

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP de DAKAR (UCAD)

FACULTE DES SCIENCES
ET TECHNIQUES

ECOLE INTER ETATS
DES SCIENCES ET MEDECINE
VETERINAIRES (EISMV)



ANNEE : 2003



N° 5

Sujet:

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA
CONTAMINATION PAR L'HISTAMINE DES VOLUTES
(CYMBIUM) FERMENTES SECHES SENEGALAIS
(YEET) VENDUS SUR LES MARCHES DE DAKAR**

MEMOIRE DE DIPLOME D'ETUDES APPROFONDIES DE
PRODUCTIONS ANIMALES

**Présenté et soutenu publiquement
30 juillet 2003 à 16 h à l'EISMV**

par

PIERRE BIRAME NDOUR
Né le 17 juin 1976 à Kaolack (Sénégal)

MEMBRES DU JURY :

Président : Monsieur François Adébayo ABIOLA
Professeur à l'EISMV

Membres : Messieurs : Malang SEYDI
Professeur à l'EISMV
Bhen Sikina TOGUEBAYE
Professeur à l'UCAD

DEDICACES

Je dédie ce travail :

- A mon Père " In memorium "
Tu es le plus grand absent aujourd'hui. Je garderai en mémoire tes conseils précieux. Que la terre te soit légère.
- A ma tendre et douce Maman, pour tous les sacrifices consentis pour notre éducation ; accepte cette modeste récompense. Que Dieu te garde encore longtemps en vie.
- A mes frères et sœurs pour l'amour qui nous unit.
Ce travail est également le fruit de vos nombreux soutiens. Soyez en remerciés ; Que le Seigneur vous accorde sa grâce.
- A mon Tuteur, Mr Waly NDOUR. Merci d'avoir guidé mes pas tout au long de ces si difficiles études ; toute ma vie, je vous en serai reconnaissant.
- A mes Amis (es) aussi nombreux que vous êtes, je ne peux vous citer.
- A la famille NDOUR de Mermoz.
- A mes neveux et nièces.
- Aux étudiants de la 2^{ème} promotion du DEA. PA.
- Aux Voching du D.U.C.
- Aux élèves et étudiants de Thiomby.
- A tous les miens.

REMERCIEMENTS

- Mr Ibrahima Lo et à tout le personnel du Centre National de Formation des Techniciens des Pêches et de l'Aquaculture (CNFTPA) de Thiaroye.
- Mr Jean FALL pour la saisie du mémoire.
- Personnel du Laboratoire d'hygiène Alimentaire de l'EISMV.
- Gorgui NDIOL.
- Mme DIOUF, documentaliste à l'EISMV.
- Diégane NDONG de la DPM.
- Tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la valorisation de ce travail.

A NOS MAITRES ET JUGES

- A notre Président du jury, Mr François Adébaye ABIOLA, Professeur à l'EISMV de Dakar.

Le grand honneur que vous nous faites en acceptant de préciser notre jury de mémoire de DEA, nous offre l'occasion de vous exprimer nos hommages respectueux. Vos compétences scientifiques et vos qualités d'enseignants vous valent l'admiration de tous ceux qui vous cotoient.

Soyez assurés de notre sincère reconnaissance.

- A notre Directeur de mémoire, Monsieur Malang SEYDI, Professeur à l'EISMV de Dakar.

Votre ardeur dans le travail et votre compétence indiscutable nous ont permis de travailler dans une atmosphère de confiance et de sécurité.

Cher Maître, trouvez ici l'expression de nos sincères remerciements et de notre profonde gratitude.

- A notre Maître et Juge, Mr Bhen Sikina TOGUEBAYE, Professeur à la faculté des Sciences et Techniques de l'UCAD. C'est votre humilité et vos caractères scientifiques qui expliquent la spontanéité avec laquelle vous avez accepté de participer à ce jury.

Acceptez nos remerciements infinis.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	2
Chapitre premier : GENERALITES SUR LE CYMBIUM.....	2
1-1 : Position systématique.....	2
1-2 : Les Cymbium au Sénégal.....	2
1-3 : Reproduction de Cymbium pepo.....	3
1-4 : Transformation des Cymbium.....	4
1-4-1 : Transformation artisanale.....	5
1-4-2 : Transformation industrielle.....	5
1-5 : Valeur nutritive du yeet.....	6
1-6 : Données économiques.....	7
Chapitre deuxieme : DONNEES GENERALES SUR L'HISTAMINE.....	8
2.1 : Formation de l'histamine dans les denrées alimentaires.....	8
2.2 : Bactéries productrices d'histamine.....	8
2.3 : Conditions favorisant la libération de l'histamine dans les tissus.....	9
a. Incidence du stress.....	9
b. Incidence de la saignée.....	9
c. Incidence de l'espèce animale.....	9
2.4 : Empoisonnement à l'histamine.....	9
2.5 : Toxicité.....	10
2.6 : Lutte contre les maladies causées par les amines.....	11
2.7 : Normes.....	11
DEUXIEME PARTIE : PARTIE EXPERIMENTALE.....	13
Chapitre premier : MATERIEL ET METHODES.....	13
1.1 : Matériel.....	13
1.1.1 : Produit analysé.....	13
1.1.2 : Instrumentation.....	13
1.1.3 : Produits chimiques.....	14
1.2 : Méthodes.....	14
1.2.1 : Echantillonnage.....	14
1.2.2 : Dosage de l-histamine.....	14
1.2.2.1 : Mode opératoire.....	14
1.2.2.2 : Préparation des réactifs.....	14
1.2.2.3 : Préparation de la résine.....	15
1.2.2.4 : purification de l'extrait trichloroacétique.....	16

1.2.2.5 : Réaction de condensation et mesure de la fluorescence... 16

Chapitre deuxieme : RESULTATS, DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS	18
2.1 : Résultats.....	18
2.2 : Discussion.....	23
2.3 : Recommandation.....	24
CONCLUSION	26
BIBLIOGRAPHIE	27

INTRODUCTION

L'exploitation du Cymbium au Sénégal a connu ces dernières années une évolution positive. En effet la transformation du Cymbium était traditionnellement effectuée de façon artisanale, mais la récente implication des industriels dans ce secteur a provoqué une augmentation croissante de la demande.

Les Cymbium sont des Mollusques Gastéropodes ouest-africain appartenant à la grande famille des Volutidae. Au Sénégal ils prennent le nom de *Yeet* à la suite de la fermentation et du séchage. Le *Yeet* est un produit de large consommation, de par son arôme très recherché il constitue un condiment essentiel dans de nombreuses recettes Sénégalaises à base de riz [27].

En revanche, outre la probable accumulation naturelle de biotoxines dans le *Yeet* notamment l'histamine, l'hygiène déficiente notée dans les ateliers de traitement du Cymbium engendre souvent un dépassement des limites maximales d'histamine autorisées. De ce fait, le *Yeet* peut constituer une réelle menace pour la sécurité alimentaire du consommateur. C'est ainsi qu'au cours de notre étude, nous évaluerons le degré de contamination histaminique du *Yeet* (issu de la transformation de l'espèce *Cymbium pepo*) par le biais de la méthode spectrofluorométrique de Lerke et Bell.

Ce présent travail est exposé en deux parties :

- ❖ La première partie consacrée à la synthèse bibliographique traite des généralités sur le Cymbium de même que les données générales sur l'histamine.
- ❖ La deuxième partie, celle expérimentale énonce le matériel et les méthodes utilisés, présente les résultats et leurs discussions avant de proposer des recommandations.

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre premier : Généralités sur le Cymbium

1.1. Position systématique

La taxonomie générale des Cymbium est la suivante :

Embranchement : Mollusques

Classe : Gastéropodes

Sous-classe : Prosobranches

Ordre : Néogastéropodes

Sous-Ordre : Sténoglosses

Famille ; volutidae

Sous-Famille : cymbiinae

Genre : cymbium

1.2. Les cymbium au Sénégal

Sept espèces de Cymbium sont couramment pêchées le long des côtes africaines, du détroit de Gibraltar au golfe de guinée, mais seul le Sénégal en pratique une exploitation régulière.

Cymbium pepo

Cymbium tritonis

Cymbium glans

Cymbium olla

Cymbium cymbium,

Cymbium mormoratum,

Cymbium cucumis

Cymbium pepo, *Cymbium tritonis*, *Cymbium glans* sont les trois espèces les plus abondantes sur le plateau continental Sénégalais [29].

Cymbium cymbium, *Cymbium mormoratum*, *Cymbium glans* (la plus grande du genre) sont désignées par le nom wolof de *warwaran* [27].

Cymbium pepo est l'espèce la plus pêchée au Sénégal et est connu sous le nom de *Yeet* [27].

Inféodé aux sédiments meubles, le Cymbium (**Photo 1**) est un actif chasseur de bivalves. Il utilise son odorat développé pour capturer dans le sable palourdes et autres mollusques qu'il broie facilement avec son énorme pied musculueux. Le poids moyen des individus adultes avoisine les 2 kg, mais peut, en fonction des espèces dépasser 8 kg [29].

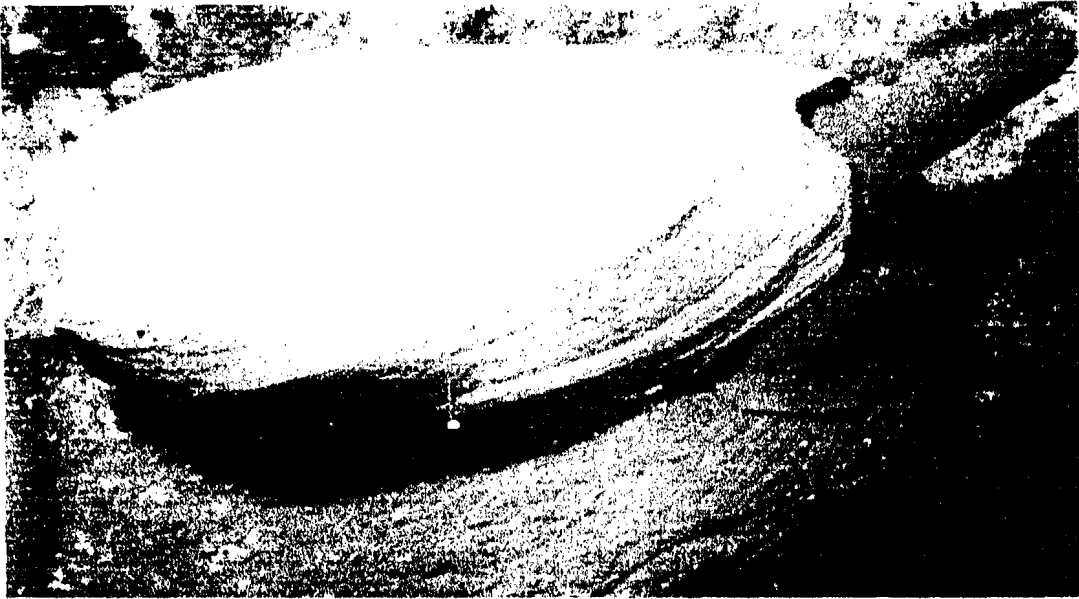


Photo 1 : *Cymbium adulte*

1.3. Reproduction de *Cymbium pepo*

En raison du mode de développement particulier des *Cymbium*, le processus de reproduction peut être séparé en trois étapes :

- ❖ L'accouplement qui se déroule entre les mois de mai et juin est stimulé par certaines caractéristiques physico-chimiques du milieu marin notamment l'augmentation de la température et de la salinité.
- ❖ La période de ponte a lieu entre les mois d'août et septembre. Elle est déclenchée par l'accouplement et correspond au passage des œufs fécondés et de l'albumine dans la poche incubatrice. Elle se traduit morphologiquement par l'augmentation de la taille des femelles gravides.
- ❖ La libération des larves se fait à partir de février. Elle se résume à l'éjection dans le milieu extérieur des larves qui sont au terme de leur développement après un séjour de six mois dans la poche incubatrice. En janvier le pourcentage de femelles pleines est de 88%, ce taux atteint 100% en février et 90 à 95% en mars. Suivant les espèces et l'âge, le nombre de jeunes varie de 10 à plus de trente par femelle [29].

Par ailleurs la pêche du *Cymbium* est pratiquée toute l'année y compris le mois de janvier, février et mars période qui voit la quasi-totalité des femelles capturées porteuses de jeunes, arrivés au terme de leur développement et prêts à être libérés. La proportion de femelle dans

les débarquements est en moyenne de 51% ce qui fait qu'au cours de leur transformation, les jeunes Cymbium, parfaitement viables sont fréquemment sortis de ces femelles puis jetés sur la plage où ils mourront rapidement au soleil.

L'étude attentive des débarquements montre que ce sont chaque année entre 3 et 6 millions de Cymbium juvéniles (**Photo 2**) qui sont inutilement sacrifiés [29].

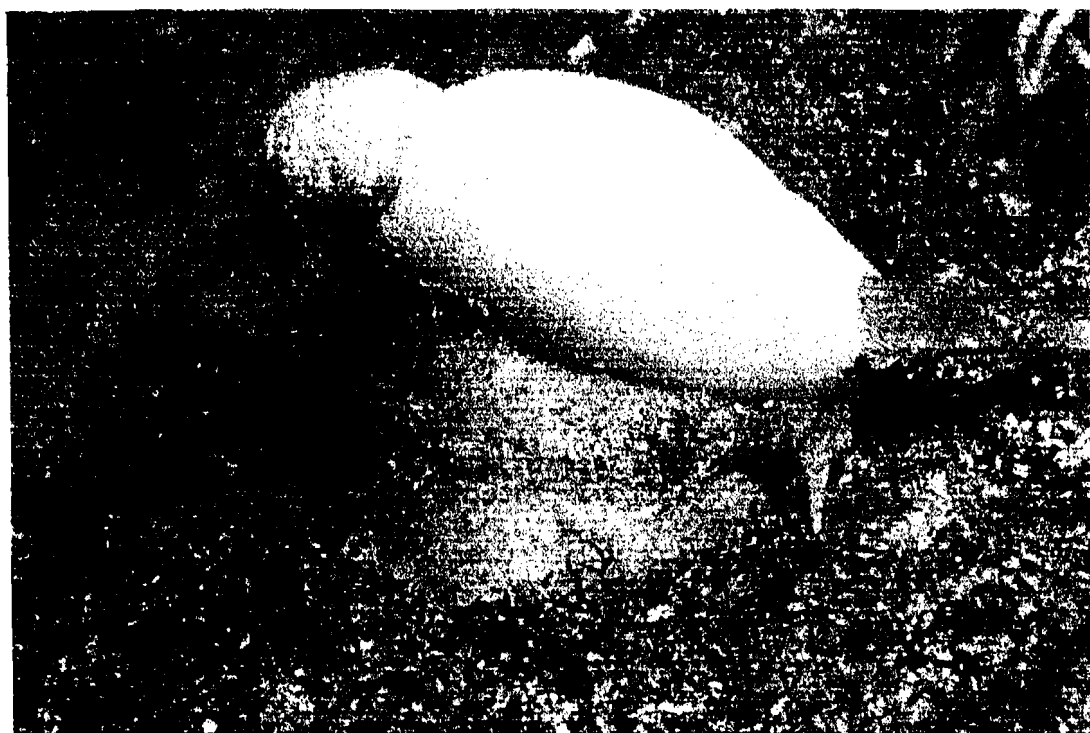


Photo 2 : *Cymbium juvenile*

1.4. Transformation des Cymbium

Au débarquement, le Cymbium est collecté par les mareyeuses qui effectuent le triage. Ainsi, les individus de petit calibre (de même que les Cymbium de qualité douteuse) sont affectés à la transformation artisanale. Alors que les Cymbium dont le poids moyen avoisine 800 g sont vendus aux industriels.

1.4.1. La transformation artisanale

Les techniques artisanales de traitement du Cymbium varient d'une localité à une autre. C'est ainsi qu'après extirpation de l'animal de sa coquille, il est éviscéré et la masse pédieuse représentant la partie consommable est : à Fadiouth mise dans des sachets en plastique puis enfouie dans le sable de plage pendant 2 à 3 jours. Elle est ensuite lavée à l'eau de mer et découpée en lanières avant d'être exposée au soleil sur des claies de séchage. A Joal, cette masse pédieuse est plongée pendant 24 heures dans des bacs remplis d'eau de puits enrichie en sel. Après ce séjour au niveau des bacs, elle est lavée à l'eau de puits et mise à sécher. A Mbour, la chair du Cymbium est immergée dans des bacs contenant de l'eau de mer, au bout de 24 heures, puis lavée et exposée au soleil. Alors qu'à la baie de Hann, la sole pédieuse déjà fermentée est lavée à l'eau de robinet avant son séchage.

La transformation artisanale du Cymbium s'accompagne d'une perte de 64% et le produit issu de ce traitement est appelé *Yeet cube maggi* ou camembert sénégalais [35].

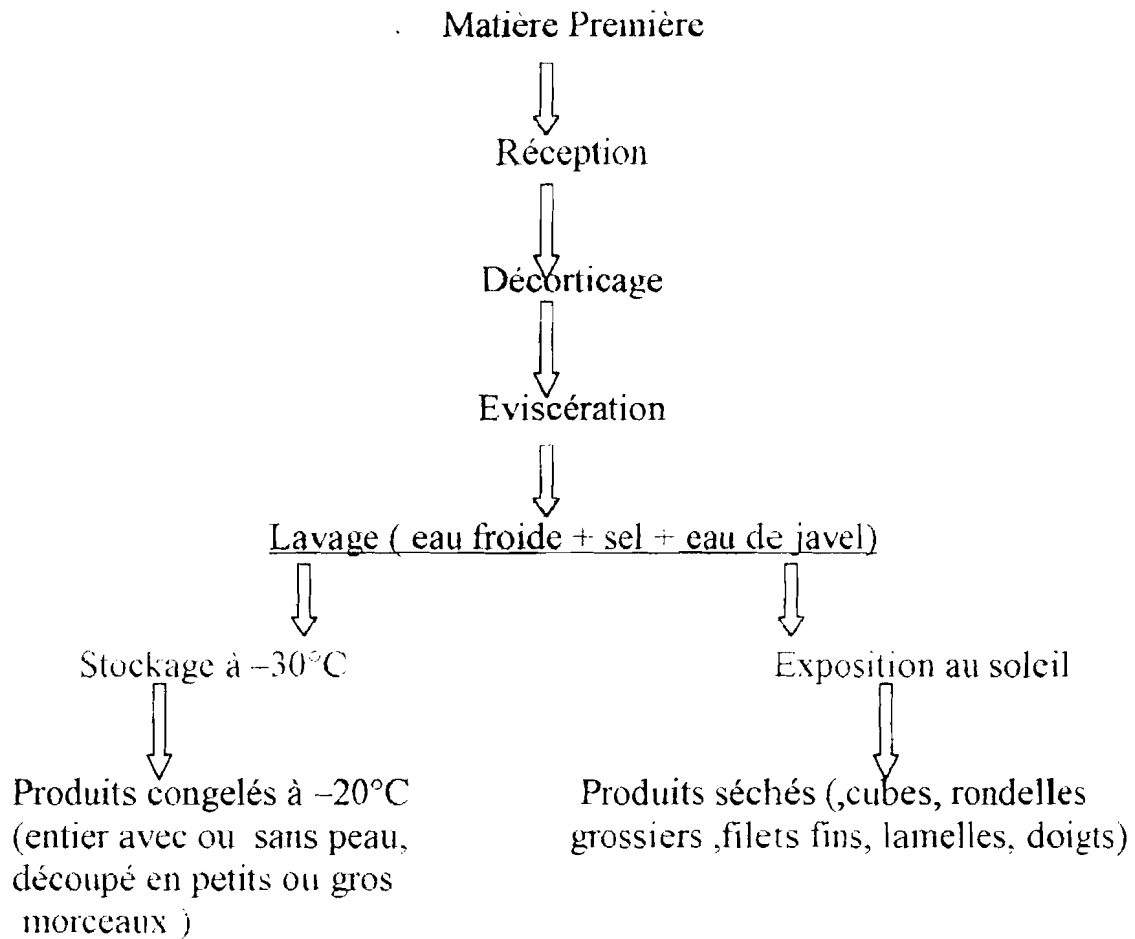
1.4.2. La transformation industrielle

L'exploitation industrielle du Cymbium a débutée au Sénégal en 1985 avec la société << DRAGON DE MER >>. Les énormes profits générés par cette activité attirent d'autres unités de transformation dont les entreprises AMATH GUEYE et DIALLO, AFRICAMER, CETEXPHARM, IKAGEL, AFRIMEX.

Par ailleurs, la totalité des produits, compte tenue des conditions d'hygiène réglementaires imposées à ces différents établissements par le BCPH, un nouveau processus de fabrication a été introduit, celui-ci est développé au niveau de la **figure 1**.

Le rendement de la transformation individuelle du Cymbium est de 3.5 kg de matière première pour 1 kg de produit.

Figure 1 : Diagramme de fabrication industrielle du Cymbium



1.5. Valeur nutritionnelle du yeet

La composition moyenne du *Yeet* est de 15.35 % de protéines, 0.54 % de lipides, 11.01 % de cendres, 1.88 % de NaCL et un taux d'humidité de 69.08 %.

Sur le plan organoleptique, l'odeur est plus forte chez le *Yeet* de Fadiouth et joal qui est également moins consistant et plus facile à mâcher contrairement à celui de Mbour plus dur pour la mastication avec un goût moins aromatisant [34].

1.6. Données économiques

Jusqu'à la fin des années 70, la consommation du commerce local et quelques exportations vers les pays voisins se situaient entre 100 et 400 tonnes annuelles. Mais dès le début des années 90 les débarquements de Cymbium se mirent à augmenter jusqu'à atteindre 7453,56 tonnes en 1995 [14] puis tombèrent pour se stabiliser aux alentours de 5000 tonnes (**tableau 1**). La chair de Cymbium frais est achetée au Sénégal entre 50 et 200 francs CFA le kilogramme ; elle sera ensuite vendue sur le marché après fermentation et séchage à 1000 francs CFA le kilogramme en saison sèche , ce prix peut évoluer jusqu'à 2000 francs CFA pendant l'hivernage. Le Cymbium est aujourd'hui un produit d'exportation réalisant ainsi un chiffre d'affaire d'environ 3.5 Milliards en 1996 [34].

La fabrication industrielle est cependant exportée vers l'Asie. C'est ainsi sur le marché chinois le kilogramme de Cymbium est négocié à 1600 Francs CFA le kg pour le congelé et de 7500 Francs CFA le kg pour le produit séché [29].

Tableau 1 : tableau synoptique de l'évolution des débarquements

Années	Débarquements du Cymbium (tonnes)	Prix au kilo moyen (FCFA)
2001	5421.73	191.75
2000	4915.93	141
1999	5700.67	161.5
1998	4677.71	164.25
1997	5165.63	171.18
1996	6575.48	102.81
1995	7453.56	90.426
1994	4888.16	71.248
1993	4294.7	91.476
1992	959.85	120
1991	4919.5	105.429
1990	4477.3	107.106
1989	3017.5	110.248
1988	4625.4	99.248
1987	6935.2	138.041

(Source : 14)

Chapitre deuxième : DONNEES GENERALES SUR L'HISTAMINE

L'histamine est une amine provenant de la décarboxylation de l'histidine. Elle est douée de nombreuses propriétés physiologiques :

- elle favorise la production du suc gastrique
- elle dilate les vaisseaux capillaires, ce qui a pour conséquence une action hypotensive,
- elle constitue un facteur développant les réactions allergiques.

2. 1. Formation de l'histamine dans les denrées alimentaires

L'histamine se forme dans les poissons post-mortem par décarboxylation bactérienne de l'acide aminé histidine comme le montre la **figure 2**.

Les poissons les plus fréquemment incriminés sont ceux qui présentent une teneur naturelle d'histidine tels que les Scombridés, les Clupeidés, les Mahi- mahi, le Maquereau, l'Amberjack et l'Ormeau.

Cependant n'importe quelle nourriture qui contient des acides aminés appropriés et soumise à certaines contaminations bactériennes peut mener à l'empoisonnement à l'histamine une fois ingérée [6,19].

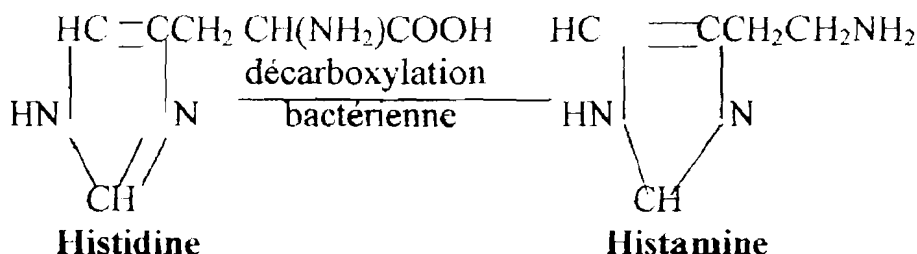


Figure 2 : structure chimique de l'Histamine
(Pan et James ,1985)

2. 2. Bactéries productrices d'histamine

Les bactéries productrices d'histamine sont certaines Enterobacteriaceae, un certain nombre de *Vibrio* sp et un nombre de *Clostridium* et *Lactobacillus* sp. Les producteurs d'histamine les plus puissants sont *Morganella morganii*, *Klebsiella pneumoniae* et *Hafnia alvei* (Stratten et Taylor, 1991 cité par Huss). Ces bactéries se retrouvent chez la plupart des poissons par suite d'une contamination post- capture.

Elles se multiplient bien à 10°C mais à 5°C, la croissance est considérablement retardée et on a jamais relevé de production d'histamine par *Morganella morganii* lorsque les températures étaient constamment inférieures à 5°C. Toutes fois, de grandes quantités d'histamine étaient formées par *Morganella morganii* à faible température (0-5°C) après entreposage pendant une durée allant jusqu'à 24 heures à températures élevées (10-25°C) alors même qu'il n'y avait pas de développement bactérien à 5°C et en dessous.

2.3. Conditions favorisant la libération de l'histamine dans les tissus

Elles découlent de l'action des substances histamino-libératrices et des facteurs présidant à la décarboxylation de l'histidine [8].

a. Incidence du stress

Les agressions non spécifiques qui entraînent une hypersécrétion surrénalienne avec décharge d'adrénaline, provoquant une élévation du taux plasmatique en histamine.

b. Incidence de la saignée

Les thons non saignés après la capture alors qu'ils sont encore vivants recèlent ensuite après éviscération de grandes quantités de sang et ceci entraîne la présence notable d'histidine puisque l'hémoglobine en renferme de grandes proportions.

c. Incidence de l'espèce animale

La richesse du tissu musculaire en myoglobines, cytochromes et catalases implique une prédisposition à l'élaboration ultérieure d'histamine. Ceci est illustré par le fait que le thon rouge (*Thunnus thynnus*) est pratiquement la seule espèce à provoquer les accidents.

La formation d'histamine est donc liée à la présence d'histidine dans l'organisme.

2.4. Empoisonnement à l'histamine

L'empoisonnement à l'histamine est une intoxication chimique provoquée par la consommation d'aliments contenant des taux élevés d'histamine et probablement d'autres amines et composés vaso-actifs [6].

Autrefois, cet empoisonnement était appelé empoisonnement par les Scombridés, étant donné la fréquente association avec des scombridés et notamment le thon et le maquereau.

L'empoisonnement à l'histamine est une maladie bénigne ; la période d'incubation est extrêmement courte (de quelques minutes à quelques heures) et la durée de maladie également brève (quelques heures).

Elle se manifeste par des symptômes cutanés (gonflement ou rougeur de la face, urticaire, œdème), gastro-intestinaux (nausée, vomissement, diarrhée) et neurologiques (migraines, fourmillements, sensation de brûlure dans la bouche). Bien que rares des palpitations cardiaques peuvent également se manifester. Les symptômes peuvent progresser dans le cas particulier des enfants et des vieux [6, 8, 19].

2.5. Toxicité

Il convient de souligner qu'une fois produite dans le produit, le risque de maladie est considérable. L'histamine est très résistante à la chaleur, si bien que même si le poisson est cuit, appertisé ou soumis à un traitement quelconque avant d'être consommé, l'histamine n'est pas détruite. Une ingestion élevée d'histamine n'entraîne pas toujours la maladie, même lorsque le niveau d'intervention (50mg / 100g dans le cas des thonidés) est dépassé.

L'organisme humain peut très bien tolérer une certaine quantité d'histamine sans la moindre réaction. L'histamine ingérée sera détoxifiée dans l'appareil intestinal par au moins deux enzymes, la Diamine Oxydase (DAO) et l'Histamine N-méthyltransférase (HMT) qui agissent en série pour transformer l'histamine en acide méthylimidazole acétique non toxique [1, 37]. Ce mécanisme protecteur peut cependant se révéler défaillant si l'ingestion d'histamine et/ou d'autres amines biogènes (cadavérine, putréscine pouvant potentialiser la toxicité de l'histamine) est extrêmement élevée, ou si l'action des enzymes est bloquée par d'autres composés (**annexe**).

L'incubation du catabolisme de l'histamine intestinale se traduira par une élévation du transport de l'histamine à travers les membranes cellulaires et de la circulation.

L'histamine a également une action sécrétalogue importante (Sécrétion surtout de HCl). C'est la raison pour laquelle on relie un grand nombre d'ulcères à un excès d'histamine plutôt qu'à des erreurs ou abus alimentaires

2.6. Lutte contre les maladies causées par les amines

Le stockage et la conservation des produits de la mer en toutes circonstances est la mesure préventive la plus efficace. En effet toutes les études semblent concorder : le stockage à 0°C ou à une température extrêmement proche de zéro permet de limiter la formation d'histamine dans les produits de la mer à des niveaux négligeables [19]. De même, l'application de méthodes hygiéniques, de manutention et de transformation permettent de contrôler la formation d'histamine.

2.7. Normes

Plusieurs pays ont adapté une réglementation régissant les concentrations maximums admissibles d'histamine dans les poissons. On en trouvera des exemples au tableau ci dessous.

Tableau 3: Réglementation de la concentration de l'histamine dans le Poisson

	Niveau d'intervention (en cas de défectuosité)	Concentration maximum admissible	Niveau d'intervention (en cas de danger)
	mg/100g	mg/100g	mg/100g
Etats-Unis (FDA)	10-20	–	50
CEE	10	20	–

(SOURCE : 19)

Au Sénégal l'Institut Sénégalais de Normalisation a établi une norme sur les taux d'histamine admissibles dans les produits de la mer. La norme s'applique à tous les produits de la mer à l'état frais, congelé, fumé, séché, appertisé ou ayant subi tout autre traitement.

L'analyse est ainsi effectuée sur neuf (9) échantillons prélevés sur chaque lot de fabrication et donne lieu à neuf résultats de dosage de l'histamine. Pour que le lot soit admissible, les conditions suivantes doivent être remplies :

- Moyenne arithmétique des neufs résultats inférieurs à 10 mg d'histamine par 100 g de poisson

- Pas plus de deux échantillons compris entre 10 et 20 mg d'histamine pour 100 g de poisson ;
- Aucun résultats supérieur à 20 mg d'histamine pour 100g de poisson

DEUXIEME PARTIE : PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre premier : MATERIEL ET METHODES

1.1. Matériel

1.1.1. Produit analysé

Il s'agit du *Yeet* issu de la transformation artisanale (fermentation et séchage) de *Cymbium pepo* qui est vendu sur certains marchés de Dakar.

1.1.2. Instrumentation

Les appareils utilisés :

- Spectrofluorimètre de marque Turner Model 450,
- PH-mètre portable Hanna,
- Stomacher lab-blender, modèle 400,
- Balance électronique de type Sartorius BP 310 S,
- Thermomètre (TFX392).

La Verrerie est constituée de :

- Quatre colonnes de chromatographie liquide (CN 14 10 X 300) sans jaquette dont le robinet a une voie surmontée par un fritté de porosité zéro. Chaque colonne est munie d'un rodage femelle à sa partie supérieure pour recevoir un réservoir 19 /26 de 100 ml
- Une éprouvette graduée de 100 ml,
- Une fiole jaugée de 100 ml,
- Cinq (5) tubes de mesure,
- Deux (2) béchers de 50 ml,
- Quatre (4) erlenmeyers de 150 ml,

Les autres accessoires :

- Quatre (4) filtres Buchner en porcelaine,
- Une éprouvette graduée en plastique de 1000 ml,
- Une piscette,
- Sachets stomacher,
- Papier filtre,
- Pipettes suffisantes de telle sorte que chaque solution dispose d'une pipette qui lui est spécifique.
- Une paire de ciseaux,

- Une pince,
- Gants à usage unique

1.1.3. Produits chimiques

- Acétate de Sodium anhydre,
- Acide Chlorhydrique 0.1 N,
- Acide Chlorhydrique 1 N,
- Acide acétique cristallisable,
- Acide Nitrique,
- Acide Trichloroacétique,
- Chlorhydrate d'histamine,
- Hydroxyde de Sodium 1 N,
- Méthanol,
- Orthophtalaldehyde,
- Résine Amberlite échangeuse d'ions CG50,type 1.

1.2. Méthodes

1.2.1. Echantillonnage

Les échantillons de Yeet dont chaqu'un est constitué d'un individu ont été recueillis au niveau de trois marchés de Dakar : Castor, Grand- Dakar et Yarakh.

Les analyses des 100 échantillons obtenus et répartis comme suit : 50 au marché Castor, 25 au marché de Grand –Dakar et 25 au marché de Yarakh ont été réalisées au niveau du laboratoire d'hygiène alimentaire de l'EISMV par la méthode spectrofluorométrique de Lerke et Bell.

1.2.2. Dosage de l'histamine

Le dosage de l'histamine dans les produits de la mer permet d'évaluer le degré de toxicité. La méthode est applicable à tous les produits de la mer quels qu'en soient les modes de préparations et de présentation.

1.2.2.1. Mode Opérateur

1.2.2.2. Préparation des réactifs

❖ Solution d'acide Trichloroacétique (ATC) à 10%

10g d'ATC sont dissouts dans 100ml d'eau distillée puis agités.

❖ **Tampon acétate de PH 4.62 (0.2N)**

8.05g d'acétate de sodium anhydre sont dissouts dans de l'eau distillée à ce mélange nous ajoutons 5.9ml d'acide acétique cristallisable et complétons au litre par de l'eau distillée. L'ajustement du pH à 0.01 unités près est fait avec de l'acide acétique N /L ou de la soude N / L.

❖ **Solution d'Orthophtalalehyde (OPA) à 1% d'alcool méthylique**

1 g d'OPA est dissout dans 25 ml de méthanol ; puis transvasé dans une jauge de 100ml, nous ajoutons du méthanol servant au rinçage jusqu'au trait de jauge. Cette solution est conservée au réfrigérateur dans un flacon brun hermétiquement fermé.

❖ **Acide Chlorhydrique 0.2N et 0.7N**

Ces deux solutions sont préparées à partir de l'acide chlorhydrique 1 N suivant la règle $N_1 V_1 = N_2 V_2$

❖ **Solution mère d'histamine à 1g / l**

0.1656 g de chlorhydrate d'histamine anhydre est dissout dans 100ml de HCl 0.1 N . Cette solution n'est pas conservée après la préparation de la solution d'étalon d'histamine à 0.02g/l.

❖ **Solution d'étalon d'histamine à 0.02g/l**

2ml de la solution d'histamine sont pipetés dans une jauge de 100 ml puis on complète avec de l'acide trichloroacétique à 10%. Cette solution est stable au réfrigérateur en flacon brun bien fermé.

1.2.2.3. Préparation de la résine

1 g de résine amberlite GC 50 type 1 (100-200mesh) est mis en suspension dans 15 ml de tampon acétique pH= 4.62. La suspension est ensuite transvasée dans la colonne ; la hauteur de la résine doit être de 50 mm.

Un échantillon représentatif de *Yeet* est coupé en petits morceaux avec une paire de ciseaux. 10g de chair y sont prélevés dans un sachet stomacher puis pesés au trébuchet à 0.01g près.

Ajouter à la prise d'essai 90 ml d'acide trichloroacétique à 10% avec une éprouvette de 100ml.

Le mélange est homogénéisé dans un stomacher (pendant 5mn) jusqu'à ce qu'il ne subsiste plus de morceau de chair. Il est ensuite filtré sur papier filtre sec en éliminant les premiers millimètres de filtrat et environ 50 ml de filtrat sont recueillis.

1.2.2.4. Purification de l'extrait trichloracétique

Fixation de la résine

Dans un bêcher de 50 ml, nous mettons avec l'éprouvette 20 ml de tampon pH 4.62 puis 0.2 ml de filtrat à l'aide de la pipette bâton de 0.2 ml. Le mélange est transféré dans le réservoir de la colonne de chromatographie contenant 1 g de résine tamponnée à pH 4.62. Faire écouler la totalité de la solution goutte à goutte en raison d'une goutte par 3 secondes puis verser dans le réservoir de 30 ml de tampon pH 4.62 ayant servi à rincer le bêcher. Faire passer cette solution à travers la résine en raison d'une goutte par 3 secondes.

Lorsqu'il ne reste plus que 1 cm de liquide au dessus de la résine, laver la colonne avec 100 ml de tampon acétate pH 4.62 mesurés à l'éprouvette. Le robinet est ouvert complètement afin d'entraîner toutes les molécules qui ne sont pas fixées sur la résine. Eliminer cette solution de lavage.

1.2.2.5. Réaction de condensation et mesure de la fluorescence

A l'aide d'une pipette de 5 ml transférer exactement 2 ml dans un tube de fluorimètre propre et sec.

Ajouter 1 ml de NaOH 1 N (pipette bâton 5 ml). Ajouter puis introduire avec une pipette bâton de 1 ml exactement 0.1 ml d'orthophtalaldéhyde.

Agiter rapidement et boucher avec un parafilm.

Après exactement 3.5 minutes, ajouter 2 ml d'HCl 0.7 N (pipette bâton 5 ml). Agiter puis mesurer la fluorescence de la solution inconnue après avoir réglé le zéro de l'appareil sur le blanc réactif et le 100% sur la solution étalon. La solution étalon d'histamine est obtenue en pipetant exactement 0.2 ml d'histamine à 0.02 g/l dans 18 ml d'HCl 0.2 N ; Compléter à 20 ml avec de l'eau distillée. Prélever 2 ml de cette solution étalon pour faire la réaction de condensation puis régler le 100 % de l'appareil. Entre la réaction de condensation de la solution étalon et la mesure de la fluorescence du dernier échantillon, il ne doit pas s'écouler plus de 15 minutes. Si cela n'est pas possible, subdiviser les échantillons en séries et refaire le blanc et un étalon pour chacune d'entre elles.

Tableau 2 : tableau récapitulatif

Solution	lecture	Prise d'essai	NaOH	OPT	HCL 0.7 N
Blanc réactif	0%	2 ml HCL 0.2 N	1ml	0.1ml	2ml
Etalon	100%	2 ml Histamine 0.02g/l	1ml	0.1ml	2ml
Inconnue	X%	2ml Eluat	1ml	0.1ml	2ml

Si l'échantillon présente une fluorescence supérieure au témoin (déviation supérieure au 100 %), recommencer la mesure en pipétant exactement 0.5 ml d'éluat dans un tube de fluorimètre sec puis 1.5 ml de HCl 0.2 N. Continuer la manipulation comme ci-dessus (1 ml NaOH 1 N, 0.1 ml OPT, 2 ml HCl 0.7 N). Au moment de la lecture, on multiplie le résultat par le facteur de dilution. Les valeurs inconnues sont déterminées par une règle de trois.

$$C2 = C1 \times F2 / F1$$

C1 : concentration de l'histamine en étalon, C2 : concentration de l'échantillon,
F1 : degré de fluorescence de l'étalon, F2 : degré de fluorescence de l'échantillon.

Les concentrations sont exprimées en mg d'histamine /100g de chair.

La résine joue un grand rôle dans la mise en œuvre de ce dosage, des précautions sont prises pour assurer sa bonne utilisation. Ainsi il faut procéder à :

- Sa régénération et sa conservation après élution (décrochage) de l'histamine par 18 ml de HCl 0.2 N. Lors de la purification remplir la colonne à moitié avec une solution de HCl 1 N. Laisser écouler 10 ml de cette solution afin d'éliminer le HCl 0.2 N subsistant dans la résine. La résine doit immerger dans le HCl 1 N entre deux manupilation.
- Sa remise en service avant chaque dosage : faire écouler le HCl 1 N et laver la résine avec 100 ml d'eau distillée puis 100 ml de tampon acétate pH 4.62 et éliminer les éluats.

Le changement d'aspect (formation de grumeaux)ou de couleur (verdissement) traduisant le vieillissement de la résine et il faut donc la changer.

Chapitre deuxième : RESULTATS, DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

2.1. Résultats

Tableau 4 : Résultats des analyses d'histamine dans le Yeet

Echantillons N°	Température de prélèvement (°C)	Taux d'histamine (mg%g)	Marché d'origine
1	24.8	3.2	castor
2	24.2	7.16	castor
3	24.1	4.1	castor
4	26.7	4.64	castor
5	26.1	11.66	castor
6	25.8	7.52	castor
7	25.1	6.98	castor
8	26.1	3.2	castor
9	24.2	5	castor
10	25.7	2.48	castor
11	25.5	5.54	castor
12	24.7	7.34	castor
13	24.3	2.48	castor
14	24.5	4.46	castor
15	24.7	4.64	castor
16	24.8	7.34	castor
17	24.9	12.74	castor
18	24.2	2.48	castor
19	24.6	19.4	castor
20	24.6	12.38	castor
21	24.6	39.56	castor
22	25.2	14.18	castor
23	25.7	5.18	castor
24	24.9	9.14	castor
25	25.5	22.46	castor

(Suite tableau 4)

26	25.2	14.72	castor
27	24.6	14.18	castor
28	24.6	9.14	castor
29	24.9	5.36	castor
30	25.1	4.28	castor
31	25.8	24.26	castor
32	25.1	49.46	castor
33	26.3	4.82	castor
34	26.3	19.22	castor
35	24.9	32.18	castor
36	24.9	14.48	castor
37	24.9	4.82	castor
38	24.5	30.56	castor
39	24.8	6.98	castor
40	25.7	26.78	castor
41	26.1	41.72	castor
42	26.1	2.48	castor
43	24.2	74.12	castor
44	24.3	5	castor
45	24.2	4.64	castor
46	24.7	4.88	castor
47	24.1	8.78	castor
48	26.4	19.04	castor
49	26.3	18.14	castor
50	25.7	4.82	castor

(suite tableau 4)

51	24.1	27.32	Grand-Dakar
52	24.2	36.14	Grand-Dakar
53	24.7	2.84	Grand-Dakar
54	26.1	110.12	Grand-Dakar
55	26.5	7.52	Grand-Dakar
56	25.1	14.54	Grand-Dakar
57	24.6	24.26	Grand-Dakar
58	25.5	10.76	Grand-Dakar
59	24.7	10.94	Grand-Dakar
60	24.3	5.72	Grand-Dakar
61	24.5	14.36	Grand-Dakar
62	24.7	5.18	Grand-Dakar
63	24.9	33.44	Grand-Dakar
64	24.8	26.06	Grand-Dakar
65	24.6	23	Grand-Dakar
66	24.6	26.78	Grand-Dakar
67	25.5	14.54	Grand-Dakar
68	24.7	8.06	Grand-Dakar
69	26.2	20.48	Grand-Dakar
70	25.8	15.98	Grand-Dakar
71	25.3	6.62	Grand-Dakar
72	24.7	5.36	Grand-Dakar
73	26.2	9.5	Grand-Dakar
74	25.1	9.32	Grand-akar
75	25.7	6.26	Grand-Dakar

(Suite tableau 4)

76	25.7	5.18	Yarakh
77	24.4	5	Yarakh
78	24.5	4.28	Yarakh
79	24.1	8.58	Yarakh
80	24.6	8.06	Yarakh
81	24.6	9.86	Yarakh
82	25.2	7.7	Yarakh
83	26.1	5.18	Yarakh
84	24.6	5.36	Yarakh
85	24.9	9.58	Yarakh
86	24.3	56.48	Yarakh
87	25.4	7.7	Yarakh
88	25.4	14.54	Yarakh
89	24.8	5.36	Yarakh
90	24.1	6.62	Yarakh
91	27.1	7.16	Yarakh
92	26.7	15.44	Yarakh
93	26.3	7.16	Yarakh
94	27.2	17.78	Yarakh
95	26.1	15.26	Yarakh
96	26.9	8.6	Yarakh
97	27.7	12.74	Yarakh
98	26.5	9.32	Yarakh
99	26.8	12.38	Yarakh
100	24.7	17.96	Yarakh

Les teneurs en histamine trouvées dans les échantillons de *yeet* ainsi que leurs températures mesurées au cours du prélèvement sont présentées dans le **tableau 4**.

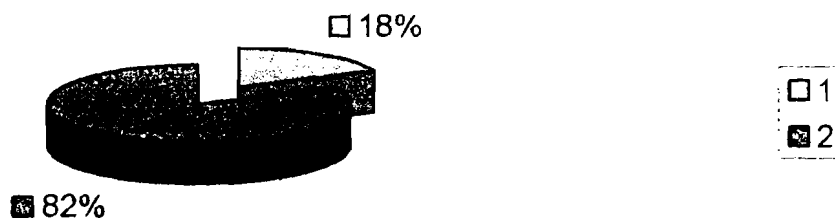
Les résultats montrent que les taux d'histamine du *yeet* vendu à Dakar sont compris entre 2.48 et 110.12 mg /100g avec une moyenne de 19.73 mg %g. (**tableau 5**)

La majeure partie des échantillons a une faible teneur en histamine : 58 échantillons ont moins de 10 mg/100g et 82% du total présentent un taux d'histamine situé en dessous de la norme à savoir 20 mg/100g (**figure 3**).

Cependant, le *yeet* vendu à Dakar comporte de forts pourcentages d'histamine puisque 18 échantillons ont un taux supérieur à 20 mg%g dont 3 au-dessus de 50 mg%g avec un maximum de 110.12 mg%g.

S'agissant des températures, il n'existe pratiquement pas de différence entre la température recueillie au niveau des échantillons et celle du milieu ambiant.

Figure 3 : Répartition des teneurs en histamine par rapport à norme (20mg%g)



1 : Non satisfaisants

2 : Satisfaisants

Tableau 5 : statistiques descriptives

Maximum (mg%g)	Minimum (mg%g)	Moyenne (mg%g)
110.12	2.48	19.73

2.2. Discussion

82% des échantillons présentent des taux d'histamine inférieurs à la limite maximale tolérable par l'organisme humain (20 mg%g).

Allso cité par Huss renseigne que l'histamine est produite en quantité négligeable par lyse enzymatique et en quantité importante par lyse bactérienne. Ces faibles teneurs en histamine signalées par la grande majorité des prélèvements proviendraient alors uniquement de l'activité autolytique. Ayessou [5] a trouvé de faibles taux d'histamine dans le Cymbium frais qui sont attribuables à une réaction histamino-libératrice déclenchée par le stress au cours de l'expiration de l'animal encore vivant de sa coquille.

Certains échantillons (18 %) montrent des pourcentages d'histamine assez élevés. Ainsi les forts taux d'histamine auraient surtout une origine exogène. En effet, l'utilisation très fréquente du Cymbium de qualité non satisfaisante (rebuts des usines, individus en état d'altération avancée au débarquement) associée au non respect des bonnes pratiques de fabrication au niveau des sites de transformation à l'origine de la prolifération bactérienne dans le yeet [5, 35] et par conséquent d'une production rapide d'histamine.

Cependant, une importante contamination bactérienne n'est toujours pas corollaire de la présence assez significative d'histamine dans une denrée. C'est ainsi qu'en 1976, Billon [8] avait trouvé un taux élevé d'histamine dans des prélèvements d'aspect microscopique normal alors que d'autres en voie de putréfaction ne montraient pas un niveau d'histamine décelable par la recherche biologique ou chromatographique. De plus, des examens bactériologiques systématiques ont été effectués sur des prélèvements de thon ayant provoqué des intoxications alimentaires et d'autres ayant révélé à la suite d'examens de contrôle des teneurs supérieures à 100 mg/100g. Il n'a pas été trouvé de taux microbiens anormaux sur ces thons présentant une teneur élevée d'histamine.

Par ailleurs, Ayessou signale que le taux d'histamine du yeet diminue entre les lieux de transformation et les quartiers de Dakar. Puisque, la quasi-totalité du yeet vendu à Dakar provient de la petite côte, la comparaison de la teneur moyenne en histamine que nous avons obtenue aux valeurs de DIOUF[13] déterminées dans le yeet de Joal (2.8 mg%g) et Mbour (4.8 mg%g), nous permet d'indiquer, contrairement à Ayessou que l'histamine dans le yeet augmente du site de transformation au lieu de vente pour deux raisons :

. Après le séchage, l'empilement du yeet combiné aux fortes chaleurs ambiantes provoquent une augmentation de la température interne du produit, favorable au mécanisme de libération d'histamine. De ce fait, Arnold et al [4]

ont révélé qu'entre 19°C et 30°C, Les micro-organismes comme *Proteus* produisent une très grande quantité d'histamine dont la majorité est détruite mais les pourcentages d'histamine dans ces cultures sont éventuellement stabilisés entre 150 et 200 mg /100g.

. Durant l'exposition du *yeet* au marché, il est aspergé d'eau en fin de soirée (pour éviter le dessèchement qui entraîne une perte de poids au pesage). Il en résulte une humidité relativement permanente offrant aux bactéries les conditions adéquates à leur développement et accélère également l'activité autolytique du fait de l'augmentation de l'Aw. De plus, quelque soit le mode de transformation utilisé, le sel intervient à la fermentation ou au lavage ; il est donc évident que le produit fini conserve une certaine concentration de sel. Selon Ababouch et al [2], le sel inhibe la prolifération microbiologique et la production d'histamine. L'aspersion d'eau contribue à la réduction progressive de la teneur en sel du *yeet*, ce qui favoriserait l'accumulation d'histamine. Taylor et Woychik [39] ont également montré que la production d'histamine par *Klebsiella pneumoniae* était réduite si la concentration de sel du milieu est élevée avec une inhibition marquée à 5.5% de NaCl.

En revanche, les valeurs révélées par le fluorimètre peuvent être la résultante de plusieurs fluorescences émises non seulement par l'histamine mais aussi par certaines amines biogènes ayant des propriétés physiques proches de celle de l'histamine à des longueurs d'onde comprises entre 360 et 450 nm. D'ailleurs, Simidu cité par DIOUF renseigne que la persistance d'une quantité notable d'oxyde de triméthylamine chez les Mollusques inhibe la formation d'histamine. C'est la tyramine, la putrécine et la cadavérine qui sont présentes en grande quantité dans la plupart des Mollusques.

2.3. Recommandations

L'autorité compétente nationale (Direction des Pêches Maritimes) doit mener une politique de gestion durable de la ressource (*Cymbium*) par :

- ❖ L'instauration d'un repos biologique de trois mois (janvier, février, mars) et le faire respecter,
 - ❖ La sensibilisation des pêcheurs pour une pêche responsable visant à éviter la mise à terre des femelles gravides et des jeunes,
 - ❖ Le contrôle strict du maillage des filets.
 - ❖ Le rejet des jeunes *Cymbium* encore viables après capture,
-

❖ La promotion de la culture des Cymbium.

Dans le cadre de la transformation, il s'agira de déterminer le mode de fermentation qui assure au *yeet* son caractère original et une moindre contamination tant microbiologique que chimique et le faire adopter à toutes les transformatrices.

Pour minimiser les risques de contamination du produit il est nécessaire d'installer des sanitaires au niveau des sites de transformation, d'aménager un système de canalisation pour l'évacuation des eaux de lavage loin des lieux de traitement et de former les transformatrices aux bonnes pratiques d'hygiène.

Conclusion

Le dosage de l'histamine dans le *yeet* est indispensable pour assurer le consommateur et garantir sa sécurité alimentaire.

Les résultats obtenus à partir de l'analyse de 100 échantillons renseignent que le *yeet* vendu sur le marché dakarois a une teneur moyenne en histamine sensiblement égale à la dose maximale acceptable pour la consommation humaine.

Compte tenu de la rareté progressive du poisson frais et de la baisse du pouvoir d'achat des populations, beaucoup de ménages se sont rabattus sur les produits de la mer transformés recelant sans doute d'importantes quantités d'histamine. Ainsi, le foie et les poumons étant les organes les plus riches en histamine, il est intéressant de connaître l'interférence de l'histamine avec l'aflatoxine sur la prévalence actuelle des hépatites.

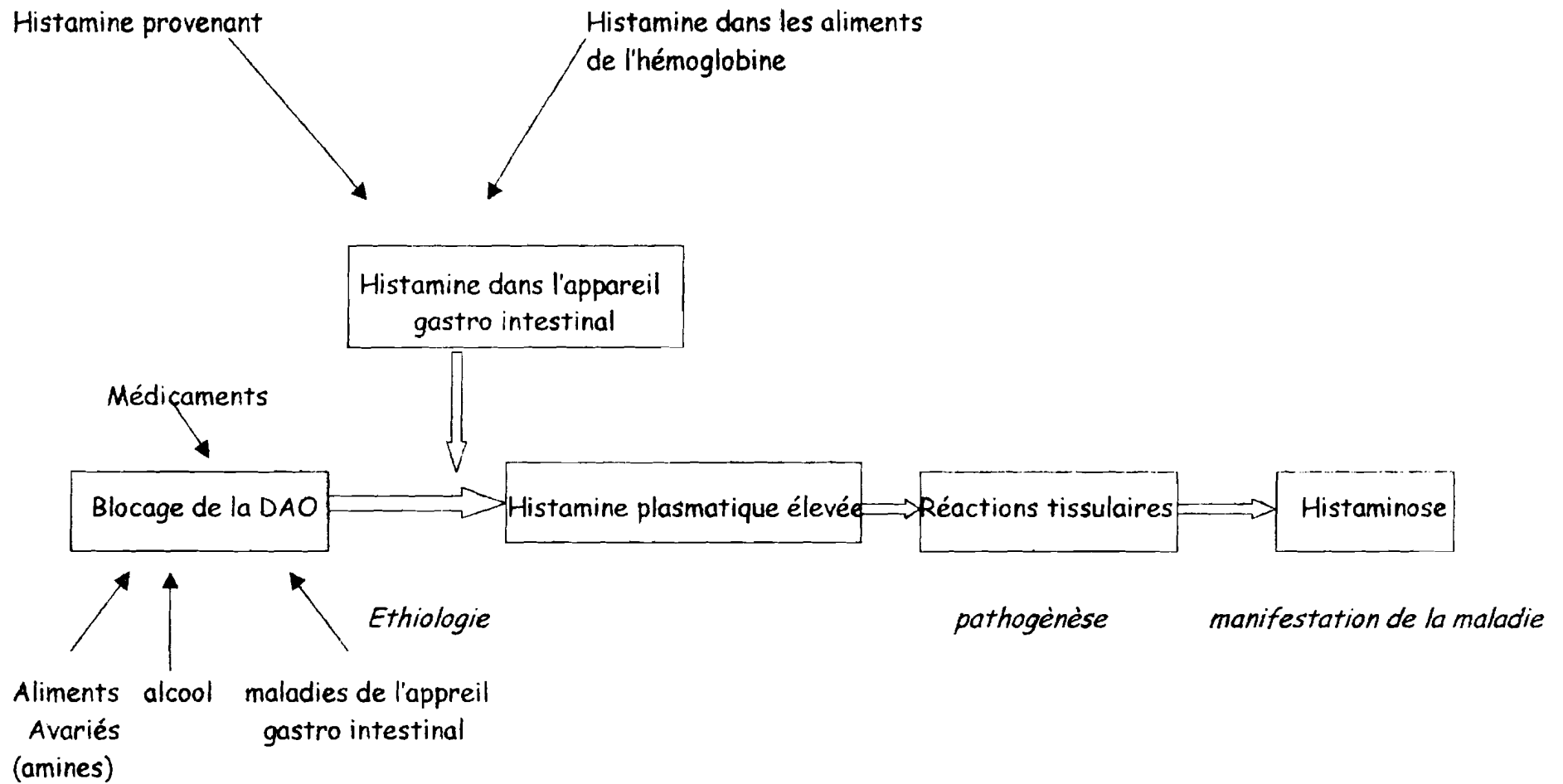
Toutefois, il serait souhaitable d'effectuer le dosage de l'histamine et l'étude microbiologique du *yeet* au niveau de chaque site de transformation et faire de même au niveau des marchés de Dakar. Ce travail devrait également être étendu à la détermination des proportions d'histamine, de tyramine, de putréscine et de la cadavérine du *yeet*.

BIBLIOGRAPHIE

1. **Ababouch L.** Les biotoxines dans les produits de la pêche.
Séminaire : In pêche / FAO :ITA Dakar : du 02 au 13 octobre 1989 sur le thème : organisation et mise en œuvre des programmes nationaux d'inspection et de contrôle de qualité des produits de la pêche. 20 p.
2. **Ababouch L. , Alaoui M.M. ,Busta F.F.** 1986 Histamine levels in commercially Processed Fish in Maroco. *J. Food Prot .* 49 (11). p 904-906.
3. **Adrian J.,Legrand G., Frangne R.** Dictionnaire de Biochimie Alimentaire et de Nutrition.
4. **Arnold S.H., Price R.J., Brown W.D.,** 1981. Histamine formation by bacteria isolated from Skipjack tuna (*katsuwonus pelamis*)*F.S.T.A.,* 13 (8). p199
5. **Ayessou N.C.M.** ,1991. La transformation traditionnelle des produits d'oe halieutique au Sénégal.Méthodes,Qualité des produits ,Expérimentation. Mém. DEA. Biologie Animale UCAD
6. **Bad Bug Book.** Nourriture des Etats-Unis etAdministration de Drogue. Micro-organismes pathogènes portés par les aliments et manuel normal de toxine. [online], [26.03.2003] Avalaible from internet: <http://216.239.37.120:translate_c?hl=fr&=http://www.cfsan.fda.gov/~mov/chap38.htm&prev=/search%3Dhistamine%26hl3Dfr%0..>
7. **Bernard A.** , 1959. Le couple trypsine-histamine dans la pancréatite aigüe. *Presse Médicale,* 67 (29). p1207-1209
8. **Billon J.** ,1978. Intoxications Alimentaires d'origine histaminique. Etiologie – Recherche et dosage de l'histamine. *R.T.V.A.* (143). Août
9. **Boyer J. , Depierre F. , Tissier M.,Jacob J.** , 1956. Intoxications histaminiques collectives par le thon. *Presse Médicale,*64 (43). p1003-1004
10. **Camarota M. , Bevilaqua L.R., Rostas J.A. ,Dunkley P.R.** Histamine activates tyrosine hydroxylase in bovine adrenal chromaffin cells through a pathway that involves [online] , *J. Neurochem.* 2003 Feb;84 (3). p453-458. [06.02.2003]. avalaible from internet : <<http://www.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?MCD=Text&DB=PubMed>>

11. **Cissé D.** , 1992. Etude chimique et histologique chez le rat de la toxicité à court terme du bichlorhydrate d'histamine administré per os (voie orale) influence du nitrite de sodium. Mém. DEA. Biologie Animale UCAD
12. **Connell J.J.** Control of fish quality,formaly of torry research station, Aberdeen, Scotland, Fourth édition. FishingNews Books. p124
13. **Diouf N.** , 1980. Dosage d'histamine et d'indole dans les poissons séchés artisanalement. Mém. DEA Biologie Animale UCAD
14. **Direction de l'Océanographie et de la protection Maritime (D.O.P.M)**
15. **Dodo K.** ,1990. Contribution à l' étude de l'évolution du taux d'histamine au cours de la fabrication de conserve de thon (*Katsuwonus pelamis*) au Sénégal. Thèse vét. 85p
16. **Douabale S.E.** ,2000. Contribution à la détermination du taux d'histamine par dosage orthophtaldéhyde-histamine en absorption electronique et en spectrofluorométrie. Mém. DEA.Chimie Physique Appliquée à l'énergie. UCAD.
17. **Harold A.H.** , 1969. Précis de Biochimie. p350-377
18. **Hass H. , Panula P.** The rôle of histamine and tubero mamillary nucleus in the nervous system. [online]. Nat. Rev. Neurosci. 2003 Feb ;4(2). p121 – 130 [06.02.2003] available from internet: <http://www.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?MCD=Text&DB=PubMed>
19. **Huss H.H.** Assurance de qualité des produits de la mer. FAO.Document Technique sur les pêches 334. 186p
20. **Huss H.H.** La qualité et son évolution dans le poisson frais. FAO. Document Technique sur les pêches 348. 198p
21. **Huss H.H.** Safety of seafoods ; FAO/Danida export consultation on Quality Assurance in the Fish Industry . Lyngby, Denmark, 26 August-6 septembre 1991
22. **Institut Sénégalais de Normalisation (ISN).** Projet de Norme Sénégalaise PNS – 03 - 033 Histamine :Taux admissible dans les produits de la mer

- 35. Sow A . , 2002.** Contribution à l'étude de laqualité microbiologique et chimique du yeet volute fermentée séchée (genre *Cymbium*) vendu sur le marché sénégalais. Thèse vèt . 1994. 65p
- 36. Summer S.S., Taylor S.L. ,1989.** Detection method for histamine producing , dairy-related bacteria using diamine oxidase and leucocrystal violet . J. Food Prot, 52 (2) p105-108
- 37. Taylor S.L. , Leatherwood M. , Leiber E.R. , 1978.** A survey of histamine levels in sausages . J. Food Prot, 41(8) p 634-637
- 38., Taylor S.L. , Woychik N.A. ,1982.** Simple medium for assessing quantitative production of histamine by Enterobacteriaceae. J . Food Prot . , 45 (8) p 747-751
- 39. Weil J.H . ,1980.** Biochimie générale 6^{ème} édition Masson
-



Annexe : Représentation schématique de l'histamine d'origine alimentaire (D'après Sattler et Lorenz ;1990)