

# Biotransformation des déchets d'abattoir en vue de leur valorisation dans l'alimentation animale

CHENNAOUI Mohammed<sup>1,2\*</sup>, FARID Younes<sup>1</sup>, HAMDANI Ahmed<sup>1</sup>,  
MOUNTADAR Mohammed<sup>2</sup> et ASSOBEI Omar<sup>1</sup>

1. Laboratoire de Biotechnologies Marine et de l'Environnement (BIOMARE), Faculté des Sciences de l'Université Chouaib Doukkali, BP 20, El Jadida 24000, Maroc.

2. Laboratoire de Chimie Analytique et Génie de l'Environnement, Faculté des Sciences de l'Université Chouaib Doukkali, BP 20, El Jadida 24000, Maroc

\* Pour correspondance : [mbchen66@yahoo.fr](mailto:mbchen66@yahoo.fr).

## RÉSUMÉ

Les déchets d'abattoir (sang et contenu du rumen) ont été fermentés par une culture pure de *Lactobacillus plantarum*. Le produit, avant et après fermentation, a subi des analyses chimiques et microbiologiques. Cette fermentation a permis de baisser le pH à 4,0 du produit final obtenu (biostabilisat). Le taux de protéines a été conservé dans le biostabilisat 22,9 % MS contre 24,6 % MS dans les déchets non traités. Les populations microbiennes indésirables ont subi une grande réduction par les processus de fermentation : les entérobactéries, les entérocoques, les staphylocoques et les clostridia se trouvent chacun à des niveaux inférieurs à 10 ufc/g. Le biostabilisat est utilisé ensuite pour substituer les sources de protéines dans la formule alimentaire de trois lots de 5 rats chacun. Trois formules sont préparées à partir du biostabilisat et du maïs (V/V) 0 % (témoin), 25 % et 50 %. Nous avons suivi les prises alimentaires et les taux de croissance des animaux pendant quatre semaines.

Les résultats obtenus indiquent que l'incorporation des déchets d'abattoir jusqu'à un taux de 50 % a permis d'obtenir des performances de croissance comparables à la formule conventionnelle.

**Mots clés :** abattoir, déchets, biotransformation, fermentation lactique, aliment.

## ABSTRACT

*Slaughterhouse wastes (blood and rumen contents) were fermented by a pure culture of *Lactobacillus plantarum*. The product, before and after fermentation, underwent chemical and microbiological analysis. This fermentation has reduced the pH to 4.0 the final product (biostabilisat). The rate of protein (total nitrogen) has kept in the biostabilisat 22.9% DM against 24.6% DM in the untreated waste. Undesirable microbial populations have suffered a great reduction in fermentation processes: enterobacteriaceae, enterococci, staphylococci and clostridia are each at levels below 10 cfu / g. The biostabilisat is then used to substitute protein sources in the feed formula of three groups of five rats each. Three formulas are prepared from the biostabilisat and maize (V / V) 0% (control), 25% and 50%. We followed the food intake and growth rate of the animals for four weeks. The results obtained indicate that the incorporation of slaughterhouse waste to a rate of 50% yielded growth performance comparable to conventional formula.*

*Keywords: slaughterhouse, waste, bioprocessing, lactic fermentation, food.*

## INTRODUCTION

Au Maroc, le secteur des abattoirs de préparation des viandes rouges comprend 175 abattoirs et le tonnage des viandes préparé annuellement dans ces établissements est de l'ordre de 325.000 tonnes (Ministère de l'agriculture du Maroc, 2000). Ces abattoirs ne sont pas encore équipés de systèmes de récupération des sous-produits d'abattage en vue d'une éventuelle valorisation. Le sang, le contenu stomacal, urines et fèces des animaux et éventuellement d'autres constituants organiques sont drainés avec les eaux de nettoyage vers le collecteur des eaux usées. Dans la ville d'El Jadida, les déchets de l'abattoir municipal sont rejetés directement en mer sans traitement. Il est regrettable que dans notre pays on continue à jeter ces déchets polluants qui peuvent être valorisés en énergie, en engrais ou en alimentation animale (Skreede et al, 1988 ; Faid et al, 1998 et Chennaoui et al, 2002). C'est dans cet objectif la valorisation des déchets d'abattoir pour usage agricole doit pallier deux problèmes majeurs : l'élimination de polluants et l'obtention soit de produits fertilisants de haute qualité soit d'ingrédients riches en nutriments pour l'alimentation animale. Les procédés reposant sur la biostabilisation sont actuellement des moyens sûrs, simples et économiques pour bio-transformer et recycler les déchets contaminés par les micro-organismes, car dans certains contextes, l'application des solutions classiques de gestion des déchets, se traduit par des coûts élevés de traitement (Labioui et Cherkaoui 2009). L'importance fondamentale de l'utilisation des bactéries lactiques ou bactéries «GRAS» (Generally Reconized As Safe), dans les bio- conservations s'avèrent donc justifiée pour récupérer une source riche en matière organique et autres éléments dont l'intérêt peut être véritable au niveau de l'alimentation animale (Petersen et al, 2003). Ces bactéries ont fait l'objet de très nombreuses études (Klaenhammer, 1993 ; Piard et Desmazeaud, 1992 ; Ennahar et al., 1999 ; Elotmani et al., 2001) car elles peuvent intervenir à plusieurs niveaux technologiques surtout par leurs aptitudes acidifiantes, aromatisantes, texturantes et antagonistes. Dans ce travail nous avons étudié la possibilité de transformer les déchets liquides d'abattoir par un procédé biotechnologique en aliment de bonne qualité hygiénique et sa valorisation comme ingrédient dans l'alimentation animale.

## MATERIELS ET METHODES

### I- Essai de biotransformation

#### I-1 : Préparation du mélange de fermentation et inoculation

Les déchets liquides d'abattoir (sang et contenu de rumen) sont récupérés à l'abattoir municipal des viandes rouges de la ville d'El Jadida. Ces déchets sont mélangés avec 10 % de mélasse de betterave à sucre utilisée comme source de carbone pour favoriser la croissance de l'inoculum dans le système de fermentation. Le mélange est acidifié à pH 6,5 par une solution d'acide lactique à 0,2 %. Nous avons acidifié le mélange de fermentation en vue d'arrêter le développement de la flore indésirable et de diminuer ainsi la compétitivité pour la source de carbone avec l'inoculum (Chennaoui et al., 2002). Le mélange est ensuite inoculé par des cultures pures de souches de *Lactobacillus plantarum* à raison de 5 %. Les essais inoculés sont ensuite incubés à 30 °C pendant 10 jours.

#### I-2 : Préparation de l'inoculum

*Lactobacillus plantarum* de la collection du Laboratoire BIOMARE (faculté des sciences, El Jadida) a été cultivée sur bouillon MRS (DeMan, Rogosa et Sharpe). Après 48 heures d'incubation à 30 °C, le bouillon est centrifugé pour concentrer la biomasse microbienne utilisée comme inoculum du mélange.

#### I-3 : Analyses microbiologiques

La flore mésophile aérobie totale (FMAT) est énumérée sur PCA (*Plate Count Agar*), après incubation à 30 °C pendant 48 heures. La numération des entérobactéries est réalisée sur DCL (*Desoxycholate Citrate Lactose Agar*), après incubation à 37 °C pendant 24 heures. Les entérocoques sont dénombrés par la méthode du nombre le plus probable (NPP), sur milieu liquide, en utilisant trois tubes par dilution, les cultures sont effectuées sur milieu *Azide Dextrose Broth* et transférées sur milieu *Azide Ethyl Dextrose Broth*, après incubation à 37 °C pendant 24 heures. La recherche des salmonelles a été effectuée sur milieu SS (*Salmonella-Shigella*), après incubation à 37 °C pendant 24 heures. L'identification des isolats caractéristiques est réalisée par la galerie API 20E (BioMérieux). Les spores de *Clostridium* ont été dénombrées sur RCA (*Reinforced Clostridium Agar*) : l'échantillon est chauffé à 80 °C pendant 10 min en vue d'activer les spores, l'incubation est réalisée à 44 °C pendant 24 heures. Les levures sont dénombrées sur milieu PDA (*Potato Dextrose Agar*), acidifié à pH 3,5 par de l'acide lactique stérile, après incubation à 30 °C pendant 72 heures.

#### I-4 : Analyses chimiques

Le pH est déterminé par un pH-mètre type Crison Micro-pH 2000. L'azote non protéique (NNP) est déterminé par la même méthode sur le produit brut après précipitation par l'acide trichloracétique à 0,2 %. La matière grasse est

déterminée par la méthode du Soxhlet en utilisant l'hexane comme solvant. Les protéines totales sont déterminées par la méthode de Bradford. Le dosage des sucres totaux est effectué par la méthode de phénol préconisée par Sattler (1948). La détermination de la teneur en fibres alimentaires (ADF et NDF) est donnée selon la méthode décrite par de Van Soest (1963). La matière sèche est déterminée par séchage de 10 g d'échantillon mis à 105 °C pendant 24 heures. La matière minérale totale est déterminée, par calcination d'une masse exactement pesée de l'échantillon à analyser, dans un four à moufle à une température de 550 °C pendant 24 heures.

### II- Essai d'alimentation

Le test in vivo, permettant d'évaluer la faisabilité et les limites de la méthode, vise à s'assurer de la qualité hygiénique (toxicologie) et alimentaire (nutrition) des déchets d'abattoir traités incorporés dans l'alimentation d'animaux tests fragiles et exigeants comme dans le cas des rats de laboratoire de souche commerciale «Wistar» âgés d'un mois issus de l'animalerie de la Faculté des Sciences d'El Jadida (Maroc).

#### II-1 : Préparation des formulations et essai expérimental

Deux formules alimentaires ont été préparées à partir du « biostabilisat » et du maïs. Les rations alimentaires qui seront distribuées aux lots de rats sont comme suit :

	Produit stabilisé (%)	Maïs (%)	Aliment commercial (%)
Témoin 1	0	0	100
Témoin 2	0	100	0
Régime F1	25	75	0
Régime F2	50	50	0

Aucune correction (vitamines, etc.) n'a été apportée aux formules alimentaires préparées à partir du «biostabilisat».

Ces formules ont été testées sur 4 lots de 5 rats :

- deux lots de 5 rats chacun ont été nourris par le « biostabilisat » et du maïs (Régime 1 et Régime 2),
- un lot de 5 rats (témoin n°1) ont été nourris par un aliment commercial (INAAM)
- et un autre lot de 5 rats (témoin n° 2) ont été nourris seulement par du maïs.

L'aliment est distribué à raison de 100 g/j/lot avec libre accès à l'eau. Dans ces essais nous avons suivi la mesure du poids et les signes apparents sur une période de 4 semaines.

Pour la mesure de la digestibilité nous avons effectué une collecte quotidienne des fèces juste avant la distribution des aliments. Le calcul des coefficients de digestibilité, de la matière sèche, la matière organique, des ADF, des NDF et de l'azote utilisé, est déterminé par le pourcentage de la matière absorbée par rapport à la matière excrétée.

L'énergie métabolisable (EM), exprimée en kcal/kg, est déterminée selon la formule :  $EM = 3,4 \text{ MOD} + 1,4 \text{ MAD}$   
Avec MOD : Matière Organique Digestible et MAD : Matière Azoté Digestible

L'énergie nette (EN) ayant la même unité que EM, est calculée comme suit :  $EN = 0,6 \times EM$

L'unité fourragère (UF) d'un aliment de 1 kg =  $EN \times 1000 / 1650$

## RESULTATS ET DISCUSSION

### pH et microflores

Les analyses microbiologiques réalisées sur les déchets d'abattoir avant et après transformation sont résumées dans le tableau 1. On note une diminution du pH à 4,0 dans le produit final. Cette diminution du pH dans le système de fermentation semi-solide est l'un des facteurs importants pour la stabilisation et la transformation des déchets riches en matière organique putrescible (Haaland et Njaa, 1990 ; Faid et al., 1995). La diminution du pH est étroitement liée à la croissance des bactéries lactiques. L'abondance des microflores d'intérêt hygiénique représentée par la FMAT, les entérobactéries et les entérocoques subit une grande réduction. Les analyses montrent une disparition quasi totale des groupes de bactéries présumées pathogènes ou toxigènes, notamment les clostridies qui se trouvent à des taux inférieurs à 2 ufc/g dans le produit obtenu. Les déchets d'abattoir n'ont montré aucune existence de souches de salmonelles ni avant ni après fermentation.

Microflore (ufc/g)	Déchets d'abattoir	Biostabilisat
FMAT	410 <sup>6</sup>	410 <sup>3</sup>
Entérobactéries	310 <sup>7</sup>	< 10
Entérocoques	410 <sup>7</sup>	< 10
Salmonelles	Absent	Absent
Clostridies	310 <sup>2</sup>	< 2
Bactéries lactiques	410 <sup>4</sup>	410 <sup>9</sup>
Levures	10 <sup>2</sup>	510 <sup>5</sup>

Tableau 1 : microflores des déchets d'abattoir avant et après fermentation.

### Chimie

Les analyses chimiques des déchets d'abattoir au début et à la fin de la fermentation (tableau 2) montrent un taux important de protéines de 22,9 % MS conservé dans le produit obtenu contre 24,6 % MS dans les déchets bruts. Ces déchets sont aussi riches en cellulose brute (13 % contre 18 %) qui subit une légère diminution due éventuellement à une action cellulolytique d'origine bactérienne. L'azote ammoniacal disparaît complètement dans le produit final. Ce phénomène de disparition est intéressant et témoigne d'un processus de désodorisation. Cela

est dû probablement à l'inhibition et/ou à l'élimination de la flore d'altération dans les déchets d'abattoir traités (biostabilisation) qui se traduit par l'arrêt des réactions de biodégradation dans ces déchets (Faid et al., 1995). L'odeur nauséabonde fait que l'utilisation de régimes à base de déchets organiques en alimentation animale est limitée (Smith et al., 1979 ; Caswel et al., 1988 ; Bagley et al., 1996). L'élimination de l'odeur dans le biostabilisat permet d'envisager son utilisation en proportions élevées sans risque de retrouver cette odeur dans la chair (ovins, bovins, poulets de chair, etc.) ou dans les produits animaux comme les œufs (poules pondeuses) ou le lait (vaches laitières).

Indice chimique	Déchets d'abattoir bruts	Déchets biostabilisés (% de MS)
pH	8,8	4,00
Matière sèche	79,30	45,50
Matières minérales	23,05	20,20
Protéines totales	24,60	22,90
Azote non protéique	0,19	0,26
Matière grasse	3,00	2,30
Sucres totaux	12,40	4,50

Tableau 2 : composition chimique des déchets d'abattoir bruts avant et après fermentation

La caractérisation microbiologique et chimique des déchets d'abattoir traités montre que le produit obtenu est de bonne qualité hygiénique, nutritionnelle et organoleptique. Cela nous a encouragés à tenter une substitution partielle et totale des farines de poissons (contenues dans l'aliment commercial (INAAM)) dans la formulation des rats de laboratoire par les déchets d'abattoir biologiquement ensilés.

### Caractérisation nutritionnelle des régimes alimentaires proposés

La caractérisation nutritionnelle, des régimes alimentaires proposés résumés dans le tableau 3, montre une différence en matière sèche des trois formulations, expliquée par le fait que la farine de poisson est un produit sec à 93 % de matière sèche (Faid et al., 1995), alors que l'ensilage de déchets d'abattoir est à 45,5 %. Cela justifie l'utilisation de maïs ou son dans les formulations à ensilage. Le taux protéique diminue avec l'augmentation du taux d'incorporation des déchets d'abattoir entre les formules

FT, F1 et F2, l'ensilage des déchets d'abattoir contient seulement 35,9 % de protéines comparé à la farine de poisson (jusqu'à 64,8 %).

Ingrédients	Aliment commercial	Régime F2
Humidité	13 %	15 %
Matières protéiques brutes	17 %	30 %
Matières grasses	2 %	5 %
Matières glucidiques	NC	28 %
Matières minérales	7 %	4 %
Cellulose brute	8 %	ND
Phosphore	0,35 %	ND
Calcium	0,90 %	ND
Vitamine A	1.000.000 UI/100kg	ND
Vitamine D3	150.000 UI/100kg	ND
Vitamine E	1.000 UI/100kg	ND

ND : Non Déterminé ; NC : Non Communiqué.

Tableau 3 : composition de l'aliment commercial (INAAM) et du régime F2 (formule à 50 % de biostabilisat)

### Aspect nutritionnel

Les essais que nous avons réalisés à petite échelle au laboratoire portant sur l'alimentation animale sont les premières tentatives d'utilisation du biostabilisat issu des déchets d'abattoir. Deux formules à base de maïs l'une à 25 % du biostabilisat l'autre à 50 % du biostabilisat (F1 à 25% et F2 à 50%).

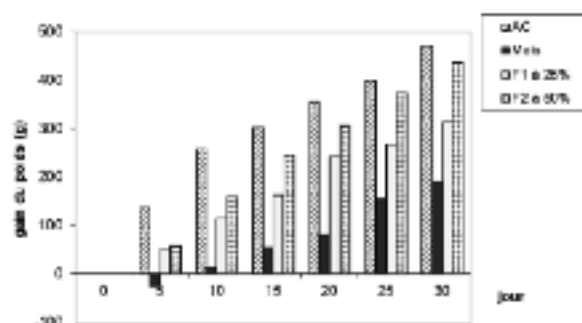
Notre objectif était l'étude des répercussions nutritionnelles de ces régimes alimentaires sur la croissance des rats à savoir :

- le comportement des rats vis à vis du biostabilisat
- le gain de poids des rats
- la digestibilité du biostabilisat.

Nous avons ainsi obtenu des résultats significatifs et satisfaisants même si aucun mélange de vitamines ni minéraux n'a été additionné (Figure 1). Le gain de poids des rats nourris par le régime F2 a montré une augmentation significative et similaire par rapport à celui des rats ayant été nourris par l'aliment commercial. Les résultats statistiques confirment donc la similitude entre les qualités nutritionnelles du régime F2 et de l'aliment commercial même si les deux régimes ont une composition différente l'une de l'autre, et ils démontrent clairement le lien existant entre eux par leur efficacité alimentaire. Nos résultats concordent avec ceux trouvés par Luzier et Summerfelt (1995) qui ont montré dans leurs travaux qu'il n'y a pas de différence significative dans le gain de poids des truites alimentées par un aliment à base de farine de poisson et par un aliment à base de déchets d'abattoir. Pour leur part, Cho et al. (1997) n'ont pas trouvé de différence significative en terme du gain de poids des porcs alimentés par un aliment

à base de farine de poisson et par un aliment à base de déchets d'abattoir.

Figure 1 : Gain moyen du poids des rats suivant le régime alimentaire



La valeur de l'indice de consommation du régime F2 est de 2,08 signifie que les gains de poids sont de 1 kg pour une consommation de 2,08 kg du régime F2. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par Espe et al. (1992) qui signalent que dans les conditions normales de croissance (température 20°C, pour un aliment dont l'énergie métabolisable est de 3100 kcal/kg) l'IC varie de 1,98 à 2,35. Lipstein et al. (1982) ont montré que des poules alimentées par un régime contenant 10 % des boues d'une station de traitement d'eau usée gagnent un poids quotidien de 4,28 g. Les résultats de la digestibilité des différentes fractions de l'aliment commercial et le régime F2 sont consignés dans le tableau 4 :

		Matière Sèche	Matière organique	ADF et NDF	Matière azotée
Aliment commercial	Ingéré (g/j)	87	68	8	19
	Excrété (g/j)	39	38	2	5
Régime F2	Ingéré (g/j)	75	60	12	23
	Excrété (g/j)	34	35	4	6
Digestibilité	AC %	55	60	75	73,7
	F2 %	54,6	64	56,6	76

Tableau 4 : Digestibilité des différentes fractions de l'aliment commercial et le régime F2

Par ailleurs, la digestibilité de la MO pour le régime F2 est de 64 %. Ce niveau est identique à celui enregistré par Jarrije et al., (1978) et ARC (1980). La digestibilité de la matière sèche pour le même régime est de 54,6 %. Ce résultats va dans le même sens que le travail effectué par Ortigues et al., 1988. Pour leur part, ils ont montré que des niveaux d'ingestion de l'ordre de 520 g MS/ jour et des digestibilités de 45 % d'une ration destinée à des moutons augmentent la digestion post-ruminale. La digestion totale des groupes pariétaux ADF et NDF pour le régime F2 est de 56,6 %. Ce qui est évident puisque les rats sont consi-

dérés comme des monogastriques et par conséquent une partie de la cellulose et autres constituants pariétaux sont digérés dans le caecum. Sierens, (1995) a suggéré que la quantité de cellulose et autres constituants pariétaux, dans les concentrés, ne peut être trop basse, autrement on peut s'attendre à une digestion perturbée. La digestion de la MAT est de 76 %. Ces résultats concordent avec ceux trouvés par Sierens (1995) qui a montré que les valeurs de la digestibilité de la MAT sont comprises entre 75 et 85 %. Le régime F2 renferme environ 2900 kcal/kg d'énergie métabolisable et 1 UF/kg. Lors de la fabrication d'aliments composés destinés aux ruminants et aux monogastriques on tient de plus en plus compte de l'énergie métabolisable et de l'unité fourragère de ces aliments. Sierens (1995) a suggéré que le taux pratique d'énergie métabolisable recommandé pour des poules White Leghorn dans les conditions climatiques chaudes en démarrage et en croissance doit être de 2800 à 3000 kcal/kg et pour les porcs 3000 à 3100 kcal/kg et 1 UF/kg.

## CONCLUSION

Les analyses microbiologiques et chimiques des déchets d'abattoir montrent que ces déchets peuvent constituer une matière première précieuse d'ingrédients riches en nutriments de haute qualité mais leurs concentrations en certains composants microbiens les rendent potentiellement dangereux pour qu'ils soient utilisés directement dans l'alimentation animale.

Le procédé biotechnologique que nous avons mis en évidence semble pallier à ces problèmes. Il conduit à la stabilisation et à la transformation de ces déchets en un produit (de bonne qualité hygiénique, nutritionnelle et organoleptique) valorisable en alimentation animale spécialement dans les secteurs avicole et piscicole.

Les résultats obtenus par analyse statistique des essais d'alimentation sur les rats indiquent que l'incorporation des déchets d'abattoir jusqu'à un taux de 50 % a permis d'obtenir des performances de croissance comparables à celles d'un aliment commercial composé à base de farine de poisson.

## REFERENCES

- **ARC. (1980).** The nutritional requirements of ruminant livestock. Supplement Number 1, Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough.  
 - **Bagley CP, Evans RR et Burdine WB (1996).** Broiler litter as a fertilizer or livestock feed. *Journal of Production Agriculture (USA)* 9 : 342-6.  
 - **Caswel LF, Fontenot JP, Webb KE (1988).** Utilization of broiler litter ensiled. *J Anim Sci* 46 : 547-61.

- **Chennaoui M, Assobhei O et Mountadar M (2002).** Biostabilisation des eaux usées d'abattoir de la ville d'El Jadida (Maroc). *Reviews in Biology and Biotechnology* 2 : 44-48.  
 - **Espe M, Haaland H et Naja LR (1992).** Substitution of fish silage protein and free amino acid mixture for fish meal protein in a chicken diet. *J. Sci. Food Agric.* 58 : 315-319.  
 - **Faid M, Karani H, Elmarrakchi A et Achkari-Begdouri A (1995).** Transformation des déchets de poisson par voie biotechnologique. *Cahiers Agricultures* 4 : 109-12.  
 - **Faid M, Kherrati B, ElYachioui M et Wahmane A (1998).** Process for recycling slaughterhouses wastes and by products by fermentation. *Biores. Technol.* 63 : 75-79.  
 - **Haaland H et Njaa LR (1990).** Fish silages prepared from raw materials of varying quality. Chemical analysis related to balance experiments in rats. *Fisk Dir Skr Ser Ernæing* 27-35.  
 - **Jarrije R (1978).** Azote dans l'alimentation des ruminants. Chapitre III, p 89.  
 - **Labioui H et Cherkaoui J (2009).** Essais d'application de déchets d'abattoirs traités à des fins agricoles : cas de culture de Blé. *Les technologies de laboratoire* 17 : 4-13  
 - **Labiouil H, El Moualdi L, Benabbou Y, El Yachioui M et Ouhssine M (2007).** Traitement et valorisation de déchets en provenance d'abattoir au Maroc. *Revue Agro-solutions*, 18 : 35-40.  
 - **Lipstein B, Kary S et Hurwitz S (1982).** The nutritional value of activated sludge for poultry. *Nutr. Rep. Int.* 25 : 829.  
 - **Luzier JM et Summerfelt R.C (1995).** Partial replacement of fish meal with spray-dried blood powder to reduce phosphorus concentrations in diets for juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Res.*, 26 (8) : 577.  
 - **Ortigue T, Fontenot JP et Ferry JG (1988).** Digesta flows in sheep fed poor quality hay supplemented with urea and carbohydrates. *J. Anim. Sci.*, 66 : 975-985.  
 - **Siereus G (1995).** Nutrition animale. Institut de Médecine Tropicale du Prince Léopold.  
 - **Skrede A et Ingolf FN (1988).** Slaughterhouse by products preserved by *Lactobacillus plantarum* fermentation as feed for minks and foxes. *J. Anim. Feed. Sci. and Technol.* 20: 287-292.  
 - **Smith LW, Mc Lead GK et Moran ET (1979).** Nutritional and economic value of animal excreta. *J Anim Sci* 48 : 145-55.  
 - **Van Soest PJ (1963).** Use detergent in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal of the AOAC*, 46 (5) : 829-835.