

**Ensilage des déchets de poisson et essai d'alimentation sur les rats**Wafaa LOURHZAL<sup>1</sup>, El Hassan TAHRI<sup>1</sup> & Mohamed FAÏD<sup>2\*</sup>

(Reçu le 11/09/2002; Accepté le 13/01/2003)

**السلوطة البيولوجية والكيمائية لنفايات سمك السردين**

إن الهدف من هذه الدراسة هو تقييم السلوطة البيولوجية والسلوطة الكيمائية لنفايات السمك. أحضرت السلوطة البيولوجية بإضافة البكتيريا اللبنية (*Lactobacillus plantarum*) إلى الخليط المكون من نفايات سمك السردين *Sardina pilchardus* و الميلاص (20%) أما السلوطة الكيمائية فقد أحضرت بإضافة الحامض الفوسفوري (21%) إلى الخليط بينت التحليلات الجرثومية كبح أو إبادة الجراثيم الممرضة (أبواغ *Clostridium* والكريات العنقودية) في السلوطة البيولوجية والسلوطة الكيمائية. إن انخفاض الرقم الهيدروجيني من بين أسباب هذه الإبادة. بينت النتائج الكيمائية ارتفاعاً في النتروجين الذائب مما يفسر التحللاً المتقدم في السلوطة الكيمائية بالمقارنة مع السلوطة البيولوجية. لهذا نجد أن القيمة الغذائية للسلوطة الكيمائية أضعف من السلوطة البيولوجية. وبينت الإختبارات الغذائية على الجرذان أن تتبع الوزن والقيمة اليومية المستهلكة تعطي الأولوية للسلوطة البيولوجية في تغذية الحيوانات.

**الكلمات المفتاحية:** السلوطة البيولوجية - السلوطة الكيمائية - التغذية - الجرذان - نفايات السمك

**Ensilage des déchets de poisson et essai d'alimentation sur les rats**

La présente étude a pour but d'évaluer et de comparer l'ensilage biologique et chimique des déchets de poisson. Le mélange formé par les déchets de poisson *Sardina pilchardus* et la mélasse à 20% a été inoculé par un ferment lactique composé de *Lactobacillus plantarum* pour effectuer l'ensilage biologique. L'ensilage chimique a été préparé en ajoutant de l'acide phosphorique à 2%. Une inhibition ou une élimination des micro-organismes pathogènes (*Clostridium* et *Staphylococcus*) au niveau des ensilages biologique et chimique a été observée. Cela semble s'expliquer par la diminution du pH. Par ailleurs, une augmentation de l'azote non protéique a été montrée. Ceci est dû à une hydrolyse protéique dans l'ensilage chimique. De ce fait, la valeur nutritionnelle de ce dernier est faible par rapport à l'ensilage biologique. Les essais nutritionnels sur les rats montrent que le suivi du poids corporel et de la prise alimentaire donne un avantage à l'ensilage biologique dans l'alimentation animale.

**Mots clés:** Ensilage biologique - Ensilage chimique - Nutrition - Rats - Déchets de poisson

**Fish waste silage and assay on feeding rats**

The aim of this present study is to evaluate and compare biological and chemical silages. A starter composed of *Lactobacillus plantarum* to produce biological silage inoculated a mixture of fish waste from *Sardina pilchardus* and Molasses (20%). The chemical silage was prepared by adding phosphoric acid (2%) to the mixture. The pH decrease contribute to an inhibiting or eliminating pathogens microorganisms (*Clostridium* and *Staphylococci*) in biological and chemical silages. The high level of non-nitrogen protein may result in high protein hydrolysis in chemical silage. Nutritional value of this later is slower than biological silage. The nutritional essays with rats, showed that weight of feeding rats and food intake give the advantage to the biological silage in feeding animal.

**Key words:** Biological silage- Chemical silage - Nutrition - Rats - Fish waste

<sup>1</sup> Laboratoire de Microbiologie, Département de Biologie, Faculté des Sciences Ben M'sik, B.P. 7955, Casablanca, Maroc

<sup>2</sup> Filière des Industries Agricoles et Alimentaires, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P. 6202-Madinate Al Irfane, 10101 Rabat, Maroc

\* Auteur correspondant; e-mail: m.faid@iav.ac.ma

## INTRODUCTION

Au Maroc, le secteur de la pêche occupe une place importante dans l'économie nationale. La sardine (*Sardina pilchardus*) représente 80% de toutes les espèces pêchées annuellement (Sekkat, 1991). La plus grande proportion des sardines est utilisée par les conserveries ou par les fabricants de farine de poisson (Faïd *et al.*, 1995). Les industries de transformation du poisson génèrent, ainsi, de grandes quantités des déchets (Chabbar, 1996). La quantité disponible de ces déchets de poisson ainsi que celle des poissons non usinables et non transformés sont estimées à 411200 tonnes/an (Chabbar, 1996). Ces déchets engendrent des problèmes sur les plans transport et pollution de l'environnement, notamment dans les grandes villes.

Plusieurs études ont été entreprises pour évaluer le problème des déchets de poisson, d'une part, et pour trouver des méthodes alternatives qui seraient économiquement exploitables, d'autre part (Faïd *et al.*, 1994, 1995, 1997; Hammoumi *et al.*, 1997, 1998, 1999; Zahar *et al.*, 2002).

Comme le séchage n'est pas accessible à toutes les unités de production, les procédés biotechnologiques semblent être les mieux adaptées pour palier ces problèmes du point de vue coût relatif aux installations, besoins énergétiques etc.

La présente étude a pour objectif de transformer les déchets de la sardine en un produit stable et acceptable dans l'alimentation animale. Aussi, a-t-on utilisé un ensilage biologique et un autre chimique.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. Préparation du mélange de fermentation

10 kg de déchets de la sardine marocaine (*Sardina pilchardus*) avec tête, colonne vertébrale, viscères et queue ont été collectés au marché central de poissons frais à Rabat. À 80 g de déchets ont été ajoutés 20 g de mélasse comme source de carbone. Le mélange est ensuite réparti en deux bocal en plastiques résistants aux acides.

L'ensilage biologique a été produit par addition de *Lactobacillus plantarum* comme inoculum avec une charge de  $10^6$  UFC/g. L'ensilage chimique a été préparé par addition d'acide phosphorique à 2%.

Les deux mélanges ainsi préparés ont été incubés à la température ambiante ( $26 \pm 2^\circ\text{C}$ ) pendant 15 jours.

L'évolution de la fermentation a été suivie à l'aide des paramètres physico-chimiques et microbiologiques.

### 2. Analyses physico-chimiques

Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre (type Crison Micro-pH 2000). La matière sèche (MS) a été déterminée par étuvage d'une masse de produit à  $105^\circ\text{C}$  jusqu'à poids constant. Les protéines ont été dosées selon la méthode Kjeldahl (APHA, 1989). L'azote non protéique est analysé par la même méthode après précipitation des protéines par l'acide trichloroacétique à 10%. L'azote basique volatil total et la triméthylamine ont été déterminés suivant la méthode de Conway (1947). La matière grasse a été déterminée selon la méthode Soxhlet avec l'hexane comme solvant. Les cendres ont été déterminées par incinération de l'échantillon dans un four à moufle à  $600^\circ\text{C}$  pendant 6 h.

### 3. Analyses microbiologiques

Les entérobactéries ont été dénombrées sur le milieu DCL (Désoxycholate lactose) et incubés à  $37^\circ\text{C}$  pendant 48 heures. Les levures ont été déterminées sur le milieu PDA (Potato Dextrose Agar) alors que la flore mésophile aérobie totale (FMAT) a été dénombrée sur la gélose nutritive. Le dénombrement des bactéries lactiques a été réalisé sur le milieu gélosé MRS (De Man Rogosa et Sharpe) incubé à  $30^\circ\text{C}$  pendant 48 heures. Les clostridies sulfito-réductrices ont été dénombrées sur le milieu VL (Viande Levure) et avant l'ensemencement de ce milieu, on a procédé à un chauffage de l'échantillon à  $80^\circ\text{C}$  pour détruire toutes les formes végétatives et pour activer les spores de *Clostridium*. Les staphylocoques ont été dénombrés sur le milieu Chapman au manitol.

### 4. Formulation des régimes alimentaires

Les ensilages biologique et chimique ont été mélangés avec la farine d'orge à 50%. Ces mélanges ont servi d'aliment pour deux lots de cinq rats chacun:

- Lot EB: nourri avec l'ensilage biologique à 50% et la farine d'orge à 50%.
- Lot EC: nourri avec l'ensilage chimique à 50% et la farine d'orge à 50%.

L'aliment commercial, destiné normalement à l'alimentation de la volaille, a été utilisé comme témoin pour le Lot T (Tableau 1).

**Tableau 1. Ingrédients utilisés pour élaborer les différentes formules alimentaires destinées aux différents lots de rats**

Ingrédients (%)	Lot EB	Lot EC	Lot T
Ensilage biologique	50	0	0
Ensilage chimique	0	50	0
Farine orge	50	50	0
Aliment commercial	0	0	100

Lot EB: nourri avec l'ensilage biologique à 50% et la farine d'orge à 50%

Lot EC: nourri avec l'ensilage chimique à 50% et la farine d'orge à 50%

Lot T: nourri avec l'aliment commercial

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 1. Analyses physico-chimique des produits finis

Le pH moyen des déchets de poisson obtenu (pH = 6,23) est initialement proche de la neutralité. Il se stabilise après 15 jours du stockage à une valeur de 4,23 pour l'ensilage biologique et 3,90 pour l'ensilage chimique (Tableau 2). Les résultats sont similaires à ceux de Zahar *et al.* (2002) qui ont noté un pH final de 4,4 pour l'ensilage biologique. L'ensilage chimique a un pH final de 3,63 après addition de l'acide formique (Vizcarra-Magana *et al.*, 1999).

**Tableau 2. Caractérisation physico-chimique de la matière première et des deux types d'ensilages**

Paramètres (%)	Matière première	Ensilage biologique	Ensilage chimique
pH	6,23	4,23	3,90
Matière sèche (MS)	38,85	37,62	36,60
Protéines	11,84	10,88	9,87
Sucres totaux	12,47	9,90	11,03
Matière grasse	5,65	5,51	5,55
Cendres	7,03	7,80	7,90

La diminution du pH, dans le cas de l'ensilage biologique, est attribuée à la flore lactique présente naturellement dans les déchets de poisson et celle apportée sous forme d'inoculum. Dans le cas de l'ensilage chimique, la chute du pH est due à l'addition d'acide phosphorique au mélange.

La matière sèche du produit passe de 38,85% pour la matière première à 37,62% pour l'ensilage biologique et 36,60% pour l'ensilage chimique (Tableau 2). Cette diminution peut être attribuée à la consommation des glucides par les levures et les bactéries lactiques et/ou à la perte de la matière à la suite du dégagement des substances volatiles (ABVT, TMA ...). Des résultats similaires ont été obtenus par Hammoumi *et al.* (1997) qui ont noté une diminution de la matière sèche de 39,21% pour la matière première à 38,36% pour l'ensilage biologique. Par contre, la diminution de la matière sèche atteint 27,6% après addition d'acide formique (Espe *et al.*, 1992).

Comme le montre le tableau 2, le taux des protéines diminue de 11,84% pour la matière première à 10,88% pour l'ensilage biologique et 9,87% pour l'ensilage chimique. Ceci concorde avec les résultats de plusieurs auteurs (Hall & Dasilva 1994, Hammoumi *et al.*, 1997, 1999; Vizcarra-Magana *et al.*, 1999). Ces derniers ont expliqué que cette diminution du taux des protéines est due à l'hydrolyse des protéines par des enzymes protéolytiques d'origine tissulaire ou microbienne favorisées par le pH faible de l'ensilage. Le niveau de la protéolyse dans l'ensilage chimique (pH = 3,90) semble être plus élevé que celui de l'ensilage biologique (pH = 4,23).

Il est intéressant de noter les changements des propriétés physiques qui accompagnent les changements chimiques dans les deux types d'ensilages. En fait, L'ensilage chimique montre une consistance plus liquide que l'ensilage biologique. Au cours du stockage, la teneur en azote non protéique augmente de 15,77% d'azote total pour la matière première à 44,30% pour l'ensilage biologique et 68,15% pour l'ensilage chimique (Tableau 3). Une augmentation de l'azote non protéique de 9,74% pour la matière première à 31,68% pour l'ensilage biologique a été notée par Hammoumi *et al.*, (1997). Plus de 60% d'azote total ont été convertis en azote non protéique après addition de l'acide formique (Vizcarra-Magana *et al.*, 1999).

**Tableau 3. Fraction azotée des deux types d'ensilages biologique et chimique**

Fraction azotée (% NT)	Matière première	Ensilage biologique	Ensilage chimique
Azote total (%)	1,89	1,74	1,58
Azote non protéique	15,77	44,30	68,15
Azote basique volatil	1,95	2,87	3,18
Total Triméthylamine	0,20	0,17	0,19

NT: Azote total

La différence de la teneur en azote non protéique dans les ensilages biologique et chimique peut être attribuée à l'adsorption des enzymes par les glucides dans le cas de l'ensilage biologique, ce qui diminue leurs activités protéolytiques (Raa *et al.*, 1983). Le dosage de l'azote basique volatil total et de la triméthylamine semble être utile pour la caractérisation de l'ensilage des déchets de poisson. On a noté une augmentation de l'azote basique volatil total de 1,95% pour la matière première à 2,87% pour l'ensilage biologique et 3,18% pour l'ensilage chimique (Tableau 3). Des résultats similaires ont été rapportés par Haaland *et al.* (1990) qui ont noté un passage du taux d'azote basique volatil total de 1,4% pour la matière première à 3,6% pour l'ensilage chimique après addition de l'acide formique.

Dans ce travail, la triméthylamine dosée est de 0,20% pour la matière première, 0,17% pour l'ensilage biologique et 0,19% pour l'ensilage chimique (Tableau 3). Une teneur élevée en triméthylamine est considérée comme un signe d'altération de l'ensilage à cause des mauvaises odeurs qu'elle dégage. La diminution de la triméthylamine témoigne d'un bon processus de désodorisation (Kherrati *et al.*, 1999). Aucune différence de la teneur en triméthylamine n'a été observée entre la matière première et l'ensilage biologique (Hammoumi *et al.*, 1997). La valeur trouvée par ces derniers auteurs était de 0,20% pour les deux produits.

Concernant la teneur en sucres, elle est passée de 12,47% pour la matière première à 11,03% pour l'ensilage chimique et 9,90% pour l'ensilage biologique (Tableau 2). La diminution, plus marquée dans l'ensilage biologique que dans l'ensilage chimique, peut être attribuée à l'utilisation des sucres par les bactéries lactiques et les levures lors du processus de la fermentation.

La teneur en matière grasse est pratiquement stable: 5,65% pour la matière première; 5,51% pour l'ensilage biologique et 5,55% pour l'ensilage chimique (Tableau 2).

Comme il est rapporté dans le tableau 2, la teneur en cendres est passée de 7,03% pour la matière première à 7,80% pour l'ensilage biologique et 7,90% pour l'ensilage chimique. Un passage de 7,63% pour la matière première à 8,7% pour l'ensilage biologique a été noté par Hammoumi *et al.*, (1997). Cette augmentation de la teneur en cendres est en relation avec la diminution de la

fraction organique y compris les protéines et les glucides qui ont été utilisés par les bactéries lactiques.

## 2. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques donnent une idée sur l'état de salubrité des ensilages biologique et chimique, surtout que ces derniers seront destinés à l'alimentation animale.

Les résultats du tableau 4 montrent que la population des bactéries lactiques est la plus abondante dans les deux types d'ensilages. L'augmentation de la charge des bactéries lactiques dans l'ensilage biologique à  $34 \times 10^8$  UFC/g MF peut être expliquée, d'une part, par la charge initiale des déchets de poisson en ces micro-organismes ( $55 \times 10^3$  UFC/g MF) et, d'autre part, par l'apport de l'inoculum sous forme de bactéries lactiques ( $10^6$  UFC/g MF). Cette dernière, en consommant les sucres, contribue à la diminution du pH et, par la suite, à l'élimination des micro-organismes indésirables. Le niveau de la microflore d'intérêt hygiénique, qui renseigne sur le degré de la contamination et de la décomposition de ces déchets, présente une charge faible.

En effet, la charge des entérobactéries a connu une réduction de  $45 \times 10^3$  UFC/g MF pour la matière première à  $10^2$  UFC/g MF pour l'ensilage biologique et 150 UFC/g MF pour l'ensilage chimique (Tableau 4).

Les staphylocoques sont présents avec une charge initiale assez élevée ( $10^4$  UFC/g MF) pour présenter des risques sanitaires pour le consommateur. Mais, cette population disparaît presque totalement dans les ensilages biologique et chimique (Tableau 4). Une absence totale des coliformes, salmonelles, *Escherichia coli* et des staphylocoques a été observée dans un ensilage biologique préparé avec 10% de cane à sucre (Jawed & Mahendrakar 1996). Quand la quantité de sucre est suffisante pour faire diminuer le pH à 4, les bactéries lactiques deviennent prédominantes du fait qu'elles produisent l'acide lactique. De ce fait, les coliformes ainsi que les spores de *Clostridium* sont détruites (Vibeke, 1993; Trammer, 1996). Le pH faible est probablement la première raison de l'inhibition de ces micro-organismes, mais d'autres facteurs peuvent aussi intervenir comme les substances antibiotiques produites par les bactéries lactiques (Hall & Dasilva, 1994).

**Tableau 4. Caractérisation microbiologique de la matière première brute et des deux types d'ensilages des déchets de poisson**

Micro-organismes (UFC/g MF)	Matière première	Ensilage biologique	Ensilage chimique
FMAT	7,6 x 10 <sup>5</sup>	30 x 10 <sup>6</sup>	25 x 10 <sup>3</sup>
Entérobactéries	45 x 10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>	150
Bactéries lactiques	55 x 10 <sup>3</sup>	34 x 10 <sup>8</sup>	8 x 10 <sup>6</sup>
<i>Clostridium</i>	<10	<1	<1
Staphylocoques	10 <sup>4</sup>	<1	<1
Levures	77 x 10 <sup>2</sup>	45 x 10 <sup>5</sup>	35 x 10 <sup>4</sup>

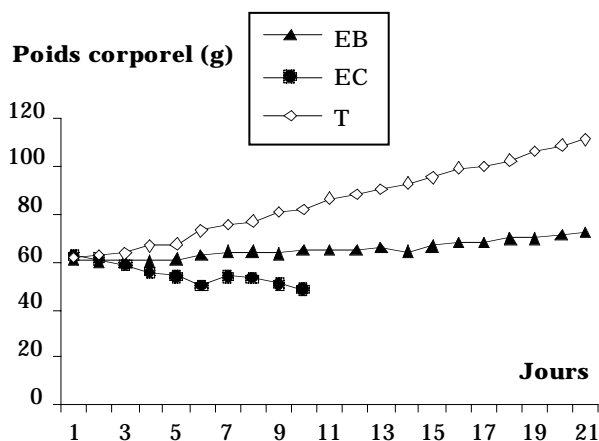
UFC/g MF: unité formant colonie par gramme de matière fraîche

FMAT: Flore mésophile aérobie totale

Les bactéries lactiques par la production d'acide lactique, favorisent la croissance des levures qui se développent même à pH acide. Le taux des levures passe de 77 x 10<sup>2</sup> UFC/g MF dans la matière première à 45 x 10<sup>5</sup> UFC/g MF dans l'ensilage biologique et 35 x 10<sup>4</sup> UFC/g MF dans l'ensilage chimique.

### 3. Performances de croissance des rats

Les résultats de la figure 1 montrent une chute remarquable du poids corporel du lot EC.



**Figure 1. Évolution du poids corporel des lots nourris par l'ensilage biologique, l'ensilage chimique et l'aliment commercial**

Lot EB: nourris avec l'ensilage biologique à 50% et la farine d'orge à 50%

Lot EC: nourris avec l'ensilage chimique à 50% et la farine d'orge à 50%

Lot T: nourris avec l'aliment commercial

Le taux de mortalité a été de 100% pendant les dix premiers jours de l'essai (Tableau 5). L'ensilage biologique paraît acceptable pour les rats, mais les performances de croissance n'étaient pas satisfaisantes. Le gain de poids du lot EB reste négligeable (0,52 g/j) par rapport à celui du lot T (2,34 g/j) (Tableau 5). Le gain faible du poids quotidien est dû au goût acide de l'ensilage (Espe *et al.*, 1989) et, par conséquent, au refus de l'aliment par les animaux (Skrede, 1980; Wood *et al.*, 1985).

**Tableau 5. Performances zootechniques des trois lots de rats nourris par l'ensilage biologique, chimique et l'aliment commercial**

Paramètres	Lot EB	Lot EC	Lot T
Poids initial (g)	61,45	62,40	61,95
Poids final (g)	72,37	48,40	111,15
GMQ (g/j)	0,52	-0,67	2,34
PA (g/j)	12,01	6,37	14,97
Mortalité	0/5	5/5	0/5

Lot EB: nourris avec l'ensilage biologique à 50% et la farine d'orge à 50%

Lot EC: nourris avec l'ensilage chimique à 50% et la farine d'orge à 50%

Lot T: nourris avec l'aliment commercial

GMQ: Gain moyen quotidien = (P<sub>2</sub>-P<sub>1</sub>)/n

P<sub>1</sub>: Poids moyen des rats en début d'expérience

P<sub>2</sub>: Poids moyen des rats avant le sacrifice

n: Durée de l'expérience en jours

PA: Prise alimentaire

g: gramme

g/j: gramme par jour

Les valeurs de la prise alimentaire sont de 14,97 g/j pour le lot T contre 12,01 g/j pour le lot EB et 6,37 g/j pour le lot EC. Ceci concorde avec les résultats de Espe *et al.* (1989) qui ont rapporté que les rats nourris avec un ensilage non autolysé ont une prise alimentaire quotidienne supérieure (16,0 g/j) à celle des rats nourris à l'aide de l'ensilage autolysé (14,8 g/j).

Les gains du poids correspondants sont de 5,3 g/j pour l'ensilage non autolysé et 4,4 g/j pour l'ensilage autolysé. Une diminution de la valeur nutritionnelle avec l'augmentation du degré d'autolyse a été rapportée par Strom & Eggum (1991).

Par conséquent, l'ensilage biologique présente une valeur alimentaire nettement supérieure par rapport à l'ensilage chimique.

## CONCLUSION

Durant la transformation des déchets de poisson, une modification quantitative et qualitative de la flore microbienne initialement présente est observée. Les déchets de poisson conservés par acidification biologique grâce aux bactéries lactiques ou par acidification chimique grâce à l'addition d'acide phosphorique, présentent une qualité hygiénique acceptable même si le processus de conservation s'est déroulé dans des conditions où les règles de l'hygiène n'ont pas été respectées.

En se basant sur les résultats de l'essai d'alimentation sur les rats, on peut conclure que l'ensilage des déchets de poisson peut être utilisé sans risque sanitaire dans l'alimentation animale à condition de neutraliser l'acidité élevée de l'ensilage chimique. Pour cette raison, la fermentation naturelle par le biais de *Lactobacillus plantarum* comme inoculum semble être la voie la plus appropriée pour la conservation des déchets de poisson et leur utilisation dans l'alimentation animale.

## RÉFÉRENCES CITÉES

- APHA (American Public Health Association) (1989) Standard methods for examination of water and waste water (19th). APHA Pub (Washington DC)
- Chabbar AZ (1996) Technologie de l'ensilage de poisson et disponibilité de la matière première au Maroc. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle, IAV Hassan II. Rabat
- Conway F (1947) Microdiffusion analysis and volumetric error. Crosby Lockwood and Sons (London) pp. 157-159
- Espe M, Raa J & Njaa LR (1989) Nutritional value of stored fish silage as a protein source for young rats. *J Sc Food Agric* 49: 259-270
- Espe M, Haaland H & Njaa LR (1992) Autolysed fish as a feed ingredient for atlantic salmon (*salmo salar*). *Comp Bioche Physiol* 311-316
- Faïd M, Karani H, El Marrakchi A & Achkari-Begdouri A (1994) A biotechnological process for the valorization of fish waste. *Bioessource Technology* 49: 237-241
- Faïd M, Achkari-Begdouri A & El Marrakchi A (1995) Transformation des déchets de poisson par voie biotechnologique. *Cahiers Agricultures* 4: 109-112
- Faïd M, Zouiten A, El Marrakchi A & Achkari-Begdouri A (1997) Biotransformation of fish waste into stable feed ingredient. *Food Chemistry* 60 (1): 13-18
- Hall GM & Dasilva S (1994) Shrimps waste ensilation. *Info fish international* 2: 27-30
- Haaland H, Espe M, Njaa LR & Myklestad H (1990) Chemical composition and variation in some parameters during storage of 8 formic silages prepared from capelin. *Fisk Dir Skr Ser Ernoering* vol III (2): 59-74
- Hammoumi A, Faïd M, Zouiten A & Amarouch H (1997) Biotransformation des déchets de poisson par fermentation contrôlée. *Microbiologie- Aliment-Nutrition* 15: 61-69
- Hammoumi A, Faïd M, El Yachioui M & Amarouch H (1998) Characterization of fermented fish waste used in feeding trials with broilers. *Process Biochemistry* 33(4): 423-427
- Hammoumi A, Faïd A & Amarouch H (1999) Utilisation des déchets de poisson fermentés par voie biotechnologique en alimentation animale. *Cahiers Agriculture* 8: 207-209
- Jawed A & Mahendrakar NS (1996) Acceleration of fish viscera silage by fermented starter culture. *Journal of Agricultural and Food Research* 35(2): 171-177
- Kherrati B, Faïd M, El Yachioui M & Wahmane A (1998) Process for recycling slaughter houses wastes and by-products by fermentation. *Bioresource Technology* 63: 75-79
- Vizcarra-Magana LA, Avila E & Sotelo A (1999) Silage preparation from tuna fish wastes and its nutritional evaluation in broilers. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 79: 1915-1922
- Raa J, Gildberg A & Strom (1983) Silage production – Theory and practice. In Upgrading Waste for Feeds and Food. Eds Ledward DA, Taylor AJ & Lawrite RA (Nottingham), pp. 217-227
- Sekkat SR (1991) Données statistiques et économiques por l'étude du secteur de la pêche au Maroc. *Rapport de la FAO* (468), 8:123
- Skrede A (1980) Utilization of fish and animal by products in mink nutrition. *Acta Agric Scand* 31:171-198
- Strom T & Eggum O (1991) Nutritional value of fish viseria silage. *J Sci Fd Agric* 32:115-120
- Trammer J (1966) Inhibitory effect of *Lactobacillus acidophilus*. *Nature* 211: 204-205
- Vibeke (1993) Biological preservation of sea food by lactic acid bacteria. *Info fish international* 5: 29-34
- Zahar M, Benkerroum N, Guerouali A, Laraki Y & El Yakoubi K (2002) Effect of temperature, anaerobiosis, stirring and salt on naturel fermentation silage of sardine and sardine wastes in sugar cane molasses. *Bioresour Technol* 82(2): 171-176
- Wood JE, Capper BS & Nicolaidis L (1985) Preparation and evaluation of diets contening fish silage, cooked fish preserved with formic acid and low temperature, dried fish meal as protein sources for mirror carps (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture* 44: 27-40