

**UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR**  
☆☆☆☆  
**ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES**  
**(E.I.S.M.V.)**



ANNEE 2008

N° 09

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA VALORISATION**  
**DES CO-PRODUITS DE LA SOLE TROPICALE (*Cynoglossus senegalensis*)**  
**APRES HYDROLYSE ENZYMATIQUE.**

**THESE**

Présentée et soutenue publiquement le 22 JUILLET 2008 devant la Faculté de  
Médecine, Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie de Dakar pour obtenir le grade de

**DOCTEUR VETERINAIRE**  
**(DIPLOME D'ETAT)**

Par

**Téning SENE**

Née le 02 MARS 1978 à Ndong (SENEGAL)

**Jury**

**Président :**

**M. Niama DIOP SALL**

Professeur à la Faculté de Médecine, Pharmacie et  
d'Odonto-Stomatologie de Dakar

**Directeur Rapporteur de Thèse :**

**M. Malang SEYDI**

Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar

**Membres :**

**M. Germain Jérôme SAWADOGO**

Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar

**M. Yalacé Yamba KABORET**

Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar

**Co-Directeur de thèse :**

**M. Khalifa Babacar SYLLA**

Assistant à l'E.I.S.M.V. de Dakar



## **ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERNAIRES DE DAKAR**

**BP 5077 - DAKAR (Sénégal)  
Tél. (221) 865 10 08 - Télécopie (221) 825 42 83**

---

### **COMITE DE DIRECTION**

---

#### **LE DIRECTEUR**

- **Professeur Louis Joseph PANGUI**

#### **LES COORDONNATEURS**

- **Professeur Moussa ASSANE**  
Coordonnateur des Etudes
- **Professeur Malang SEYDI**  
Coordonnateur des Stages et  
de la Formation Post-Universitaire
- **Professeur Justin Ayayi AKAKPO**  
Coordonnateur Recherches et Développement

Année Universitaire 2007 - 2008

# PERSONNEL ENSEIGNANT

☞ PERSONNEL ENSEIGNANT EISMV

☞ PERSONNEL VACATAIRE (PREVU)

☞ PERSONNEL EN MISSION (PREVU)

☞ PERSONNEL ENSEIGNANT CPEV (PREVU)

## A. DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET PRODUCTIONS ANIMALES

CHEF DE DEPARTEMENT : Ayao MISSOHOU ; Professeur

### SERVICES

#### 1. ANATOMIE-HISTOLOGIE-EMBRYOLOGIE

Serge N. BAKOU	Maître de conférence agrégé
Gualbert Simon NTEME ELLA	Assistant
Camel LAGNIKA	Docteur Vétérinaire Vacataire
Paul Fabrice SHE	Moniteur

#### 2. CHIRURGIE –REPRODUCTION

Papa El Hassane DIOP	Professeur
Alain Richi KAMGA WALADJO	Assistant
Bilkiss V.M ASSANI	Docteur Vétérinaire Vacataire
Fabrice Juliot MOUGANG	Moniteur

#### 3. ECONOMIE RURALE ET GESTION

Cheikh LY	Professeur
Adrien MANKOR	Assistant
Claude Michel WOMBOU TOUKAM	Moniteur

#### 4. PHYSIOLOGIE-PHARMACODYNAMIE-THERAPEUTIQUE

Moussa ASSANE	Professeur
---------------	------------

Rock Allister LAPO  
Clarisse INGABIRE

Assistant  
Moniteur

## **5. PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES**

Germain Jérôme SAWADOGO  
Nongasida YAMEOGO  
Sylvain HABIMANA

Professeur  
Assistant  
Moniteur

## **6. ZOOTECHNIE-ALIMENTATION**

Ayao MISSOHOU  
Simplice AYESSIDEWEDE  
Sosthène HABUMUREMYI  
Francklin Noël JAOVELO

Professeur  
Assistant  
Docteur Vétérinaire Vacataire  
Moniteur

# **B. DEPARTEMENT DE SANTE PUBLIQUE ET ENVIRONNEMENT**

**CHEF DE DEPARTEMENT : Rianatou BADA ALAMBEDJI, Professeur**

## **S E R V I C E S**

### **1. HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREES ALIMENTAIRES D'ORIGINE ANIMALE (HIDAOA)**

Malang SEYDI  
Bellancille MUSABYEMARIYA  
Khalifa Babacar SYLLA  
David RAKANSOU  
Gérard Guéboul DIOP

Professeur  
Assistante  
Assistant  
Moniteur  
Moniteur

### **2. MICROBIOLOGIE-IMMUNOLOGIE-PATHOLOGIE INFECTIEUSE**

Justin Ayayi AKAKPO  
Mme Rianatou ALAMBEDJI  
Philippe KONE  
Raoul BAKARI  
Abdel-Aziz ARADA IZZEDINE

Professeur  
Professeur  
Assistant  
Docteur Vétérinaire Vacataire  
Docteur Vétérinaire Vacataire

### **3. PARASITOLOGIE-MALADIES PARASITAIRES-ZOOLOGIE APPLIQUEE**

Louis Joseph PANGUI  
Oubri Bassa GBATI  
Koffi Benoît AMOUSSOU  
Dieudonné DOSSOU

Professeur  
Maître-assistant  
Docteur Vétérinaire Vacataire  
Moniteur

#### 4. PATHOLOGIE MEDICALE-ANATOMIE PATHOLOGIQUE - CLINIQUE AMBULANTE

Yalacé Yamba KABORET	Professeur
Yaghoubà KANE	Maître-assistant
Mireille KADJA WONOU	Assistante
Hubert VILLON	Assistant
Medoune BADIANE	Docteur Vétérinaire (SOVETA)
Omar FALL	Docteur Vétérinaire (WAYEMBAM)
Alpha SOW	Docteur Vétérinaire (PASTAGRI)
Abdoulaye SOW	Docteur Vétérinaire (FOIRAIL)
Ibrahima WADE	Docteur Vétérinaire Vacataire
Charles Benoît DIENG	Docteur Vétérinaire Vacataire
Arouna NJAYOUNGAPAGNA	Docteur Vétérinaire Vacataire
François Xavier NDUNGUTSE	Docteur Vétérinaire Vacataire

#### 5. PHARMACIE-TOXICOLOGIE

Félix Cyprien BIAOU	Maître-Assistant ( <i>en disponibilité</i> )
Gilbert Komlan AKODA	Assistant
Assiongbon TEKOU AGBO	Assistant
Egide ISHIMWE	Moniteur
Fara Hanta RATALATA RALAIVAO	Monitrice

### C. DEPARTEMENT COMMUNICATION

CHEF DE DEPARTEMENT : PROFESSEUR YALACE YAMBA KABORET

#### SERVICE

##### 1. BIBLIOTHEQUE

Mariam DIOUF	Documentaliste
--------------	----------------

##### 2. SERVICE AUDIO-VISUEL

Bouré SARR	Technicien
------------	------------

### D. SCOLARITE

El Hadji Mamadou DIENG	Vacataire
Naomie KENMOGNE	Docteur Vétérinaire Vacataire
Aimable UWIZEYE	Moniteur

# PERSONNEL VACATAIRE (Prévu)

## 1. BIOPHYSIQUE

Mamadou MBODJ  
Boucar NDONG

Maître-Assistant Faculté de Médecine UCAD  
Assistant Faculté de Médecine UCAD

## 2. BOTANIQUE

Kandouioura NOBA  
Mame Samba MBAYE

Maître de Conférences (**Cours**)  
Assistant (**TP**)  
Faculté des Sciences et Techniques UCAD

## 3. AGRO-PEDOLOGIE

Fary DIOME

Maître-Assistant  
Institut de Science et de la Terre (**IST**)

## 4. ZOOTECHNIE

Abdoulaye DIENG

Docteur Ingénieur  
Enseignant à ENSA - THIES

Léonard Elie AKPO

Maître de Conférences  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD

Alpha SOW

Docteur Vétérinaire Vacataire

## 5. H I D A O A

### . NORMALISATION ET ASSURANCE QUALITE

Mme Mame S. MBODJ NDIAYE

Chef de la division Agro-Alimentaire de  
l'Institut Sénégalais de Normalisation

### . ASSURANCE QUALITE – CONSERVE DES PRODUITS DE LA PECHE

Abdoulaye NDIAYE

Docteur Vétérinaire  
AMERGER

## 6. ECONOMIE

Oussouby TOURE

Sociologue

## PERSONNEL EN MISSION (Prévu)

### 1. ANATOMIE

Mohamed OUSSAT

Professeur  
Institut Agronomique et Vétérinaire  
Hassan II Rabat (Maroc)

### 2. TOXICOLOGIE CLINIQUE

A. EL HRAIKI

Professeur  
Institut Agronomique et Vétérinaire  
Hassan II Rabat (Maroc)

### 3. PATHOLOGIE MEDICALE

Marc KPODEKON

Maître de Conférences Agrégé  
Université d'ABOMEY-CALAVI  
(Bénin)

### 4. PARASITOLOGIE

Sahdou SALIFOU

Maître de Conférences Agrégé  
Université d'ABOMEY-CALAVI  
(Bénin)

### 5. BIOCHIMIE

Georges Anicet OUEDRAOGO

Maître de Conférences Agrégé  
Université de BOBO-DIOULASSO  
(Burkina Faso)

### 6. H.I.D.A.O.A

Youssef KONE

Maître de conférences  
Université de NOUAKCHOTT  
(Mauritanie)

### 7. REPRODUCTION

Hamidou BOLY

Professeur  
Université de BOBO-DIOULASSO  
(Burkina Faso)

### 8. ZOOTECHNIE

Abdoulaye GOURO

Professeur  
CIRDES de BOBO-DIOULASSO

# PERSONNEL ENSEIGNANT CPEV (Prévu)

## 1. MATHEMATIQUES

Abdoulaye MBAYE  
Assistant  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD

## 2. PHYSIQUE

Issakha YOUM  
Maître de Conférences (**Cours**)  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD

André FICKOU  
Maître-Assistant (**TP**)  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD

## 3. CHIMIE ORGANIQUE

Abdoulaye SAMB  
Professeur  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD

## 4. CHIMIE PHYSIQUE

Abdoulaye DIOP  
Maître de Conférences  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD

Rock Allister LAPO  
Assistant (**TP**)  
EISMV - DAKAR

## 5. BIOLOGIE VEGETALE

Aboubacry KANE  
Ngansomana BA  
Maître-Assistant (**Cours**)  
Assistant Vacataire (**TP**)  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD

## 6. BIOLOGIE CELLULAIRE

Serge Niangoran BAKOU  
Maître de conférences agrégé  
EISMV - DAKAR

## **7. EMBRYOLOGIE ET ZOOLOGIE**

Karomokho DIARRA

Maître de conférences  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD

## **8. PHYSIOLOGIE ANIMALE**

Moussa ASSANE

Professeur  
EISMV – DAKAR

## **9. ANATOMIE COMPAREE DES VERTEBRES**

Cheikh Tidiane BA

Professeur  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD

## **10. BIOLOGIE ANIMALE (T.P.)**

Serge Niangoran BAKOU

Maître de conférences agrégé  
EISMV - DAKAR

Oubri Bassa GBATI

Assistant  
EISMV - DAKAR

## **11. GEOLOGIE**

### **. FORMATIONS SEDIMENTAIRES**

Raphaël SARR

Maître de Conférences  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD

### **. HYDROGEOLOGIE**

Abdoulaye FAYE

Maître de Conférences  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD

## **12. CPEV TP**

Naomie KENMOGNE  
Aimable UWIZEYE

Docteur Vétérinaire Vacataire  
Moniteur

## DEDICACES

A **DIEU** le tout puissant, le miséricordieux, je vous rends grâce de m'avoir comblé de vos biens faits.

### **Mes parents: Corane SENE et Fatou DIONE**

Je ne saurai assez vous remercier pour tout le soutien moral, financier et tous les sacrifices que vous avez consacrés pour mon éducation et ma formation. Acceptez ce travail comme cadeau en remerciement de votre patience pour toute la confiance que vous m'avez accordée. J'aurai besoin d'avantage de vos conseils et de votre présence. Que Dieu vous bénisse et vous donne longue vie. Je vous vous aime.

**A ma soeur Codou SENE, à mes frères Bouré, Lamine, Guène, et Gnangane SENE**, le courage et la persévérance sont des voies sûres pour atteindre la réussite.

Trouver ici l'expression et de mon profond et affectueux attachement à vous.

Que le travail soit un exemple pour vous. Vous êtes adorables.

*Avec toute mon affection*

**A mes tantes Dado Decka, Awa GNING, Awa FAYE, Viviane et à mes oncles Yéli, Robane, Modou**, pour toute l'affection que vous m'apportez. Trouvez ici toutes mes remerciements.

### **A Ahmadou Lamine Dia**

Vous avez a su être comme un père pour moi à Dakar et n'avez ménagé aucun effort pour me soutenir aux moments ou j'en avais besoin. J'admire vos qualités d'homme de culture et d'ouverture.

Que Dieu vous bénisse et vous donne une longue vie.

**A mes deux boutchouts Sophia et Najirou Dia** que j'adore;

**A Dr Fatou Suzanne Dia:** merci de m'avoir accueillie dans votre boîte et de m'avoir inculquée certaines qualités professionnelles. Sincères remerciements.

Aux familles, **Dione à Dakar, Faye à Mbour, Diouf à Ndiagianiao**, de bien vouloir m'acceptée parmi vous durant mon cursus scolaire.

**Au docteur Abdellah Salem** en Mauritanie pour encouragement, l'intérêt que vous portez à mes études. Merci de votre soutien.

A ma marraine **Dr Coumba FAYE** et à son époux **Dr Elhadj DIOUF**, Vous comptez tellement pour moi, merci pour votre soutien et les bons moments passés ensemble. Je vous souhaite tout le bonheur du monde.

**A Marie Paul DIOUF** pour tout l'aide que vous m'avez apporté. Sincères remerciements.

A mes promotionnaires et compatriotes: **Aby BA, Fafa, Gérard, Ousmane Ndiaye, Daouda**, pour tous ces bons moments passés ensemble à l'EISMV;

*Avec toute mon affection*

A mes amis(es): **Halimatou, Stella, Hermine, Marie Thérèse, Mame Ngoné, Fatou, Solange, Josine, Annie, Dourian, Fabrice, Donald, David, Wombou, Lamine Diallo, Saliou BA**, pour toutes les années merveilleuses passées ensemble remplies de si bons moments laissant ainsi tant de souvenirs. Je vous aime.

A notre parrain **Pierre HAZETTE**, à la **promotion Pierre HAZETTE** et à notre professeur accompagnateur **Professeur YALACE Kabore**

A tous mes **Maîtres et Professeurs**: je vous remercie de l'enseignement reçue.

A tous les étudiants Vétérinaires de Dakar

A tous mes amis de l'EISMV, ils se reconnaîtront ici  
A l'AEVS: Amicale des Etudiants Vétérinaires Sénégalais  
Au Sénégal ma très chère patrie.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le Professeur Malang SEYDI, chef service d'HIDAOA de l'EISMV, pour toute la simplicité, la rigueur et la disponibilité avec lesquels vous avez dirigé ce travail;

Au Docteur Khalifa B. SYLLA, qui bien voulu m'orienter du début jusqu'à l'aboutissement de ce travail avec simplicité et disponibilité.

A tous les membres de mon Jury

A Docteur Rose PENDA qui a précédemment travaillé sur le sujet et qui ma beaucoup guidé.

A Docteur Niasse à l'ISRA qui a bien voulu m'accepté dans son laboratoire pour la lyophilisation de mes échantillons.

A Mr TALL, technicien du laboratoire de virologie à l'ISRA

A Docteur Babacar SENE chef de production à Pirogue bleue et à tout son personnel.

A Mme Diouf documentaliste à l'EISMV

A tous ceux qui m'ont soutenu, de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

## *A NOS MAITRES ET JUGES*

**A notre Maître et Président de jury,**

**Monsieur Niama DIOP SALL**, Professeur à la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie de Dakar. La spontanéité et la simplicité avec laquelle vous avez accepté de présider ce jury de thèse nous a beaucoup marquée. Veuillez trouver ici, l'expression de nos sincères remerciements et de notre profonde gratitude.

Hommages respectueux.

**A notre Maître, Directeur et Rapporteur de thèse,**

**Monsieur Malang SEYDI**, Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar.

Vous nous avez fait l'honneur de proposer, encadrer et encourager ce travail. Vous avez dirigé ce travail avec beaucoup de patience et de rigueur scientifique. Le temps passé à vos côtés nous a permis de bénéficier de vos immenses qualités intellectuelles. Veuillez trouver ici, l'expression de notre très grande gratitude, sincères remerciements.

**A notre Maître t juge,**

**Monsieur Germain Jérôme SAWADOGO**, Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar.

Nous apprécions beaucoup la spontanéité avec laquelle vous avez accepté de siéger dans ce jury. Vos qualités intellectuelles et votre abord facile nous ont marqués.

Recevez en ce jour, notre reconnaissance éternelle.

**A notre Maître et juge,**

**Monsieur Yalacé Yamba KABORET**, Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar.

Vous nous a fait l'honneur d'accepter de faire partie de ce jury de thèse malgré ses nombreuses occupations. Votre sympathie et votre rigueur nous ont profondément marqués.

Soyez assuré de notre estime et de notre considération à chaque instant.

**A notre Co-directeur de thèse,**

**Monsieur Khalifa Babacar SYLLA**, Docteur vétérinaire, assistant à l'EISMV de Dakar.

Vous nous avez aidé dans ce travail. Cela a été un réel plaisir pour nous de travailler avec vous vue vos excellentes qualités humaines et votre passion pour le travail. Vos conseils nous ont servis et continuerons toujours à nous orienter. Soyez rassurez Monsieur de notre profonde considération.

Sincères remerciements et profonde gratitude.

**« Par délibération de la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatique et l'Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar ont décidé que les opinions émises dans les dissertations qui leur seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent donner aucune approbation ni improbation. »**

## LISTE DES ABREVIATIONS

AA: Acides Aminés  
AGPI: Acides Gras Poly-insaturés  
ATP: Adénosinetriphosphate  
ANP: Azote Non Protéiques  
°C: Degré celcius  
Cl: Chlore  
CPG: Chromatographie en Phase Gaseuse  
CRODT: Direction de la Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye  
DH: Degré d'Hydrolyse  
DMP: Direction de la Pêche Maritime  
DNP-AA: Dinitrophenyl Amino-Acide  
DNFB: Dinitrophenobenzen  
EC: Enzyme Classification  
EISMV: Ecole Inter-Etat des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar  
F.A.O: Food and Agriculture Organisation  
FCFA: Franc des Colonies Françaises D'Afrique  
Fe: Fer  
GOANA: Grande Offensive Agricole pour la Nourriture et l'Abondance  
HIDAOA: Hygiène des Denrées Alimentaire D'Origine Animale  
H: Hydrogène  
I: Iode  
IFREMER: Institut Française de Recherche des Produits de la Mer  
ISRA: Institut Sénégalais de Recherche Agricole  
Mg: Magnesium  
MS: Matière Sèche  
Na: Sodium  
NaCl: Chlorure de Sodium  
NH<sub>2</sub>: Ammoniac  
NaOH: Hydroxyde de Sodium

**OH:** Hydroxyde

**P:** Phosphore

**pH:** potentiel d'hydrolyse

**P.I.B:** Produit Intérieur Brute

**%:** Pour cent

**/:** Par

**Si:** Silium

**SIDA:** Syndrome d'Immunodéficience Acquise

**UV:** Ultra Violet

## LISTE DES FIGURES

Figure1: Carte des villages côtiers de pêche de la République du.....	7
Figure 2: Les principaux co-produits de <i>Cynoglossus senegalensis</i> .....	11
Figure 3: les produits dérivés des co-produits de la sole tropicale.....	12
Figure 4: Schéma réactionnel de la libération de protons H <sup>+</sup> lors de.....	22
Figure5: Influence de la température sur la réaction enzymatique (CUVELLIER, 1999).....	24
Figure 6: Variation de la vitesse de réaction enzymatique en fonction du pH (CUVELLIER, 1999).....	25
Figure 7: <i>Cynoglossus senegalensis</i> (d'après SERET et OPIC, 1986).....	30
Figure 8: Digramme de fabrication des filets de sole permettant d'obtenir les coproduits de la sole tropicale.....	44
Figure 9: Variation de la température en fonction des échantillons à 40°C.....	56
Figure 10: Variation de la température en fonction des échantillons à 50°C.....	56
Figure 11: Variation des pH en fonction des échantillons à 40°C.....	57
Figure 12: Variation du pH en fonction des échantillons à 50°C.....	57
Figure 13: Poids des fractions obtenues après hydrolyse des échantillons à 40°C ...	58
Figure 14: Poids des fractions obtenues après hydrolyse des échantillons à 50°C.....	58
Figure 15: Poids des fractions obtenues après centrifugation des échantillons à 40°C.....	59
Figure 16: Poids des fractions obtenues après centrifugation des échantillons à 50°C.....	59
Figure 17: Teneur en matière sèche.....	60
Figure 18: Teneur en protéines des échantillons.....	60
Figure 19: Teneur en matières minérales .....	61
Figure 20: Teneur en lipides des échantillons.....	62

## LISTE DES PHOTOS

Photo1: Carcasse de sole après éviscération.....	43
Photo2: Boîte contenant l'enzyme Protamex.....	45
Photo 3: Centrifugeuse .....	46
Photo 4: Bain marie pour l'inactivation de l'enzyme.....	46
Photo 5: Dispositif d'hydrolyse installé au laboratoire.....	48
Photo 6: Hydrolysate après centrifugation.....	49
Photo 7: Matière sèche.....	50

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau I: Produits dérivés de co-produits de poisson.....	12
Tableau II: Nomenclature de la sole tropical .....	28
Tableau III: Composition globale et caractéristiques minérales (p.100g de fraction comestible fraîche).....	31
Tableau IV: Principales activités biologiques des protéines de poisson.....	35
Tableau V: Principales activités biologiques des protéines de poisson.....	36
Tableau VI: Vitamines du poisson.....	39
Tableau VII: Quelques minéraux présents dans le muscle du poisson.....	39

## **LISTE DES ANNEXES**

Annexe 1: Variation de la température en fonction du temps des échantillons à 40°C

Annexe 2: Variation du Ph en fonction du temps des échantillons à 40°C

Annexe 3: Variation de la température en fonction du temps des échantillons à 50°C

Annexe 4: Variation du pH en fonction du temps des échantillons à 50°C

Annexe 5: Poids des arêtes et de l'hydrolysate des échantillons à 40°C

Annexe 6: Poids du culot et du surnageant des échantillons à 40°C

Annexe 7: Poids des arêtes et de l'hydrolysate des échantillons à 50°C

Annexe 8: Poids du culot et du surnageant des échantillons à 50°C

Annexe 9: Poids en eau et en matière sèche des échantillons à 40°C

Annexe 10: Poids en eau et en matière sèche des échantillons à 50°C

Annexe 11: Résultats des hydrolyses à 40°C

Annexe 12: Résultats des hydrolyses à 50°C

Annexe 13: Les principales espèces de cynoglossus

Annexe 14: La teneur en acides aminés des échantillons à 50°C

Annexe 15: La teneur en acides aminés des échantillons à 40°C

## TABLES DES MATIERES

INTRODUCTION -----	1
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE -----	4
CHAPITRE I: Généralités sur la pêche au Sénégal -----	5
I. Historique et environnement naturel de la pêche au Sénégal -----	5
I.1. Historique de la pêche au Sénégal -----	5
I.2. Environnement naturel -----	6
II. Différents types de pêche -----	8
II.1. Pêche maritime -----	8
II.1.1. Pêche artisanale -----	8
II.1.2. Pêche semi industrielle et industrielle -----	8
II.2 Pêche continentale -----	9
II.3. Aquaculture -----	9
III. Production et quantités débarquées -----	10
IV. Importance de la pêche au Sénégal -----	10
IV.1. Importance de la pêche dans l'économie nationale -----	10
IV.2. Importance de pêche dans l'alimentation -----	10
CHAPITRE II: Généralités sur les co-produits de la pêche -----	11
I. Co-produits de poisson : définition, valorisation et utilisation -----	11
I.1. Définition et composition -----	11
I.2. Produits dérivés des co-produits de poisson -----	11
I.3. Valorisation des co-produits de poisson -----	13
I.3.1. Valorisation des co-produits de poisson en Afrique -----	13
I.3.2. Valorisation des co-produits de poisson en Asie -----	13
I.3.3. Valorisation des co-produits de poisson en Europe -----	14
II. Facteurs influençant la valorisation des co-produits de la pêche -----	16

II.1. Surpêche et le gaspillage-----	16
II.2. Impact de la pollution et de la dégradation de l'environnement marin-----	17
II.3. Effets de la croissance démographique -----	18
III. Enzymes et hydrolyse enzymatique -----	18
III.1. Les enzymes -----	18
III.1.1. Définition et propriétés des enzymes -----	18
III.1.2. Définitions propres aux enzymes -----	19
III.1.3. Nomenclature des enzymes et classification des enzymes -----	20
III.1.3.1. Nomenclature -----	20
III.1.3.1.1. Conception ancienne -----	20
III.1.3.1.2. Conception moderne -----	20
III.1.3.2. Classification -----	21
III.2. Hydrolyse enzymatique -----	21
III.2.1. Définition et principe-----	21
III.2.2. Suivi de l'évolution de l'hydrolyse-----	22
III.2.3. Paramètres influençant l'hydrolyse enzymatique -----	23
III.2.3.1. Influence de la température sur la réaction enzymatique-----	23
III.2.3.2. Influence du pH sur l'action des enzymes-----	24
III.2.3.3. Effets des substances activatrices ou inhibitrices -----	25
III.2.3.3.1. Effets des substances activatrices -----	25
III.2.3.3.2. Effets des substances inhibitrices-----	26
III.2.4. Hydrolysats -----	26
III.2.4.1. Quelques intérêts des hydrolysats de poisson-----	27
III.2.4.1.1. En alimentation animale -----	27
III.2.4.1.2. Intérêts fonctionnels-----	27
CHAPITRE III: Etude des produits halieutiques -----	28
I. Etude de la sole tropicale -----	28
I.1. Nomenclature de la sole tropicale -----	28

I.2. Systématique de la sole tropicale -----	28
I.3. Caractéristiques morphologiques -----	29
I.3.1. Caractéristiques générales des cynoglossidae.-----	29
I.3.2. Caractéristiques de <i>Cynoglossus senegalensis</i> -----	29
I.4. Répartition géographique -----	30
II. Composition chimique des poissons -----	30
II.1. Protéines de poisson -----	32
II.1.1. Fraction myogène soluble -----	33
II.1.3. Variabilité de la composition en acides aminés -----	34
II.1.4. Particularité des protéines musculaires du poisson -----	34
II.2.5. Acides aminés -----	34
II.2.6. Activités biologiques des protéines de poissons -----	35
II.2. Les Sources azotées -----	36
II.3. Lipides -----	37
II.4. Vitamines et sels minéraux -----	38
DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE -----	41
CHAPITRE I: Matériels et méthodes -----	42
I. Cadre de travail -----	42
II. Matériel -----	42
II.1. Matériel biologique -----	42
II.1.1. Préparation des co-produits de la sole tropicale ( <i>Cynoglossus senegalensis</i> )	
-----	43
II.1.2. Constitution des lots -----	45
II.2. Matériel enzymatique -----	45
II.3. Matériel technique -----	46
II.3.1. Matériel de transport et de conservation -----	46
II.3.2. Matériel de laboratoire -----	46

II.4. Réactifs et produits consommables-----	47
III. Méthodologie-----	48
III.1. Hydrolyse enzymatique-----	48
III.1.1. Suivi de la cinétique des hydrolyses -----	49
III.2. Filtration -----	49
III.3. Centrifugation-----	49
III.4. Détermination de la matière sèche (lyophilisation) -----	50
III.5. Analyses biochimiques-----	51
III.5.1. Dosage des protéines totales -----	51
III.5.1.1. Principe -----	51
III.5.1.2. Mode opératoire-----	51
III.5.1.3. Expression des résultats-----	52
III.5.1.4. Détermination de la teneur en acides aminés -----	52
III.5.2 Détermination des cendres (matières minérales)-----	53
III.5.3 Dosage des lipides -----	54
CHAPITRE II: RESULTATS -----	55
I. Hydrolyse enzymatique-----	55
I.1. Suivi de la température d'hydrolyse-----	55
I.2. Suivi du pH d'hydrolyse-----	56
II. Bilan matière -----	57
II.1. Poids des arêtes et de l'hydrolysate-----	57
II.2. Poids du culot et du surnageant-----	58
II.3. Poids de la matière sèche des échantillons -----	59
II.3.1. Teneur en protéines-----	59
I.3.1.1. Teneur en acides aminés-----	60
II.3.2. Teneur en matières minérales (cendres) -----	60
II.3.3. Teneur en lipides-----	61

CHAPITRE III: DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS -----	62
I. DISCUSSION -----	62
I.1. Discussion sur la méthode -----	62
I.1.1. Échantillonnage -----	62
I.1.2. Hydrolyse enzymatique -----	62
I.2.3. Détermination de la teneur en matière sèche -----	63
I.2.4. Dosage des protéines -----	63
I.2.5. Détermination de la teneur en acides aminés -----	64
I.2.6. Dosage des cendres -----	65
I.2.7. Détermination de la teneur en lipides -----	65
I.2.8 Température et pH -----	65
I.2. Discussion des résultats -----	66
I.2.1. Poids des arêtes et de l'hydrolysate -----	66
I.2.2. Poids des arêtes et de l'hydrolysate -----	67
I.2.3. Matière sèche -----	67
I.2.4. Protéines -----	67
I.2.5. Acides aminés -----	68
I.2.6. Lipides -----	68
I.2.7. Minéraux et vitamines -----	68
II. Recommandations -----	69
CONCLUSION -----	71
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES -----	74

# INTRODUCTION

Le secteur de la pêche et de l'aquaculture est aujourd'hui l'un des secteurs les plus importants de la production alimentaire à l'échelle mondiale. Selon la FAO, il représente un même ordre de grandeur que le secteur de production de viande (FAO/DANIDA, 2001). Ainsi, 130 millions de tonnes de poissons sont pêchées ou élevées chaque année dans le monde et il en résulterait environ 25 % de déchets (32,5 millions de tonnes). Le Sénégal, classé parmi les zones les plus poissonneuses du monde, occupe une place importante dans le secteur de la pêche. En effet, la pêche permet au Sénégal de couvrir les besoins en consommation de sa population et d'exporter une partie des prises sous forme de produits transformés en Europe, au Japon, et au Canada ou de produits frais dans la sous région ouest-africaine. En 2005, rien que par la pêche, le Sénégal a fait une recette de près de 278 milliards, soit 11 % du PIB du secteur primaire ou 2,3 % du PIB total (NDIAYE, 2005).

Les océans occupent 70 % du globe terrestre et offrent un large panel d'espèces. Les algues, les poissons, les invertébrés ou encore les microorganismes sont un immense gisement pour la recherche de nouvelles substances thérapeutiques. Mais, ces organismes marins ne sont pris en considération que depuis peu. Pour preuve, il y aurait près de 2 millions d'espèces animales, végétales ou microbiennes marines dont 80 % nous sont inconnues et parmi les 20 % connues actuellement, seulement 1 % sont étudiées. Et, La situation actuelle des ressources marines est caractérisée par un gaspillage considérable des produits de la pêche, de l'aquaculture et des co-produits générés lors de leur transformation. C'est pourquoi, la politique environnementale actuelle incite les industriels à utiliser de nouvelles techniques d'extraction de matériels biologiques pour l'élaboration de nouvelles substances utiles à partir des co-produits de pêche. C'est ainsi que, après l'exploitation des parties nobles des poissons, des chercheurs se sont intéressés aux co-produits. Les co-produits de pêche sont définis comme les parties non utilisées et récupérables lors des opérations traditionnelles de transformation. Les farines de poissons représentent, jusqu'aujourd'hui, la principale forme de valorisation des coproduits de la pêche avec un prix dérisoire de 15 FCFA le kg. En effet, des études récentes ont montré que les hydrolyses de coproduits marins constituent une source potentielle de molécules à haute valeur ajoutée permettant de combler un manque à gagner pour les industriels.

Parmi ces molécules, il y a des acides aminés, des lipides, des matières minérales et des protéines.

L'hydrolyse enzymatique est l'une des principales voies de récupération de ces molécules. Elle peut se faire à l'aide d'une enzyme appelée **Protamex®**.

Notre travail a pour titre «Contribution à la valorisation des coproduits de la sole tropicale (*Cynoglossus senegalensis*) après hydrolyse enzymatique».

L'objectif général de ce travail consiste à montrer qu'à partir de co-produits de poisson considérés comme déchets, découle un grand nombre de nutriment et par conséquent de revenus.

Ce travail se présente en deux parties:

- Une première partie consacrée à une synthèse bibliographique qui traite les généralités, la pêche au Sénégal et enfin l'étude des produits halieutiques;
- Une deuxième partie axée sur l'étude expérimentale comprenant des chapitres sur le matériel et la méthodologie, les résultats obtenus. Ces derniers sont discutés et des recommandations sont formulées.

PREMIERE PARTIE :  
SYNTHESE  
BIBLIOGRAPHIQUE

## **CHAPITRE I: Généralités sur la pêche au Sénégal**

### **I. Historique et environnement naturel de la pêche au Sénégal**

#### **I.1. Historique de la pêche au Sénégal**

La pêche a pendant longtemps été une activité monopolisée par certaines ethnies:

- les Guet Ndariens de Saint-Louis, situé à l'embouchure du fleuve Sénégal;
- les Lebous aux environs de Dakar;
- les Nyominka vivant principalement au Saloum.

Ces ethnies ont utilisé des pêcheries côtières sur une longueur d'environ 2.000 km, allant des côtes de la Mauritanie au Nord à la côte de la Sierra Leone au Sud, en suivant le déplacement saisonnier des bancs de poissons. La pêche artisanale s'effectuait sur des pirogues avec pagaies ou de petites embarcations à voile. Les captures étaient fournies aux habitants de l'intérieur du pays sous formes de produits fumés ou séchés. (**SENEGAL/DPM, 2006**).

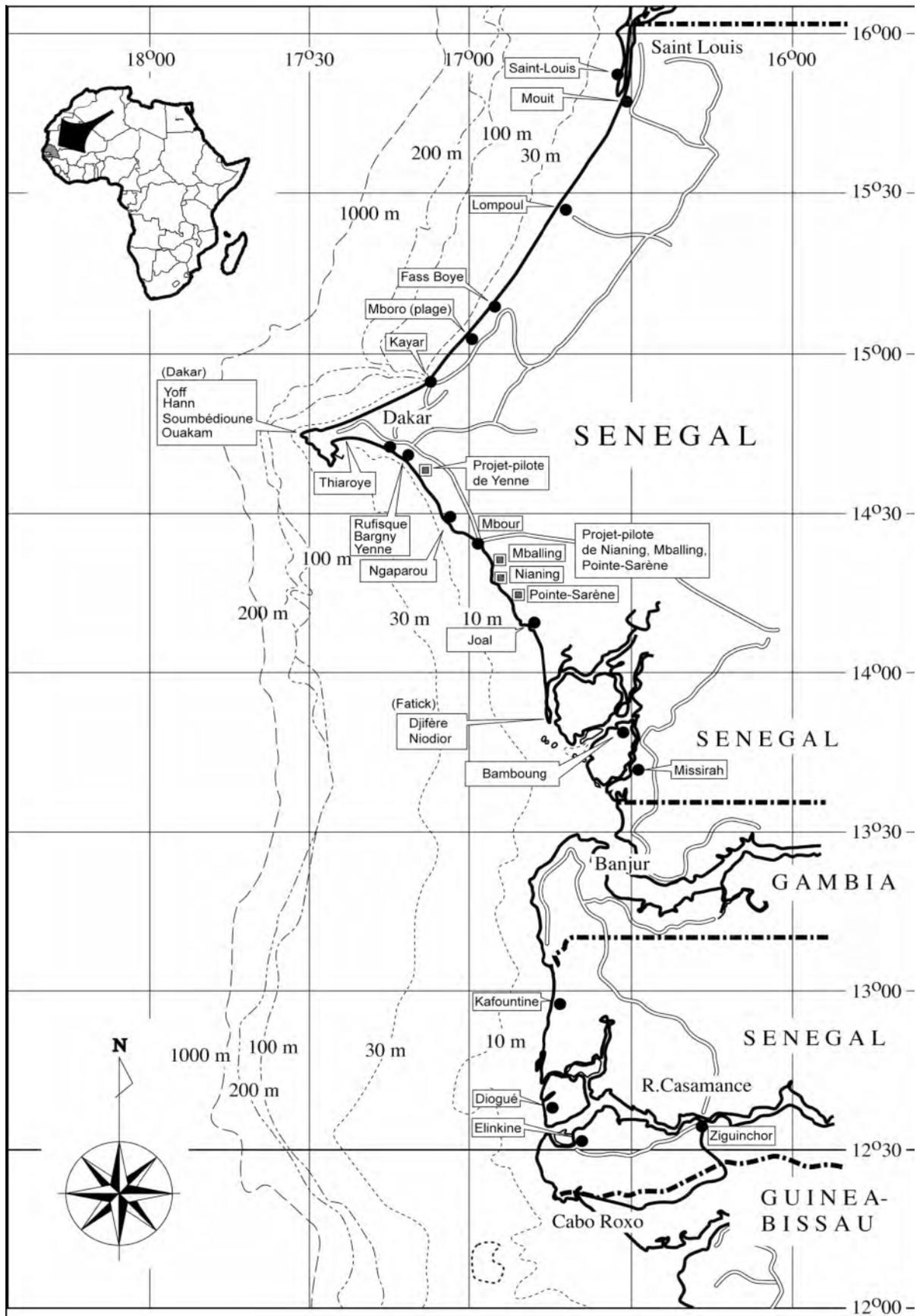
L'ancêtre de la pirogue sénégalaise remonterait au XVI<sup>e</sup> siècle. Elle était constituée au départ d'un simple tronc évidé, propulsé à la pagaie. Vers le début du XVII<sup>e</sup> siècle, on assiste à l'apparition de la voile. Les éperons faisant office de brise-lames et les bordes sont rajoutés au cours du siècle suivant. Enfin, le moteur hors-bord apparaît vers 1950. On distingue deux saisons de production : une saison de faible capture de juin à octobre, où les volumes des produits diminuent et une saison de forte production, allant de novembre à juin. Les captures de la pêche artisanale sont principalement des espèces pélagiques, alors que les produits de la pêche industrielle sont des espèces benthiques.

Selon la direction des pêches maritimes (**SENEGAL/MPM, 1998**) du ministère de l'économie maritime, en 1996, l'effectif de la flottille sénégalaise était le suivant: 11.600 pirogues, dont 9 300 motorisées (80 %), 212 chalutiers, dont 60 chalutiers étrangers (28 %), 6 sardiniers, dont 2 sardiniers étrangers (33 %), 62 thoniers étrangers (97 %). Les principales prises sont les petits pélagiques (sardinelles, chinchards,

maquereaux) qui représentent 72 % des prises. Le reste correspond à des espèces benthiques (crevettes, céphalopodes, rougets, dorades, soles...).

## **I.2. Environnement naturel**

Le Sénégal est l'une des destinations de pêche des plus prisées au monde. C'est la diversité des milieux aquatiques sénégalais qui fait les diversités des espèces de poisson. Les eaux froides de la grande côte, les eaux rocheuses volcaniques de la presqu'île du Cap-vert, les eaux chaudes de Casamance, les bolongs du Sine Saloum accueillent un grand nombre d'espèces de poisson. Par saison, sous l'effet des alizés, les domaines maritimes connaissent une remontée d'eau froide appelée upwelling. Ces eaux riches en sels nutritifs favorisent le développement d'une flore et d'une faune abondante et diversifiées. Au large des côtes Sénégalaises, situées à l'extrémité ouest du continent africain se heurte le courant marin des canaries venu du Nord et des courants dérivés du courant du Golfe de Guinée. La température de l'eau de mer en surface ne descend jamais en dessous de 15°C au cours de l'année. Les fleuves Sénégal, Gambie et Casamance se jettent dans l'océan atlantique et apportent des sels minéraux pendant l'hivernage. De plus, du sable riche en sels inorganiques est apporté du désert du Sahara par les vents. Le riche environnement naturel précité augmente la productivité de la mer, et crée les pêcheries classées parmi les plus riches d'Afrique. Des vents violents, qui soufflent au passage de l'hivernage à la saison sèche et au passage de la saison sèche à l'hivernage, rendent souvent la mer agitée, mais en général la zone maritime est calme, ce qui permet à la population de profiter en toute sécurité des bienfaits de la mer. (SENEGAL/DPM, 2006).



**Figure 1: Carte des villages côtiers de pêche de la République du Sénégal (source: Direction des pêches maritimes 2003)**

## **II. Différents types de pêche**

### **II.1. Pêche maritime**

La pêche maritime se divise en deux secteurs : une flotte artisanale et une flotte semi industrielle et industrielle.

#### **II.1.1. Pêche artisanale**

Au Sénégal, la pêche est une activité qui revêt une importance économique, sociale et culturelle. Il compte 50.000 pêcheurs et génère 30.000 tonnes destinées à la consommation et à la transformation locale. La pêche artisanale représente 33 % des captures, donc, fournit un apport remarquable à la quête de l'autosuffisance alimentaire (**BROUTIN et coll., 1996**).

Avant l'arrivée des chalutiers, cette pêche était réservée à certaines familles (Lébou, Bosso) et se faisait à l'aide de pirogues avec filets ne dépassant pas quelques dizaines de mètres. Malgré les performances pour l'alimentation des populations, les problèmes ne manquent pas pour la pêche artisanale. Il y'a le problème des ressources avec les accords de pêche qui liaient le Sénégal à l'union européenne qui a entraîné la disparition de certaines espèces avec la sur pêche entraînant une menace d'extinction des stocks. Il y'a aussi les contraintes administratives au niveau des pays qui empêche un véritable commerce des poissons et produits halieutiques. Cependant, il rencontre aussi des problèmes de conservation au frais du stock, prix élevé des moteurs hors bord et des équipements de pêche.

#### **II.1.2. Pêche semi industrielle et industrielle**

La pêche représente 2,5 % du PIB et constitue une première exportatrice du pays avec 185,4 milliards (282 millions d'euro) de recettes. Plus de 200.000 personnes travaillent dans ce secteur.

Le Sénégal est passé de 50.000.000 de tonnes en 1965 à 395.000 en 1999. Cette pêche se fait avec des bateaux pavillons étrangers qui sont dans l'ordre d'une centaine. Ils sont constitués essentiellement de navires Portugais, Espagnols, Français, Italiens, Grecs et même Japonais. Mais, depuis le 1 janvier 2002, ces navires semblent cesser toute activité dans les eaux Sénégalaises. Ceci est du à la non prolongation de l'accord de pêche qui liait le Sénégal à l'union Européenne, aux limites des zones de pêche et

des repos biologiques pour préserver les ressources halieutiques. La pêche industrielle et semi-industrielle font l'objet d'une forte pression avec plus de 10.000 pirogues opérant dans la pêche artisanale et des centaines de bateaux Sénégalais. Cette production est essentiellement destinée à l'exportation (**SENEGAL/MPM, 2005**).

## **II.2 Pêche continentale**

La pêche continentale est encore peu développée et assure environ 5 % de la production halieutique. Elle occupe cependant 70.000 personnes contribuant ainsi à limiter dans une certaine mesure l'exode rural. Les captures globales dans les eaux côtières sénégalaises s'élèvent à 60.000 tonnes (**SENEGAL/MPM, 2000**). Le fleuve Sénégal et le lac de Guier constitue les principales zones de pêche continentale, suivi par le Sine Saloum et la Casamance.

## **II.3. Aquaculture**

L'aquaculture est très tôt considérée comme une alternative destinée à pallier la diminution des ressources halieutiques et satisfaire la demande en poissons et crevettes destinés à l'exportation. Le Sénégal a donc pratiqué l'aquaculture pendant plusieurs années mais les résultats obtenus n'étaient pas très encourageants (**UNION EUROPEENNE., 2003**). Cette activité avait principalement lieu dans le bassin du fleuve Sénégal (élevage de Tilapia), ainsi que dans les mangroves du complexe fluvial du Sine Saloum, de la Casamance (ostréiculture). A ce jour l'élevage des crevettes est d'avantage pratiqué à titre expérimental. Des contraintes techniques, économiques, administratifs ont freiné le développement de l'aquaculture (**SENEGAL/MPM, 2000**). Cependant, en janvier 2006, le gouvernement a inauguré un ambitieux projet en la matière dans l'un des bassins de Mont Rolland situé dans le département de Tivaoune. Ce projet prévoit l'aménagement de 7500 étangs de pisciculture en vue d'une production potentielle de 10.000 tonnes par an. De nouveaux appels d'offres sont également lancés par le gouvernement en vue de la construction de 3 autres bassins aquacoles.

### **III. Production et quantités débarquées**

Au Sénégal, le secteur de la pêche a connu une forte croissance depuis trois décennies. Les captures ont été multipliées par huit en 32 ans (ALLIEZ, 1998). Les débarquements des flottilles sénégalaises et étrangères ont atteint en 1996 plus de 415.000 tonnes. En 1997, le volume débarqué est passé à 421.000 tonnes. Mais on voit cette production baisser en 1999 à 399.000 tonnes. Cette évolution étant principalement liée à l'augmentation des petits pélagiques mis à terre par la pêche artisanale faute d'utilisation de filets de mailles non adaptées (SENEGAL/DPM, 2005).

### **IV. Importance de la pêche au Sénégal**

#### **IV.1. Importance de la pêche dans l'économie nationale**

La pêche maritime est la principale source pourvoyeur de devises pour le Sénégal avec une production en valeur de 185,4 milliards de FCFA environ, soit 2,5 % du PIB national et 16 % du PIB du secteur primaire en 2003 (SENEGAL/MPM 2005).

Par ailleurs, la population active dans ce secteur est d'environ 600.000 personnes qui travaillent sur terre et mer et représente environ 17 % de la population active totale. Les exportations de produit halieutique du pays étaient d'environ 2 milliards pour 130 000 tonnes en 2000. Ces exportations permettraient de payer en grande partie la facture pétrolière (SYLLA, 2003).

#### **IV.2. Importance de pêche dans l'alimentation**

Les produits de la pêche, du fait qu'ils soient à la portée de toute la population, frais ou transformés constituent un apport nutritionnel très important: d'un point de vue alimentaire les produits halieutiques contribuent pour 60 % à l'apport en protéines animales des populations. Au Sénégal, les produits de la pêche sont la principale source de protéines des populations couvrant 75 % de leurs besoins. La consommation moyenne mondiale de poisson est 13,5 kg par habitant (NDOYE et coll., 2002) contre 26 kg par habitant au Sénégal en 1997. D'où l'importance capitale des produits de la pêche dans l'alimentation sénégalaise.

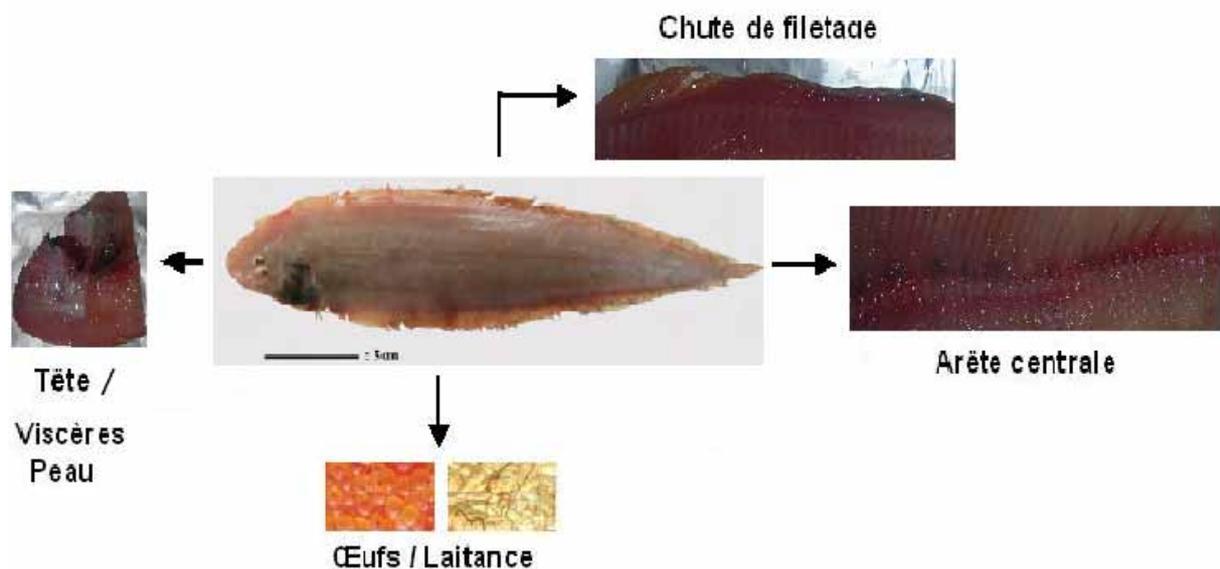
## CHAPITRE II: Généralités sur les co-produits de la pêche

### I. Co-produits de poisson : définition, valorisation et utilisation

#### I.1. Définition et composition

Les co-produits sont définis comme les parties non utilisées et récupérables lors des opérations traditionnelles de production.

La tête, la peau, les chutes de filetage, les arêtes centrales, les viscères, le foie constituent les principaux co-produits de poisson et selon les périodes de pêche, les éléments reproducteurs tels que les œufs ou la laitance peuvent figurer parmi ces co-produits (figure2).



**Figure 2: Les principaux co-produits de *Cynoglossus senegalensis***

Les co-produits destinés à la valorisation doivent normalement être traités selon le même procédé et conservés dans les mêmes conditions que les parties destinées à la production alimentaire, garantissant ainsi leur qualité hygiénique. Rappelons que les protéines, principaux constituants des co-produits de la pêche sont facilement altérables.

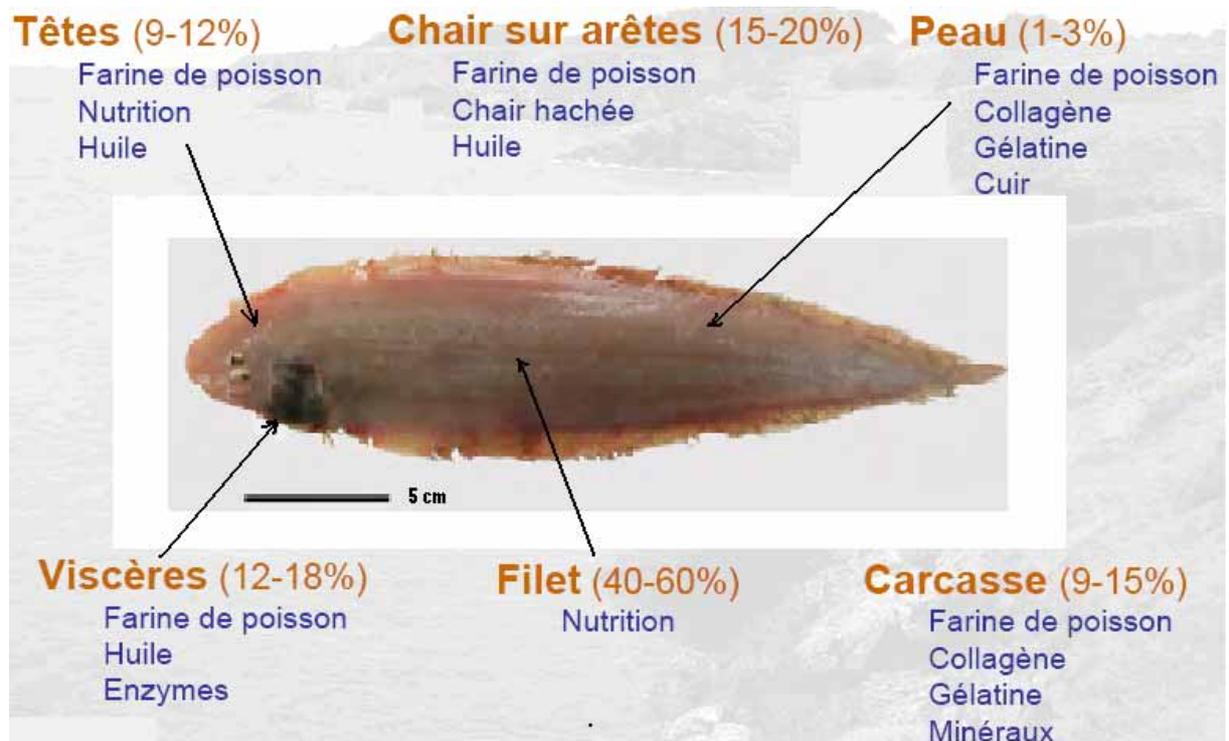
#### I.2. Produits dérivés des co-produits de poisson

Un produit dérivé est le produit commercial obtenu à partir d'un co-produit. Un co-produit pourra donner plusieurs produits dérivés (tableau I et figure 3).

**Tableau I:** Produits dérivés de co-produits de poisson

Co-produits	Produits dérivés
Tête	Farine, huile, aliment
Chair sur les arêtes	Farine, chair hachée, huile
Peau	Farine, collagène, gélatine, cuir
Viscères	Farine, huile, vitamines
carcasse	Farine, collagène, gélatine, minéraux

Source: (GUERARD et coll., 2004)



**Figure 3:** les produits dérivés des co-produits de la sole tropicale

### **I.3. Valorisation des co-produits de poisson**

#### **I.3.1. Valorisation des co-produits de poisson en Afrique**

Les farines de poisson, l'huile de poisson et le compostage sont les principaux co-produits dérivés de poisson qu'on retrouve en Afrique subsaharienne et essentiellement au Sénégal (**BARRO, 2004**).

Cependant, on retrouve une gamme plus diversifiée de co-produits de poisson au Maroc (**FAO/DANIDA, 2001**). Il s'agit de :

- Boulettes de surimi constituées de surimi de sardine mélangé avec du calamar haché et frit dans l'huile. Ces boulettes sont conditionnées dans des sachets de 130g et mises sur le marché;
- Saucisses de surimi de sardine, dont le surimi est le constituant principal et mélangé à d'autres ingrédients;
- Hamburger à base de surimi de sardine, composé de surimi à 60 %, de viande hachée de bœuf à 10 %, de graisse de mouton à 5 % et d'autres ingrédients à 25 %.

#### **I.3.2. Valorisation des co-produits de poisson en Asie**

En Asie, il y a une plus large gamme de produit dérivé de co-produits de la pêche. Ils comprennent essentiellement:

- les **ailerons**, le **cartilage** et l'**huile de foie de requin**: Ils auraient des vertus thérapeutiques et sont très recherchés aux Etats Unis d'Amérique et ailleurs. La soupe d'aileron serait bénéfique à la santé et aurait des effets aphrodisiaques. Elle serait un repas très prisé pendant les fêtes telles que les mariages en Asie. Près de 20 milles tonnes d'ailerons sont produits puis séchés, par an, à Jakarta; ce qui représente environ 20 millions de dollars. La collecte se fait à Hongkong, puis les ailerons sont transportés en Chine pour le nettoyage à des coûts moins chers. Le travail consiste à bouillir et enlever la peau des ailerons sans abîmer la chair. Après nettoyage, ils sont retournés à Hongkong pour être vendus un peu partout dans le monde. Comme les ailerons sont sans goût; leur préparation nécessite une bonne cuisson qui peu durer 10 heures avec

l'ajout d'ingrédients. L'huile de foie de requin, mise à part ses propriétés curatives, elle peut prévenir le cancer, les attaques cardiaques, et l'hépatite. Les chercheurs américains auraient découvert qu'elle a un composant qui peut traiter le Syndrome Immunodéficient Acquis (SIDA).

- la **chitine** et la **chitosane** dérivés des cuticules de crevette, de crabe et d'autres crustacés sont récupérés et utilisés comme matières premières importantes au Japon. Ces dernières années sont marquées par une augmentation des préparations diététiques de chitosane ayant des vertus thérapeutiques et sanitaires. La chitine et ses dérivés ont été testés par des chercheurs européens, japonais et américains dans des expériences médicales et dans les domaines alimentaires et nutritionnel (**SUBASINGHE, 1999**). Le cartilage de requin est utilisé sous forme de rayon d'aileon décoratif par les chinois.
- La **peau**: Des articles (sacs, chaussures, ceintures, robes, et porte-clefs) sont fabriqués à partir de peaux de poisson. Pour obtenir des peaux de qualité, le pelage doit se faire une fois le poisson sorti de l'eau. De préférence, les peaux doivent être proprement nettoyées sans aucun morceau de chair. Elles sont ensuite conditionnées dans des films de polyéthylène par bloc de 10 kg puis congelées. Il s'agit généralement de la peau de perche, de saumon ou du tilapia.

### **I.3.3. Valorisation des co-produits de poisson en Europe**

Divers sous produits peuvent être obtenus à partir des déchets de produits de la pêche. Parmi ces sous produits, il y a :

- **les farines et huiles de poisson**

Cette valorisation est actuellement la plus importante, car tous les co-produits peuvent être utilisés sans distinction. Aucun tri n'est nécessaire, seule la distinction co-produits issus de poissons sauvages ou d'élevage doit être faite. L'huile de foie de morue, naturellement riche en vitamines A et D, favorise la fixation de calcium et

participe à la consolidation des os et des dents. La vitamine A joue également un rôle dans le mécanisme de la vision. L'huile de foie de morue est particulièrement bénéfique pour la croissance des enfants. Les Omega 3 issus de l'huile de poissons de mers du Sud sont très riches en acides gras polyinsaturés, et leur forme triglycéride joue un rôle préventif pour les maladies cardiovasculaires.

➤ **les hachis**

Les hachis sont destinés à la fabrication d'aliments pour animaux domestiques essentiellement les chats. Lors de la fabrication, les co-produits sont éviscérés, broyés, filtrés puis congelés en bloc. Ils sont une très bonne source de protéines (SUZANNE, 1998).

➤ **les hydrolysats**

Les hydrolysats sont des fractions à teneur protéique élevée (73 à 85 %) obtenues par autolyse (uniquement sous l'action d'enzymes endogènes) ou hétérolyse (ajout d'enzymes exogènes). Cependant, la proportion en éléments minéraux est assez faible, car les arêtes osseuses non hydrolysables sont retirées. Les hydrolysats ont donc l'avantage d'être digestes et d'avoir une haute qualité nutritive. Les hydrolysats présentent les mêmes avantages que les matières premières d'origine animale pour l'aquaculture, sans en avoir beaucoup d'inconvénients (LARBIER et *Coll.*). Depuis 1973, un complexe de traitement enzymatique de co-produits de poissons est mis en place à Boulogne. Les opérations se déroulent en plusieurs étapes: les déchets de poisson sont broyés dans un réacteur enzymatique, les arêtes sont séparées de la chair, la partie liquide se transforme en un produit pâteux dont les qualités chimiques et bactériologiques sont contrôlés. Au début, il était utilisé en remplacement des protéines du lait pour les vœux. En comparaison avec la caséine, les animaux nourris avec les hydrolysats de poisson gras, après un début de croissance plus lent, arrivent au même poids au bout de quelques semaines (ORSKOV et *Coll.*, 1982; MACKIE, 1982). Aujourd'hui, ils interviennent beaucoup dans les aliments de sevrage pour porcelet et leur aide beaucoup à supporter le stress dû au sevrage précoce. La médecine vétérinaire, la pharmacie humaine, la cosmétologie ainsi que la diététique ne sont pas en reste avec la fabrication de la pilule reconstituante pour chien et chat, de produits anti-rides cicatrisant et traitant en même temps les plaies oculaires. On

envisage également la fabrication de plaquettes reconstituantes ou fortifiantes sous forme de complément alimentaire pour l'homme.

➤ **L'ensilage de crevettes et de poisson:**

L'ensilage de crevettes résulte du fait que pendant leur transformation, les enzymes présentes naturellement dans les viscères digèrent les protéines et on obtient un liquide utilisable comme aliment pour animaux (**HALL et Coll., 1994**).

L'ensilage de poisson a une haute valeur nutritive et est très utilisé pour l'alimentation des poissons en aquaculture (**DJIBA, 1992**). Il s'agit d'incorporer 3 % d'acide formique dans 10 kg de déchets de thons cuits. L'hydrolysate obtenu en fin de liquéfaction (18 jours) donne, après fermentation, 84 % de pâte de pH stable à 4,03 contre 16 % de perte (**DJIBA, 1992**).

## **II. Facteurs influençant la valorisation des co-produits de la pêche**

### **II.1. Surpêche et le gaspillage**

La surexploitation n'est pas un problème récent. Il était déjà manifeste dans l'atlantique Nord et dans le Pacifique au début des années 1890, et a fait l'objet de conférence de Londres sur la surpêche en 1946. Les captures en mer dépassent aujourd'hui 90 millions de tonnes par an. Tandis que la population mondiale a doublé en 50 ans, la production halieutique a quintuplé au cours de la même période. Dans le monde entier, la consommation par habitant des produits de la mer augmente. Cependant, depuis peu, alors que les pêcheries continuent de s'intensifier, les captures diminuent. La pêche excessive met en danger la biodiversité marine. De nombreuses espèces sont en voie d'extinction. Autrefois, les espèces de gros poissons comme les raies, les morues, dorades ou mérus sont abondantes; mais actuellement elles sont menacées de disparition dans certains océans.

En ce qui concerne le gaspillage, une grande quantité de ressources bio-aquatiques sont capturées, puis rejetées dans la mer. Selon la FAO, ces ressources s'élèvent à 30 à 40 millions chaque année dans le monde, soit 20 à 25 % des captures. Le rejet des captures occasionne des coûts pour les pêcheurs (triage et déversement des rebuts) et ne produit pas de recettes. Au Sénégal, de 1996 à 1998, environ 6.275,5 tonnes de poissons constitués essentiellement de chinchard, de pageot, de raie, de volute et de

sole ont été rejetés, soit 1.415.257.000 FCFA (COLY, 2000). Les pertes, après les débarquements à quais, sont estimées à 54.000 tonnes en 1996, à 66.000 tonnes en 2003 (SENEGAL/MPTM, 1998). Ces pertes peuvent être dues à des problèmes d'ordre technique (rupture de la chaîne de froid), à l'infestation des poissons, à la brisure, aux mauvaises conditions de conservation, au stockage et à la distribution. D'autres facteurs contribuent au gaspillage; c'est le cas de l'utilisation de filets dormants et de sennes tournantes capturant les espèces non cibles. L'ensemble entraîne une perte énorme en protéines valorisables par les industries de fabrication de poisson, une baisse des emplois et des exploitations.

## **II.2. Impact de la pollution et de la dégradation de l'environnement marin**

La détérioration des écosystèmes aquatiques, dans les zones côtières, est aujourd'hui assez fréquente. Dans ces zones, comme ailleurs, la dégradation de l'environnement est liée au fait que ceux qui exploitent le milieu côtier reçoivent des signaux économiques insuffisants. Ceux qui s'occupent, au nom de l'état, de l'aménagement des pêcheries commerciales n'ont pratiquement aucun contrôle sur l'état de santé de l'écosystème côtier.

La pollution marine est définie comme une introduction directe ou indirecte, par l'homme, de substances ou d'énergie dans un milieu marin (DJIBA, 1992). Cette pollution est surtout due aux déchets industriels des bateaux, aux industries pétrolières, et aux eaux usées des égouts. Elle peut avoir des effets nuisibles pour les ressources biologiques, pour la santé de l'homme. La pollution entrave la pêche et altère aussi la qualité de l'eau de mer et de l'écosystème marin. La pollution marine peut entraîner des changements climatiques, et a probablement de nombreuses conséquences qui demeurent inconnues. C'est pour ces raisons que le Sénégal a pris des mesures fermes, en ratifiant la convention internationale pour la prévention de la pollution des eaux de la mer par les hydrocarbures (loi n°72-17 du 1 février 1972) et s'est engagé dans la lutte contre la pollution de l'environnement marin.

### **II.3. Effets de la croissance démographique**

Selon la **FAO**, la consommation de poissons par habitant passerait de 16 kg en moyenne aujourd'hui à 19-21 kg en 2030. Elle augmenterait de 57 % dans les pays en développement et 4 % dans les pays industrialisés.

D'ici 2010, sous l'effet de la poussée démographique et de l'accroissement du revenu disponible des ménages, la demande mondiale de poisson, à des fins de consommation alimentaire, s'établira probablement à 110 millions de tonnes.

C'est pourquoi, il y aura une baisse de disponibilité mondiale en produit halieutique, liée à une vitesse de croissance de la population mondiale, plus rapide que celle de la production totale de poisson destiné à l'alimentation. Cette pression démographique, la rareté des disponibilités d'emploi, l'absence de politique rigoureuse de conservation et de gestion des ressources halieutiques confèrent aux pêches un attrait accru du point de vue des pauvres, en tant que perspectives d'emploi de derniers recours et augmentent le risque d'aggravation de la surpêche.

## **III. Enzymes et hydrolyse enzymatique**

### **III.1. Les enzymes**

#### **III.1.1. Définition et propriétés des enzymes**

Les enzymes sont des composés biologiques de nature protéique doués d'activité catalytique et produits par la cellule vivante. Appelées aussi catalyseurs biologiques, les enzymes sont des substances qui sans éprouver de transformations visibles et à faible dose, modifient en augmentant la vitesse des réactions chimiques. Les enzymes ne provoquent ni ne déclenchent une réaction chimique: elles ne font qu'augmenter sa vitesse.

Le mot "enzyme" vient du mot grec «*enzume*». Les premiers enzymes étudiés étaient ceux de la fermentation alcoolique et proviennent de la levure.

Les enzymes agissent à faible concentration, dans des limites étroites de température et de pH et elles se retrouvent intactes en fin de réaction. Comme tout catalyseur, elles n'interviennent pas dans le processus réactionnel. Une enzyme est spécifique d'une réaction, c'est-à-dire qu'elle catalyse toujours la même transformation sur les mêmes

corps chimiques. Le composé transformé par une enzyme est appelé substrat et le composé obtenu est appelé produit. Il est donc important de connaître le nom de l'enzyme, car elle permet de savoir le type de réaction catalysée et le substrat. La prise en compte du substrat et du type de réaction catalysée a conduit à une nomenclature dite fonctionnelle. Elle sera ultérieurement complétée par une classification officielle.

Les enzymes sont des protéines, de masse moléculaire élevée, thermolabiles, biocatalyseurs des réactions métaboliques. Elles possèdent deux types de spécificité selon le substrat et selon la fonction. Selon le substrat, on a soit une spécificité étroite ou stéréospécificité soit une spécificité lâche (cas de la phosphatase alcaline capable d'hydrolyser des esters phosphoriques en milieu alcalin).

Elles augmentent la vitesse des réactions (jusqu'à  $\times 10^{11}$ ), en respectant les lois de la thermodynamique (sans modifier leur état d'équilibre). Elles diminuent l'énergie d'activation et doivent être régénérées à la fin de la réaction ou de la séquence des réactions. A noter que l'enzyme ne crée pas de réaction (**COURS D'ENZYMOLOGIE., 2006**).

### **III.1.2. Définitions propres aux enzymes**

Une enzyme est constituée d'une partie protéique ou apoenzyme et d'une partie organique non protéique ou co-enzyme. Elle peut parfois être entièrement protéique; c'est l'exemple des protéases. Dans la plupart des cas, cette molécule organique est indispensable à l'action de l'enzyme. L'ensemble apoenzyme et co-enzyme est actif alors qu'ils sont inactifs séparément. C'est l'apoenzyme qui apporte la spécificité. Certaines enzymes agissent avec des atomes métalliques qu'on appelle co-facteurs minéraux: soit le métal entre dans la composition de l'enzyme (métaloenzyme), stabilise l'enzyme et reste fixé; soit il sert de catalyseur électrophile et est faiblement lié.

### III.1.3. Nomenclature des enzymes et classification des enzymes

#### III.1.3.1. Nomenclature

##### III.1.3.1.1. Conception ancienne

Cette nomenclature dite conception ancienne est très utilisée. Elle prend en compte:

- le nom du **substrat** dont la transformation est catalysée par l'enzyme et on ajoute le suffixe ase. Ex: Uréase transforme l'urée en  $\text{CO}_2 + \text{NH}_3$
- Le **type de réaction catalysée** par l'enzyme et on ajoute le suffixe ase.  
Ex: Les oxydases et les réductases catalysent les réactions d'oxydoréduction.
- Le **nom consacré par l'usage**: pepsine, trypsine, chymotrypsine

##### III.1.3.1.2. Conception moderne

Dans la conception moderne, les enzymes sont nommées selon un numéro de code ou selon le nom systématique.

- **Numéro de code**: C'est un ensemble de 4 chiffres séparés par des points et précédés par les lettres EC.

##### **Exemple: EC: 3.1.2.1.**

3= classe de l'enzyme (il existe 6 classes);

1= sous classe (dans la classe des oxydoréductases, la sous-classe la nature chimique de l'accepteur);

2= sous sous-classe (oxydo-réductases: la sous sous-classe indique la nature chimique de l'accepteurs;

1= numéro d'ordre de l'enzyme dans la classification considérée.

- **Nom systématique**: il indique clairement la nature du donneur, celle de l'accepteur et le type de réaction catalysée.

**Exemple**: ATP & D glucose phosphotransférase.

- **Nom commun recommandé**:

**Exemple**: Glucokinase pour ATP & D glucose phosphotransférase

### III.1.3.2. Classification

Il existent 6 classes d'enzymes dont:

- **Oxydoréductases:** catalysent les réactions d'oxydo-réductions (transfert d'électrons) que l'on distingue en oxydation (perte d'électrons) et en réduction (gain d'électrons);
- **Transférases:** catalysent des réactions de transfert d'une molécule à une autre (groupements méthyl, hydroxyl et carboxylique sont transférables);
- **Hydrolases:** catalysent l'introduction d'une molécule d'eau au niveau d'une liaison dans un substrat; ce sont des réactions d'hydrolyses;
- **Lyases:** catalyse le déplacement d'un groupement à partir d'un substrat avec apparition d'une double liaison.
- **Isomérases:** catalysent les réarrangements moléculaires
  - les racémas: catalysent le passage de la forme D à la forme L;
  - les épimérases: catalysent les réactions d'épimérisation: galactose glucose;
  - les mutases: catalysent les réactions de mutation c'est à dire transfert d'un radical d'une partie d'une molécule à une autre;
- **Ligases:** catalysent les réactions de système; utilisent l'ATP comme source d'énergie, ce qui conduit à la formation de liaison C-C, C-O, C-N... (formation des liaisons entre C et un autre métalloïde en utilisant l'énergie de l'ATP) (**COURS D'ENZYMOLOGIE., 2006**).

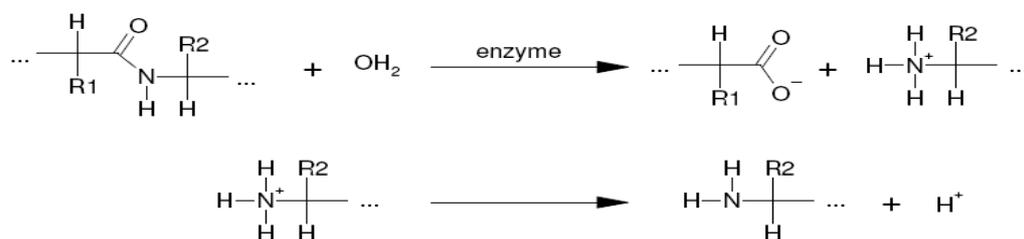
## III.2. Hydrolyse enzymatique

### III.2.1. Définition et principe

L'hydrolyse enzymatique est une réaction chimique, catalysée par des enzymes du type hydrolase, au cours de laquelle intervient obligatoirement une molécule d'eau et qui aboutit à la scission d'un composé.

L'hydrolyse enzymatique permet de couper les protéines en peptides. Les protéines hydrolysées ont une mauvaise réputation due à leur amertume (**GILGERG et coll., 2002**). Cependant, elles sont utilisées pour conférer des propriétés nutritionnelles ou fonctionnelles particulières à des aliments.

Lors d'une hydrolyse enzymatique, les protéases vont cliver les liaisons peptidiques entre deux acides aminés adjacents dans la séquence primaire d'une protéine, générant ainsi, au moins, deux peptides. L'hydrolyse des liaisons peptidiques va donc générer la libération des protons  $H^+$  (Figure 6). Cette libération de protons  $H^+$  va induire une acidification du milieu. Ce principe est valable pour les hydrolyses se déroulant à pH supérieur à 6,5 pour que le degré de dissociation des ions  $R-N^+H_3$  soit suffisant (RAVALLEC, 2000). Lorsque le pH est inférieur, la réaction s'inverse et ce seront des ions  $HO^-$  qui seront libérés.



**Figure 4: Schéma réactionnel de la libération de protons  $H^+$  lors de l'hydrolyse enzymatique**

### III.2.2. Suivi de l'évolution de l'hydrolyse

Le suivi de l'hydrolyse est une préoccupation majeure lors de la mise en place de procédé enzymatique. En effet, l'activité des enzymes ne s'arrête que lorsque le substrat est totalement hydrolysé, ou que les conditions du milieu ne sont plus adéquates pour l'enzyme.

Il est donc important de suivre l'hydrolyse en fonction des produits désirés, car l'hydrolyse totale ne conduit pas, dans la majeure partie des cas, aux produits les plus intéressants. De nombreux protocoles ont été élaborés pour le suivi de cette hydrolyse. L'un des protocoles les plus simples est de mesurer les modifications de pH induites par l'hydrolyse. Cette mesure peut être effectuée directement à l'aide d'un pH-mètre plongé dans le milieu réactionnel (DUMAY, 2006), mais par ce biais, l'hydrolyse ne peut être poussée très loin. La mesure peut également être lue de manière indirecte. Pour permettre une action plus longue de l'enzyme, le milieu peut être neutralisé par ajout de soude (lors de libération de  $H^+$ ) ou d'acide (libération  $HO^-$ ). Le volume versé est directement proportionnel à la quantité de liaisons peptidiques coupées. Cette

méthode est la méthode dite du pHstat (en référence à l'appareil utilisé) (**ADLER et Coll., 1986**).

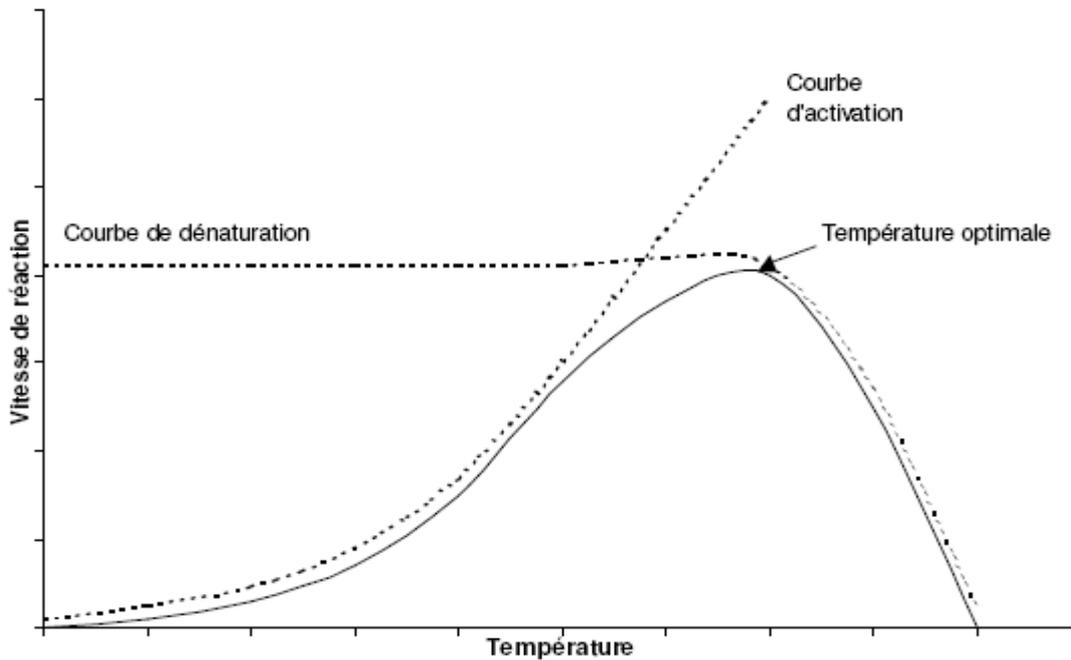
### **III.2.3. Paramètres influençant l'hydrolyse enzymatique**

Différents facteurs peuvent affecter l'efficacité de l'hydrolyse enzymatique des protéines. Parmi ces facteurs, il y a la température, le pH, la concentration du substrat et de l'enzyme, la force ionique, la présence ou l'absence de substances inhibitrices ou activatrices, et la quantité d'eau ajoutée (**DUMAY, 2006**).

Nous traiterons ici uniquement des principaux facteurs, à savoir la température, le pH et brièvement, de l'effet des substances inhibitrices ou activatrices.

#### **III.2.3.1. Influence de la température sur la réaction enzymatique**

L'étude de la vitesse initiale en fonction de la température fait apparaître deux phases bien distinctes (Figure 4). La température accélère d'une part les vitesses des réactions en fournissant l'énergie nécessaire au franchissement de la barrière d'énergie d'activation; mais au-delà d'une certaine température, une modification de la structure tridimensionnelle de l'enzyme se produit entraînant progressivement sa dénaturation et sa désactivation. La résultante de ces deux effets se traduit par une courbe généralement dissymétrique passant par une valeur maximale pour une température optimale. Certaines enzymes, avec une masse faible et une structure simple ou stabilisée (à l'aide de ponts disulfures par exemple), se révèlent particulièrement stables à la chaleur. Une mutation peut conférer à une enzyme une thermo sensibilité différente de celle de l'enzyme native, très utile pour conférer une meilleure stabilité à des enzymes utilisées à haute température.



**Figure 5 : Influence de la température sur la réaction enzymatique**

**Source: (CUVELLIER, 1999)**

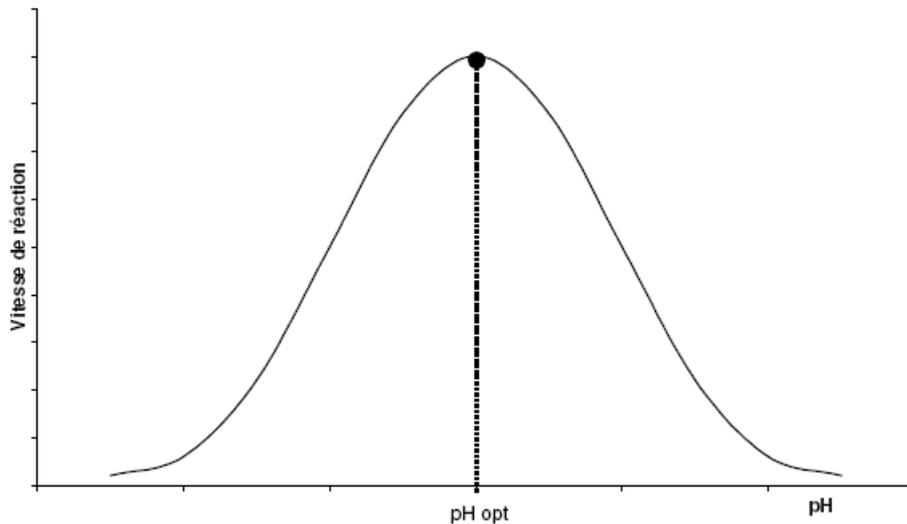
Quoi qu'il en soit, la température est spécifique pour chaque enzyme (souvent indiquée par le fournisseur) et il est important de travailler dans la plage de température indiquée. En biotechnologie, l'inactivation de l'enzyme est très souvent réalisée par traitement thermique, souvent moins dénaturant pour la récupération des produits obtenus qu'une variation de pH.

### **III.2.3.2. Influence du pH sur l'action des enzymes**

La variation du pH peut avoir des conséquences sur l'enzyme en provoquant des modifications de l'état d'ionisation de certains acides aminés situés sur le site actif ou sur la zone permettant le maintien de la conformation tridimensionnelle native de la protéine. Le substrat peut aussi subir une modification de son degré d'ionisation, pouvant permettre ou empêcher la formation du complexe enzyme / substrat. Le pH optimum sera défini en fonction de la transformation enzymatique d'un substrat dans un milieu de composition donnée.

Comme le montre la Figure 5, la vitesse d'une réaction décroît généralement rapidement lorsque l'on s'éloigne du pH optimum jusqu'à devenir négligeable (à  $\pm 2$

unités de pH). Ce pH optimum varie beaucoup selon les enzymes. Certaines protéases ont des pH optimaux variant de 2 (pepsine) à 10 (alcalose).



**Figure 6: Variation de la vitesse de réaction enzymatique en fonction du pH**  
Source:(CUVELLIER, 1999).

### III.2.3.3. Effets des substances activatrices ou inhibitrices

#### III.2.3.3.1. Effets des substances activatrices

La vitesse d'une réaction et l'activité de l'enzyme peuvent être modifiées par la présence de composés autres que le substrat ; ce sont des effecteurs qui jouent un rôle important dans les phénomènes de régulation. Ces effecteurs peuvent avoir un effet activateur ou un effet anti-inhibiteur.

- Les activateurs vrais tels que les ions métalliques:  $Mg^{2+}$  qui intervient au niveau des kinases,  $Ca^{2+}$  au niveau des lipases, trypsine et chymotrypsine,...). Ces ions sont appelés oligoéléments; leur rôle est de favoriser une bonne conformation de l'enzyme, favorisant également la fixation du substrat et peuvent participer d'une manière très brève à la catalyse.
- Les anti-inhibiteurs: Exemple: l'ion  $CN^{-}$  qui lève l'inhibition amenée par les sels de Cu sur l'uréase.

### III.2.3.3.2. Effets des substances inhibitrices

Les inhibiteurs peuvent être réversibles ou irréversibles.

- Les inhibiteurs irréversibles ont une action brutale et entraînent une dénaturation de l'enzyme.
- Les inhibiteurs réversibles sont de trois de types:
  - Les compétitifs: composés ayant une analogie de structure avec le substrat de l'enzymes et qui sont capables d'occuper le site actif. Il y'a donc une compétition entre le composé et le substrat au niveau du site actif.
  - Les non compétitifs: pas de compétition entre substrat et inhibiteurs qui ne se fixent pas sur le même site actif mais plutôt sur le site allostérique et l'affinité de l'enzyme pour le substrat n'est pas modifiée.
  - Les incompétitifs: l'inhibiteur n'empêche pas la fixation du substrat mais néanmoins la présence de l'inhibiteur va empêcher la disparition du substrat et l'apparition du produit. Les co-produits marins, comme toute matrice vivante, possèdent un grand nombre de ces substances (**GILDBERG, 2002**).

### III.2.4. Hydrolysats

Les hydrolysats présentent les mêmes avantages que les matières premières d'origine animale pour l'aquaculture sans en avoir les nombreux inconvénients (**INFOFISH, 2002**). En effet, ce sont des protéines hydrolysées. Les acides aminés libérés sont donc plus facilement disponibles et assimilables pour les animaux. De plus, ils constituent un produit très appétant et parfaitement accepté, grâce à l'arôme de poisson et présente une granulométrie fine facilitant la fabrication d'aliments suivant des procédés telle que la microparticulation (**JONES, 1995**). Ils contiennent un peu de minéraux et ne risquent donc pas de polluer les eaux d'élevage aquacoles, leur état microbiologie étant assuré par la stérilisation au cours de la fabrication. Leur concentration dans les aliments est très variable puisqu'ils sont capables d'améliorer le développement même à faible dose.

### **III.2.4.1. Quelques intérêts des hydrolysats de poisson**

#### **III.2.4.1.1. En alimentation animale**

Les hydrolysats de poisson sont utilisés comme substitut du lait pour les bovins, les ovins et les porcins. En comparaison avec la caséine, les animaux nourris avec les hydrolysats de poisson gras, après un début de croissance plus lent, arrivent au même poids au bout de quelques semaines (**ORSKOV *et coll.*, 1982; RITCHIE *et coll.*, 1982**). De plus, une étude économique a montré les intérêts des peptides de poisson en tant que substituts du lait (**MERRITT, 1982**). Pour le bétail adulte, l'ensilage obtenu à partir d'herbe peut être également remplacé par des hydrolysats de poisson (**OUELLET *et coll.*, 1997**).

Mais c'est dans le domaine de l'aquaculture que ces hydrolysats sont les plus valorisés. En effet, en aquaculture, la charge récurrente la plus importante est la source protéique apportée aux animaux. Les protéines de poisson hydrolysées, en plus de leur faible coût, sont d'une grande digestibilité. De plus, de nombreuses études ont montré que certains hydrolysats de poisson possèdent des propriétés nutraceutiques. Ainsi, le remplacement des farines de poisson par des hydrolysats de poisson augmenterait la croissance des crevettes et des larves de poisson (**CORDOVA-MUREATA *et coll.*, 2002**).

#### **III.2.4.1.2. Intérêts fonctionnels**

En plus de leurs qualités nutritionnelles maintenant établies, les propriétés fonctionnelles des hydrolysats de poisson ont été étudiées. En effet, pour pouvoir entrer dans la composition des aliments, les hydrolysats doivent avoir des propriétés particulières, concernant l'hydrophobicité, les facultés d'émulsion (et leur stabilité) ou de formation de mousse, la capacité à retenir l'eau. D'une manière générale, les propriétés fonctionnelles des hydrolysats sont liées aux conditions d'hydrolyse. Ainsi, en contrôlant ces conditions, il est possible d'obtenir les propriétés fonctionnelles voulues, ce qui permettrait de trouver des applications variées dans les domaines alimentaires, comme dans l'élaboration de vinaigrettes ou de saucisses industrielles (**SLIZYTE *et coll.*, 2005**).

## CHAPITRE III: Etude des produits halieutiques

### I. Etude de la sole tropicale

#### I.1. Nomenclature de la sole tropicale

**Tableau II: Nomenclature de la sole tropicale**

Nom scientifique	Nom français	En vernaculaire (en wolof)	Nom F.A.O	Nom anglais
<i>Cynoglossus senegalensis</i>	Sole tropicale	Tapalé	Sole-langue Sénégalaise	tongue sole

Source: (SERET, 1981).

#### I.2. Systématique de la sole tropicale

*Cynoglossus senegalensis* est classé comme indiqué ci-dessous d'après Hamilton, 1882:

- au règne Animalier;
- à l'embranchement des Chordata;
- au sous-embranchement des Vertébrés;
- à la Super classe : Osteichthyens;
- à la classe des Actynopterygiens;
- à la sous classe des Neopterygiens;
- à l'infra classe des Teleostiens;
- au super ordre des Acanthopterygiens;
- à l'ordre des pleuronectiformes;
- au sous ordre Pleuronectoidae;
- à la famille des Cynoglossidae;
- à la sous famille des Cynoglossinae;
- au genre Cynoglossus;

Dans le genre Cynoglossus, on retrouve plusieurs espèces (voir annexe 13).

Parmi toutes ces espèces, notre étude porte sur l'espèce *Cynoglossus senegalensis*.

### **I.3. Caractéristiques morphologiques**

#### **I.3.1. Caractéristiques générales des cynoglossidae.**

Les cynoglosses sont des poissons à corps plat, allongé, linguiforme, senestre. Les deux yeux, assez petits, sont situés sur le côté gauche et très rapprochés. Le museau est arrondi. La bouche est petite infère plus au moins arquée. Le bord du pré-opercule n'est pas libre et est recouvert par la peau et des écailles. Il n'y a pas de rayons épineux à la dorsale et à l'anale. La dorsale débute en avant de l'œil dorsal. Les rayons de la dorsale et de l'anale sont confluent avec ceux de la caudale qui se terminent en pointe. Ils n'ont pas de nageoire pectorale. Seule la pelvienne de la face occultée est présente; elle est située sur la ligne médiane. Le corps est recouvert par des écailles cténoïdes ou cycloïdes (SERET, 1981).

#### **I.3.2. Caractéristiques de *Cynoglossus senegalensis***

*Cynoglossus senegalensis* est l'espèce la plus commune et la plus grande, il peut atteindre 72 cm. Les yeux, situés sur le côté gauche du corps, ont un espace assez large entre eux. Le museau est largement arrondi, le crochet rostral, plutôt court, s'étend jusqu'au niveau de la narine antérieure. La bouche s'étend au-delà de l'œil ventral. La nageoire dorsale compte 119-125 rayons, l'anale 93-99 rayons et la caudale 12 rayons. On compte 124-138 écailles tubulées le long de la ligne margino-dorsale. Une ligne latérale médiane est visible sur la face aveugle et deux sur la face oculée. Sur la face oculée, le corps est plus ou moins uniformément brun, avec des reflets verdâtres visibles sur le vivant. La région de l'opercule est souvent noirâtre. La face aveugle est blanchâtre (SERET, 1981).

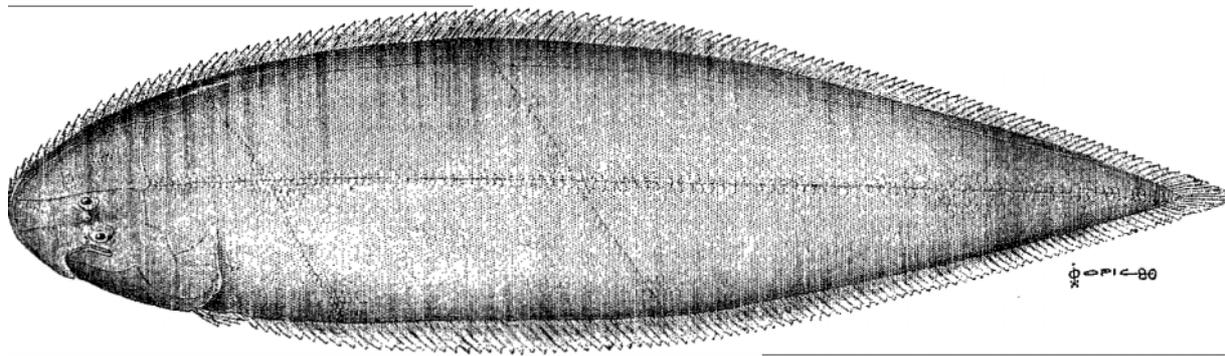


Figure 7: *Cynoglossus senegalensis* Source: SERET et OPIC, 1986

#### **I.4. Répartition géographique**

*Cynoglossus senegalensis* est une espèce très côtière, par rapport aux autres espèces de la famille des cynoglossidae. Elle fréquente les zones sablo-vaseuses côtières entre 10 et 110 mètres, mais les prises maximales sont réalisées entre 5 et 15 mètres de profondeur. Elle est connue de la Mauritanie à l'Angola. Les répartitions bathymétriques de cette espèce, observées au Sénégal, Togo, Bénin, Congo et Cameroun sont similaires (SERET, 1981).

#### **II. Composition chimique des poissons**

La composition chimique de la chair de poisson est comparable à celle des viandes comestibles des animaux de mammifères et d'oiseaux (voir tableau II)

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

Les variations dans la composition chimique sont étroitement liées à son alimentation. C'est ainsi qu'en période d'alimentation copieuse, la teneur en protéines du tissu musculaire augmente d'abord légèrement, aussitôt après, la teneur en lipides croît de façon très marquée et rapide.

Toutefois, le poisson passera par des périodes de famine, soit pour des raisons naturelles ou physiologiques pendant les périodes de fraîcheur ou de migration, soit à cause de facteurs extérieurs tels que la pénurie d'aliments (FAYE, 2002).

La fraction lipidique est souvent l'élément qui subit les variations les plus fortes, attestant au sein d'une même espèce une évolution saisonnière caractéristique avec un minimum pendant la période de fraîcheur (HUSS, 1988).

**Tableau III: Composition globale et caractéristiques minérales (p.100g de fraction comestible fraîche)**

	Lait de vache (entier)	Œufs frais	Viande de bœuf (maigre)	poulet	Poisson (maquereau)
Energie (kJ)	270	690	815	840	800
Energie (kcal)	65	165	195	200	190
Eau	86,5	73,5	66,5	67	67
Protéines	3,7	13	20	19,5	19
Lipides brutes	4,4	11,5	12	12	12
Cendres brutes	0,7	1	1	1	1,5
Calcium (mg)	125	55	12	10	5
Phosphore (mg)	1000	200	195	240	240
Sodium (mg)	50	120	65	70	-
Fer (mg)	0,06	2,5	3	1,5	1
Zinc (mg)	0,3	1	3,5	0,7	-
glucides	4,9	1	traces	traces	traces

**Source: (ADRIAN et coll., 2003)**

## II.1. Protéines de poisson

Les protéines assurent de nombreuses fonctions biologiques telles que catalyse (enzymes), communication (hormones), de défense, (immunoglobulines) et participent à la mise en forme de l'organisme. Les animaux sont incapables d'utiliser directement l'azote et le dioxyde de carbone de l'atmosphère pour synthétiser les acides nucléiques (constituant le génotype de l'espèce) et ces protéines (phénotype). Ainsi, les végétaux et les microorganismes sont les fournisseurs de carbone et d'azotes assimilables par les animaux. Ceux-ci se contentent d'être des consommateurs. Alors que les glucides, les lipides et les protéines alimentaires apportent à l'homme le carbone dont il a besoin, l'alimentation protidique fournit la majorité de l'azote.

Les protéines sont des macromolécules polypeptidiques résultant de l'association d'un nombre élevé d'acides aminés liés entre eux par des liaisons peptidiques. Les protéines représentent 15 % de la masse corporelle totale, soit un peu plus de 10 kg chez un individu de 70 kg. Elles sont en renouvellement constant et leur synthèse ne peut se faire que grâce à un apport quotidien en acides aminés. Ceux qui ne peuvent pas être synthétisés par l'organisme sont dits essentiels et doivent être apportés par l'alimentation. Il existe 20 acides aminés naturels.

Le nombre d'acides aminés essentiels encore appelés indispensables est variable selon l'individu, l'âge et l'état physique. C'est qu'à côté des huit acides aminés indispensables que sont: leucine, isoleucine, phénylalanine, tryptophane, lysine, valine, thréonine, méthionine, l'histidine est considérée comme un acide aminé indispensable pour un enfant de bas âge. Cependant, on a aussi des acides aminés indispensables qui augmentent lors des phénomènes de cicatrisation, agression bactérienne et virale, croissance, et chez les sportifs ; il s'agit de la cystéine, la taurine, l'arginine, l'histidine, la glutamine. Ils sont appelés acides aminés semi-essentiels. Ce qui nous fait dire que la notion d'acides aminés indispensable est relative ou encore très variable.

Les protéines se trouvent dans un grand nombre d'aliments, mais en quantité très variable. Leur valeur nutritionnelle est différente d'un aliment à l'autre. Il est essentiel de combiner astucieusement les avantages des aliments protéiques aussi bien d'origine

animale que végétale. Il est admis que le rapport optimal entre la consommation de protéines animales et végétales est proche de 1.

Le poisson est une source de protéines aussi importante que la viande. Les protéines du poisson peuvent être classées en deux groupes:

- **Les protéines extracellulaires** appelées également protéines du stroma, sont insolubles dans les solutions salines. Ce sont le collagène, l'élastine, la kératine, la réticuline et la connectine. Elles semblent plus fragiles chez les poissons que chez les mammifères.
- **Les protéines intracellulaires** se subdivisent en deux fractions:
  - La fraction myogène hydrosoluble, désignée plus simplement sous le nom de myogène. Elle est obtenue par pression de la chair ou par extraction en solution faiblement ionique. Cette fraction comprend les protéines sarcoplasmiques (myoglobine, albumines, globulines) et les protéines des granules obtenues par centrifugation.
  - La fraction myofibrillaire, peu soluble, comprend les protéines dites de structure qui constituent la majeure partie des protéines intracellulaires. Ce sont la myosine, l'actine, l'actomyosine (complexe des deux) et les protéines régulatrices: la tropomyosine, les troponines, les actines, les protéines de la strie M et les protéines C.

### **II.1.1. Fraction myogène soluble**

L'essentiel de cette fraction protéique est constitué de protéines sarcoplasmiques. Ces protéines sarcoplasmiques ont de nombreuses propriétés communes: ce sont des protéines globulaires, de faible viscosité et de poids moléculaire relativement bas. Elles sont solubles dans les solutions faiblement ioniques. Généralement mêlées aux protéines de la fraction myofibrillaire dans le sarcoplasme, elles représentent de 15 % à 22 % des protéines totales. Plus diversifiées chez les poissons que les mammifères, les protéines sarcoplasmiques semblent caractéristiques des espèces. La myoglobine n'existe pas dans les muscles blancs.

### **II.1.2 Fraction myofibrillaire**

La myosine représente 55 à 60 % des protéines myofibrillaires du muscle. Il y'a analogie dans les compositions en aminoacides de la myosine à des teneurs particulièrement élevées en acide aspartique, acide glutamique, lysine et leucine. L'actine est la deuxième protéine importante du muscle.

### **II.1.3. Variabilité de la composition en acides aminés**

La composition en acides aminés des protéines de poisson est très variable, variabilité due aussi bien aux différentes espèces qu'au tout facteur comme la nourriture. les différentes variations en acides aminés dans la chair de différents poissons sont essentiellement sur l'arginine, l'histidine et le tryptophane. On trouve peu de variation sur les autres acides aminés.

### **II.1.4. Particularité des protéines musculaires du poisson**

Il existe de nombreuses analogies entre le muscle de poisson et celui des animaux à sang chaud. Toutefois, ils existent des différences dont:

- la teneur en tissu conjonctif est plus faible dans le muscle de poisson. Les protéines du stroma représentent 3 à 10 % des protéines totales;
- les fibres musculaires des poissons sont courtes et organisées en lamelles (myotomes);
- la myosine qui représente environ 40 % des protéines totales est difficile à séparer de l'actine (20 %). Cette protéine est plus sensible à la dénaturation (chaleur, séchage) et à la protéolyse que la myosine des animaux domestiques.

### **II.2.5.. Acides aminés**

Un acide aminé est une molécule organique possédant un squelette carboné et deux fonctions : une amine (-NH<sub>2</sub>) et un acide carboxylique (-COOH). Les acides aminés sont les unités structurales de base des protéines. Ils mesurent environ 100 picomètres (pm).

**Tableau IV 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

### II.2.6. Activités biologiques des protéines de poissons

De nombreux articles portent sur les activités biologiques des protéines issues d'hydrolyses protéolytiques. Les peptides marins ne font pas exception. Une revue récente sur les composés marins bio-actifs liste les différentes activités des peptides. Ainsi, ces derniers peuvent avoir des effets anti-hypertenseurs, anti-thrombotiques, immuno-modulateurs, antioxydants, anti-coagulants... (KIM et coll., 2006). Les peptides marins interviennent dans le traitement de l'ostéoporose, de l'arthrite, des maladies cardiovasculaires, du diabète, de l'obésité ou encore du cancer (GILDBERG et Coll., 2002; KIM et coll., 2006).

Le tableau ci-dessous précise quelques exemples de ces activités.

**Tableau V: Principales activités biologiques des protéines de poisson**

Espèces	Activités	Références
Merlu	réparation du tissu épithélial	Fitzgerald <i>et coll.</i> , 2005
Sole	anti oxydante	Rajapakse <i>et coll.</i> , 2005
Sole	Hypotensive	Jun <i>et coll.</i> , 2004
Morue	secretagogue  immunomodulatrice anti proliférative	Ravallec-Plé et VanWormhoudt, 2003 Gildberg <i>et coll.</i> , 1996 Picot <i>et coll.</i> , 2006
Maquereau	Oxydante	Picot <i>et coll.</i> , 2006
Merlan	anti proliférative	Picot <i>et coll.</i> , 2006
Saumon	anti proliférative	Picot <i>et coll.</i> , 2006
Sardine	comportement hormonal	Picot <i>et coll.</i> , 2006 Rousseau <i>et coll.</i> , 2001

## II.2. Les Sources azotées

Les sources azotées peuvent être définies comme étant des composés non protéiques, de faible poids, solubles dans l'eau et contenant de l'azote. Cette fraction d'azote non protéique (ANP) représente 9 à 18 % de l'azote total des téléostiens.

Les muscles du poisson sont parmi ceux des vertébrés les plus riches en substances azotées extractives. Les fractions les plus importantes de l'azote extractif dans les muscles du poisson sont constituées par l'azote basique. Les constituants majeurs de cette fraction sont les bases volatiles telles que l'ammoniac, l'oxyde de

triméthylamine, la créatine, les acides aminés libres, les nucléotides et les bases puriques et, dans le cas de poissons cartilagineux, l'urée (**AVDESON et coll., 1993**).

### **II.3. Lipides**

Les lipides sont des substances organiques animale ou végétale formées de groupes hydrocarbonés à longue chaîne. Ce sont des molécules insolubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques. Les lipides, dont les acides gras sont les principaux constituants, sont présents dans les muscles des poissons sous deux formes :

- Des phospholipides : composants majeurs des membranes cellulaires, ils représentent moins de 1% du poids du muscle. Ils sont riches en acides gras longs polyinsaturés (AGPI) de la série n-3, les omégas 3, qui participent à maintenir la fluidité membranaire à basse température
- des lipides de réserve : ils sont constitués essentiellement par des triglycérides eux aussi caractérisés par une proportion élevée d'acides gras longs polyinsaturés omégas 3 (**IFREMER, 2005**).

La teneur en omégas 3 de la chair de poisson varie entre 15 et 36% alors que pour la viande, ce taux varie entre 1% et 4%. (**HALLEREAU, 2003**).

Le muscle blanc d'un poisson maigre typique comme le cabillaud contient moins de 1 % de lipides. Au dessus de 1 %, les lipides servent de réserves énergétiques et peuvent donc être classées en tant que dépôt de graisses. Ces dépôts se trouvent surtout dans les tissus sous-cutanés, dans le tissu conjonctif et entre les fibres musculaires et dans la tête. Il y'a cependant, des différences majeures à cet égard entre les divers espèces de poissons. La valeur calorique des poissons va dépendre de leur teneur en graisse. C'est ainsi qu'on distingue:

- les poissons maigres qui contiennent moins de 1 % à de graisse: la sole, la truite, la morue, la carpe, le turbot, la raie, le merlan, le brochet;

- les poissons demi gras qui contiennent entre 7 % à 8 % de graisse que sont: le saumon, le hareng, le congre, le maquereau;
- les poissons gras qui contiennent plus de 15 % de graisse: c'est l'exemple du thon (**LEDERER, 1998**).

Comme la plupart des vertébrés, les dépôts de graisses de la majorité des espèces de poissons sont des triglycérides. Les lipides de poissons sont formés d'acides gras très insaturés à longues chaînes contrairement à ceux des mammifères. Ce sont ces glycérides, contenus dans la graisse de poisson qui donnent l'odeur caractéristique de l'huile de poisson. La graisse de poisson contient une plus grande proportion de phospholipides que les autres chairs. Ce qui confère à la chair de poisson la capacité de restaurer et d'exciter les capacités vitales du cerveau (**FAYE, 2002**).

Dans les muscles des poissons maigres, le cholestérol peut représenter jusqu'à environ 6 % des lipides totaux, niveau semblable à celui trouvé dans les muscles des mammifères.

#### **II.4. Vitamines et 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 (**FAYE, 2002**). Quelques espèces d'eau douce comme la carpe ont une grande activité thiaminase et, de ce fait, leur teneur en thiamine est généralement basse. 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 iode. Les Tableaux VI et VII 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 VI:** Vitamines du poisson

Poisson	A (UI/g)	D (UI/g)	B <sub>1</sub> ( <i>thiamine</i> ) (mg/g)	B <sub>2</sub> ( <i>riboflavine</i> ) (mg/g)	Niacine (mg/g)	Acide pantothénique (mg/g)	B <sub>6</sub> (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	---	3,4 <sup>1</sup>	15 <sup>1</sup>	4,3 <sup>1</sup>	---

Source: Murray et coll, 1991.

**Tableau VII:** 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 coll, 1991

La teneur en vitamines des poissons est comparable à celle des mammifères, exception faite pour les vitamines A et D que l'on trouve en grandes quantités dans la chair des espèces grasses et en abondance dans le foie de certaines espèces comme le cabillaud et le flétan. Il faut noter que la teneur en sodium dans la chair du poisson est relativement basse, ce qui le rend compatible avec un régime hyposodé.

Dans le poisson d'aquaculture, les taux de vitamines et de sels minéraux sont censés refléter la composition en éléments entrant dans la nourriture du poisson bien que les données relevées doivent être interprétées avec beaucoup de précautions. Pour protéger les acides gras polyinsaturés n-3, considérés comme très importants pour la santé tant du poisson que de l'homme, on peut ajouter de la vitamine E dans l'aliment du poisson en tant qu'antioxydant. Il a été démontré que le niveau de vitamine E dans les tissus du poisson correspondait à sa concentration dans son alimentation (MURRAY *et coll.*, 1991).

Deuxième partie :  
ETUDE  
EXPERIMENTALE

## **CHAPITRE I: MATERIELS ET METHODES**

### **I. Cadre de travail**

Cette étude s'est déroulée dans les trois laboratoires suivants:

- Le laboratoire de chimie alimentaire du service d'Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale (HIDAOA) de l'E.I.S.M.V pour la partie hydrolyse;
- Le laboratoire de Virologie de l'institut Sénégalais de Recherche Agricole (I.S.R.A) pour la lyophilisation des échantillons;
- Le laboratoire de l'IFREMER (Institut Française de Recherche des produits de la mer) de Nantes pour les dosages biochimiques.

### **II. Matériel**

#### **II.1. Matériel biologique**

Le matériel biologique qui a servi à la réalisation de ce travail est constitué par la sole tropicale: *Cynoglossus senegalensis*.

Les soles utilisées proviennent d'une usine de transformation des produits de la pêche située à Dakar (Pirogue Bleue). Elles ont été pêchées dans la zone FAO N° 34 (Atlantique Centre Ouest) en Décembre 2007.

Les poissons sont filetés à l'usine et les co-produits sont collectés séparément puis congelés et stockés à -20° C.

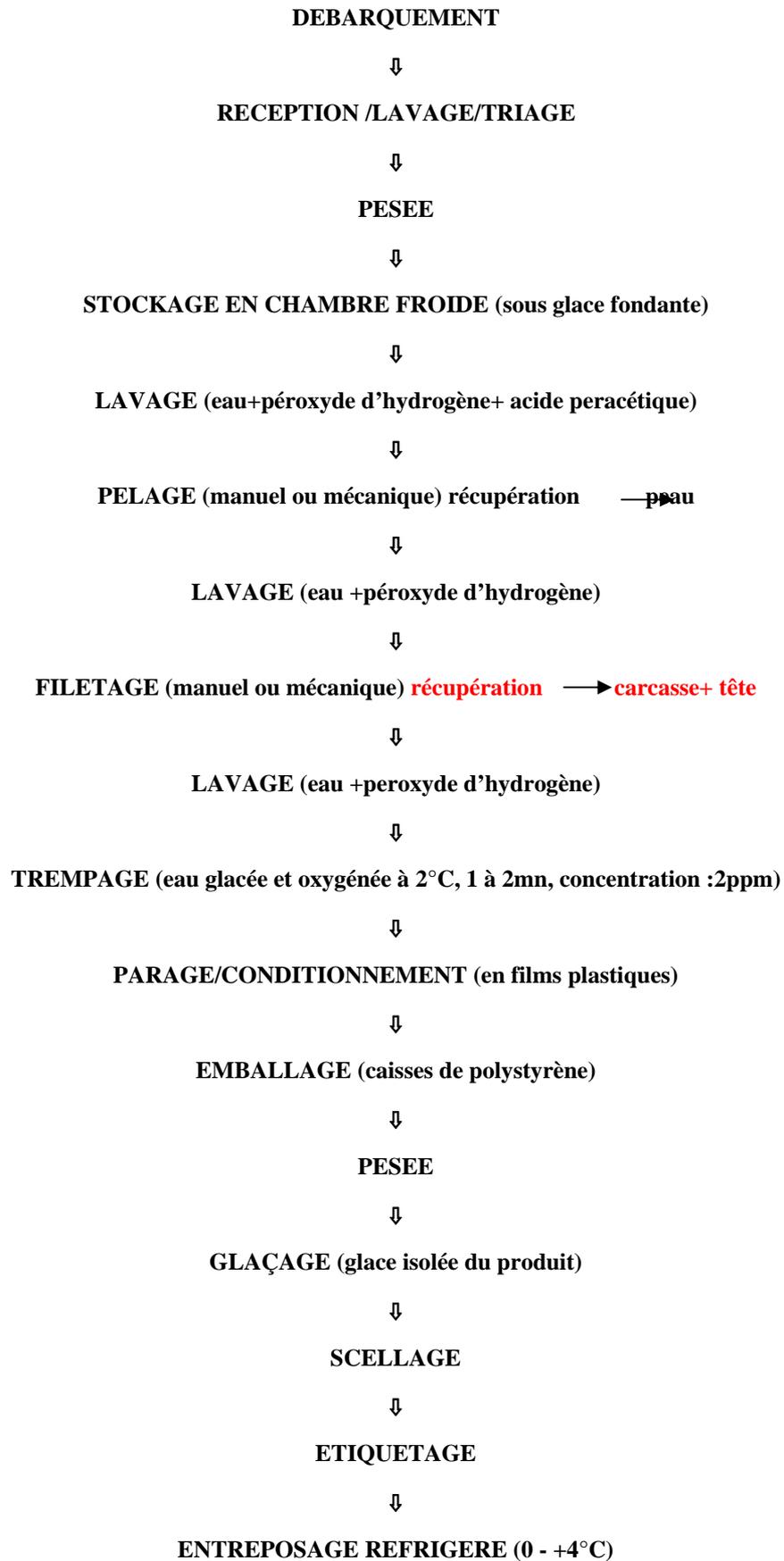
Les co-produits sont définis comme les parties non utilisées et récupérables lors d'opérations traditionnelles de production. Ils ont été traités selon le même protocole de conservation que les parties destinées à la consommation humaine afin d'éviter leur altération. Ceux de soles utilisées dans cette étude sont la tête et l'arête centrale de la sole tropicale (*Cynoglossus senegalensis*) (photo1).



**Photo1: Carcasse de sole après éviscération**

### **II.1.1.Préparation des co-produits de la sole tropicale (*Cynoglossus senegalensis*)**

Les co-produits de la sole tropicale ont été prélevés lors de la production du filet de sole. Après avoir récupéré les filets, la peau et la carcasse sont collectées selon le diagramme ci-dessous (fig. 8).



**Figure 8: Digramme de fabrication des filets de sole permettant d'obtenir les coproduits de la sole tropicale**

Après leur collecte, les co-produits sont acheminés, jusqu'au laboratoire de l' E.I.S.M.V. dans une glacière.

### **II.1.2. Constitution des lots**

Pour chaque hydrolyse, des lots de 500g de co-produits sont apprêtés, puis conservés à -20°C jusqu'à leur utilisation. Pour cette étude, 18 lots ont été utilisés.

### **II.2. Matériel enzymatique**

L'enzyme utilisée est le Protamex®. C'est une enzyme industrielle produite par génie génétique par la société danoise Novozymes SA. Le Protamex® est un complexe peptidique de la classe des hydrolases développées, par plusieurs espèces de *Bacillus*, pour l'hydrolyse des protéines alimentaires. Protamex® possède les numéros de classification enzymatique suivants: EC 3.4.21.62 et EC 3.4.24.28. Contrairement à d'autres endoprotéases, Protamex® a été élaborée de façon à ne pas générer de peptides amers, même lorsque les degrés d'hydrolyse sont faibles. Protamex® est standardisée d'après le fournisseur en unité Anson par g (AU/g). Les conditions optimales de travail sont atteintes pour un pH compris entre 5,5 et 7,5 et une température comprise entre 35 et 60°C.



**Photo2: boîte contenant l'enzyme Protamex**

## **II.3. Matériel technique**

### **II.3.1. Matériel de transport et de conservation**

- Une glacière
- Un congélateur

### **II.3.2. Matériel de laboratoire**

- Verreries et accessoires
- Matériel utilisé pour les prises d'essais: couteaux, ciseaux, balance électronique
- Matériel utilisé pour l'hydrolyse enzymatique: plaque chauffante, agitateur magnétique, papier aluminium, entonnoir, thermo- pH mètre portable, erlenmeyer.
- Matériel utilisé pour inactiver l'enzyme: bain marie réglé à 85°C (photo4)
- Matériel utilisé pour la centrifugation: Centrifugeuse (photo 3), tube « Falcon »
- Lyophilisateur pour l'obtention de la matière sèche
- Broyeur
- Rotavapeur
- Ampoule à décanter
- Pompe à vide
- Spectrophotomètre



**Photo 3: Centrifugeuse**



**Photo 4: Bain marie**

#### **II.4. Réactifs et produits consommables**

- Eau ordinaire
- Eau distillée
- Acide sulfurique
- Acide borique
- Acide chlorhydrique
- Solution de glycolle
- Indicateur coloré
- Méthanol
- Chloroforme
- Eau salée (Na Cl 0,9%)
- Tétra borate de sodium
- Dinitrofluorobenzène (DNFB)
- Eau milliQ
- Chlorure de sodium

### III. Méthodologie

#### III.1. Hydrolyse enzymatique

L'hydrolyse permet de déstructurer les matières à l'aide d'une protéase de façon à libérer les protéines en vue d'une valorisation ultérieure. Le procédé requiert des conditions précises et contrôlées de température et de pH adaptées à l'enzyme utilisée. Après avoir éviscérer les carcasses de sole, 500g du reste des carcasses sont découpés en morceaux et ajoutés à 500ml d'eau distillée préalablement introduite dans un erlenmeyer. Quand la température voulue (40°C ou 50°C) est atteinte, 1% d'enzyme est alors ajouté à la solution. Pour cette étude, des hydrolyses à différents temps (10mn, 20mn, 30mn, 40mn, 50mn, 60mn, 90mn, 120mn, 180mn) ont été effectuées.



Photo 5: Dispositif d'hydrolyse

### III.1.1. Suivi de la cinétique des hydrolyses

Lors de cette étude, seuls la température et le pH seront optimisés.

Chaque hydrolyse est suivie à temps réel. Pendant l'hydrolyse la stabilisation du pH et de la température est contrôlée. Toutes les 5 minutes, le pH et la température sont notés à l'aide du thermo-pH mètre (photo 5).

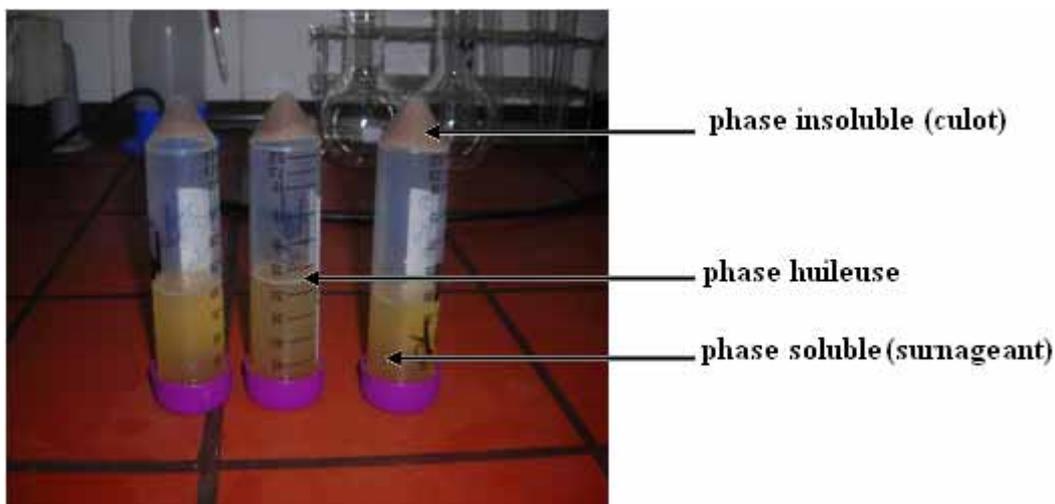
Le suivi de la cinétique de libération des NH<sub>2</sub> libres dans la solution se fait par le calcul du degré d'hydrolyse (DH) qui se définit, comme étant le rapport entre le nombre de liaisons peptidiques dans l'enzyme sur la quantité de protéines totales.

### III.2. Filtration

Au bout de 180 mn, la réaction enzymatique est arrêtée et l'hydrolysats est placé dans un bain-marie à 85°C pendant 10 mn pour l'inactivation de l'enzyme. L'hydrolysats obtenu est filtré afin de le séparer des arêtes.

### III.3. Centrifugation

L'hydrolysats est reparti dans les tubes "Falcon" de 40 ml, puis centrifugé à 6000 tr/mn pendant 15 mn.



**Photo 6: Différentes parties de l'hydrolysats dans des tubes renversés après centrifugation**

Ainsi, trois (3) phases sont obtenues (photo 6):

- La phase huileuse, contenant majoritairement les lipides.

**NB:** Cette phase est négligeable car *Cynoglossus senegalensis* est un poisson maigre.

- La phase soluble correspondant au surnageant, et comportant les protéines, les peptides en solution et autres composés solubles.
- La phase insoluble, correspondant au culot, contenant les protéines myofibrillaires et les fractions non solubles.

Ainsi, on récupère la phase insoluble d'une part (culot) et le surnageant plus phase huileuse d'autre part.

#### **III.4. Détermination de la matière sèche (lyophilisation)**

Après centrifugation, la matière sèche des différents échantillons est obtenue par la lyophilisation. C'est une technique de déshydratation d'un produit préalablement congelé réalisé sous vide et à basse température. L'objectif est de récupérer la matière sèche des échantillons et d'estimer la teneur en eau de ceux-ci grâce au phénomène de sublimation.

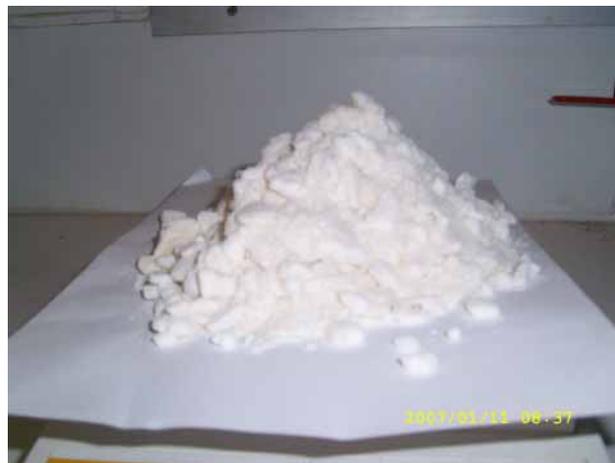


Photo 7: Matière sèche après lyophilisation

### **III.5. Analyses biochimiques**

#### **III.5.1. Dosage des protéines totales**

Les protéines totales sont estimées à partir du taux d'azote dosé par minéralisation selon la méthode de **Kjeldahl (LYNCH et coll., 1998)**.

##### **III.5.1.1. Principe**

L'azote total est dosé par minéralisation à l'acide sulfurique. L'ammoniac obtenu est déplacé par une solution concentrée d'hydroxyde de sodium, puis recueilli dans une solution tampon d'acide borique titré.

##### **III.5.1.2. Mode opératoire**

###### **Minéralisation**

Un (1) gramme de matière sèche de chaque échantillon pesé a été placé dans un tube à minéraliser contenant une pastille de catalyseur avec 20ml d'acide sulfurique concentré.

Sous la hotte et le capteur de fumée mis en route, ensuite, le tube est introduit dans le bloc de minéralisation. Nous avons chauffé à 450°C environ jusqu'à obtention d'une solution très visqueuse de teinte blanchâtre. La durée de chauffage peut varier de 2 à 4h. Après refroidissement, le capteur de fumée a été rincé avec environ 5 ml d'eau distillée ou ordinaire que l'on recueille dans le tube. Le culot et le surnageant sont alors remis en suspension dans 20 ml d'eau.

Le dosage de l'azote total se fait sur cette solution.

###### **Entraînement à la vapeur d'eau**

Dans une fiole conique de 250 ml, nous avons mis 20 ml d'acide borique et un indicateur coloré.

Cette fiole est ensuite adaptée à l'extrémité du réfrigérant de l'unité de distillation de telle sorte que l'allonge plonge dans la solution d'acide borique.

Le tube est branché sur l'unité de distillation et la neutralisation est réalisée par 80 ml de soude (4 fois le volume d'acide sulfurique utilisé).

L'entraînement à la vapeur d'eau a été fait en 6 min. Cela correspond à un volume de 150 ml de distillat sur les 20 ml d'acide borique. On obtient une solution de couleur verte.

## **Titrage**

On titre directement dans la fiole conique par addition de l'acide chlorhydrique 1N jusqu'à l'obtention d'un virage à la couleur rose.

### **III.5.1.3. Expression des résultats**

La teneur en azote total (N) en g pour 100 g d'échantillon est égal à :

$$N = 1,4 \times V / M \text{ avec } V = \text{Volume en ml de l'acide chlorhydrique utilisé}$$

M = Masse en g de la prise d'essai.

La teneur en protéines (P) est obtenue grâce à la formule suivante :

$$P = N \times 6,25$$

On parlera alors de peptides et non de protéines.

### **III.5.2. Détermination de la teneur en acides aminés**

Un acide aminé est une molécule organique possédant un squelette carboné et deux fonctions : une amine (-NH<sub>2</sub>) et un acide carboxylique (-COOH). Les acides aminés sont les unités structurales de base des protéines. Ils mesurent environ 100 picomètres (pm).

#### **Principe**

Pour déterminer la teneur en acides aminés d'un échantillon, l'échantillon hydrolysé est récupéré puis séché. Le produit obtenu est dilué, avec de l'eau milliQ (2,5 ml d'eau pour 10 mg de protéines hydrolysées).

Après dilution, 25 microlitres (µl) ont été prélevés selon la méthode proposée par le kit. On y a ajouté 100 µl de réactif à l'aide d'une seringue de 1,5 ml et d'un embout filtre, puis aspiré très doucement le contenu du tube (en plusieurs fois).

A l'aide d'une seringue de 1,5 ml et d'un embout filtre aspirer très doucement le contenu du tube (en plusieurs fois). Il faut ensuite, retirer l'embout en le laissant dans le tube et rejeter le surplus aspiré dans une poubelle. On replace ensuite la seringue sur l'embout, puis ajoute 200 µl d'eau milliQ dans le tube.

Aspirer le contenu du tube de la même manière que précédemment et rejeter le surplus et ajouter 200µl de milieu de dilution. A l'aide d'une seringue 0,6 pousser le contenu de l'embout filtre dans le milieu d'élution. Après tout, on agite au vortex, puis à l'aide

d'une seringue et d'un capillaire en verre, mettre 50 µl de réactif 4 (solution organique) dans le tube, agiter, laisser reposer 1 mn, agiter à nouveau et laisser de encore reposer pendant 1 mn. A l'aide d'une seringue et d'un capillaire en verre, ajouter 100 µl de réactif 5 (solution organique) dans le tube, agiter à nouveau et laisser reposer pendant 1 mn, ajouter 100 µl d'eau de réactif 6 (solution acide) et agiter. On prélève enfin la partie organique (partie supérieure) qui contient les acides aminés dérivés, à l'aide d'une pipette pasteur, et l'analyser en chromatographie en phase gazeuse.

Cependant, pour déterminer la composition en acides aminés d'un peptide, d'autres types de méthodes sont utilisés:

**-Méthode des dansylaminoacides** (ou méthode de Gray et Hartley).

On utilise le chlorure de l'acide 5-diméthylaminonaphtalène-1-sulfonique (ou chlorure de dansyl). Cette opération est suivie d'une hydrolyse acide du DNS-peptide, qui conserve le DNS-AA et décompose le reste de la chaîne en aminoacides séparés. Le DNS-AA fortement fluorescent en lumière UV est facilement repérable lors d'une chromatographie comparative.

Cette méthode a supplanté la méthode de Sanger, car elle est beaucoup plus sensible.

**-Méthode récurrente d'Edman** (ou méthode des phénylthiohydantoïnes):

Elle se déroule par étape; le processus est le même que pour les précédentes, sauf que lors de l'hydrolyse acide du peptide est marqué le reste de la chaîne n'est pas dégradé et l'opération peut se renouveler avec l'acide terminal.

On hydrolyse ensuite en milieu acide, avec dilution plus forte que dans la méthode de Sanger, et il se forme une phénylthiohydantoïne qui est identifiée par chromatographie comparative.

### **III.5.2. Détermination des cendres (matières minérales)**

Le dosage des matières minérales ou des cendres est réalisé en incinérant l'échantillon à 600°C.

### **Principe**

Dans un creuset préalablement pesé, on met 1 g de matières sèches de l'échantillon. Après avoir pesé le cristalliseur plein, le creuset est placé dans un four à 600°C pendant une nuit.

Le creuset est alors pesé. La différence entre la masse du creuset contenant l'échantillon incinéré et celle du creuset avant incinération correspond à la quantité de cendre présente dans un 1 g d'échantillon.

### **III.5.2. Dosage des lipides**

#### **Principe**

Le dosage se fait par la méthode de Folch (Folch, 1957) qui consiste à extraire des lipides par un mélange de solvants.

#### **Mode opératoire**

Un mélange d'1g d'échantillon et de 4 ml d'eau est placé dans un becher. Ce mélange est homogénéisé après un ajout de 6,66 volumes de méthanol (soit 33,33ml) pendant 30 mn et, 33,33 volumes de chloroforme (soit 66,66ml) puis agité pendant 30 mn.

Le tout est filtré sous vide dans un verre fritté et le filtrat est introduit dans une ampoule à décanter.

Ensuite, 0,2 volume d'eau salée (Na Cl 0,9%) par rapport au volume chloroforme/méthanol utilisé sont ajoutés dans l'ampoule.

L'ampoule est agitée jusqu'à émulsion complète du mélange.

On laisse décanter pendant au moins 3 h à l'abri de la lumière et à 4°C.

Après, on obtient phase organique (partie inférieure) et une phase aqueuse (partie supérieure);

La phase organique récupérée inférieure est récupérée, on l'évapore au rotavapor jusqu'à l'évaporation du solvant.

## CHAPITRE II: RESULTATS

### I. Hydrolyse enzymatique

#### I.1. Suivi de la température d'hydrolyse

La température de chaque échantillon a été obtenue en faisant la moyenne des températures prises toutes les 5 mn pendant 180 mn.

A 40° C, la courbe a une allure en dents de scie avec un maximum de 40,85 °C et un minimum de 40°C.

A 50°C, la température oscille entre 52 et 50°C.

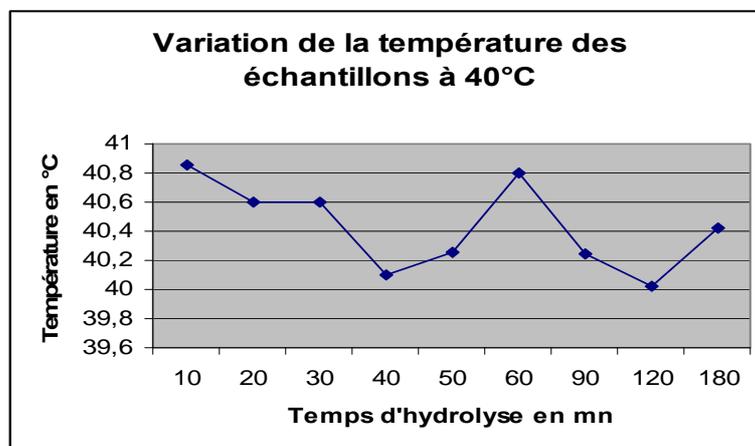


Figure 9: Variation de la température pendant l'hydrolyse des échantillons à 40°C

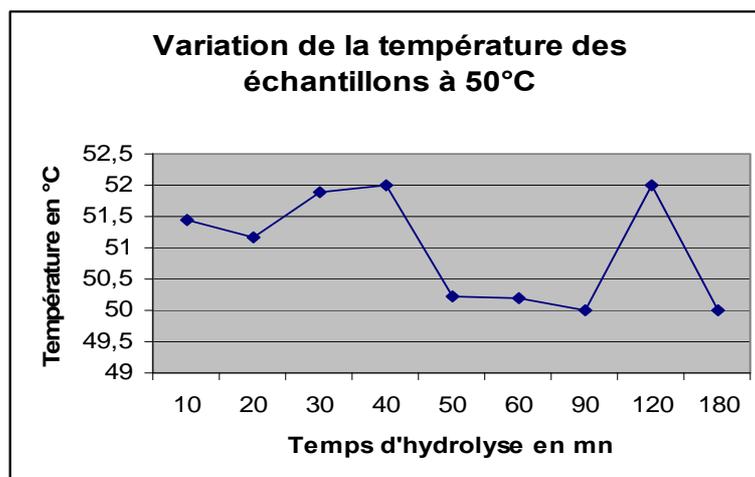


Figure 10: Variation de la température pendant l'hydrolyse des échantillons à 50°C

## I.2. Suivi du pH d'hydrolyse

Les figures 11 et 12 montrent le pH de chaque échantillon. Le pH de chaque échantillon est obtenu en faisant la moyenne des pH pris toutes les 5 mn au cours de la réaction (180 mn).

A 40°C, le pH diminue, dans le temps et devient de plus en plus acide. Avec un maximum de 6,39 au début de l'hydrolyse, il baisse jusqu'à 6,19 à la fin de l'hydrolyse enzymatique.

A 50°C, le pH maximum est 6,4, mais il chute à la fin de l'hydrolyse à 6,16.

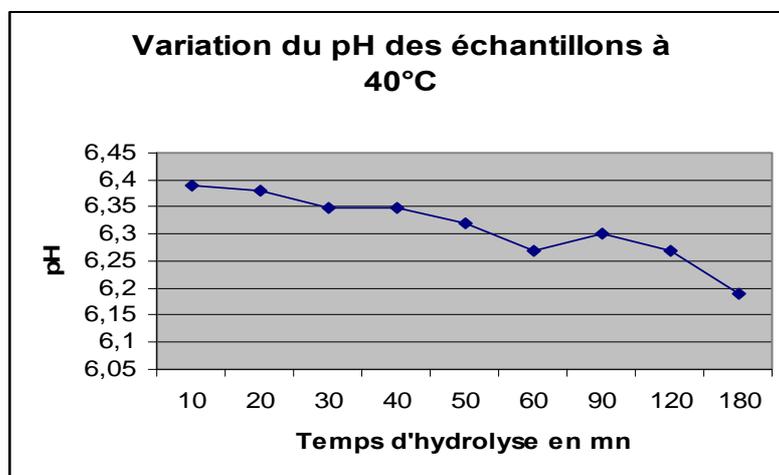


Figure 11: Variation des pH pendant l'hydrolyse des échantillons à 40°C

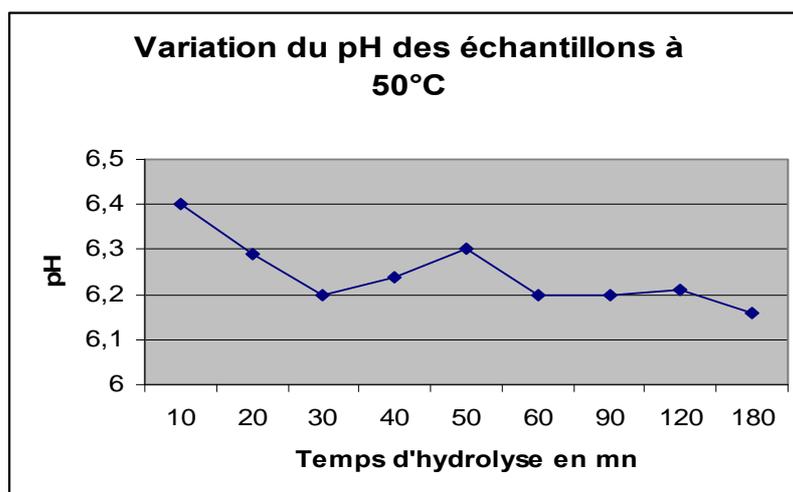


Figure 12: Variation du pH pendant l'hydrolyse des échantillons à 50°C

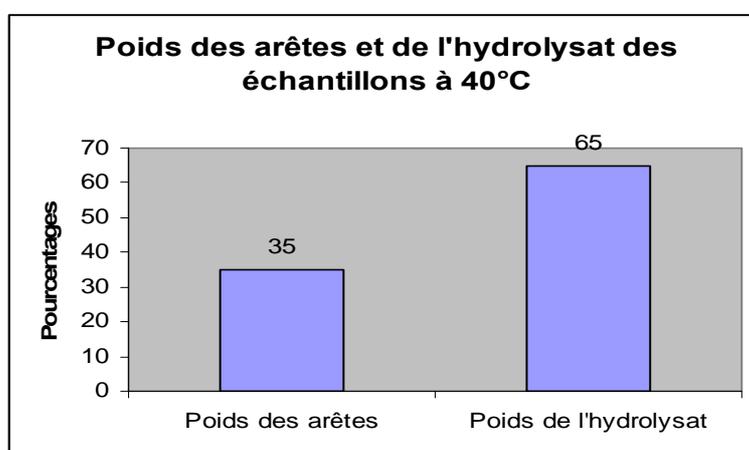
## II. Bilan matière

### II.1. Poids des arêtes et de l'hydrolysate

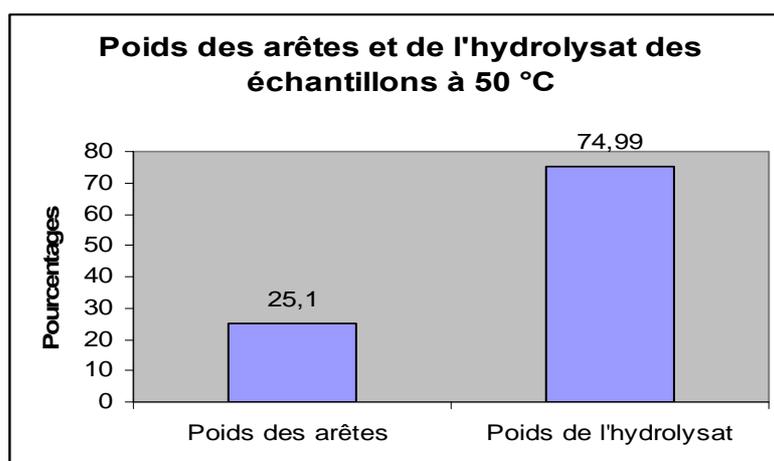
Après l'hydrolyse enzymatique, on a obtenu, d'une part, les arêtes (partie solide) et d'autre part l'hydrolysate (partie liquide).

En moyenne, en fin d'hydrolyse, la quantité d'hydrolysate récupérée représente 65% de la masse initiale, à 40°C et 75% à 50°C. Les arêtes représentent alors respectivement 35% et 25%.

**Figure 13: Poids des Figure**



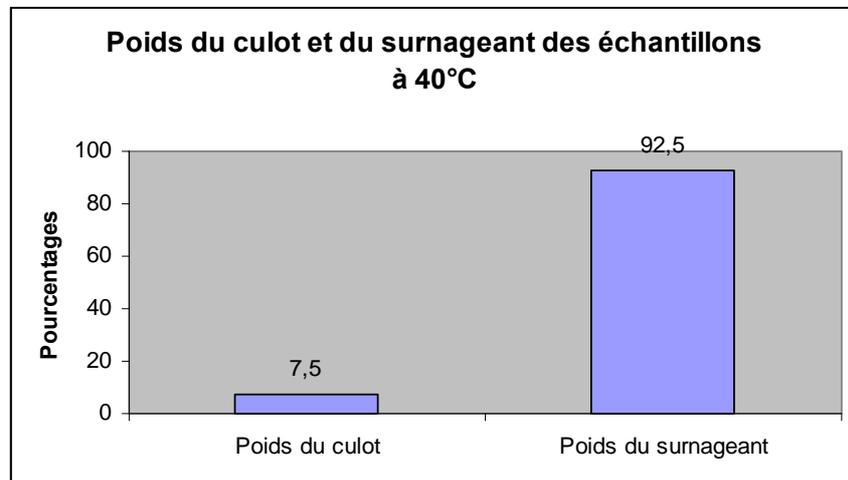
**Figure 13: Poids des fractions obtenues après hydrolyse des échantillons à 40°C**



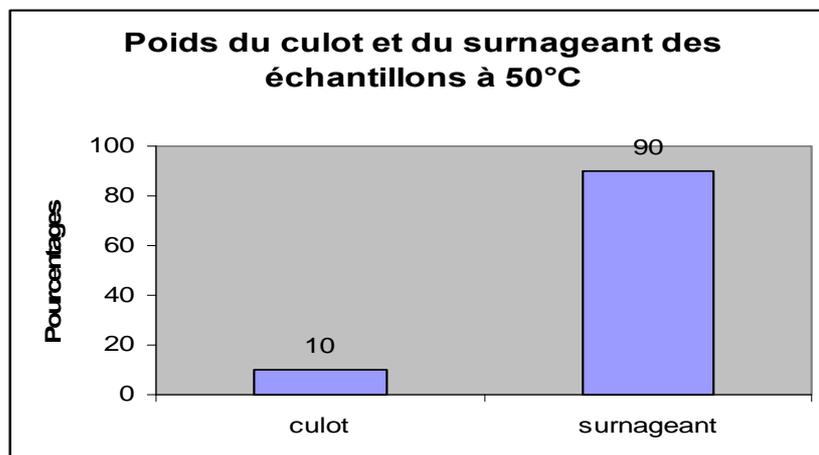
**Figure 14: Poids des fractions obtenues après hydrolyse des échantillons à 50°C**

## II.2. Poids du culot et du surnageant

Après centrifugation de l'hydrolysats, la phase soluble (surnageant) est la plus abondante. Elle représente 92,5 % de l'hydrolysats, à 40 °C et 90% à 50 °C contre 7,5 % et 10 % pour la partie insoluble (culot) (fig. 15 et 16).



**Figure 15: Poids des fractions obtenues après centrifugation des hydrolysats (hydrolyse à 40°C)**



**Figure 16: Poids des fractions obtenues après centrifugation des hydrolysats (hydrolyse à 50°C).**

### II.3. Poids de la matière sèche des échantillons

Selon les températures d'hydrolyse, les surnageants sont constitués, en majorité d'eau, jusqu'à 82,7 % pour l'hydrolyse à 40 °C et 85,14 % pour l'hydrolyse à 50 °C, contre respectivement 17,22 et 14,86 de matière sèches (fig.17).

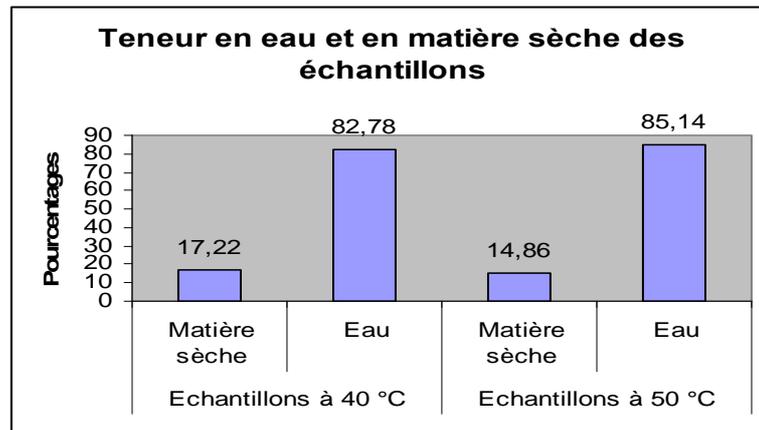


Figure 17: Teneur en matière sèche en fonction des températures d'hydrolyse

#### II.3.1. Teneur en protéines

La figure 18 montre le taux de protéines des hydrolysats. Ce taux est plus élevé dans les échantillons hydrolysés à 40 °C, avec une moyenne de 81,26 g de protéines contre une moyenne de 73,23 g de protéines pour les échantillons hydrolysés à 50 °C. Dans les deux cas, la quantité des protéines est importante.

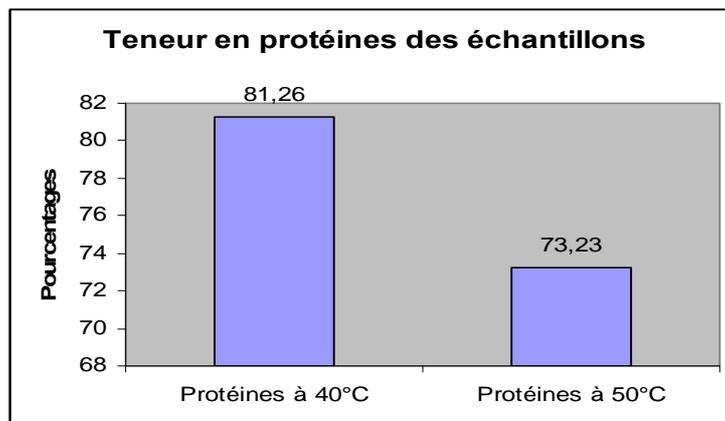


Figure 18: Teneurs en protéines en fonction des températures d'hydrolyse des échantillons

### I.3.1.1. Teneur en acides amines

La teneur en acides aminés obtenue est globalement intéressante dans les deux cas.

Cependant, on trouve une plus grande quantité d'acides aminés dans les échantillons à 40°C qu'à ceux à 50°C (Voir annexes 14 et 15).

### II.3.2. Teneur en matières minérales (cendres)

La teneur en cendres a été de 5,42 % pour les échantillons hydrolysés à 40 °C et de 4,29 % à 50 °C. (fig. 19).

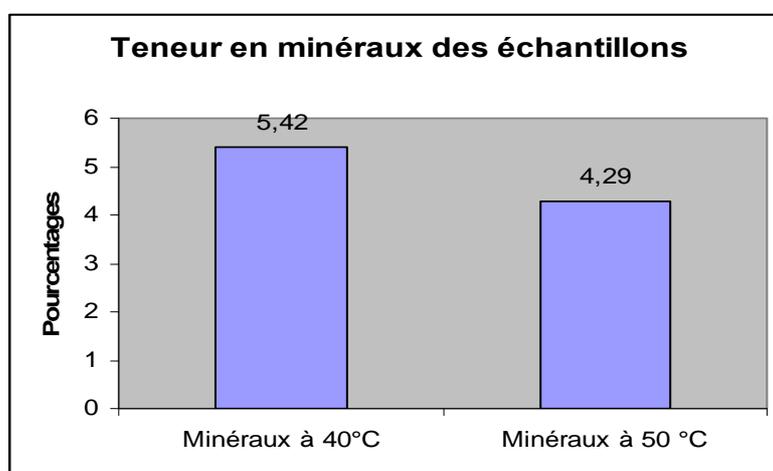
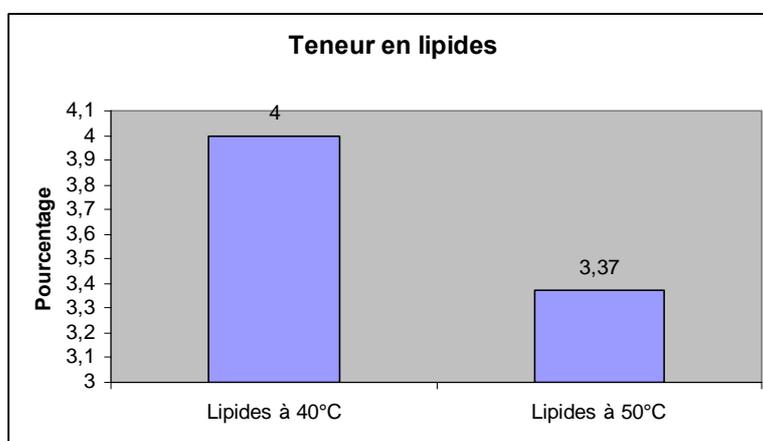


Figure 19: Teneur en matières minérales des échantillons en fonction des températures d'hydrolyse

### II.3.3. Teneur en lipides

Après avoir doser les lipides, on a une teneur de 4 % dans les échantillons hydrolysés à 40 °C et de 3,37 % dans ceux hydrolysés à 50 °C.



**Figure 20: Teneur en lipides des échantillons hydrolysés à 40°C et à 50°C.**

## CHAPITRE III: DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

### I. DISCUSSION

#### I.1. Discussion sur la méthode

##### I.1.1. Échantillonnage

Les co-produits que nous avons utilisés proviennent d'une usine dakaroise. Ils ont été récoltés juste après le filetage et transportés, sous froid, au laboratoire à l'aide d'une glacière. Après chaque récolte, les échantillons sont découpés en morceaux, mélangés puis répartis en lots de 500 g. Ce mélange vise à minimiser les variations dues aux différentes zones de pêche. En effet, d'après **DUMAY (2006)**, les variations liées aux zones de pêche et aux différentes saisons peuvent avoir un effet sur la composition chimique et biochimique de la chair de poisson.

##### I.1.2. Hydrolyse enzymatique

Pour une bonne hydrolyse enzymatique, les conditions de travail doivent être précises, c'est-à-dire une maîtrise des paramètres qui peuvent influencer l'hydrolyse.

Pour notre étude, un pH mètre portable nous a permis de surveiller, en temps réel, toutes les 5 min pendant la durée des hydrolyses, le pH et la température. En effet, l'utilisation d'un appareil de type pH stat aurait donné des résultats plus précis et stables. Le principe de cet appareil (pH stat TIM 854 TITRATION MANAGER) est de contrôler les hydrolyses, assisté par le logiciel Titra Master 85 (Radiometer analytical) permettant de suivre la température et de réguler le pH à l'aide d'une solution de NaOH 2N. A partir du volume de soude versé, le Degré d'Hydrolyse (DH) peut être calculé.

Une enzyme de type protéase, produite par génie génétique par la firme Novozymes a été utilisée pour notre étude. Il s'agit du Protamex® qui est une endopeptidase, c'est-à-dire une enzyme qui coupe les liaisons peptidiques située à l'intérieur des molécules. Par ailleurs, Protamex® est l'enzyme qui permet d'obtenir le plus haut degré d'hydrolyse comme l'ont montré les travaux de **QUAGLIA et coll** en **1990**. Ces deux auteurs ont eu à comparer Protamex® avec d'autres enzymes protéolytiques telles que l'alcalase et le Flavourzyme. De leurs résultats, il ressort que de hauts degrés

d'hydrolyse, d'environ 20 %, ont été obtenus avec le Protamex®, contrairement aux deux autres enzymes qui ont un degré d'hydrolyse de 12 %. De plus, **GILBERG et coll. (2002)**, ont montré que, contrairement à beaucoup d'endopeptidases, Protamex produit des hydrolyses de protéines non amères même à de bas degrés d'hydrolyse. Pour notre étude, nous avons utilisé une plaque chauffante réglée à 40 °C ou à 50 °C selon les essais réalisés. Cependant, plusieurs auteurs, ayant travaillé sur l'hydrolyse des co-produits, ont utilisé un système beaucoup plus moderne composé d'un bioréacteur couplé à un pH stat qui permet de réguler le pH du milieu. En effet, l'utilisation d'un bioréacteur enzymatique est préférable pour réaliser les hydrolyses industrielles. Dans ce cas, les conditions d'hydrolyse sont mieux contrôlées (**DUMAY, 2003**).

### **I.2.3. Détermination de la teneur en matière sèche**

La teneur en matière sèche des échantillons est déterminée par lyophilisation. En effet, c'est une méthode simple et adaptée à ce type de manipulation contrairement au séchage à l'étuve. Les matières sèches obtenues se trouvent alors sous forme de poudre facilement manipulable.

### **I.2.4. Dosage des protéines**

Les protéines sont composées d'acides aminés. Dans le cadre de leur dosage, de nombreuses méthodes spectrophotométriques, basées sur diverses caractéristiques spectrales ou réactionnelles des acides aminés, ont été mises au point.

Pour cette étude, le dosage des protéines a été fait par la méthode de **Kjeldahl**. Cette méthode consiste à mesurer la quantité d'azote organique d'un échantillon.

Pour éviter les inconvénients de la méthode de **Kjeldahl**, d'autres méthodes telle que la méthode de **Lowry** et la méthode du Biuret, peuvent être utilisées.

La méthode de **Lowry** peut être utilisée pour le dosage des protéines afin de suivre l'évolution de la quantité de protéines au cours de l'hydrolyse (**Lowry et coll., 1951**). Cette méthode a été développée par **Lowry et coll.** qui ont combiné une réaction du Biuret et une réaction au réactif de Folin-Ciocalteu. Ce dernier, à base de phosphomolybdate et de phosphotungstate, réagit avec les acides aminés ( tyrosine,

tryptophane) pour donner une coloration bleue qui s'ajoute à celle du biuret. La grande sensibilité de la méthode de Lowry est sa principale qualité. La méthode de Lowry est très répandue et de nouvelles variantes de cette méthode sont encore développées (**GAUTHIER, 2006**).

La Méthode du biuret a été développée par **GORNALL et al (1949)**. Cette réaction du biuret est la formation d'un complexe pourpre entre le biuret ( $\text{NH}_2\text{-CO-NH-CO-NH}_2$ ) et deux liens peptidiques consécutifs en présence de cuivre en milieu alcalin. Même si cette méthode est peu sensible (1-20 mg) elle est relativement rapide. Sa principale qualité est d'avoir une absorption égale pour toutes les protéines. Par contre, son défaut est sa sensibilité à certains interférents comme les peptides, le saccharose, le glycérol.) Il aurait été aussi intéressant de doser les protéines solubles par la méthode de Bradford. Ce dosage est basé sur l'adsorption du colorant bleu de Coomassie G250. Ce réactif, rouge/brun à l'état libre, prend une teinte bleue quand il est lié aux protéines et, par conséquent, et possède un coefficient d'extinction molaire élevé dans le visible (à 595 nm) qui permet un dosage protéique très sensible. C'est donc une méthode sensible et rapide. Elle est aussi assez résistante à la plupart des interférents qui nuisent à la plupart des autres méthodes de dosage des protéines. En effet, des études publiées par **HOYLE et MERRIT (1994)**, **LIASET et coll. (2000)**, **GUERARD et coll. (2002)**, et **WU et coll. (2003)** indiquent que plus les composés issus de l'hydrolyse sont solubles, plus sera importante la valeur ajoutée des molécules obtenues.

Cependant, il faut signaler que, contrairement à la méthode de **Kjeldahl**, les méthodes énumérées ci-dessus sont préconisées pour le dosage des protéines chez les poissons cartilagineux.

### **I.2.5. Détermination de la teneur en acides aminés**

Pour la détermination de la teneur en acides aminés, on a utilisé la chromatographie en phase gazeuse précédée par une hydrolyse acide. La chromatographie en phase gazeuse (CPG) est, comme toutes les techniques de chromatographie, une technique qui permet de séparer des molécules d'un mélange éventuellement très complexe de nature très diverse (placer dans Méthodes) Cependant, pour déterminer la composition en acides aminés d'un peptide, d'autres types de méthodes sont utilisés:

-**Méthode des dansylaminoacides** (ou méthode de Gray et Hartley). , car elle est beaucoup plus sensible.

-**Méthode récurrente d'Edman** (ou méthode des phénylthiohydantoïnes):

### **I.2.6. Dosage des cendres**

La détermination des cendres ou matières minérales a été effectuée par incinération des échantillons à 600 °C. Toutefois, la teneur en cendres ne correspond pas exactement à la teneur en matières minérales de la denrée.

Cependant, le dosage séparé de certains éléments tels que Na, Mg, Fe, I, etc, peut être utile, notamment dans le domaine des aliments diététiques (denrées pauvres ou sans sodium, denrées avec supplémentation en oligoéléments, denrées pour nourrissons, etc). Ces dosages sont effectués par les méthodes classiques de la chimie analytique (gravimétrie pour P, S, Cl, Si ..., titrimétrie pour S, Cl, Ca, Mg , colorimétrie pour P, Cl, Si,Fe) ou par absorption atomique (Na, K, Fe ...), en général après minéralisation. (**MURRAY et coll., 1969**).

### **I.2.7. Détermination de la teneur en lipides**

Pour le dosage des lipides, nous avons utilisé la méthode de «Folch» qui consiste en leur extraction par des solvants et dont la méthodologie est décrite dans les méthodes. A coté, on peut utiliser d'autres méthodes telles que la

-**Méthode de Soxhlet** qui consiste en l'extraction des lipides à l'aide d'un système appelé SOXTEC AVANTI 2050. Cette méthode est plus simple et plus précise; mais elle nécessite un appareillage coûteux (**HALLEREAU, 2003**).

### **I.2.8 Température et pH**

Pour l'enzyme que nous avons utilisé (Protamex®), les conditions optimales de travail sont comprises entre 5,5 et 7,5 pour le pH et entre 35 °C et 60 °C pour la température. D'après **ADRIAN.**, l'activité enzymatique dépend fortement d'un certain nombre de facteurs physico-chimiques, notamment du pH et de la température. D'après **PELMONT (1995)**, au-delà d'une certaine zone de température, la réaction

enzymatique ralentit et s'arrête rapidement par suite de la dénaturation des protéines. Le pH joue également un rôle très important dans l'activité enzymatique selon **DUMAY (2006)**. **PELMONT (1995)** ajoute qu'il est important de définir la zone de pH où le système enzymatique fonctionne normalement.

Nos résultats montrent que la température oscille entre 40,02 °C et 40,85 °C pour les échantillons hydrolysés 40 °C et entre 50 °C et 52 °C pour ceux hydrolysés à 50 °C.

Pour le pH, les valeurs se situent entre 6,19 et 6,39 pour les échantillons hydrolysés à 40 °C et entre 6,16 et 6,4 pour les échantillons hydrolysés à 50 °C. Donc, les résultats ont été obtenus à partir des conditions optimales de travail qui sont en accord avec les indications dans la fiche technique du fournisseur aussi bien pour la température que pour le pH.

## **I.2. Discussion des résultats**

### **I.2.1. Poids des arêtes et de l'hydrolysat**

Après hydrolyse, le poids de l'hydrolysate en moyenne sur les 18 échantillons nous donne 65 % pour les échantillons à 40 °C et 74,88 % pour ceux à 50 °C et celui des arêtes est respectivement jusqu'à de 35% et 25,1%. Celle-ci est effectuée sur une masse initiale de 500 g de carcasse+500 ml d'eau.

Ce poids de l'hydrolysate est inférieur à celui obtenu par les travaux précédents (**PENDA (2007)** et **GREGOIRE (2007)**). Elles avaient obtenu jusqu'à 97% d'hydrolysate. Cela peut être dû au fait que toutes leurs hydrolyses ont duré 1h, alors que, la plupart de nos hydrolyses étaient de courte durée. Le suivi des durées d'hydrolyse (10mn, 20mn, 30mn, 40mn, 50mn, 60mn, 90mn, 120mn et 180mn) avait pour but de suivre l'évolution de la libération de la matière au cours du temps. Selon **DUMAY (2006)**, c'est à partir d'une durée d'une heure qu'une bonne séparation de l'arête et de la matière organique est obtenue. Néanmoins, d'après les travaux de **KRISTINSSON et RASCO (2000)**, de bons résultats d'hydrolyse de co-produits marins peuvent être obtenus durant des temps courts. Il faut rappeler que Protamex® est l'enzyme qui permet d'obtenir le plus haut degré d'hydrolyse (20 %), contrairement à d'autres enzymes qui ont un degré d'hydrolyse de 12 %. Cependant, après hydrolyse, il demeure toujours des fractions insolubles de co-produits en raison de la présence de nombreux tissus durs tels que la peau, la chitine des crevettes ou le cartilage des céphalopodes (**GUERRAD et coll., 2002**; **HOYLE. et MERRIT , 1994**; **LIASET et coll., 2000**; **WU et**

*coll.*, , 2003). En effet, ces tissus ne sont pas facilement hydrolysables; c'est pourquoi d'autres voies de valorisation sont envisagées.

### **I.2.2. Poids des arêtes et de l'hydrolysat**

L'hydrolysat contient 92,5 % de surnageant pour les échantillons hydrolysés à 40 °C et 90 % pour ceux à 50 °C, contre 7,5 % et 10 % de culot.

La partie soluble représentée par le surnageant est relativement importante. **DUMAY (2006)** a eu une teneur de 13 % pour le culot d'hydrolysat de viscères de sardines; ce qui représente une teneur importante en matière organique. Notre pourcentage étant supérieur à celui de **DUMAY (2006)**, cela pourrait être lié à plusieurs facteurs notamment la durée d'hydrolyse plus longue et l'utilisation de sole dans notre étude.

### **I.2.3. Matière sèche**

Les résultats des différentes hydrolyses réalisées à 40 °C et à 50 °C ont révélé des teneurs différentes de matière sèche (MS). En effet, ces teneurs ont été, en moyenne, de 17,22 % dans les échantillons hydrolysés à 40 °C et de 14,86 % dans ceux hydrolysés à 50°C.

Ces résultats sont différents de ceux obtenus par **AUBERTIN** qui obtient, en **2003**, une teneur de 7 % de MS dans l'hydrolysate de la morue. **DUMAY** obtient, en **2006**, une teneur de 9 % de MS en hydrolysant la sardine. Les différences observées, entre nos résultats et ceux des autres auteurs, pourraient être liées à l'espèce de poisson utilisée car nous avons utilisé les mêmes méthodes d'hydrolyse et de séchage (lyophilisation).

### **I.2.4. Protéines**

En moyenne, la teneur en protéines dans les échantillons hydrolysés à 40 °C et à 50 °C est respectivement de 81,26 % et 73,23 %. La teneur des protéines à 40 °C est plus importante que celle à 50 °C. **DUMAY (2006)**, lors de l'étude des différentes fractions issues du procédé de fabrication de surimis à partir de sardines, avait trouvé une teneur très basse. La teneur en protéines des différentes fractions ne représentait que 38,1 % de la matière sèche. Ensuite, si nous comparons nos résultats à ceux présentés dans le tableau II (cf. étude bibliographique), le taux de protéines totales

obtenu dans notre travail indique que la sole tropicale a un taux de protéines supérieur à ceux des produits laitiers et des œufs, aussi bien pour les hydrolyses à 40 °C qu'à 50 °C. Ce taux est comparable à celui de la viande et du poulet.

### **I.2.5. Acides aminés**

Au total, quinze acides aminés ont été détectés dans notre étude (voir tableau VIII) sur les vingt acides aminés essentiels. Parmi ces quinze acides aminés, on note la présence de tous les acides aminés essentiels des protéines de poisson à l'exception du tryptophane. Ce dernier n'est d'ailleurs présent qu'en petite quantité (1 %) et sa présence est variable selon le poisson (**HOYLE et coll., 1994**). Cependant, on note une forte présence de glutamine, d'aspartate, de leucine et de glycine surtout lors de l'hydrolyse à 40 C (13,12g/100 g; 9,45g/100g; 9,10g/100g; 8,86g/100g). Aussi, tous les autres constituants sont présents en quantité suffisante pour une valorisation aussi bien en diététique qu'en alimentation animale.

### **I.2.6. Lipides**

La figure 20 nous montre la répartition des lipides en fonction de la température d'hydrolyse. Le taux de lipides est plus important pour les échantillons à 40 °C (4 %) contre 3,37 % pour ceux à 50 °C. Néanmoins, cette teneur en lipides des échantillons est faible. Nos résultats corroborent le fait que *Cynoglossus senegalensis* est un poisson maigre (**LEDERER, 1998**).

### **I.2.7. Minéraux et vitamines**

Après dosage des minéraux des hydrolysats à 40 °C et à 50 °C, il a été obtenu respectivement 5,42 % et 4,29 %. D'après les données présentées dans le tableau VII, le taux des minéraux présents dans les co-produits de la sole est très satisfaisant pour une valorisation ultérieure.

## **II. Recommandations**

Les travaux que nous avons menés sur les co-produits de la sole tropicale nous amènent à dire que:

- L'hydrolyse de la sole tropicale est relativement facile
- Le bilan matière obtenu avec Protamex® est tellement satisfaisant que la valorisation de ces co-produits devrait être exploitée par plusieurs secteurs. C'est ainsi que nous formulons des recommandations aux différents acteurs dont :

### **➤ l'Etat**

- Mise en place d'unité de récupération et de traitement des déchets industriels en co-produits y compris les autres espèces de poisson car l'hydrolyse de la sole tropicale par les techniques douces a ouvert des perspectives encourageantes. L'Etat rachèterait les déchets à bas prix chez les industriels qui par faute de moyens ne peuvent pas les valoriser.

Cette activité pourra s'inscrire dans le cadre de la politique de développement car ces déchets sont utilisables en aviculture, en aquaculture et en alimentation des veaux et des vaches laitières. En plus, il vendrait à un prix subventionné aux éleveurs pour relever ce secteur et pallierait les coûts excessifs des aliments importés. Cela s'inscrirait aussi dans une politique de gestion des bio-ressources marines par le développement d'autres secteurs d'apport protéique pour les Sénégalais en appui à la Grande Offensive Agricole pour la Nourriture et l'Abondance(GOANA).

### **➤ Aux industriels**

- Mise en place, dans les industries d'unités de traitement des co-produits, un bioréacteur, de préférence, à double membrane, pour l'hydrolyse de grandes quantités.
- Utilisation d'un pHstart au lieu d'un pHmètre

A partir de ces hydrolysats, ces industriels pourront élaborer des arômes, des sauces de poisson et des protéines musculaires comme le surimi au Maroc. Cela augmenterait le chiffre d'affaire de des entreprises.

➤ **Aux chercheurs**

Vu les résultats intéressants obtenus dans notre étude, des analyses plus approfondies doivent être envisagées dans le cadre d'un travail ultérieur, notamment:

- Le dosage des triglycérides dans les lipides totaux obtenus;
- L'identification des minéraux présents et leurs proportions;
- L'hydrolyse des autres co-produits: peau, arêtes et déchets résiduels;
- Le dosage du calcium/phosphore sur les arêtes issues des hydrolyses;
- L'hydrolyse à moins de 40°C pour mieux cerner la marge de température qui donne de meilleurs résultats.

CONCLUSIÓN

Le Sénégal dispose de 700 Km de côte. Il est situé dans une zone classée parmi les zones les plus poissonneuses du monde. Ainsi, la pêche représente, pour le Sénégal, une source non négligeable de devises par l'exportation d'une grande partie des prises sous forme élaborée, notamment les filets de poisson. De l'élaboration de ces filets, découle 25 % de co-produits. Ces co-produits sont habituellement non exploités ou très peu valorisés. C'est pour contribuer à la valorisation de ces co-produits que nous avons choisi de travailler sur le sujet suivant **«Contribution à la valorisation des co-produits de la sole tropicale (*Cynoglossus senegalensis*) après hydrolyse enzymatique»**.

Notre étude s'est déroulée aux laboratoires d'H.I.D.A.O.A de l'E.I.S.M.V et de l'I.S.R.A à Dakar puis au laboratoire de l'I.F.R.E.M.E.R à Nantes (France). Le co-produit utilisé est constitué par l'arête centrale et la tête de *Cynoglossus senegalensis*.

Pour ce faire, des hydrolyses enzymatiques ont été réalisées par l'enzyme Protamex®.

Il ressort de ces analyses les résultats suivants:

Les températures d'hydrolyse des échantillons se situent, en moyenne, entre 40,02 et 40,85 °C pour l'hydrolyse à 40 °C et entre 50 et 52 °C pour celle à 50°C.

Le pH a baissé, en moyenne, de 6,39 à 6,19, au cours de l'hydrolyse à 40°C et de 6,4 à 6,16 à 50°C en devenant de plus en plus acide.

Le poids de l'hydrolysate a représenté 65 % de la masse initiale (500g de carcasses + 500ml d'eau) pour les échantillons à 40 °C et 74,88 % pour ceux à 50 °C. Les arêtes, par contre, ont représenté respectivement 35 % et 25,1 %.

L'hydrolysate contient en moyenne 92,5 % de surnageant à 40 °C et 90 % à 50 °C. Le poids de surnageant de ces deux échantillons dépasse nettement celui du culot qui s'élève respectivement à 7,5 % et 10 %.

La teneur en matière sèche est de 17,22 % à l'hydrolyse à 40 °C et de 14,86 % pour celle à 50 °C.

La teneur en protéines de la matière sèche est, en moyenne, de 81,26% à 40°C et de 73,23% à 50°C.

Pour le dosage des lipides, on a trouvé, en moyenne, pour les échantillons à 40 °C et à 50 °C, respectivement 4% et 3,37 %.

Cependant, le taux de minéraux a été non négligeable et s'élève, en moyenne, à 5,42 % à 40 °C et à 4,29 % à 50 °C.

Au total, le bilan matière nous montre que:

- L'hydrolyse des co-produits de la sole est relativement facile ;
- Après centrifugation, on obtient plus de surnageant à 40 °C qu'à 50 °C. ;
- Les rendements moyens en matière sèche, protéines, lipides, minéraux ainsi qu'en acides aminés est très intéressant et il est plus élevé pour les échantillons hydrolysés à 40 °C qu'à ceux à 50 °C.

Néanmoins, les deux hydrolyses donnent un taux de protéines satisfaisant pour être valorisé non seulement dans l'alimentation des animaux, mais aussi pour l'extraction de molécules d'intérêt biologique pour l'homme et constituerait aussi une source de revenu non négligeable pour les industriels.

La teneur en acides aminés obtenue par analyse des protéines est suffisante pour recommander une valorisation de la sole tropicale (*Cynoglossus senegalensis*). Cependant, d'autres études sont nécessaires afin de connaître les différentes fractions lipidiques, et les minéraux présents à l'issue de ces hydrolyses afin de mieux valoriser les co-produits de la sole sénégalaise.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **ADLER-NISSEN J., 1986** Enzymic hydrolysis of food proteins. *New York: Elsevier, Applied Science Publishers.:* 110-69
2. **ALIEZ J.L., 1998** Contribution au plan directeur des pêches maritimes, mission française de coopération et d'action.-56p
3. **ADRIAN J.; POTUS J et FRANGER R.; 2003**La science alimentaire de A à Z.-3 éd.- Paris: Lavoisier Tec Doc.- 579p
4. **AVDESON J.S; LALL S.P.; ANDERSON D.M et Mc NIVEN M. A., 1993.** Evaluation of protein quality in fish meals by chemical and biological assays. *Aquaculture*, **115**: 305 – 325.
5. **BARRO M., 2004** Valorisation des produits de la pêche après capture au Sénégal. Thèse: méd. Vét.: Dakar; 24
6. **BOBO L., 1981**Aspect socio-économique de la transformation artisanale du poisson de mer au Sénégal.- Dakar: CRODT.- 95p
7. **BROUTIN C.; SOKONA K. et TOURE B., 1996** Besoin et offre de formation dans 'artisanat. Volet agroalimentaire (filères produites halieutiques, fruits et légumes, céréales
8. **COLY H., 2000** Valorisation des pertes après capture des pêches maritimes au Sénégal. Mémoire d'étude de technicien des pêches : Dakar ; 24
9. **CUVELLIER G.F., 1999** Enzymologie et biocatalyse. *Dans Biotechnologie. Paris: Tec et Doc.Lavoisier. –*

- 10. CUVILLIER., 1999** Enzymologie et biocatalyse. (319-342) In: Biotechnologie.- Paris: Tec et Doc, Paris, Lavoisier
- 11. DJIBA A., 1992** Utilisation des déchets de poissons par la technique d'ensilage pour l'alimentation des poissons A intérêt aquacole. Rapport de stage pour l'obtention du diplôme de master européen in aquaculture management. Université de Montpellier II, France.
- 12. DUMAY J., 2003** Contribution à l'analyse de lipides issus de la biomasse marine en vue de la recherche de molécules à activité biologique. Mémoire: Sciences de la vie et de la Terre: Nantes (Ecole pratique des Hautes Etude)
- 13. DUMAY J., 2006** Extraction des lipides par voie aqueuse par bioréacteur enzymatique combiné à l'ultrafiltration: application à la valorisation de co-produits de poisson (sardina Pilchardus) Thèse unique: Sciences de la vie et de la terre: Université de Nantes
- 14. SENEGAL/ de la pêche, 1998** Note synthétique sur l'évolution récente du secteur halieutique au Sénégal. Dakar:- 7p
- 15. ECOPECHE, 1988** Zoom sur la consommation de produits de la mer surgelés (Fiom/Secodip) ECOPECHE, 4: 31 Evaluation of protein quality infish meals by chemical and biological assays
- 16. FAO/DANIDA, 2001** Contribution d'experts FAO/DANIDA (Bangkok, 18-30 mai 1998) Directives pou la collecte régulière de données sur la pêche de capture. Rome: FAO- Division de l'information.- 123p
- 17. FAYE C., 2002** Contribution à l'étude de la contamination initiale du poisson des mers tropicales. Thèse: Méd. Vét: Dakar; 26

- 18. GILDBERG A.; ARNESN J.A. et CARLEHOG M., 2002** Utilisation of cod backbone by biochemical fractionation Process *Biochemistry*, **38**: 475-480
- 19. GREGOIRE C., 2007** Contribution à l'étude de la valorisation des protéines d'hydrolysats obtenues par hydrolyse enzymatique des co-produits (squelette) de la sole tropicale: *Cynoglossus senegalensis* au Sénégal. Thèse: Med. Vet: Dakar; 22
- 20. GUERARD A.; GUIMAS L. et BINET A., 2002** Production of tuna waste hydrolysates by a commercial neutral protease preparation *Journal of molecular catalysis B*, (19-20): 489-498
- 21. GUÉRARD F.; DUFOSSÉ L.; DE LA BROISE D. et BINET A., 2001** Enzymatic hydrolysis of protein from yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) wastes using alcalase. *J. Mol. Catalysis B: Enzymatic*, **11**: 1051-9.
- 22. GUÉRARD F.; BATISTA I.; PIRES C.; THORKELSON G.; et Le Gal Y.; 2004** Report on sources and selection criteria for raw material. *Rapport établi pour le programme SEAFOODplus.*- 57
- 23. HALL M.G et DA SILVA S., 1994** Ensilage des déchets de crevettes. *INFOFISH INTERNATIONAL*, **2**:5
- 24. HALLEREAU S, 2003** Etude de l'hydrolyse enzymatique pour faciliter l'extraction des lipides des co-produits de morue application à l'enzyme Protamex. Rapport de stage de seconde année (stage du 7 avril au 13 juin),
- 25. HOYLE N.T et MERRIT J.H, 1994** Quality of fish protein hydrolysed from herring (*clupea harengus*) *Journal of food sciences*, **59**:76-76

- 26. HUSS.H.H., 1988** Le poisson frais: Sa qualité et altérations de qualité: Rome: F.A.O; DANIDA.- 132p.
- 27. INFOFISH INTERNATIONAL, 2002** Nouveaux produits, nouvelles découvertes et nouvelles technologies. *INFOFISH INTERNATIONAL*, 5:75.
- 28. JONES D.A, 1995** Frippak-the Facts. A response to the articles by P.R. Muir and D.C. Sutton. *J. World Aquacult. Soc.* **26**(2):220-222
- 29. KIM S.K. et MENDIS E., 2006** Bioactive compounds from marine processing by-products - A review. *Food Res. Int.*, **39**:383-93.
- 30. KRISTINSSON H.G et RASCO B.A. 2000** Biochemical and functional properties of atlantic salmon (*salmo salar*) muscle protein hydrolyzed with various alkaline proteases *Journal agric. Food chem...*, 48: pp 657-666
- 31. KRISTINSSON H.G. et RASCO B. A., 2000** Fish protein hydrolysates: Production, biochemical, and functional properties. *Critical Reviews in Food Sci. and Nutr.*, **40**: 43-81.
- 32. LABIER M. et LECLEQ B., 1992** Les matières premières utilisées en aquaculture. (525-301) In: Nutrition et alimentation des volailles.- Paris: INRA.- 355p
- 33. LEDERER J., 1998** Encyclopédie moderne de l'hygiène alimentaire.- Paris: Maloine.- 856p.
- 34. LIASET B.; LIED E. et ESPE M., 2000** Enzymatic hydrolysis of by-product from the fish filleting industry, chemical characterization and nutritional evaluation *Journal Sci. Food Agric.*, **80**: 881-889

- 35. LYNCH J.M.; BARBANO D.M et FLEMING J.R., –1998** Indirect and direct determination of the casein content of milk by Kjeldhal nitrogen analysis: collaborative study. *J. AOAC Int.*
- 36. MACKIE I.M., 1982** General review of fish protein hydrolysates. *Animal Feed Sci. And Technol.*, **7**: 113-24.
- 37. MERRITT J.H., 1982** Assessment of the production costs of fish protein hydrolysates. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **1**: 147-51.
- 38. NDOYE F.; MOÏTY-MAÏZI P. et BROUTIN c. 2002** Le poisson fumé sur la petite côte Senegalaise.- Dakar: ENDAGRAF; Montpellier: CIRAD; CNEARC.- 89p.
- 39. ORSKOV E.R.; SOLIMAN H. S. et CLARK C. F. S., 1982** Use of fish protein hydrolysate in milk replacers. *Anim. Feed Sci. Tech.*, **7**: 135
- 40. OUELLET D.R.; SEOANE J. R.; VEIRA D. M. et PROULX J. G., 1997** Effects of supplementation with fish meal or fish protein hydrolysate on growth, nutrient digestibility and rumen fermentation of growing cattle fed grass silage. *Anim. Feed Sci. Tech.*, **68**: 307-26.
- 41. PELMONT J., 1995** Enzymes catalyseurs du monde vivant
- 42. PENSA, G., 1953** Les produits de la pêche: Valeur alimentaire, inspection sanitaire, réfrigération.-Paris: éd. Vigot frères.-418p
- 43. PENDA R. E.;** Contribution à la valorisation des protéines d'hydrolysats obtenues par hydrolyse enzymatique des co-produits (squelette) de la sole tropicale: *Cynoglossus senegalensis* au Sénégal. Thèse : Méd. Vét.Dakar; 22

44. **QUAGLIA G.B. et ORBAN E., 1990** Influence of enzymatic hydrolysis on structure and emulsifying properties of sardine (*sardine pilchardus*) protein hydrolysate, *Journal Food Sci.*, 55: 1571-1573
45. **RADIER S., 2004** Recherche de voies de valorisation d'effluents d'industrie de transformation des produits de la pêche. Mémoire maîtrise en Nutraceutique
46. **RAVALLEC- PRE R., 2000** Valorisation d'hydrolysats d'origine marine; optimisation de la concentration en peptides apparentés aux facteurs de croissance et aux agents sécrétagogues. Thèse Méd Vét: Université de Bretagne Occidentale,
47. **SENEGAL. Ministère de la pêche et des transports maritimes; 2006** Plan directeur des pêches maritimes: analyse descriptive: politiques et stratégies. Dakar: SOFRECO.- 99p
48. **SENEGAL. Ministère de la pêche et des transports maritimes, 1998** Plan directeur des pêches maritimes, volume 1, analyse descriptive et politiques et stratégie. Dakar: Direction de la pêche.-96p
49. **SENEGAL. Ministère de la Pêche Maritimes 2004;** Rapport final: Etude de l'évaluation et de la gestion des ressources halieutiques en République de Sénégal.- Dakar; direction des pêches maritimes; CRODT. 56p
50. **SENEGAL. Ministère de la pêche maritime, 2000** Concertation nationale sur les pêches et l'aquaculture. Document d'orientation: Tome1 Analyse - diagnostic.- Dakar: Ministère de la pêche. 47p
51. **SENEGAL. Ministère de la pêche maritime, 2005** Résultats généraux de la pêche maritime Sénégalaise Statistiques du volume des captures. – Dakar: DPM.- 20p

- 52.SERET B., 1981** Poisson de mer de l'Ouest Africain tropical.-Paris: ORSTOM.-(Initiation document technique;49).-306p.
- 53.SERET B., 1986** Poissons de mer de l'Ouest Africain Tropical Paris: ORSTOM.- 409p
- 54.ŠLIŽYTE R.; DAUKŠAS E.; FALCH E.; STORRØ I. et RUSTAD T., 2005** Characteristics of protein fractions generated from hydrolysed cod (*Gadus morhua*) by-products. *Process Biochem.*, **40**: 2021-33.
- 55.SUBASINGHE S., 1999** Chitine à partir de déchets de crustacés: les avantages sur la santé dominant les usages industriels. *INFOFISH INTERNATIONAL*, **3**:5
- 56.SUZANE P., 1998** Nouveau procédé de traitement des déchets à bord: les snekkar prennent de l'antirides. *ECOPECHE*, **4**: 41
- 57.SYLLA S.K.B, 2003** Appréciation de la qualité des blocs de pulpes de la sole tropicale crue congelée à Sénégal pêche et destinés à l'exportation. Mémoire de DEA, Production Animales: Dakar (E.I.S.M.V.); 10
- 58.WU H. C., CHEN H. M. et SHIAU C. Y., 2003** Free amino acids and peptides as related to antioxydant properties in protéin hydrolysates of mackerel (*Scomber austriasicus*) *Food Res. Int.*, **36**:949-954

## WEBOGRAPHIE

- 59.BREACKAN M., 1976** L'ionisation des produits de la pêche  
[en ligne]: Acces internet: [www.ifremer.fr/docelec/doc/1990/rapport-649.pdf](http://www.ifremer.fr/docelec/doc/1990/rapport-649.pdf) -

- 60. COURS D'ENZYMOLOGIE., 2006** [en ligne]: Acces Internet: <http://www.cours-Isv.fr/nf/enzymologie/word/chapitre1.pdf> (consulté le 12 Avril 2008)
- 61. GAUTHIER D., 2006** Projet de recherche [ en ligne].  
[www.chimie-biochimie.umoncton.ca/bch/dg/rec/projets.html](http://www.chimie-biochimie.umoncton.ca/bch/dg/rec/projets.html) -
- 62. IFREMER., 2005** LIPIDES\_TOTAUX [en ligne]. Acces Internet:  
[http://www.ifremer.fr/drvraarn/documents/modes\\_operatoires\\_pdf/LIPIDES\\_TOTAUX.pdf](http://www.ifremer.fr/drvraarn/documents/modes_operatoires_pdf/LIPIDES_TOTAUX.pdf) (consultées le 12 avril 2008)
- 63. MURRAY J et BRUT C., 1969** La qualité et son évolution dans le poisson frais - 4. Composition [en ligne]. Access internet:  
[www.fao.org/docrep/003/V7180F/V7180F05.htm](http://www.fao.org/docrep/003/V7180F/V7180F05.htm) - - (consulté le 12 Mars 2008)
- 64. NDIAYE P., 2005** La pêche au Sénégal face à la libéralisation du commerce mondial [en ligne]: Accès internet: <http://www.wto.org/english/tratope/envire/sym>( pages consultées le 12 Avril 2008)
- 65. UNION EUROPEENNE- AFRIQUE DE L'OUEST. , 2003** Diagnostic stratégique de la filière pêche maritime –Sénégal. *Aquaculture*,115:305-325 (en ligne): Accès interne: [http://www.agro-ind.com/html\\_fr/senegal.html](http://www.agro-ind.com/html_fr/senegal.html) ( pages consultés le 12 avril 2008)
- 66. WIKIPEDIA.,** Chromatographie\_en\_phase\_gazeuse [en ligne]. Acces Internet:  
[http://fr.wikipedia.org/wiki/Chromatographie\\_en\\_phase\\_gazeuse](http://fr.wikipedia.org/wiki/Chromatographie_en_phase_gazeuse)(pages consultées le 6 Mars)

### **Annexe 1: Variation de la température en fonction du temps des échantillons à 40°C**

Temps en( mn)	Température en °C
10	40,85
20	40,6
30	40,6
40	40,1
50	40,26
60	40,8
90	40,25
120	40,02
180	40,42

### **Annexe 2: Variation du pH en fonction du temps des échantillons à 40°C**

Température en mn	pH
10	6,39
20	6,38
30	6,35
40	6,3 5
50	6,32
60	6,27
90	6,30
120	6,27
180	6,19

### Annexe 3: Variation de la température en fonction du temps des échantillons à 50°C

Temps en (mn)	Température en °C
10	51,45
20	51,16
30	51,9
40	52
50	50,23
60	50,19
90	50
120	52
180	50

### Annexe 4: Variation du pH en fonction du temps des échantillons à 50°C

Temps en (mn)	pH
10	6,4
20	6,29
30	6,2
40	6,24
50	6,3
60	6,2
90	6,2
120	6,21
180	6,16

**Annexe 5: Poids des arêtes et de l'hydrolysate des échantillons à 40°C**

Temps en (mn)	Poids des arêtes	Poids de l'hydrolysate
10	304	696
20	421	579
30	411	589
40	414	586
50	378	622
60	370	630
90	299	701
120	307	693
180	247	753
<b>moyenne</b>	<b>350,11111</b>	<b>649,88889</b>
<b>Ecartypes</b>	<b>62,4668801</b>	<b>62,4668801</b>

**Annexe 6: Poids du culot et du surnageant des échantillons à 40°C**

Temps en (mn)	Poids du culot en (g)	Poids du surnageant en (g)
10	33	663
20	32	547
30	31	558
40	27	559
50	39	583
60	47	583
90	56	645
120	84	609
180	90	663
<b>Moyenne</b>	<b>48,7777778</b>	<b>601,11111</b>
<b>Ecartypes</b>	<b>23,4828543</b>	<b>45,914171</b>

### Annexe 7: Poids des arêtes et de l'hydrolysate des échantillons à 50°C

Temps en (mn)	Poids des arêtes	Poids de l'hydrolysate
10	303	697
20	354	646
30	340	660
40	260	740
50	204	796
60	348	652
90	180	820
120	132	868
180	139	861
<b>Moyenne</b>	<b>251,111111</b>	<b>748,88889</b>
<b>Ecartypes</b>	<b>89,9158557</b>	<b>89,915856</b>

### Annexe 8: Poids du culot et du surnageant des échantillons à 50°C

Temps en (mn)	Poids du culot en (g)	Poids du surnageant en (g)
10	88	609
20	62	584
30	59	604
40	83	657
50	52	744
60	28	624
90	58	762
120	133	735
180	111	750
<b>Moyenne</b>	<b>74,8888889</b>	<b>674,33333</b>
<b>Ecartypes</b>	<b>32,2972307</b>	<b>72,5896</b>

**Annexe 9: Poids en eau et en matière sèche des échantillons à 40°C**

Temps en (mn)	Poids eau culot	Poids ms culot	Poids eau surnageant	Poids ms surnageant
10	29,57	3,43	488,48	17,55
20	28,21	3,79	498,72	19,28
30	30,03	2,97	516,3	18,7
40	22,24	4,76	333,53	17,47
50	33,2	5,8	528,07	23,93
60	36,05	10,95	527,65	23,35
90	48,6	9,2	557,82	29,18
120	63,42	20,58	542,23	27,77
180	75,6	14,4	586,87	35,13
<b>moyenne</b>	<b>40,7688889</b>	<b>8,4311111</b>	<b>508,85222</b>	<b>23,5955556</b>
<b>Ecartypes</b>	<b>18,0587433</b>	<b>5,9888823</b>	<b>72,139113</b>	<b>6,10828558</b>

**Annexe 10: Poids en eau et en matière sèche des échantillons à 50°C**

Temps en (mn)	Poids eau culot	Poids ms culot	Poids eau surnageant	Poids ms surnageant
10	83,69	4,31	543,15	17,85
20	59,5	2,5	572,36	21,64
30	50,4	8,6	577,68	25,32
40	73,59	9,41	623,05	29,95
50	34,21	17,79	602,33	25,67
60	17,08	10,92	444,15	27,85
90	46,8	11,2	621,38	30,64
120	121,08	11,92	615,89	41,11
180	92,42	18,58	795,58	44,42
<b>Moyenne</b>	<b>64,3077778</b>	<b>10,581111</b>	<b>599,507778</b>	<b>29,383333</b>
<b>Ecartypes</b>	<b>31,8877229</b>	<b>5,340509</b>	<b>92,3843742</b>	<b>8,5961038</b>

### Annexe 11: Résultats des hydrolyses à 40°C

temps	MS%	Protéines%	Cendres%	Lipides%	Autres%
<b>Sans hydrolyse</b>	<b>15</b>	<b>70</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>16</b>
10 mn	17,35	81	5,1	3,7	10,2
20 mn	17,24	81,23	5,38	3,9	9,49
30 mn	17,13	81,4	5,26	4,12	9,23
40 mn	17,17	81,54	5,58	4,03	8,85
50 mn	17,3	81,26	5,83	3,96	8,95
60 mn	17,26	81,33	5,56	3,95	9,15
90 mn	17,14	81,31	5,08	4,23	9,37
120 mn	17,21	81,2	5,24	4,11	9,45
180 mn	17,2	81,09	5,77	4,52	8,62
<b>Moyenne</b>	<b>17,2222222</b>	<b>81,2622222</b>	<b>5,42222222</b>	<b>4,05777778</b>	<b>9,25666667</b>
<b>Ecartype</b>	<b>0,07310571</b>	<b>0,16060649</b>	<b>0,27689248</b>	<b>0,23042232</b>	<b>0,45708314</b>

### Annexe 12: Résultats des hydrolyses à 50°C

temps	MS%	Protéines%	Cendres%	Lipides%	Autres%
<b>Sans hydrolyse</b>	<b>15</b>	<b>70</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>16</b>
10 mn	14,82	73,95	4,3	3,1	18,65
20 mn	14,96	73,05	4,33	3,01	19,61
30 mn	15,05	73,1	4,44	3,24	19,22
40 mn	15,01	73,03	4,43	3,18	19,36
50 mn	14,79	72,86	4,26	3,68	19,2
60 mn	14,78	73,05	4,23	3,55	19,16
90 mn	14,79	73,3	4,12	3,64	18,95
120 mn	14,79	73,53	4,49	3,24	18,73
180 mn	14,76	73,27	4,03	3,71	18,99
<b>Moyenne</b>	<b>14,8611111</b>	<b>73,2377778</b>	<b>4,29222222</b>	<b>3,37222222</b>	<b>19,0966667</b>
<b>Ecartype</b>	<b>0,1125216</b>	<b>0,33033232</b>	<b>0,15196856</b>	<b>0,27142116</b>	<b>0,30199338</b>

### Annexe 13: Les principales espèces de cynoglossus

- Cynoglossus kapuasensis Fowler, 1905;
- Cynoglossus kopsii (Bleeker, 1851);
- Cynoglossus lida (Bleeker, 1851);
- Cynoglossus microlepis (Bleeker, 1851);
- Cynoglossus monopus \_Bleeker, 1849);
- Cynoglossus oligolepis (Bleeker, 1854);
- Cynoglossus waandersii (Bleeker, 1854);
- Cynoglossus lachneri (Menon, 1977);
- Cynoglossus lighti Norman, 1925;
- Cynoglossus lineolatus Steindachner, 1867;
- Cynoglossus lingua Hamilton, 1822;
- Cynoglossus macculochi Norman, 1926;
- Cynoglossus macrolepidotus (Bleeker, 1851) – langue à grande écailles ;
- Cynoglossus macrophtalmus Norman, 1926;
- Cynoglossus macrostomus Norman, 1928;
- Cynoglossus maculipinnis Rendahl, 1921;
- Cynoglossus marleyi Regan, 1921;
- Cynoglossus melampetalus (Richardson, 1846);
- Cynoglossus monodi Chabanaud, 1949;
- Cynoglossus nigropinnatus Ochiai, 1963;
- Cynoglossus ogilbyi Norman, 1926;
- Cynoglossus pottii Steindachner, 1902;
- Cynoglossus punticeps (Richardson), 1846;
- Cynoglossus purpureomaculatus Regan, 1905;
- Cynoglossus sibogae Weber, 1913;
- Cynoglossus robustus Gunther, 1873;
- Cynoglossus roulei Wu, 1932;
- Cynoglossus sealarki Regan, 1908;
- Cynoglossus semifaciatus Day, 1877;

- Cynoglossus semilaevis Gunther, 1873;
- Cynoglossus sinicus Wu, 1932;
- Cynoglossus sinusarabici (chabanaud, 1931);
- Cynoglossus suyeni Fowler, 1934;
- Cynoglossus, trigrammus( GUNTHER, 1862);
- Cynoglossus trulla (Cantor, 1849);
- Cynoglossus waandersii (Bleeker, 1854);
- Cynoglossus zanzibarensis Norman, 1939.

Source: **(SERET, 1981)**

**Annexe 14: La teneur en acides aminés des échantillons à 50°C**

Echantillons	g/100 g d'échantillon														
	ALA	GLY	VAL	LEU	ILE	THR	SER	PRO	ASP	MET	GLU	PHE	LYS	HIS	TYR
10 mn	2,40	3,34	2,27	6,40	1,98	0,83	0,99	2,45	5,43	1,77	9,95	3,98	1,60	1,20	1,72
20 mn	2,46	2,59	1,47	4,58	1,29	0,54	0,73	1,82	3,74	1,22	7,01	2,93	1,13	0,94	1,35
30 mn	4,91	5,20	2,14	3,41	2,27	2,10	2,20	2,86	5,04	1,17	5,77	1,89	1,87	0,81	0,69
40 mn	2,45	3,30	1,98	6,16	1,71	0,75	1,03	2,36	4,79	1,75	8,68	3,82	1,34	1,19	1,89
50 mn	5,17	2,38	1,09	1,72	0,93	1,06	1,01	1,35	2,41	0,57	2,94	0,86	0,99	0,40	0,40
60 mn	5,06	8,86	3,85	6,18	4,30	3,91	3,93	5,20	8,97	2,26	10,47	3,10	3,38	1,50	1,41
90 mn	3,20	4,44	2,68	9,10	2,56	1,03	1,42	3,37	6,41	2,44	12,42	5,09	1,63	1,79	2,78
120 mn	5,34	8,86	4,20	6,56	4,54	3,94	3,87	5,24	9,45	2,13	13,12	3,08	3,70	1,62	1,40
180 mn	2,52	3,46	2,12	6,60	2,09	0,79	1,29	2,86	4,81	1,90	9,33	3,80	1,08	1,17	1,81

**Annexe 15: La teneur en acides aminés des échantillons à 40°C**

Echantillons	g/100g d'échantillon														
	ALA	GLY	VAL	LEU	ILE	THR	SER	PRO	ASP	MET	GLU	PHE	LYS	HIS	TYR
10 mn	6,53	10,68	2,56	4,72	2,37	2,61	2,43	5,79	6,21	1,58	7,01	2,30	2,33	0,97	0,87
20 mn	6,43	11,12	2,77	4,96	3,09	2,73	2,48	5,56	6,57	1,95	8,09	2,60	2,88	1,12	0,92
30 mn	6,14	9,52	2,96	5,28	3,16	2,90	2,19	4,75	6,41	2,05	8,95	2,60	2,70	1,14	1,17
40 mn	6,25	10,67	3,03	4,77	3,19	2,99	2,70	6,08	7,13	1,84	9,30	2,46	2,51	1,13	1,00
50 mn	6,05	10,33	2,85	4,97	3,23	2,84	2,41	5,61	7,05	1,93	9,44	2,57	2,79	1,08	0,99
60 mn'	6,02	10,53	2,76	4,92	3,19	2,79	2,81	5,40	6,29	1,91	7,93	2,46	2,67	1,08	1,17
90 mn	5,80	8,78	3,14	4,83	3,04	2,68	2,50	4,95	6,54	1,75	8,73	2,18	2,61	1,04	0,93
120 mn	5,76	7,81	3,38	5,20	3,72	3,14	2,98	4,74	7,62	1,97	11,29	2,22	3,30	1,20	1,02
180 mn	3,14	3,06	1,04	3,98	0,19	0,25	0,50	2,38	0,92	1,06	1,43	2,37	0,75	0,69	1,66

## CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA VALORISATION DES CO-PRODUITS DE LA SOLE TROPICALE (*Cynoglossus senegalensis*) APRES HYDROLYSE ENZYMATIQUE.

### RESUME

Le secteur de la pêche et de l'aquaculture constitue l'un des secteurs les plus importants de la production alimentaire à l'échelle mondiale. Malheureusement, les ressources marines font, actuellement, l'objet d'un gaspillage considérable. C'est pourquoi, la politique environnementale actuelle incite les industriels à utiliser les nouvelles techniques d'extraction pour l'élaboration de nouvelles substances utiles à partir des coproduits de la pêche.

En effet, les hydrolyses de coproduits marins constituent une source potentielle de molécules à haute valeur ajoutée permettant aux industriels de combler un manque à gagner. L'hydrolyse enzymatique est l'une des principales voies de récupération de ces molécules.

Notre étude vise à tester une méthode de valorisation des coproduits de la sole tropicale (*Cynoglossus senegalensis*). La méthode employée est l'hydrolyse enzymatique qui a été appliquée sur des coproduits constitués par l'arête centrale et la tête de cette espèce. Cette hydrolyse a été réalisée à l'aide d'une enzyme appelée Protamex® dont les conditions optimales d'hydrolyse se situent à un pH compris entre 5,5 et 7,5 et à une température comprise entre 35°C et 60°C. Les hydrolyses réalisées, dans notre étude, ont eu lieu à 40°C puis à 50°C.

Nos résultats ont montré que la température d'hydrolyse se situe, en moyenne, entre 40,02 et 40,85°C pour les hydrolyses à 40°C et 50 et 52°C pour celles à 50°C. Le pH au début a été de 6,39 pour les échantillons hydrolysés à 40°C et de 6,4 pour ceux hydrolysés à 50°C. Ce pH a diminué dans le temps en devenant de plus en plus acide jusqu'à atteindre respectivement 6,19 et 6,16. Le poids de l'hydrolysate obtenu a été de 65% de la masse initiale des échantillons hydrolysés à 40°C et de 74,88 % pour ceux hydrolysés à 50°C.

Les hydrolysats contiennent, en moyenne, 92,5 % de surnageant pour les échantillons hydrolysés à 40°C et 90 % pour ceux hydrolysés à 50°C, contre 7,5 % et 10 % de culot respectivement. La teneur en matière sèche a été de 17,22 % pour l'hydrolysate 40°C et 14,86 % pour celui à 50°C, contre des teneurs en eau respectivement de 82,78 % et de 85,14 %. Les matières sèches contiennent, pour l'hydrolyse à 40°C, 81,26 % de protéines, 4 % de lipides, 5,42 % de matières minérales, et 16,25 d'autres constituants, contre respectivement 73, 23 %; 3,37 %; 4,29 % et 19,09 % pour l'hydrolyse à 50°C.

Ainsi, l'hydrolyse enzymatique, à 40°C, par Protamex®, offre un procédé d'extraction douce de coproduits de la sole tropicale. Les produits extraits contiennent suffisamment de protéines, d'acides aminés, de lipides et de minéraux pouvant être valorisés en alimentation humaine et animale.

**Mots Clés :** Valorisation, co-produit ( sole tropicale), Protamex®, Sénégal

#### Adresse:

Téning SENE

E-mail: [sentening@yahoo.fr](mailto:sentening@yahoo.fr)

Telephone: (221) 77 534 98 12

B.P: 45 197 Dakar-Fann