

Effets de deux aliments pressés et extrudés sur les performances de croissance de la truite arc en ciel (*Oncorhynchus mykiss*) et leurs impacts environnementaux

Auteur : ABA.Mustapha , Belghyti.Driss, Benabid .Mohammed .

Catégorie : Environnement

ScienceLib Editions Mersenne : Volume 3 , N ° 111205
ISSN 2111-4706

Publié le: 2011-12-14

Effets de deux aliments pressés et extrudés sur les performances de croissance de la truite arc en ciel (*Oncorhynchus mykiss*) et leurs impacts environnementaux

Effects of two pressed and extruded foods on growth performance of rainbow trout and their environmental impacts

ABA.Mustapha¹, Belghyti.Driss¹, Benabid .Mohammed².

1- Laboratoire d'Océanologie, Hydrobiologie et Parasitologie Comparée., Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, B.P. 133, Kénitra 14000 – Maroc

1- Laboratoire d'Océanologie, Hydrobiologie et Parasitologie Comparée., Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, B.P. 133, Kénitra 14000 – Maroc

2- Centre National d'Hydrobiologie et de Pisciculture(CNHP) B.P.11 – Azrou

Courrier électronique : aba_mustapha@yahoo.fr

Résumé

Dans le but de comparer les performances de croissance de la truite, envers deux aliments pressés et extrudés et leurs impacts sur l'environnement un essai expérimental a été mené du 30 avril au 15 juillet 2009 dans une ferme piscicole privée, la comparaison des deux aliments à formulation différente et énergie différente est effectuée en conditions iso énergétiques. A l'issue de cette étude deux régimes ont été formulés l'extrudé avec 42% de protéines brutes, 28% de lipides et 17% de glucides alors que le pressé avec 44,7% de PB, 15% de lipides et 28,6 de glucides, avec des énergies digestibles de 20,9Mj et 16,48Mj, le poids moyen initial des truites était de 154 g élevées dans deux bassins circulaires alimentés en eau douce à circuit ouvert, chaque groupe a été nourri deux fois par jour. Après 63 jours d'expérimentation le poids moyen final pour l'aliment extrudé était de 255g (66,5% de gain de poids) et 246 g pour le pressé (58% de gain de poids) avec un taux de survie respectivement de 98 et 96 %. Le meilleur taux de conversion a été obtenu avec l'aliment extrudé 1,04 contre 1,51 avec un coefficient d'efficacité protéique de 2,28 contre 1,48 et un indice viscérosomatique de 11,22 contre 9,53.

La technologie de fabrication et la formulation des deux aliments ont eu une influence majeure sur les rejets piscicoles et l'aliment extrudé s'avère donc le moins polluant et le plus performant.

Mots clés : truite, pressé, extrudé, croissance, impact environnemental.

ABSTRACT

In order to compare the growth performance of trout as two pressed and extruded foods and their impact on the environment, an experimental test was conducted from April 30 to July 15 2009 in a private fish farm. The comparison of the two foods with different formulation and different energy is performed in isoenergetic conditions. Following this study, two plans were formulated : the extruded food with 42% crude protein, 28% fat and 17% carbohydrate while the pressed food with 44.7% CP, 15% fat and 28.6 carbohydrates with digestible energy of 20.9 MJ and 16.48 MJ. The initial average weight of the trouts was 154 g and the fish were bred in two circular tanks supplied with fresh water in open circuit. Each group was fed twice a day. Within a 63 day-experiment, the final average weight of the extruded food group was 255g (66.5% weight gain) and 246 g for the pressed food group (58%

weight gain) with a survival rate of respectively 98 and 96%. The best conversion rate was obtained with extruded food with 1.04 v.s 1.51 with a protein efficiency ratio of 2.28 v.s 1.48 and a viscerosomatic index of 11.22 v.s 9.53.

Manufacturing technology and the formulation of the two foods have had a major influence on fish discards and thus the extruded food is cleaner and more efficient.

Keywords: trout, pressed, extruded, growth, environmental impact .

1-INTRODUCTION

Selon la FAO (2010), l'aquaculture reste le secteur de production d'aliments d'origine animale le plus dynamique et parmi les principaux facteurs qui ont contribué à l'expansion de ce secteur est l'utilisation d'aliments artificiels, Kolditz (2006). La reconnaissance de l'importance de l'expansion de l'aquaculture a stimulé le développement de nouvelles stratégies de production. Celles-ci visent à atteindre un équilibre entre les coûts de production et de l'environnement, en grande partie liée à la qualité des effluents de l'aquaculture et la dépendance excessive de l'aquaculture aux ressources halieutiques comme source de nourriture et ce afin de préserver les stocks naturels et contribuer au développement d'une aquaculture mondiale durable (Tacon, 1997, Chevassus,2009). L'alimentation qui représente 40 à 60 % du cout de production des poissons d'élevage (Kaushik ,2000) se caractérise par des taux élevés de farines de poisson (NRC 1993) dans les deux dernières décennies elles ont tendance à être remplacées partiellement par des produits végétaux afin d'avoir une épargne protéique (Medale 2009) mais aussi vu que ces farines, sont une source potentielle de pollution environnementale (déchets azotés et phosphorés) ; la première stratégie réside dans le remplacement de la farine de poisson par d'autres sources protéiques d'origine végétale la deuxième l'augmentation de l'apport d'énergie digestible d'origine non protéique (Kaushik et Mambrini 1994, Tacon 1994 Cho et Bureau 2001) cet apport est régi par une meilleure optimisation de l'utilisation de l'aliment en plus de la qualité des ingrédients, et ce par le processus de sa fabrication (Kaushik. 2000) , car l'aliment pressé est caractérisé par une faible digestibilité des glucides chez la truite (Krogdahl 2005) et un apport faible en lipides (Kaushik. 2000) par conséquent l'énergie apportée par cet aliment pressé est faible en plus des rejets azotés, phosphorés importants dus à un catabolisme important des protéines, la qualité physique de l'aliment pressé engendre un rejet important de matières en suspension car les céréales et leurs produits qui contiennent des niveaux élevés en amidon (source principale des glucides) et en fibres, sont très mal digérés par les poissons carnivores (Krogdahl.2005), ces matières provenant aussi des aliments non-ingérés et non-digérés (Lanari, 1995) ce qui conduit à une pollution du milieu aquatique et de l'environnement et à la dégradation des performances des poissons (Dosdat 2002).

L'apport d'énergie non protéique sous forme de glucides représentés souvent par les amidons permet donc à la fois de diminuer le coût de l'aliment et de diversifier les ressources alimentaires utilisées (Panserat et al, 2002), et le traitement hydro-thermique par l'extrusion est nécessaire afin d'améliorer leur digestibilité (Bergot 1979, Wilson 1994, Cheng et Hardy 2003). Pour atteindre une plus grande efficacité dans l'utilisation des protéines et d'éviter l'utilisation de ces derniers à des fins énergétiques, il est nécessaire d'inclure des sources adéquates de l'énergie sous forme de graisses et de glucides (Wilson 1994, HEMRE et al 2002), ce qui permettra une meilleure rétention des protéines alimentaires pour la croissance et d'avoir une épargne protéique efficace (Kaushik, 1993; Pokniak et al, 1996. Panserat 2002) et par la suite avoir une meilleure efficacité alimentaire par une réduction de

l'indice de conversion, une maîtrise de l'efficacité protéique. L'utilisation des glucides par les poissons dépend de facteurs tels que les espèces, le niveau de l'inclusion de la source (Ingrédients), la complexité moléculaire et de la transformation physique et thermique (Kaushik, 2000).

Un des facteurs influençant l'aliment est l'équilibre entre les protéines digestibles (disponibilité en acides aminés) et de l'énergie non protéique de l'alimentation. Cet équilibre est représenté par la ratio de protéines digestibles (PD) et l'énergie digestible (ED) de l'aliment (PD/ED). De nombreuses études ont montré qu'une augmentation de la DE alimentaire par une augmentation de l'énergie non protéique alimentaire a entraîné une diminution de l'excrétion de l'azote ammoniacal, (Bureau et al, 2002).

Le but de cette étude est de comparer les performances zootechniques des deux aliments pressés et extrudés sur la truite arc en ciel et déterminer leurs impacts sur l'environnement afin de déterminer quel est l'aliment qui permet les meilleures performances de croissance de la truite, plus de digestibilité afin de limiter et d'optimiser les rejets piscicoles en plus de s'engager dans une aquaculture durable qui respecte l'environnement.

2 MATERIELS ET METHODES

2-1-Dispositif expérimental

L'expérimentation a été réalisée entre 15 avril 2009 et 30 juin 2009 à la ferme piscicole privée d'Oum Rabiaa près des sources d'Oum Rabiaa située à environ 70 kilomètres d'Azrou. Cet essai a été conduit dans deux bassins circulaires de 22 m³ de volumes à circuit ouvert avec une charge initiale de 14 Kg alimentés par de l'eau de source à température constante avoisinant les 14 °C et un débit de 30 m³ /h, avec un renouvellement horaire de l'eau de 1,4 fois toute les heures assurant un taux d'oxygène supérieur à 80 % de la saturation. La teneur moyenne de l'oxygène dissous en sortie des bassins est de 7,1 ppm.

2-2- Matériels biologiques

4000 truitelles femelles triploïdes de poids moyen de 154 g issues du même lot d'œufs ont été réparties aléatoirement dans deux bassins circulaires sachant que l'essai a été réalisé en monoculture, les poissons ont été nourris manuellement et la ration journalière a été fractionnée en deux repas et distribuée à 9 h et à 15 h et 7 jours par semaine durant 63 jours selon la table de nourrissage fournie par le fournisseur d'aliment. Toutes les deux semaines 30 poissons de chaque lot ont été anesthésiés après 24 h de jeûne pour effectuer des mesures de poids et de taille individuellement afin d'estimer le facteur de condition. Les quantités d'aliment distribuées ont été pesées pour estimer la consommation par les poissons entre deux pesées.

2-3- Aliments expérimentaux

2-3-1-Analyses de la composition des aliments

Les analyses biochimiques (protéines, lipides, humidité, cendres) ont été effectuées en duplicata selon les méthodes standard de l'AOAC (1990) et ont concernées, les 2 aliments expérimentaux. Les protéines brutes (% N X 6,25) sont dosées par la méthode de Kjeldahl (auto-analyseur Kjeld-foss), les lipides par la méthode à chaud (type Soxhlet), pour l'extraction des lipides un mélange de chloroforme:

méthanol (2:1 v/v) est utilisé (Folch et al.,1957). La cellulose brute est analysée par la méthode de Weende (hydrolyse acide et alcaline). La matière sèche est déterminée par mesure de la perte de poids après séchage durant 24 h à l'étuve à 105 °C. Les cendres sont déterminées après incinération des échantillons au four à moufle à 550 °C pendant 12 heures. La teneur en glucides, assimilée à l'extractif non azoté (ENA), est déterminée par différence à partir des valeurs trouvées pour les autres constituants des régimes.

2-3-2-La composition des aliments

Tableau I 2a : Composition de l'aliment Extrudé

| Ingrédients | Aliment Extrudé |
|-----------------------|-----------------|
| Farine de poisson | 30% |
| Tourteau de soja | 15% |
| Huile de colza | 12% |
| Huile de poisson | 10% |
| Soja concentré | 08% |
| blé | 06% |
| Tourteau de colza | 06% |
| Farine de krill | 05% |
| Vitamine A - (U.I/kg) | 5000 |
| Vitamine D3 -(UI/Kg) | 1000 |
| Vitamine E - (mg/kg) | 180 |
| Vitamine C - (mg/kg) | 100 |
| Astaxanthine | 50 ppm |
| Cendres | 7% |

Tableau I 2b : Composition de l'aliment Pressé

| Ingrédients | ALIMENT B |
|----------------------|-----------|
| Farine de poisson | 41,5% |
| Huile de poisson | 11,5% |
| Gluten de maïs | 15% |
| Farine de blé | 30% |
| Complexe vitaminique | 2% |
| Cantaxanthine | 40 ppm |
| Cendres | 6,1% |

2-3-3- Le taux de nourrissage

L'essai expérimental est réalisé afin de comparer deux aliments non isoénergétiques à formulations différentes sur les performances de croissance, qualité de la chair, et leurs impacts sur l'environnement par les rejets piscicoles.

Afin de comparer les différents paramètres en condition isoénergétique la quantité d'aliments distribués est conforme aux tables de nourrissage des 2 aliments extrudé et pressé qui ont des énergies digestibles différents de 20,90 Mj et 16,48 Mj respectivement , et étant donné que ce taux dépend étroitement de la température , on a pu fixer les taux de rationnement suivant la température du site qui est d'environ 14° de telle façon que le rapport quantitatif pour un apport énergétique identique des

aliments est ;quantité de l' aliment extrudé =1,27 quantité de l'aliment pressé (ou quantité de l'aliment extrudé = 0,78 quantité de l'aliment pressé).

2-4-Les paramètres Zootechniques étudiés

Gain de poids % (G P)

G.P % = 100 (Poids moyen final (g) – Poids moyen initial (g))/ Poids moyen initial

Croissance individuelle journalière (CIJ)

$$CIJ (g/j) = \frac{\text{Poids final (g)} - \text{Poids initial (g)}}{\text{Durée d'élevage (j)}}$$

Taux de croissance spécifique (TCS)

$$TCS (\% \text{ pc/j}) = \frac{[\ln (\text{poids final}) - \ln (\text{poids initial})] \times 100}{\text{Durée de l'expérience en jours}}$$

Ingéré volontaire (IV)

$$IV (\%/j) = 100 \times D / [(Bi + Bf) / 2] / \text{durée de l'expérience (jours)}$$

Indice de consommation (IC)

$$IC = \frac{\text{Quantité d'aliment sec ingéré}}{\text{Gain de masse corporelle}}$$

Coefficient d'efficacité protéique (CEP)

$$CEP = \frac{\text{Gain de masse corporelle (g)}}{\text{Protéines ingérées (g)}}$$

Taux de survie (TS)

$$TS (\%) = \frac{\text{Nombre de poissons final} \times 100}{\text{Nombre de poissons initial}}$$

L'indice viscérosomatique (IVS, %)

$$IVS = \frac{\text{Poids viscères (g)} \times 100}{\text{Poids corporel (g)}}$$

2-5 -Paramètres morphométriques

Les truites ont été mesurées afin de déterminer leur longueur à la fourche et ce pour évaluer le facteur de condition . 30 poissons de chaque lot ont été éviscérés afin de déterminer le rapport viscérosomatique.

2-6 -Analyses des effluents piscicoles

Les rejets des truites ont plusieurs origines possibles : elles sont soit liées à l'aliment non ingéré par le poisson, en fonction de la composition de l'aliment, et de sa digestibilité

La méthode directe de mesure des flux de matières solides et dissoutes rejetées par l'élevage, basée sur l'approche hydrobiologique (Boujard 1999 ; Blancheton2002 ;Roque D'orbcastel 2008)

Rejets piscicoles =

(Matières dissoutes et solides) sortie du bassin - (matières dissoutes et solides) entrée du bassin

Les paramètres analysés au niveau des eaux des rejets piscicoles sont NH₄, NO₂, NO₃ et P Total.

L'analyse des matières en suspension est réalisée par la méthode NM 532 alors que l'analyse des NH₄, Nitrites, Nitrates et phosphate total est réalisée par spectroscopie. DRLANGE – XION 500 Spectrophotomètre.

2-7 -Analyses statistiques

Ces résultats sont comparés statistiquement par R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Tous les paramètres de croissance et rendement ainsi que les résultats de l'analyse des eaux ont été soumis à des analyses de variance à un critère (ANOVA). Les résultats ont été soumis à l'analyse de variance et les différences éventuelles estimées par le test de Duncan (1955) au seuil de 0,05.

3-RESULTATS

Les tableaux II présente la composition proximale des deux régimes pressé et extrudé

| | Aliment Extrudé | Aliment Pressé |
|-------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Matière sèche | 96 % | 93,2 % |
| Protéines | 42% | 44.7 % |
| Lipides | 28% | 15 % |
| Glucides | 17% | 28.6 % |
| Fibres | 02 % | 02 % |
| Cendres | 06 % | 06,1 % |
| Humidité | 4 % | 6.80 % |
| Phosphore | 1 % | 1,15 % |
| Energie brute Mj/Kg (EB) | 24,28 | 21,58 |
| Energie digestible (ED) MJ/Kg | 20,90 | 16,48 |
| PD / ED g/MJ | 18,08 | 24,41 |
| Rapport P/L | 42/28 | 44,7/15 |

Le calcul de l'énergie brute est réalisé suivant le contenu énergétique brute de chaque élément proposé par Brett et Groves (1979) pour 1g de protéines = 23,7 kJ/g ; 1g de lipides = 39,5 kJ/g ; 1g des glucides = 17,2 kJ/g (Guillaume et al, 1999).

Le calcul de l'énergie digestible est obtenu selon le coefficient de digestibilité des protéines, lipides et glucides gélatinisés ou crus (Selon référence de l'INRA et IFREMER)

Les analyses montrent que les 2 régimes ont des taux différents en matière sèche, en protéines, en lipides en glucides et en humidité par contre ils sont similaires en terme de fibres et de cendres, de ce fait les deux régimes se distinguent par des énergies brutes et digestibles différentes et un rapport PD /ED faible pour le régime extrudé et élevé pour le régime pressé.

| Paramètres | Aliment pressé | Aliment extrudé |
|---|--------------------|--------------------|
| Poids moyen initial (g) | 154 | 154 |
| Poids moyen final (g) | 246 ^a | 255 ^b |
| Gain de poids % | 59,74 ^a | 65,58 ^b |
| Croissance individuelle journalière g/j (CIJ) | 1,46 ^a | 1,60 ^b |
| TCS % | 0,7 ^a | 0,8 ^b |
| Ingéré volontaire IV | 0,98 ^b | 0,79 ^a |
| Indice de conversion IC | 1,51 ^b | 1,04 ^a |
| CEP | 1,48 ^a | 2,28 ^b |
| IVS | 9,13 ^a | 11,12 ^b |
| Facteur K | 1,16 ^a | 1,24 ^b |
| TS | 96 ^a | 98 ^a |

Tableau III : Performances zootechniques de la truite arc en ciel nourri avec les deux régimes alimentaires durant 63 jours d'expérimentation

Les moyennes, affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes ($P < 0,05$), test de Duncan.

Le tableau IV présente les résultats des analyses de l'eau issue des effluents piscicoles au niveau des deux bassins des deux aliments pressé et extrudé.

| Paramètres | Aliment pressé | Aliment extrudé |
|------------------------|-------------------|-------------------|
| MES (mg/L) | 100 ^a | 70 ^b |
| Nitrates (mg/L) | 6,6 ^a | 0,44 ^b |
| Nitrites (mg/L) | < 0,01 | < 0,01 |
| NH4 (mg/L) | 0,8 ^a | 0,6 ^b |
| Phosphate Total (mg/L) | 0,22 ^a | 0,13 ^b |

Pour chaque variable, les moyennes affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes ($P < 0,05$), test de Duncan.

Les deux régimes expérimentaux étaient bien acceptés par les poissons tout au long de l'essai. La température de l'eau oscillait au cours de l'essai entre 13,9° et 14,1 °C .En fin de l'essai expérimental les données du tableau III montrent que les performances des paramètres zootechniques varient significativement ($p < 0,05$) entre les traitements alimentaires et car les poids finaux des poissons sont compris entre 246 et 255 g pour les régimes pressé et extrudé et le test de Duncan montre qu'il y a une différence significative entre les deux poids finaux ($P < 0,05$) ; et le pourcentage du gain de poids était de 59,74 pour l'aliment pressé, alors qu'il était pour l'aliment extrudé de 65,58 et l'analyse statistique a montré une différence significative entre les deux valeurs des deux régimes ($P < 0,05$) .La Croissance individuelle journalière est significativement différente entre les deux régimes ,1,46 g/j pour le pressé et 1,60 g/j pour l'extrudé ($P < 0,05$) . Les TCS calculés varient entre 0,7 % chez les poissons nourris avec le régime pressé , et 0,8 % chez les poissons avec le régime extrudé avec une différence significative ($P < 0,05$) .

Les meilleurs taux de conversion alimentaire observés sont ceux du régime extrudé ils sont compris entre 1,04 et 1,51, respectivement pour les régimes extrudé et pressé .Ainsi, le lot recevant le régime extrudé, se distingue par une meilleure croissance pondérale et transformation alimentaire ($P < 0,05$).L'ingéré volontaire montrait aussi une différence significative entre les deux régimes 0,98 pour le pressé et 0,79 pour l'extrudé ($P < 0,05$).

Les coefficients d'efficacité protéique varient significativement ($p < 0,05$) en rapport inverse avec le taux de protéines des régimes testés (tableau III) vu qu'il est compris entre 1,48 pour l'aliment pressé et 2,28 pour l'aliment extrudé. Une tendance similaire ($P < 0,05$) a été observée pour le facteur de condition K qui permet de apprécier les performances nutritionnelles de l'aliment il variait entre 1,16 pour l'aliment pressé et 1,24 pour l'aliment extrudé . De même pour l'IVS et le facteur K on note une différence significative entre les deux régimes ,l'IVS pour le pressé était de 9,13 et 11,13 pour l'extrudé .

Les taux de survie enregistrés étaient de 96% pour le pressé et de 98% pour l'extrudé. Cependant, cette différence entre les deux groupes n'était pas statistiquement significative ($p > 0,05$). En ce qui concerne les rejets des truites, il s'avère d'après les résultats du tableau IV que les poissons nourris avec l'aliment pressé rejettent plus de NH_4 et NO_3 et plus de Phosphate total avec une différence significative ($P < 0,05$) alors que pour le NO_2 on note que les rejets sont similaires des deux aliments.

4- DISCUSSION

Au cours de l'essai expérimental on n'a noté aucune maladie touchant les truites ni aucun parasite. D'une manière générale, l'aliment extrudé a procuré de meilleures performances de croissance par rapport à l'aliment pressé. Les plus grandes valeurs de poids moyens finaux, de croissances moyennes journalières et d'efficacités de conversion alimentaires ont été obtenus avec le régime extrudé.

La différence de performances constatée entre les aliments testés (Pressés et Extrudés) résulterait du meilleur degré de convertibilité (par les poissons) des ingrédients incorporés dans ces aliments. Dans notre étude les faibles performances de croissance observées chez le lot nourri avec l'aliment pressé pourraient être expliquées par leur différentes teneurs en protéines, en lipides et glucides ainsi que par la technologie de fabrication de cet aliment. En effet l'aliment pressé contient un taux important de protéines, plus d'amidon cru , et les salmonidés en général se caractérisent par une faible digestibilité à l'amidon cru et ce suite à une défaillance en enzyme spécifiques(Kroghdahl. 2005) en plus l'aliment pressé contient moins de matières grasses car sa structure physique ne permet pas une

incorporation importante de ces matières grasses (Kaushik .2000) et de ce fait l'énergie de cet aliment est faible par rapport à celle de l'extrudé .

Spannhof et Plantikow, 1983). Bergot et Brèque (1983) Kaushik 2000 ont montré que chez les Salmonidés, l'utilisation digestive et métabolique des glucides dépend de leur nature ou de leur complexité et que les traitements technologiques (extrusion, gélatinisation) amélioreraient la digestibilité des amidons. En conséquence, les régimes contenant de l'amidon gélatinisé apportent davantage d'énergie digestible que les régimes contenant de l'amidon cru, Spannhof et Plantikow (1983) Silas (1994) ont attribué la faible digestibilité de cet amidon cru à l'amylase qui fait défaut chez la truite arc en ciel (*Oncorhynchus mykiss*).

La forte teneur en protéines des aliments pressés est masquée, à l'égard de la performance de production et l'augmentation du contenu énergétique, avec un ratio faible entre protéine digestible et énergie digestible(PD/ED) pourrait expliquer l'amélioration des performances du régime extrudé (Guillaume et al ,1999) à la suite d'une meilleure utilisation des aliments, tout en contribuant à une meilleure croissance et une meilleure utilisation des protéines, ce qui permet d'épargner des protéines comme indiqués dans de nombreux autres essais (Kaushik et al, 1989; Cho, 1992; Silver et al, 1993, Robert et al, 1993.Boujard et al, 2004).

On peut cependant diminuer le taux des protéines dans les aliments en augmentant l'apport d'énergie digestible sous forme de lipides (Watanabe et al, 1979 ; Cho et Kaushik, 1985), ou sous forme de glucides digestibles tels que l'amidon gélatinisé (Kaushik et Oliva-Teles, 1985). D'où l'amélioration de la digestibilité des amidons et par conséquent il ya une augmentation de l'énergie digestible de l'aliment.

Jobling (1993) a constaté qu'il n'y avait pas différence de digestibilité des protéines entre les régimes pressés et extrudés, et que le meilleur taux de croissance enregistré chez les poissons nourris avec le régime extrudé était du à une disponibilité accrue des glucides alimentaires mais hautement digestible par le traitement de l'extrusion, ces bonnes performances sont liées entre autres à l'apport de nourriture riche en énergie de l'aliment extrudé c'est ce qui explique l'obtention d'un indice de consommation inférieure proche de 1 par Pokniak 1999, Zoccarato 1999 ,En effet, ces auteurs ont observé de différence de performance de croissance chez la truite arc en ciel (*Oncorhynchus mykiss*) nourrie avec les deux aliments pressé et extrudé contenant une forte proportion de protéines pour le pressé avec une faible teneur en matières grasses et une forte teneur en glucides représentés essentiellement par l'amidon cru.

L'augmentation de la teneur en énergie digestible dans l'alimentation des poissons en incorporant un taux des glucides bien digestibles par le traitement d'extrusion (Kaushik,2000) et un taux important des lipides est une stratégie nutritionnelle appliquée afin d'avoir une épargne des protéines sans compromettre la croissance des truites (Cho et Bureau, 2001).Cet effet d'épargne par suppléments des lipides et les glucides a été bien démontré pour les salmonidés et loup de mer (Watanabe, 1982; Beamish et Medland, 1986; Dias et al, 1998.;Torstensen et al., 2001), la perche et le jade Scortum barcoo (Song et al. 2009).

Les croissances enregistrées dans la présente étude représentées par le gain de poids sont comparables à celles obtenues, par Pfeiffer et al., (1991) et à celles rapportées par Pokniak ,1999, et ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Zoccarato et al (1999) dont les travaux de leurs essais expérimentaux concernent la truite et les aliments pressés et extrudés ,du fait que l'aliment extrudé riche en matières grasses offre plus d'énergie que le pressé et par la suite le poisson gagne plus de poids.

Des résultats similaires ont été observés chez la perche argentée (*silver perch Bidyanus bidyanus*) par Booth , (2002)et chez le Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) par Ammar (2008) dont le poids du corps a connu u gain important avec l'aliment extrudé comparé à l'aliment pressé .Guroy 2006 lors de ses travaux sur Le loup de mer (*Dicentrarchus labrax*) même avec des régimes isoénergétiques pour le pressé et l'extrudé on a observé des meilleures performances de poids et de l'IVS pour l'aliment extrudé .

Les résultats obtenus lors de cette étude concordent avec ceux obtenus par Chebbaki (2010) sur Le loup de mer (*Dicentrarchus labrax*) dont l'essai a révélé une bonne performance de croissance pour les poissons nourris avec l'aliment extrudé par à rapport ceux nourris avec l'aliment pressé .

En outre, on peut affirmer que dans le régime extrudé on peut avoir une plus grande incorporation des lipides, ce qui a sûrement augmenté l'IVS par augmentation de la graisse viscérale vu que c'est au niveau des viscères qu'il ya plus de dépôt de matières grasses chez la truite arc en ciel (Corraze 1999 ,Kolditz 2006, Médale ,2009) et l'IVS obtenu lors de cette étude est presque conforme aux résultats de Gélinau et al., (2001)

Coefficient d'efficacité protéique CEP diminue avec la teneur et l'augmentation des protéines alimentaires. Ceci est en accord avec les conclusions antérieures pour les salmonidés obtenues par Lee et Kim (2001) dont les coefficients d'efficacité protéique sont plus élevés avec des régimes à plus faible teneur en protéines traduisant ainsi que ce nutriment est mieux utilisé par le poisson d'où une

meilleure optimisation de l'utilisation des protéines et nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par Lee et Kim (2001)

L'indice K, facteur de condition étant inversement proportionnel à la longueur L des poissons est important pour le régime extrudé ce qui explique que les poissons de ce groupe ont connu une meilleure croissance en poids qu'en longueur alors que pour le régime pressé les poissons ont connu une performance en taille et ceci ne peut être expliqué que par la richesse du régime pressé en protéines et par la suite en phosphore d'où un développement important de la charpente osseuse des poissons.(Kaushik 2005).

Dans un circuit ouvert, le maintien de conditions d'élevage "optimales" nécessite d'importants taux de renouvellement Deviller (2003) (5 à 34 fois le volume d'élevage par jour) qui permettent de diluer les rejets des poissons et en particulier l'ammoniaque très toxique pour eux, le renouvellement lors de notre essai était 34 fois par jour, ce qui prouve que les truites étaient dans des conditions optimales en ce qui concerne le débit en eau.

L'excrétion des substances dissoutes étant liée au métabolisme des poissons, l'excrétion au sein d'une même espèce reste identique quel que soit l'élevage pris en considération (cages, bassins ou élevage en eau recyclée (Pagand ,1997).

Quel que soit le système d'élevage, seulement environ 25 % de l'azote et 30 % du phosphore de l'aliment sont intégrés dans la chair des poissons (Hargreaves, 1998 ; Blancheton 2009). Les nutriments non digérés et les catabolites issus du métabolisme digestif sont rejetés dans l'environnement sous forme de matières dissoutes (azote ammoniacal, urée et phosphate) matières solides (fèces et aliment non consommé), ces rejets piscicoles sont particulièrement néfastes puisqu'ils participent à l'eutrophisation des milieux aquatiques(Lefrançois , 2009).

La dégradation des protéines produit de l'azote ammoniacal total (AAT) ou $\text{NH}_3\text{-NH}_4^+$ (70-90% du N dissous) et de l'urée (10%) (Kaushik et Cowey, 1991). Les excréments de nitrates (NO_3) et nitrites (NO_2) sont négligeables (Kaushik, 1980). La dégradation des lipides et des glucides produit du dioxyde de carbone et de l'eau (Roque d'Orbcastel 2008).La part rejetée par la truite pour l'azote est de 70 % alors que pour le phosphate elle est de 80% (Boujard 2002, Roque d'Orbcastel 2008), sur les 70% de N on trouve 10 à 20 % de rejets solides et 80 à 90 % rejets dissous en revanche pour le P on sur les 80 % rejetés ,70 % de rejets solides contre 70% de rejets dissous . l'excrétion en phosphore dissous, est moins toxique que l'ammoniaque pour les poissons (Pagand , 1997).

Les pertes d'azote ammoniacal représentent 30 à 50% de l'azote ingéré. Le remplacement de l'amidon cru par l'amidon gélatinisé dans les régimes à base de farine de poissons permet de réduire les rejets azotés d'origine métabolique des poissons comme cela avait déjà été montré par Kaushik et Oliva-Teles (1985). Cette diminution du catabolisme azoté démontre l'effet bénéfique de la diminution du rapport DP/DE du régime, résultant de l'augmentation de l'apport d'énergie digestible non-protéique, sur la rétention azotée.

Les rejets obtenus au cours de cet essai expérimental pour le NH_4 NO_2 , NO_3 et P Total présentent des différences significative entre les deux aliments et sont concordables avec ceux obtenus par Zoccarato 1999 lors des travaux réalisés sur des truites nourries avec deux aliments pressé et extrudé , en plus les résultats obtenus par Boaventura et al. (1997) montrent un rejet par les truites de NH_4 compris entre 0,32 et 1,52 mg/l ,d'après les travaux de Kaushik 1998 on a pu constater que tant que le régime est riche en protéine tant que l'excrétion d'ammoniaque est importante et ceci est conforme à nos résultats .

Suite aux résultats obtenus et présentés par le tableau III on peut affirmer que l'aliment extrudé permet une réduction des rejets piscicoles par rapport à l'aliment pressé, ce dernier par sa richesse en protéines, et sa déficience en matières grasses, connaît un fort catabolisme des acides aminés ce qui provoque une mauvaise rétention des protéines et un fort rejet des matières azotées, avec un important rejet des phosphates dont les besoins sont entre 0,6 et 0,8 (Lall, 2002, Kaushik 2005) et que chez la truite, le besoin en P disponible pour la croissance est de 0,37 et de 0,57 % pour une meilleure accréation minérale. alors que l'aliment pressé comprend 1,5 et en revanche ce dernier rejette plus de phosphore et a contribué à une croissance en taille plutôt qu'en poids.

Spannhof et Plantikow (1983) Silas (1994) ont suggéré que l'amidon cru accélère le passage du chyme dans l'intestin et réduit le temps disponible pour la digestion c'est ce qui explique l'émission de grandes quantités de matières en suspension par les truites nourries avec l'aliment pressé. Ce dernier est soumis à une faible flottabilité s'effrite facilement au contact de l'eau et génère de grandes quantités de poussières (Kaushik, 2000), ce qui est compatible avec les résultats obtenus pour l'aliment pressé 100mg/l de MES alors que pour l'extrudé on a obtenu 70 % de MES, et que les normes sont de 80 mg/l (Roque D'Orbcastel, 2008)

5- CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent que l'aliment extrudé caractérisé par sa teneur en énergie sa flottabilité, sa digestibilité performante et son meilleur ratio protéine digestible /énergie digestible et son niveau d'énergie non protéique déterminant, est l'aliment qui offre à la truite les meilleures performances de croissance. Considérant la nourriture comme le principal coût de production en pisciculture intensive l'utilisation des régimes extrudés malgré leur prix peut être justifiée en raison des économies résultant de leur efficacité alimentaire par une meilleure conversion et la contribution à une aquaculture durable par substitution des produits de la pêche par des glucides (amidon principalement) et par aussi une réduction des rejets piscicoles et ce par maîtrise de la formulation des aliments.

REMERCIEMENTS :

Nous remercions ; Administration, Gérants, et Personnel de la ferme piscicole Truites de l'Atlas d'Azrou pour le financement et la réalisation de cette étude.

Références bibliographiques

- 1- Ammar.A : Effet of extruded and non extruded fish pellet on growth performance and total production of nile tilapia and grey mullet fingerlings reared in a polyculture system in earthen ponds, 8^{ème} Symposium sur l'aquaculture du tilapia, 2008.
- 2- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1990. - Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th edition. AOAC, Arlington, Virginia, USA.
- 3- Beamish, F.W.H., Medland, T.E., 1986. Protein sparing effects in large rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Aquaculture* 55, 35–42.

- 4- Blancheton J.P, Dosdat A, Deslous-Paoli JM : Minimisation des rejets biologiques issus d'élevages de poissons. Dossiers de l'environnement de l'Inra 2004 ; 26 : 67-78.
- 5- Blancheton J.P, Cahiers Agricultures. Volume 18, Numéro 2-3, 227-34, 2009.
- 6- Bergot F., 1979. Problèmes particuliers posés par l'utilisation des glucides chez la truite-arc-en-ciel. Ann Nutr.Alim., 33: 247-257.
- 7- Bergot et Brèque (1983) : Bergot F., Brèque J., 1983. Digestibility of starch by rainbow trout: effects of the physical state of starch and the intake level. Aquaculture, 34, 203-212.
- 8- Boaventura, R., Pedro, A.M., Coimbra, J., Lencastre, E., 1997. Trout farm effluents: characterization and impacts on the receiving streams. Environ. Pollut. 95 (3), 379-387.
- 9- Booth, M.A., Allan, G.L., Evans, A.J. and Gleeson, V.P., 2002. Effects of steam pelleting or extrusion on digestibility and performance of silver perch *Bidyanus bidyanus*. Aquaculture Research. 33: 1163-1173
- 10- Boujard T., Vallée F., Vachot C., 1999. Évaluation des rejets d'origine nutritionnelle de truiticultures par la méthode des bilans, comparaison avec les flux sortants. Dossier de l'environnement de l'INRA n°26
- 11- Boujard, T., 2002. Nutrition and environment interactions in fish farming. EAS meeting 2002.
- 12- Boujard et al, 2004) : Boujard et al, 2004 Boujard T, Gelineau A, Coves D, et al. Regulation of feed intake, growth, nutrient and energy utilisation in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed high fat diets. Aquaculture 2004 ; 231 : 529-45
- 13- Brauge C., F. Medale, G. Corraze, 1994: Effect of dietary carbohydrate levels on growth, body composition and glycaemia in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in sea water. Aquaculture, 123: 109-120.
- 14- Bureau et al, 2002 : Bureau, D.P., Kaushik, S.J., and Cho, C.Y., 2002. Bioenergetics. In: Fish Nutrition (Eds: Halver, J.E, and Hardy, R.W) Academic Press, pp. 1-59.
- 15- Chan, J.C.K, J.Manu, B.J. Skura, M. Rowshandeli, N. Rowshandeli and D.A Higgs , 2002. effects of feeding diets containing various dietary protein and lipid ratios on the growth performance and pigmentation of post-juvenile Coho salmon *Oncorhynchus kisutch* reared in sea water. Aquacult.Res., 33 : 1137-1156.
- 16- Chebbaki .K : Effect of fish meal replacement by protein sources on the extruded and pressed diet of European sea bass juvenile (*Dicentrarchus labrax*). Volume 1 Issue 4, pp. 704-710, 2010
- 17- Cheng Z.J., Hardy R.W., 2003. Effects of extrusion and expelling processing, and microbial phytase supplementation on apparent digestibility coefficients of nutrients in full-fat soybeans for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 218, 501-514.
- 18- Chevassus-au-Louis B., Lazard J Perspectives pour la recherche biotechnique en pisciculture .. 2009. Cahiers agricultures, 18 (2-3) : 91-96.

- 19-Cho et Kaushik, 1990 Cho CY, Kaushik SJ. Nutritional energetics in fish: protein and energy utilization in rainbow trout. In : Bourne GH, ed. Aspects of food production, consumption and energy values. World Rev Anim Nutr 1990 ; 61 : 132-72.
- 20-Cho C Y , Bureau D p :A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture Aquaculture research volume 32 pp 349-360,2001

- 21- Cho C.Y. (1992) Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. *Aquaculture* 100,107–123.
- 22- Guroy Derya: Influence of Feeding Frequency on Feed Intake, Growth Performance and Nutrient Utilization in European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Fed Pelleted or Extruded Diets . *Turk J Vet Anim Sci* 30 (2006) 171-177.
- 23- Dias et al, 1998 : Dias, J., Alvarez, M. J., Diezb, A., Arzelc, J., Corraze, G., Bautista, J. M.,and Kaushik, S. J., 1998. Regulation of hepatic lipogenesis by dietary protein/energy in juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 161, 169-186.
- 24- Deviller.G Traitement par lagunage a haut rendement algal(LHRA) des effluents piscicoles marins recyclés : évaluation chimique et écotoxicologique .2003.
- 25- Gélinau et al., 2001 : Gélinau et al, 2001 Gélinau A, Corraze G, Boujard T, Larroquet L, Kaushik S. Relation between dietary lipid level and voluntary feed intake, growth, nutrient gain, lipid deposition and hepatic lipogenesis in rainbow trout. *Reprod Nutr Dev* 2001 ; 41 : 487-503.
- 26- Guillaume et al : Nutrition et alimentations des poissons et crustacés ,Nutrition énergétique pp 87-111,1 999.
- 27- FAO :Rapport de la FAO sur la pêche et l'aquaculture 2010.
- 28- Folch : Folch, J., Lees, M., and Sloane-Stanley, G.H.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226,497-509.
- 29- Hargreaves, 1998 Hargreaves JA. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture* 1998 ; 166 : 181-212.
- 30- Hemre et al 2002 : Hemre, G.I., Mommsen, T.P., and Krogdahl, A., 2002. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes.*Aquaculture Nutr.* 8, 175-194.
- 31- Jeong, K. S., Takeuchi, T. & Watanabe, T. (1991). Improvement of nutritional quality of carbohydrate ingredients by extrusion process in diets of red sea bream.*Nippon Suisan Gakkaishi*, 57(8), pp 1543-1 549
- 32- Jobling, M.: Nutrition, Diet Formulation and Feeding Practices. In:Heen, K., Monahan, R.L., Utter, F., (Editors). *Salmon Aquaculture*. Fishing News Books. London, 83-126, 1993.
- 33- Jobling, M. (1994) Bioenergetics: feed intake and energy partitioning. In: Rankin, J.C.and Jensen, F.B. (eds), *Fish Ecophysiology*. Chapman & Hall, London, pp. 1–44. Jobling, M. (1995) Feeding of charr in relation to aquaculture. *Nordic Journal of Freshwater Researches* 71, 102–112.
- 34- Kaijun Guo et al Proposal of a dynamic model as a tool to simulate growth performance and nitrogen release in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* farming *Int Aquat Res* (2010) 2: 35-47.

- 35- Kaushik, S.J., 1980. Influence of nutritional status on the daily patterns of nitrogen excretion in the carp (*Cyprinus carpio* L.) and the rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). *Reproduction Nutrition Development*, 20 (6): 1751.
- 36- Kaushik S., Oliva-Teles A., 1985. Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. *Aquaculture*, 50, 89-101.
- 37- Kaushik : Besoins et apport en phosphore chez les poissons INRA Prod. Anim.,2005, 18 (3), 203-208
- 38- Kaushik, S.J., Médale, F., Fauconneau, B., and Blanc, D. (1989). Effect of digestible carbohydrates . on protein/energy utilization and on glucose metabolism in iainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) *aquaculture* 79: .63-74.
- 39- Kaushik, S.J., 1990. Nutrition et alimentation des poissons et contrôle des déchets piscicoles. *La pisciculture française*, 101: 14-23
- 40- Kaushik S., Mambrini M., 1994. Nutrition azotée des poissons: remplacement partiel ou total de la farine de poissons. *Piscic. Fr.*, 118, 12-20.
- 41- Kaushik, S.J. (1998). Nutritional bioenergetics and estimation of waste production in non salmonids. *Aquat. Living Resour.*, 11: 221-217.
- 42- Kaushik, S. (1999) Nutrition glucidique: intérêt et limites des apports de glucides In : Nutrition et alimentation des poissons et crustacés (eds : Guillaume J., Kaushik S., Bergot, P., Métailler R.) INRA Editions, pp 171-186.
- 43- Kaushik, S., Feed formulation, diet development and feed technology CIHEAM,p.43-51, 2000
- 44- Kolditz C-I :Thèse .Déterminisme nutritionnel et génétique de la teneur en lipides musculaires chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) : Etude par analyse de l'expression de gènes candidats, du protéome et du transcriptome du foie et du muscle,420 p, 2008
- 45- Krogdahl. 2005 : Krogdahl, A., G. I. Hemre and T. P. Mommsen, 2005. Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. *Aquac. Nutr.*, **11**: 103–122.
- 46- Lanari 1995 : Lanari, D. D., E. Agaro and R. Ballestrazzi. 1995. Dietary N and P levels, effluent water characteristics and performance in rainbow trout. *Water Sci. Technol.* 31 (10), 157-165.
- 47- Lee, SM. and K.D .Kim, 2001. Effects of dietary protein and energy levems on ths growth, protein utilization and body composition of juvenile Masu salmon (*Oncorhynchus masou*) Brevoort. *Aquacult .Res.*, 32 :39-45.
- 48- Lefrançois ;P , 2009 Système de captage des matières décantables dans un étang ,Maîtrise ès sciences appliquées ,Ecole polytechnique de Montréal 2009 .

- 49-Lupatsch et Kissil, 1998 Lupatsch I, Kissil GW. Predicting aquaculture waste from gilthead seabream (*Sparus aurata*) culture using a nutritional approach. *Aquat Living Resour* 1998 ; 11 : 265-8.
- 50-Medale .F Les sources protéiques dans les aliments pour les poissons d'élevag Cahiers Agricultures. Volume 18, Numéro 2-3, 103-11.
- 51-National Research Council (1993) Nutrient Requirements of Fish. Washington, DC: National Academy Press.
- 52-Médale, F., Boujard, T., Valee, F., Blanc, D., Mambrini, M., Roem, A. and Kaushik, S.J. (1998). Voluntary feed intake, nitrogen and phosphorus losses in rainbow trout fed increasing dietary levels of soy protein concentrate. 2, 11: 239-246.
- 53-Pagand 1999 : Traitement des effluents piscicoles marins par lagunage a haut rendement algal, Thèse 1999
- 54- Panserat .S Régulation nutritionnelle du métabolisme glucidique chez les poissons :exemple de la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*), faible utilisatrice des glucides alimentaires *INRA Prod. Anim.*,2002, 15 (2), 109-117.
- 55-Panserat 2002 : P.Panserat,S., Perrin, A., and Kaushik, S., 2002. High Dietary Lipids Induce Liver Glucose-6-Phosphatase Expression in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*).*J. Nutr.* 132, 137-141
- 56-Pfeffer et al., (1991) Pfeffer, E., Beckman-Toussaint, J., Henrichfreise, B., Jansen, H.D., 1991. Effect of extrusion on efficiency of utilisation of maize starch by rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*.. *Aquaculture* 96, 293–303.
- 57-Pokniak et al :Respuesta productiva de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) a dietas extruidas con alto contenido lipídico. *Avances en Ciencias Veterinarias*, Vol. 11, No. 2 (1996).
- 58-Pokniak,J. et al. Effects of pelletization or extrusion of the fattening diet on production performance of pan size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Arch. med. vet.* [online]. 1999, vol.31, n.1, pp. 141-150.
- 59-Roque D'Orbcastel ,:Thèse :Optimisation de deux systèmes de production piscicole : biotransformation des nutriments et gestion des rejets 144 p ,2008.
- 60-R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing (2011).
- 61-Seymour, E. A. & F. Johnsen (1990). Comparison of extruded and pressed pellet feeds for juvenile Atlantic salmon, *salmo salar* L. in relation to efficiency and feed waste to the environment. International symposium on feeding fish in our water: nutritional strategies in management of aquaculture waste (NSMAW), Guelph, Ontario, 5-8 June 1990
- 62-SIGMA Environmental Consultants Ltd 1983. Summary of water quality criteria for salmonids fishes. Depart-ment of Fisheries and Oceans, SECL 8067, p. 121-124.
- 63-Silas S .O , Hung and Trono Strebakken Carbohydrate utilization by Rainbow Trout Is Affected by Feeding Strategy1j.nutrition .124 : 223-230 1994.

- 64-Silver, G. R., Higgs, D. A., Dosanjh, B. S., McKeown, B. A., Deacon, G. & French, D.(1993). Effect of dietary protein to lipid ratio on growth and chemical composition of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. In: Kaushik, S. J. &Luquet, P. (Eds.) *Fish nutrition in practice*, Biarritz (France), June 24-27, 1991.Les Colloques, No. 61. INRA, Paris, 1993. pp 459-468.
- 65-Spannhof et Plantikow (1983) : Spannhof, L., Plantikow, H., 1983. Studies on carbohydrate digestion in rainbow trout. *Aquaculture* 30, 95– 108.
- 66-Song, L.P., An, L., Zhu, Y.A., Li, X., Wang, Y., 2009. Effects of dietary lipids on growth and feed utilization of jade perch, *Scortum barcoo*. *Journal of the World Aquaculture Society* 40 (2), 266–273.
- 67- Robert et al, 1993 : Robert, N., R. Le Gouvello, J. C. Mauviot, F. Arroyo, P. Aguirre and S. J. Kaushik.1993. Use of extruded diets in intensive trout culture: effects of protein to energy on growth, nutrient utilization and on flesh and water quality. In Kaushik, S. J., Laque, P. (Eds.). *Fish Nutrition in Practice*. Les Colloques No. 61. INRA edn. Versailles Codex. France. Pp. 497-500.
- 68-Tacon A.G.J. (1994) Feed ingredients for carnivorous fish species : Alternatives to fishmeal and other fishery resources.*FAO Fish. Circ.* 81: 35 pp. 1994
- 69-Torstensen, B.E., Lie, Ø., Hamre, K., 2001. A factorial experimental design for investigation of effects of dietary lipid content and pro- and antioxidants on lipid composition in Atlantic salmon (*Salmo salar*) tissues and lipoproteins. *Aquac. Nutr.*7, 265–276.
- 70-Watanabe, T., 1982. Lipid nutrition in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology.*73, 3–15.
- 71-Watanabe *et al.*, 1987 Watanabe T, Takeuchi T, Satoh S, Ida T, Yaguchi M. Development of practical carp diets for reduction of total nitrogen loading on water environment. *Nippon Suisan Gakkai Shi* 1987 ; 53 : 1413-23.
- 72-Wilson RP (1994) Utilization of dietary carbohydrate by fish. *Aquaculture* 124:67-80
- 73-Zoccarato.I et al, :1995. Effect of dietary avoparcin on performances and flesh composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farming. *Aquaculture Research*, 26, 361-366.
- 74-Zoccarato I, Benatti G, Bianchini ML, Boccignone M, Conti A, Napolitano R, Palmegiano GB. 1994. Differences in performance, flesh composition and water output quality in relation to density and feeding levels in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) (Walbaum), farming. *Aqua Fisher Management* 25: 639-647.
- 75-Zoccarato I, Sicuro B, Gasco L, Palmegiano GB, Boccignone M, Bianchini ML. 1996. Use of pelletised or extruded diet at two feeding levels: effect on performance and body composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Rivista Italiana Acquacoltura* 31: 107-118..
- 76-Zoccarato.I ; Impiego di mangime pelettato o estruso a due livelli alimentari : effetto sulle prestazioni produttive e sulla composizione coporea di trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*) in Proposal of a dynamic model as a tool to simulate growth performance and nitrogen release in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* farming *Int Aquat Res* (2010) 2: 35-47

