

L'Institut Agro Rennes-Angers

☐ Site d'Angers ☒ Site de Rennes

Année universitaire : 2023.- 2024.

Spécialité : Science de la Mer et du Littoral-Biologie

Spécialisation : Sciences halieutiques et aquacoles (Aquaculture)...

Mémoire de fin d'études

- ☐ d'ingénieur de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)
- ☐ de master de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)
- ☐ de l'Institut Agro Montpellier (étudiant arrivé en M2)
- ☒ d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Titre du mémoire : Influence d'ingrédients appétents sur les performances de croissance du Bar Européen (*Dicentrarchus labrax*) dans un régime pauvre en farine de poisson

Par : Taofic Sourou DOSSOU

Soutenu à l'Institut Agro Rennes Angers	Le 11 Septembre 2024
Devant le jury composé de : Président : Bastien SADOUL Maître de stage : Louis Lesur Enseignant référent : Hervé LE BRIS	Autres membres du jury (Nom, Qualité) Nicolas TANRATTANA Spécialiste espèces aquacoles TECHNA Yann MARCHAND, formulation et R&D Le Gouessant
Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle de l'Institut Agro Rennes-Angers	



Table des matières

I.	Introduction.....	1
II.	Matériels et Méthodologie	2
III.	Résultats	3
1.	Composition des régimes expérimentaux	3
2.	Performances de croissance	5
3.	Impacts environnementaux des régimes	7
4.	Discussions.....	8
IV.	Conclusion.....	8

I. Introduction

La production mondiale de poisson (pêche et aquaculture) est en croissance, passant de 179 millions de tonnes en 2019-2021 à une prévision de 203 millions de tonnes d'ici 2031, soit une augmentation de 14 % (FAO, 2023). Cette hausse est principalement due à l'essor de l'aquaculture, qui devrait atteindre 108 millions de tonnes en 2031 (+23 %), malgré un ralentissement par rapport à la décennie précédente (OCDE & FAO, 2023). En 2023, la production aquacole devrait dépasser la production halieutique, représentant 53 % de la production totale en 2031 (OCDE & FAO, 2023). Les produits alimentaires issus de l'aquaculture sont de haute qualité nutritionnelle, riches en protéines, oméga-3, EPA, DHA, et micronutriments (Carlberg et al., 2015). L'aquaculture marine, ou mariculture, apparaît comme une solution face à la diminution des ressources en eau douce, avec une production multipliée par 9 depuis 1990 (Secrétariat général de la mer, 2022). Cependant, la demande croissante d'aliments aquacoles et d'ingrédients comme la farine et l'huile de poisson, combinée à la rareté de ces ressources, a entraîné une hausse des prix (Banque mondiale, 2018). Le remplacement de la farine de poisson par des alternatives végétales ou des sous-produits marins est devenu un axe majeur de recherche dans le secteur (Tacon et Metian, 2008).

L'industrie de transformation du poisson génère plus de 60 % de sous-produits, offrant un potentiel pour la création d'hydrolysats de protéines à partir d'animaux marins. Ces hydrolysats, obtenus par dégradation enzymatique, sont riches en acides aminés et peptides bioactifs, et présentent une haute valeur nutritionnelle (Chalamaiah et al., 2015). La diminution de l'utilisation de farine et d'huile de poisson dans les aliments aquacoles, due à la volatilité des prix et à la demande croissante de durabilité, pourrait affecter l'appétence des poissons et, par conséquent, leur croissance (Glencross et al., 2020). L'ajout d'ingrédients appétents pourrait compenser cette perte d'appétence, stimulant ainsi la prise de poids des poissons (Yang et al., 2024). Pour assurer la croissance durable de l'aquaculture, une gestion adéquate des ressources est essentielle. Les alternatives aux ingrédients marins, telles que les farines d'insectes, les nucléotides et les protéines dérivées de biomasses microbiennes, offrent des solutions prometteuses pour réduire l'impact environnemental de l'aquaculture (Carvalho et al., 2023).

L'aquaculture avec apport de nourriture joue un rôle central dans la production aquacole mondiale, représentant 72,2 % de la production totale en 2020 (FAO, 2022). Les aliments aquacoles, préparés à partir de diverses matières premières et additifs, doivent répondre aux

besoins nutritionnels spécifiques des espèces aquatiques tout en étant appétissants et adaptés aux comportements alimentaires des poissons (Nates, 2016). Le marché des Aquafeeds est en pleine expansion, avec une taille estimée à 63,34 milliards USD d'ici 2029 (Mordor Intelligence, 2024).

Le Gouessant Aquaculture, une entreprise française de renom dans la fabrication d'aliments pour poissons s'efforce de produire des aliments plus durables, en intégrant des ingrédients innovants pour améliorer la croissance et l'appétence des poissons. Cependant, l'utilisation d'un certain ingrédient, connu pour sa texture collante, pose des défis opérationnels. Cette étude se concentre sur l'évaluation d'alternatives à cet ingrédient, afin de maintenir la qualité des produits tout en surmontant les obstacles techniques liés à son utilisation. L'objectif est de tester l'efficacité de ces alternatives dans divers régimes alimentaires pour maintenir, voire améliorer les performances de croissance de certaines espèces piscicoles et identifier des solutions adaptées.

II. Matériels et Méthodologie

Dans cette étude, l'effet de divers attractants et appétants sur l'alimentation d'une espèce de poisson a été évalué sur une période de 45 jours. Des juvéniles avec une masse initiale moyenne de $7,87 \pm 0,1$ g ont été utilisés pour les expérimentations, menées dans des installations d'élevage spécialisées. Ces installations comprenaient 24 bassins de 80 L alimentés en eau de mer avec une salinité contrôlée, sans recirculation, et avec un taux de renouvellement élevé. L'eau, maintenue à une température stable de 20 °C, a été filtrée à travers des filtres à sable sous pression. Une photopériode de 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité a été appliquée. Après une semaine d'acclimatation, les poissons ont été répartis équitablement dans les bassins, avec 40 individus par bassin, et les expérimentations alimentaires ont été menées en triplicats. Les poissons ont été nourris à satiété une heure par jour, et la nourriture non ingérée a été partiellement collectée pour ajuster la ration. Un distributeur automatique a assuré la distribution régulière de la nourriture, avec un ajustement piloté par un logiciel spécifique.

Les régimes alimentaires expérimentaux ont été basés sur une formulation standard pour le prégrossissement de poissons carnivores juvéniles. Les huit régimes ont été conçus pour être isoprotéiques, isoénergétiques et isolipidiques. Les aliments ont été formulés et fabriqués dans un centre de recherche spécialisé. Les impacts environnementaux des régimes alimentaires ont été calculés en fonction de la proportion de chaque ingrédient, en utilisant une base de données

d'impact environnemental. Les critères incluait le changement climatique, l'acidification, l'eutrophisation (terrestre, eau douce, marine), la consommation d'énergie et la demande en eau.

Huit régimes alimentaires ont été testés en triplicats. Le premier était un contrôle positif avec un taux élevé de farine de poisson, tandis que le second était un contrôle négatif avec un taux réduit de farine de poisson. Les régimes suivants ont été enrichis avec divers attractants, tels que des concentrés de protéines solubles ou des hydrolysats spécifiques, afin de tester leur efficacité par rapport au contrôle.

Tableau 1: Formulation des huit régimes expérimentaux pour le bar

REGIMES	FM (%)	Attractant1 (%)	Attractant2 (%)	Attractant3 (%)	Attractant4 (%)
REGIMES 1	40	-	-	-	-
REGIMES 2	10	-	-	-	-
REGIMES 3	10	0,5	-	0,5	-
REGIMES 4	10	-	0,5	0,5	-
REGIMES 5	10	-	-	1	-
REGIMES 6	10	-	1	-	-
REGIMES 7	10	-	2	-	-
REGIMES 8	10	-	-	-	1

Les analyses statistiques ont été réalisées avec RStudio (version 4.3.1, <https://www.R-project.org/>) pour évaluer les effets des régimes sur l'ingestion alimentaire et d'autres paramètres de croissance. Des tests ont été effectués pour vérifier la normalité des données et l'homogénéité des variances. Selon les résultats, une ANOVA à un facteur suivi de tests de comparaison multiple a été appliquée pour déterminer les différences significatives entre les régimes. Le niveau de signification a été fixé à 5 %, et un arbre de décision a été utilisé pour structurer l'approche analytique.

III. Résultats

1. Composition des régimes expérimentaux

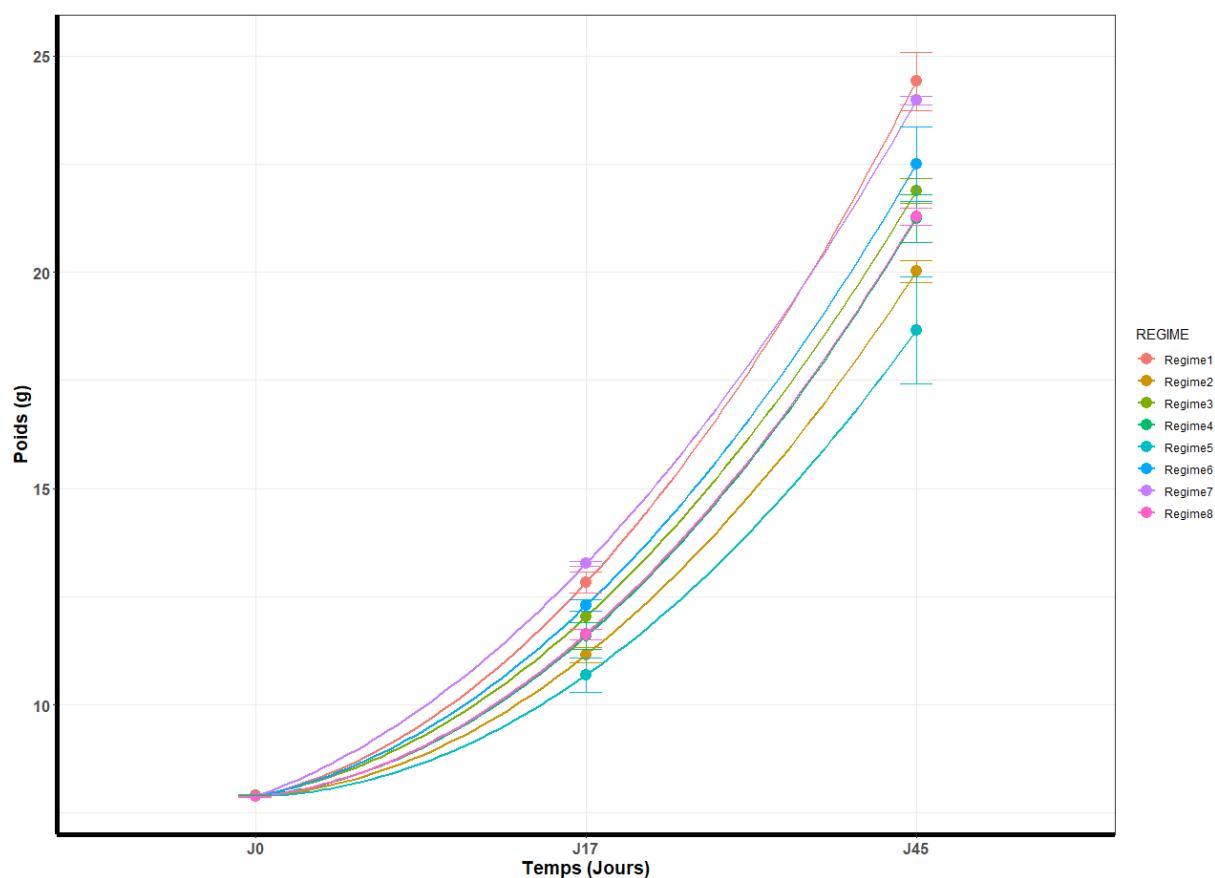
Le tableau 2 présente les compositions biochimiques théoriques et analytiques des régimes alimentaires utilisés dans cette étude. Ces régimes, conçus pour répondre aux besoins nutritionnels spécifiques des alevins de poissons marins carnivores, respectent des critères

élevés en protéines, lipides et énergie, conformément aux recommandations établies pour cette espèce. Les analyses montrent que les compositions des aliments sont globalement en accord avec les prévisions théoriques, avec seulement de légères variations observées, probablement dues à des fluctuations inhérentes aux processus analytiques. Tous les régimes testés ont été formulés pour être comparables en termes de teneur en protéines, lipides, et apport énergétique.

Tableau 2: Composition biochimiques théoriques et analytiques des régimes expérimentaux

Valeurs analytiques						
REGIME	HUMIDITE	PROTEINE BRUTE	MAT. GRASSE BRUTE	CENDRES BRUTES	PHOSPHORE TOTAL	ENERGIE BRUTE calculé (MJ/Kg)
REGIME 1	5,94	47,20	18,52	9,42	En cours	21,76
REGIME 2-	6,50	46,76	19,63	6,39	1,35	22,40
REGIME 3	6,26	46,44	19,57	6,24	0,99	22,43
REGIME 4	6,31	45,44	20,30	6,23	1,34	22,52
REGIME 5	6,68	46,12	19,76	6,37	1,11	22,36
REGIME 6	5,92	47,24	19,71	6,32	1,14	22,56
REGIME 7	6,17	46,18	19,30	6,21	1,05	22,38
REGIME 8	6,65	46,13	20,25	6,18	1,06	22,51
Valeurs théoriques						
REGIME	CELLULOSE BRUTE	PROTEINE BRUTE	MAT. GRASSE BRUTE	CENDRES BRUTES	PHOSPHORE TOTAL	ENERGIE BRUTE (MJ/Kg)
REGIME 1	1,755	47,021	18,052	9,369	1,408	20,85
REGIME 2	1,807	47,03	18,016	8,35	1,151	20,86
REGIME 3	1,775	47,041	18,012	8,315	1,14	20,88
REGIME 4	1,774	47,016	18,082	8,253	1,138	20,90
REGIME 5	1,772	47,022	18	8,273	1,14	20,89
REGIME 6	1,776	47,023	18,067	8,235	1,136	20,90
REGIME 7	1,748	47,069	18,023	8,129	1,123	20,91
REGIME 8	1,776	47,023	18,042	8,25	1,136	20,88

2. Performances de croissance



La figure 7 montre l'évolution du poids des bars européens sur 45 jours en fonction de différents régimes alimentaires. Des pesées ont été effectuées à 17 et 45 jours, chaque point étant la moyenne de trois répétitions. Les régimes incluant un supplément d'hydrolysats alternatifs ont montré une croissance supérieure, avec des poids finaux similaires à ceux du régime témoin positif. D'autres régimes ont produit des résultats intermédiaires, tandis que le régime avec la plus faible performance s'est rapproché du régime témoin négatif. Ces résultats soulignent l'importance de la composition du régime alimentaire sur la croissance, les régimes contenant de l'hydrolysats alternatifs se distinguant par leur efficacité.

7 *Tableau 3: Comparaison des différents régimes alimentaires sur les divers paramètres biologiques (Poids initial, intermédiaire et final,*
8 *la biomasse, l'alimentation totale, le taux de survie, SGR et (FCR) Les astérisques (***, ,) indiquent le niveau de significativité (: $p <$*
9 *0,001, ** : $p < 0,01$, * : $p < 0,05$).*

REGIMES	REGIME 1	REGIME 2-	REGIME 3	REGIME 4	REGIME 5	REGIME 6	REGIME 7	REGIME 8	P-value
Poids moyen Initiale (g)	7,87 ± 0,03 ^a	7,88 ± 0,02 ^a	7,88 ± 0,01 ^a	7,90 ± 0,04 ^a	7,88 ± 0,02 ^a	7,88 ± 0,01 ^a	7,87 ± 0,01 ^a	7,87 ± 0,01 ^a	0.499
Poids moyen Intermédiaire (g)	12,82 ± 0,4 ^{cd}	11,15 ± 0,3 ^{ab}	12,03 ± 0,2 ^{bce}	11,58 ± 0,5 ^{abc}	10,68 ± 0,6 ^a	12,29 ± 0,2 ^{cde}	13,26 ± 01 ^d	11,63 ± 0,2 ^{abc}	1.31e-05 ***
Poids moyen finale (g)	24,42 ± 5,67 ^c	20,00 ± 5,78 ^{ab}	21,87 ± 5,56 ^{bc}	21,25 ± 5,78 ^{abc}	18,68 ± 6,49 ^a	22,51 ± 5,41 ^{bc}	22,84 ± 5,34 ^c	21,29 ± 5,36 ^{abc}	0.000316 ***
Biomasse initial (g)	315,16 ± 1,41 ^a	315,5 ± 1,9 ^a	316 ± 1,81 ^a	315,53 ± 1,36 ^a	315,23 ± 1,1 ^a	315,3 ± 0,6 ^a	315,06 ± 0,7 ^a	314,97 ± 0,7 ^a	0.984
Biomasse intermédiaire (g)	513,13 ± 16,75 ^{cd}	446,3 ± 12,23 ^{ab}	481,26 ± 9,81 ^{bce}	463,36 ± 21,16 ^{abc}	427,4 ± 27,3 ^a	491,66 ± 9,06 ^{cde}	530,5 ± 3,93 ^d	465,26 ± 8,44 ^{abc}	1.31e-05 ***
Biomasse finale (g)	968,80 ± 59,29 ^c	739,86 ± 57,30 ^{ab}	830,93 ± 3,05 ^{abcd}	793,36 ± 43,49 ^{abd}	715,9 ± 87,49 ^a	893,06 ± 71,15 ^{bcd}	942,9 ± 19,41 ^{cd}	815,96 ± 4,25 ^{abcd}	0.000311 ***
Aliment Total distribués (g)	916,9 ± 101,09 ^{abc}	737,13 ± 9,04 ^a	859,86 ± 74,86 ^{abc}	826,3 ± 82,23 ^{abc}	765,76 ± 29,99 ^{ab}	957,93 ± 68,30 ^{bc}	1020,93 ± 30,65 ^c	784,76 ± 115,43 ^{ab}	0.00273 **
Taux de survie (%)	98,33 ± 1,44	95,83 ± 1,44	95,00 ± 2,5	91,67 ± 8,04	96,67 ± 1,44	96,67 ± 5,77	97,50 ± 2,5	95,43 ± 1,44 ^a	0.581
SGR	2,51 ± 0,1 ^c	2,06 ± 0,04 ^{ab}	2,20 ± 0,99 ^{bc}	2,87 ± 0,03 ^{abc}	1,90 ± 0,27 ^a	2,32 ± 0,15 ^{bc}	2,47 ± 0,01 ^c	2,21 ± 0,03 ^{abc}	0.00105 **
FCR	1,40 ± 0,06 ^a	1,76 ± 0,26 ^a	1,62 ± 0,06 ^a	1,73 ± 0,22 ^a	1,99 ± 0,53 ^a	1,68 ± 0,29 ^a	1,62 ± 0,62 ^a	1,56 ± 0,23 ^a	0.311
CV (%)	23,23 ± 5,67 ^{ab}	28,92 ± 5,78 ^{ab}	25,43 ± 5,56 ^{ab}	27,23 ± 5,78 ^{ab}	34,78 ± 6,49 ^a	24,04 ± 5,41 ^{ab}	23,40 ± 5,34 ^b	25,17 ± 5,36 ^{ab}	0.0636
Gain de poids (g)	16,53 ± 1,14 ^c	12,13 ± 0,41 ^{ab}	13,97 ± 0,53 ^{bc}	13,36 ± 0,94 ^{abc}	10,78 ± 2,10 ^a	14,61 ± 1,49 ^{bc}	16,09 ± 0,18 ^c	13,41 ± 0,33 ^{abc}	0.000626 ***

Le tableau 3 présente les résultats de l'évaluation des régimes alimentaires sur divers paramètres biologiques des bars européens, incluant le poids, la biomasse, le taux de survie, le taux de croissance spécifique (SGR) et le facteur de conversion alimentaire (FCR). Les poids initiaux des poissons étaient homogènes entre les régimes, assurant une répartition équitable au début de l'expérience. Cependant, des différences significatives ont été observées pour les poids intermédiaires et finaux, indiquant l'impact marqué des régimes sur la croissance. Les régimes contenant des hydrolysats de tilapia ont montré les gains de poids les plus élevés, surpassant les autres régimes avec d'autres attractants en termes de croissance et d'efficacité alimentaire. Ces régimes ont également affiché les meilleures performances en termes de biomasse finale, de SGR, et de FCR, avec une croissance plus uniforme parmi les individus. Les régimes intermédiaires, bien qu'efficaces, n'ont pas atteint les mêmes niveaux de performance. Les résultats soulignent l'importance de la composition des régimes alimentaires, en particulier le choix et la proportion des hydrolysats, pour optimiser la croissance et l'uniformité chez les bars européens.

3. Impacts environnementaux des régimes

L'évaluation des régimes alimentaires a permis de mesurer les impacts environnementaux liés à la réduction de l'utilisation de farine de poisson, grâce à l'incorporation d'hydrolysats de sources alternatives comme le tilapia ou la crevette. Les indicateurs environnementaux analysés incluent le ratio Fish In Fish Out (FIFO), sa version économique (eFIFO), ainsi que le bilan global des impacts des régimes. Les régimes contenant des alternatives à la farine de poisson ont montré une diminution significative de l'utilisation de cette dernière, réduisant la proportion de farine de poisson dans les formulations. Le FIFO des régimes avec hydrolysats est nettement inférieur à celui du régime témoin 1,44 contre 3,4, reflétant une meilleure efficacité dans la conversion des ressources. De même, l'eFIFO des régimes avec hydrolysats présente des avantages économiques par rapport au régime témoin. En termes d'impact global, les régimes alternatifs ont montré une réduction des impacts environnementaux, notamment en matière de consommation d'énergie non renouvelable et de contribution au changement climatique. Ces résultats indiquent que les régimes alimentaires formulés avec des alternatives à la farine de poisson, telles que les hydrolysats de tilapia ou de crevette, offrent des avantages significatifs pour la durabilité environnementale et la gestion des ressources dans la production aquacole.

4. Discussions

Les hydrolysats ont démontré des bénéfices nutritionnels notables, notamment une amélioration de l'appétence, de la digestibilité et de la santé des poissons. Par exemple, un régime contenant 1 % d'hydrolysate a montré des performances de croissance équivalentes à celles du régime témoin riche en farine de poisson. Bien que des performances légèrement meilleures aient été observées avec le régime témoin, les différences n'étaient pas statistiquement significatives. Ces résultats sont en accord avec les études antérieures, qui ont démontré que la substitution partielle de la farine de poisson par des hydrolysats peut se faire sans compromettre la croissance et la santé des poissons (Gunathilaka et al., 2020; Herault et al., 2023).

La variation de la consommation d'aliments observée dans l'étude pourrait être liée à des différences de goût ou de texture, ou à l'attractivité des régimes. Les régimes à base de protéines végétales peuvent diminuer la prise alimentaire en raison de leur moindre appétence, un problème bien documenté dans la littérature (Bae et al., 2020; Nates, 2016). L'inclusion d'hydrolysats a aidé à compenser ces effets, augmentant la prise alimentaire et les performances de croissance.

L'un des défis des régimes à base de végétaux réside dans la gestion des facteurs antinutritionnels et des mycotoxines, ainsi que dans la difficulté de remplacer les huiles marines riches en EPA et DHA. Tester ces régimes en conditions réelles, sur de longues périodes, serait nécessaire pour évaluer leur viabilité. Des solutions comme l'utilisation de capteurs de mycotoxines et d'huiles alternatives (algues, caméline OGM) peuvent offrir des avenues pour surmonter ces défis.

Enfin, bien que le coût des hydrolysats puisse être un facteur limitant, leur production à partir de coproduits de poissons ou de crustacés en fait une option durable. Cette valorisation des déchets contribue à réduire l'impact environnemental, renforçant ainsi la durabilité des régimes alimentaires aquacoles.

IV. Conclusion

L'amélioration de l'efficacité alimentaire en aquaculture, que ce soit par la génétique des poissons ou la formulation des régimes, est essentielle pour optimiser les performances et minimiser les impacts environnementaux. Une compréhension approfondie des systèmes sensoriels et gustatifs des poissons permet de développer des attractifs et stimulants alimentaires efficaces, réduisant ainsi le gaspillage et améliorant la prise alimentaire.

Cette étude a évalué l'utilisation d'hydrolysats comme substituts de la farine de poisson, avec un accent particulier sur les hydrolysats de coproduits de la pêche et de l'aquaculture. Les résultats montrent que remplacer une partie de la farine de poisson par 1 % d'hydrolysat permet de maintenir des taux de survie, de croissance spécifique et de prise alimentaire comparables à ceux des régimes avec hydrolysat collant ou des régimes témoin riche en farine de poisson. En particulier, un hydrolysat à 2 % a montré des performances de croissance légèrement supérieures, bien que cette différence ne soit pas significative.

L'utilisation d'hydrolysats mixtes, a également entraîné une augmentation notable de la prise alimentaire par rapport au régime témoin. Les résultats suggèrent que les hydrolysats peuvent compenser la baisse d'appétence due à la réduction de farine de poisson et améliorer les performances de croissance. Cependant, l'efficacité de la conversion des aliments reste complexe à évaluer, et l'intégration de nucléotides dans les régimes représente une solution prometteuse pour des recherches futures.

Un hydrolysat test en particulier a eu des performances de croissance équivalentes à celles de l'hydrolysat collant et un aspect moins collant, pourrait offrir un substitut avantageux. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour évaluer différents modes d'application des hydrolysats et leur effet sur d'autres espèces de poissons carnivores.

Pour l'avenir, il serait pertinent d'explorer des combinaisons d'hydrolysats avec d'autres sources de protéines durables. L'optimisation des régimes alimentaires, notamment en fonction de l'origine des coproduits et des profils peptidiques, reste un domaine riche en perspectives de recherche pour maximiser les bénéfices des hydrolysats dans l'aquaculture.