition of commercially important fish of the USA. *Fish. Ind. Res.*, 3, 29- 34.

Woyewoda, A.D., S1 Shaw, P.J. Ke, and B.G. Bums (1986). Recommended laboratory methods for assessment of fish quality. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 1448*, Fisheries and Oceans, Canada.

methods. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 51, 540- 544.