



Impact de la température sur les stratégies digestives de poissons aquacoles en République démocratique du Congo « Synthèse bibliographique »

Michel Mukulayenge Nsienkomo^{1,2*}, Chançard Santry Yandimosi^{2,3}, Gaétan Kalala Bolokango²

⁽¹⁾ Université de Bandundu. Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement. Mention Production animale. BP 548 Bandundu-Ville (RDC). E-mail : michelmukula@gmail.com

⁽²⁾ Université de Kinshasa. Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement. Mention Production animale. BP 117 Kinshasa XI (RDC)

⁽³⁾ Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques de Kimbau (ISEA-Kimbau). BP 5053 Kinshasa XI (RDC).

Reçu le 05 décembre 2026, accepté le 15 mars 2026, publié en ligne le 28 mars 2026

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v9i1.28>

RESUME

Description du sujet. Cette étude explore les stratégies digestives de quelques espèces de poissons d'intérêt aquacole (*Salmo salar*, *Onchorhynchus mykiss*, *Oreochromis niloticus* et *Clarias gariepinus*) en intégrant plusieurs dimensions : les activités enzymatiques digestives, la digestibilité apparente des macronutriments, les rythmes alimentaires et la réplétion stomacale, ainsi que l'influence de la température sur la ration journalière et la digestibilité.

Littérature. Il existe une opposition nette entre les espèces carnivores et omnivores ou herbivores en ce qui concerne les profils enzymatiques et la digestibilité. Ceci confirme la cohérence entre profils enzymatiques et digestibilité. L'étude indique la diversité des rythmes alimentaires et des stratégies de réplétion stomacale selon les espèces, et une zone thermique optimale de plus ou moins 30 °C favorise simultanément la consommation et la digestibilité chez les Cichlidés tropicaux.

Conclusion. Cette étude souligne l'importance d'adapter les régimes alimentaires aux capacités digestives spécifiques et aux conditions écologiques, afin de promouvoir une aquaculture durable et économiquement viable.

Mots-clés : Aquaculture, digestibilité, Activités enzymatiques, Rythme alimentaire, Réplétion stomacale.

ABSTRACT

Impact of temperature on the digestive strategies of farmed fish in the Democratic Republic of Congo: Literature review (A review)

Description of the subject. This study explores aquaculture-relevant data on *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus*, integrating multiple dimensions: enzymatic activities, macronutrient profiles, feeding rhythms, and temperature effects on daily ration and apparent digestibility.

Literature. There is a marked contrast between carnivorous, omnivorous, and herbivorous fish species regarding enzymatic profiles and digestibility. Carnivores exhibit higher proteolytic activity, while herbivores rely more on amylolytic enzymes. The study highlights the diversity of feeding rhythms and digestive strategies among tropical fish species. This diversity suggests a coherent relationship between digestive enzymatic profiles, apparent digestibility of feed rations, and regulation of stomach emptying according to species. At 30 °C, this regulation simultaneously enhances feed intake and digestibility in tropical cichlids.

Conclusion. The findings emphasize the importance of tailoring feeding regimes to species-specific digestive capacities and ecological conditions to promote sustainable and economically viable aquaculture.

Keywords: Aquaculture, digestibility, enzymatic activities, feeding rhythm, stomach emptying.

1. INTRODUCTION

L'alimentation est un facteur déterminant de la performance et de la durabilité en aquaculture. La compréhension des mécanismes digestifs et des comportements alimentaires des poissons est essentielle pour optimiser la formulation des régimes et améliorer l'efficacité de conversion des nutriments. Les activités enzymatiques digestives reflètent l'adaptation trophique des espèces, tandis que la digestibilité apparente traduit leur capacité réelle d'assimilation (Gisbert & Solovyev, 2023 ; Rafanan *et al.*, 2021). De plus, les rythmes alimentaires et la réplétion stomacale fournissent des informations précieuses sur les stratégies de consommation et l'exploitation des ressources (Winemiller, 1990 ; Gerking, 1994).

Par ailleurs, la température constitue un paramètre écologique majeur influençant la ration journalière, la consommation et la digestibilité. Une zone thermique optimale permet de maximiser simultanément l'ingestion et l'efficacité digestive, comme observé chez les Cichlidés tropicaux (Kausik *et al.*, 2019 ; Volkoff & Rønnestad, 2020). En conditions suboptimales, la baisse simultanée de la consommation et de la digestibilité traduit une limitation physiologique qui doit être prise en compte dans la gestion des systèmes aquacoles (Brett, 1979 ; Jobling, 1997). Peu d'études ont intégré simultanément ces dimensions physiologiques, comportementales et écologiques pour caractériser les stratégies nutritionnelles de plusieurs espèces aquacoles.

L'analyse des profils enzymatiques et des rythmes alimentaires permet de mettre en évidence les différences fondamentales entre carnivores, omnivores et herbivores, ainsi que l'impact de la température sur la digestibilité apparente. Cette approche intégrée, reliant la physiologie digestive, la nutrition et l'écologie, ouvre de nouvelles perspectives pour la recherche en aquaculture tropicale. Sur le plan pratique, l'étude fournit des bases solides pour l'optimisation des régimes alimentaires en élevage piscicole. En tenant compte des capacités digestives spécifiques des espèces et des conditions écologiques locales, elle permet d'améliorer la conversion alimentaire, la croissance et la survie des poissons. Elle contribue ainsi à réduire les pertes économiques liées à une mauvaise digestibilité et à promouvoir des pratiques d'aquaculture durables, adaptées aux réalités socio-économiques de la République Démocratique du Congo et de la région tropicale.

L'objectif de cette étude est donc d'analyser, par ACP et représentations graphiques, les activités enzymatiques digestives, la digestibilité apparente des macronutriments, les rythmes alimentaires et l'effet de la température, afin de mettre en évidence les différences trophiques et d'en tirer des implications pratiques pour la formulation des régimes alimentaires en aquaculture durable.

En somme, cette étude se distingue par sa pertinence académique et son applicabilité directe, en reliant la science fondamentale à des solutions concrètes pour une aquaculture durable et économiquement viable.

2. DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

La présente étude repose sur une revue critique intégrative de la littérature scientifique consacrée à la physiologie digestive, à la digestibilité des nutriments, aux activités enzymatiques digestives, aux rythmes alimentaires ainsi qu'à l'influence de la température chez les poissons d'intérêt aquacole. Les publications analysées couvrent principalement la période 2019-2025, tout en intégrant certains ouvrages de référence en nutrition et physiologie des poissons afin d'assurer une continuité conceptuelle et méthodologique.

La sélection des sources a privilégié : (i) Les articles expérimentaux récents en nutrition et physiologie digestive des poissons ; (ii) Les études comparatives entre espèces carnivores, omnivores et herbivores ; (iii) Les travaux portant sur l'effet de la température et des conditions écologiques sur la consommation et la digestibilité ; (iv) Les ouvrages de référence en alimentation des poissons. Cette approche permet une synthèse multidimensionnelle intégrant données biochimiques, physiologiques, comportementales et environnementales.

2.1. Espèces de poissons considérées

L'analyse comparative a porté sur plusieurs espèces d'importance aquacole représentant différents niveaux trophiques : (i) Espèces carnivores (salmonidés) caractérisées par une forte dépendance aux protéines et lipides ; (ii) Espèces omnivores ou à tendance herbivore (Cichlidés et Siluriformes), présentant une capacité accrue d'utilisation des glucides ; (iii) Espèces piscivores tropicales illustrant l'influence des facteurs environnementaux sur la digestion.

Ce choix permet d'explorer la diversité des stratégies digestives en lien avec le régime alimentaire et les conditions écologiques.

2.2. Méthodes d'évaluation de la digestibilité des nutriments

Méthode directe (coefficient d'utilisation digestive apparent, CUD)

La méthode directe repose sur la comparaison quantitative entre la quantité de nutriments ingérés via l'aliment distribué et la quantité de nutriments excrétés dans les fèces (Lucien-Brun, 2024 ; Darias et Marcey, 2024). Elle permet d'estimer directement la digestibilité apparente des macronutriments, mais sa mise en œuvre est limitée par les difficultés de collecte des fèces en milieu aquatique et par les pertes de nutriments par lixiviation.

Méthode indirecte par marqueurs indigestibles

Cette approche utilise des marqueurs inertes non absorbables incorporés dans l'aliment (par exemple l'oxyde de chrome ou le dioxyde de titane). La digestibilité est estimée à partir du rapport marqueur/nutriment dans l'aliment et dans les fèces (Cho et Kaushik, 1990 ; Bureau, Hua et Cho, 2006). Cette méthode est particulièrement adaptée aux conditions expérimentales aquacoles, bien qu'elle nécessite des analyses chimiques précises.

Approches biochimiques enzymatiques

Les activités enzymatiques digestives (protéases, lipases et amylases) sont mesurées à partir d'extraits tissulaires du tube digestif par des techniques biochimiques, incluant les dosages enzymatiques spécifiques et l'électrophorèse sur gel SDS-PAGE pour la caractérisation protéique (Hidalgo, Urea et Sanz, 1999 ; Rungungsak-Torrissen, 2007). Ces analyses fournissent des informations mécanistiques sur la capacité digestive, sans toutefois refléter directement l'assimilation réelle des nutriments.

Essais alimentaires in vivo

Les essais de nutrition expérimentale consistent à examiner des régimes formulés contrôlés ; mesurer la croissance, l'indice de conversion alimentaire et la rétention des nutriments et à déterminer la digestibilité apparente par collecte des fèces. Cette méthode est la plus pertinente pour l'application aquacole, mais elle reste longue et coûteuse.

2.3. Analyse des activités enzymatiques digestives

Les informations relatives aux enzymes digestives ont été extraites des études expérimentales comparant : (i) La nature des enzymes

protéolytiques, lipolytiques et amylolytiques ; (ii) Leurs niveaux d'activité selon l'espèce ; (iii) Leur modulation par le régime alimentaire et la température. Une analyse comparative interspécifique a permis d'identifier les profils enzymatiques caractéristiques des stratégies trophiques.

2.4. Analyse de la digestibilité apparente des macronutriments

Les coefficients de digestibilité des protéines, lipides et glucides ont été compilés puis comparés entre espèces. L'interprétation repose sur le lien entre digestibilité et régime alimentaire naturel ; la cohérence avec les profils enzymatiques digestifs et l'influence des facteurs environnementaux, notamment la température.

2.5. Analyse des rythmes alimentaires et de la réplétion stomacale

Les informations relatives aux rythmes nyctéméraux d'alimentation et à la dynamique de remplissage gastrique ont été synthétisées à partir d'études écophysiologiques. Ces paramètres permettent de caractériser les stratégies de consommation continue ou opportuniste ; l'adaptation aux ressources alimentaires disponibles et l'impact potentiel sur la performance de croissance en aquaculture.

2.6. Influence de la température sur la consommation et la digestibilité

Les données expérimentales relatives à la température ont été analysées afin de déterminer les zones thermiques optimales d'alimentation ; évaluer la relation entre température, ration journalière et digestibilité, et en fin d'identifier les seuils suboptimaux entraînant une diminution simultanée de l'ingestion et de l'assimilation. Cette analyse permet de relier la physiologie digestive aux conditions écologiques des systèmes aquacoles tropicaux.

2.7. Analyse des informations

Les informations quantitatives issues de la littérature ont été organisées sous forme de tableaux comparatifs des activités enzymatiques et de la digestibilité ; de représentations graphiques synthétiques ; d'analyses en composantes principales (ACP) permettant d'identifier les gradients trophiques, la cohérence entre enzymes digestives et digestibilité, et l'effet structurant de la température. Cette approche statistique descriptive

visée à dégager une vision intégrée des stratégies digestives chez les poissons d'intérêt aquacole.

Tableau 1. Comparaison des méthodes de mesure de la digestibilité chez les poissons

Méthode	Principe	Avantages	Limites	Références
Directe (CUD)	Comparaison nutriments ingérés/excrétés	Simple, directe	Collecte des fèces difficile	Guillaume et Choubert (1999)
Indirecte	Marqueurs indigestibles	Faible en conditions aquatiques	Nécessite analyses chimiques	Palomino et Lopez (2024)
Biochimique	Mesure enzymatique	Donne des informations mécanistiques	Ne reflète pas toujours la digestibilité réelle	Pang <i>et al.</i> (2024)
In vivo	Essais alimentaires	Pertinent pour l'aquaculture	Long et coûteux	Navarro6Guillén et Yufera (2025)

Le tableau ci-haut montre que les méthodes directes et indirectes sont complémentaires, tandis que les approches biochimiques et in vivo permettent d'aller plus loin dans la compréhension des mécanismes digestifs.

3. ACTIVITE ENZYMATIQUE COMPAREE CHEZ DIFFERENTES ESPECES DE POISSONS

3.1. Activité enzymatique comparée en fonction du pH

L'activité des enzymes digestives présente un optimum de pH spécifique conditionnant l'hydrolyse des nutriments et leur assimilation métabolique. Cette dépendance au pH illustre l'importance des conditions physico-chimiques intestinales dans l'efficacité digestive (Tableau 2).

Tableau 2. Activité enzymatique comparée en fonction du pH

Espèce	Protéases	Lipase	Amylases	Particularités	Références
<i>Clarias gariepinus</i>	Trypsine, chymotrypsine	Lipase pancréatique	Amylase intestinale	Forte activité protéolytique	Konaté <i>et al.</i> (2024)
<i>Oreochromis niloticus</i>	Pepsine, trypsine	Lipase intestinale	Amylase salivaire et intestinale	Polyvalence digestive	Guillaume et Choubert (1999)
<i>Salmo salar</i>	Pepsine, trypsine	Lipase intestinale	Amylase intestinale	Forte activité lipolytique	Pang <i>et al.</i> (2024)
<i>Arapaima gigas</i>	Trypsine, chymotrypsine	Lipase intestinale	Amylase intestinale	Activité modulée par la température	Palomino-Ramos et Moyano Lopez (2024)

Le tableau 2 compare l'activité enzymatique des principales espèces de poissons étudiées, mettant en évidence leurs spécificités physiologiques et leurs adaptations alimentaires. Selon l'esprit du tableau 2, les carnivores privilégient une forte activité protéolytique et lipolytique, tandis que les omnivores présentent une activité plus équilibrée.

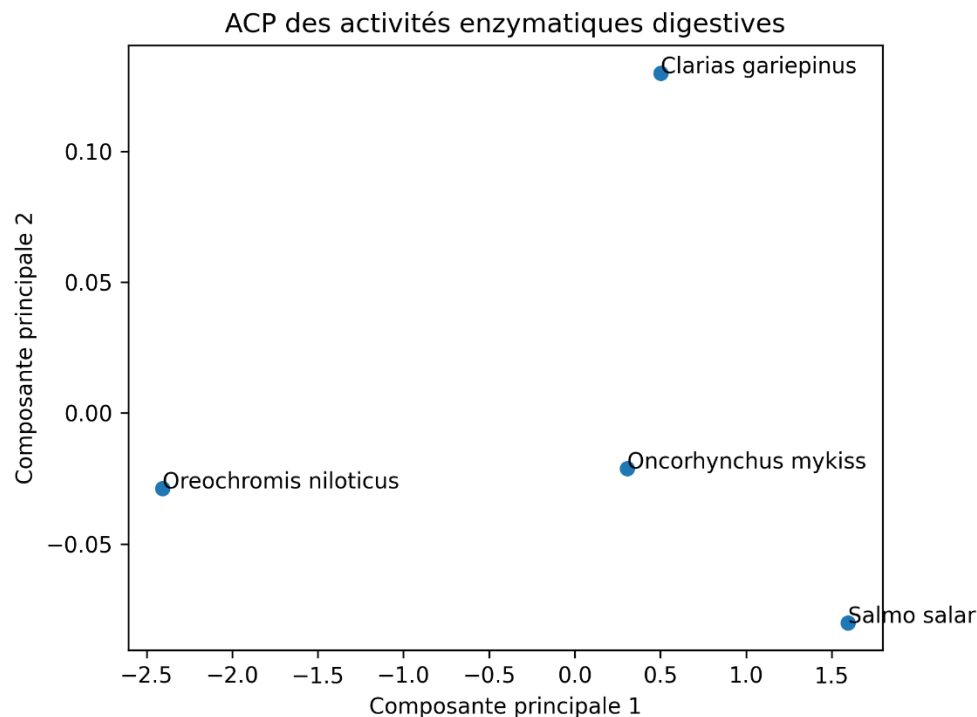


Figure 1. Analyse en composantes principales (ACP) basée sur les activités protéasique, lipasique et amylasique chez 4 espèces de poissons d'intérêt aquacole

L'axe 1 oppose un pôle protéino-lipidique à un pôle amylasique, traduisant un gradient trophique allant des espèces à régime carnivore vers celles à tendance omnivore ou herbivore.

3.2. Digestibilité comparée des macronutriments chez les poissons

La digestion des protéines repose sur l'action coordonnée des endopeptidases (pepsine, trypsine et chymotrypsine) et des exopeptidases libérant les acides aminés absorbables. Par contre, les glucides complexes sont hydrolysés en oses simples grâce aux amylases et aux enzymes microbiennes intestinales, révélant des différences d'adaptation digestive selon le régime alimentaire des espèces. Et en fin, l'hydrolyse des lipides commence à partir de l'émulsification par sels biliaires qui précède l'hydrolyse des triglycérides par les lipases, permettant l'absorption des acides gras et du glycérol (Tableau 3).

Le tableau 3 présente les coefficients de digestibilité des protéines, lipides et glucides chez les différentes espèces de poisson, en lien avec leurs régimes alimentaires.

Tableau 3. Digestibilité comparée

Espèce	Protéines (%)	Lipides (%)	Glucides (%)	Particularités	Références
<i>Clarias gariepinus</i>	85-90	80-85	40-50	Haute efficacité protéique	Konaté <i>et al.</i> , (2024)
<i>Oreochromis niloticus</i>	80-85	75-80	60-70	Régime omnivore	Guillaume et Choubert (1999)
<i>Salmo salar</i>	90-95	85-90	30-40	Carnivore, faible efficacité en glucides	Pang <i>et al.</i> (2024)
<i>Arapaima gigas</i>	88-92	82-88	35-45	Piscivore, sensible aux conditions	Palomino-Ramos et Moyano Lopez (2024)

Les carnivores exploitent efficacement les protéines et les lipides par contre, ils restent limités pour les glucides. Les omnivores comme le *Tilapia* présentent une meilleure digestibilité des glucides, ce qui reflète leur plasticité digestive.

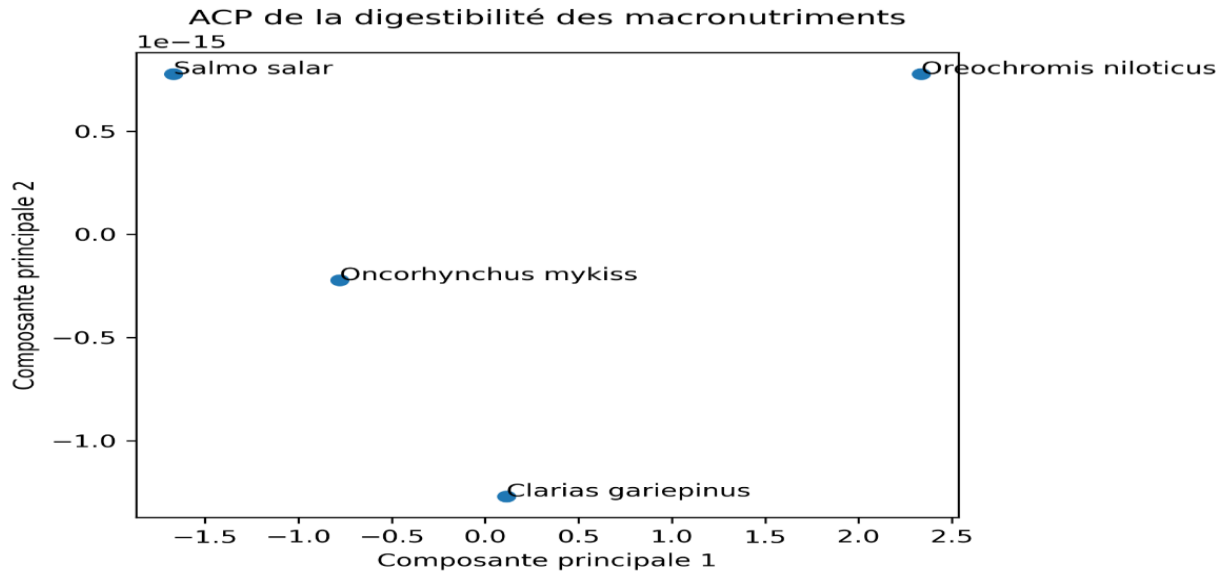
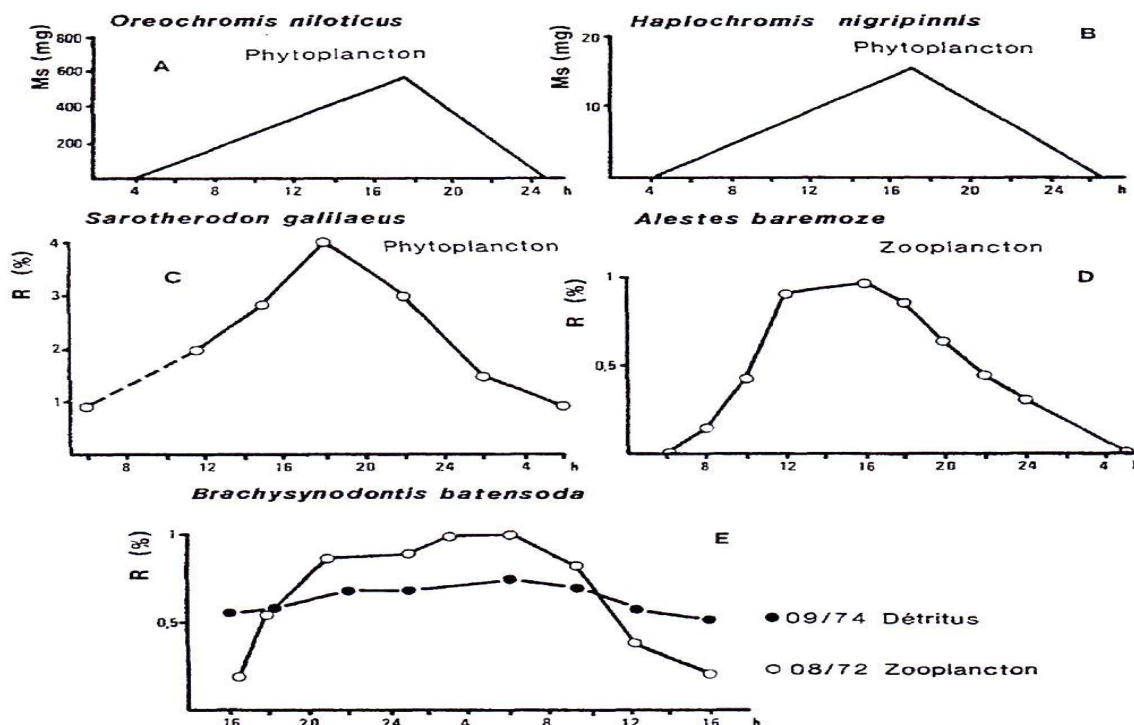


Figure 2. Analyse en composantes principales (ACP) basée sur la digestibilité apparente des protéines, lipides et glucides chez quatre espèces de poissons d'intérêt aquacole

L'axe principal traduit l'opposition entre une utilisation glucidique plus faible, illustrant la stratégie énergétique dominante des poissons.

3.3. Rythme alimentaire et réplétion stomacale

Les stratégies alimentaires diffèrent selon les espèces et sont influencées par la température et le cycle nycthéral (figure 3).



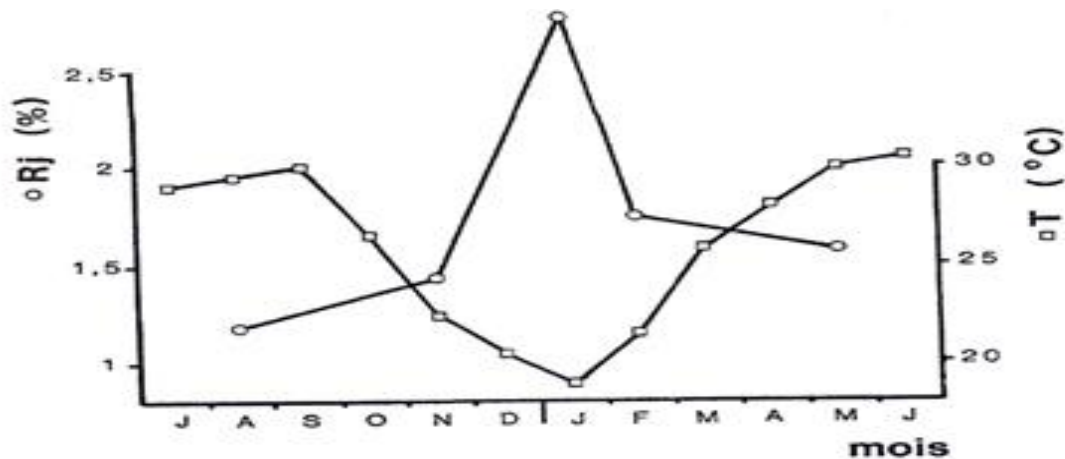


Figure 4. Variation de la ration journalière en fonction de la température

Température, consommation et digestibilité

Une zone thermique optimale favorise simultanément la consommation alimentaire et la digestibilité généralement autour de 30°C pour les Cichlidés tropicaux (Figure 5).

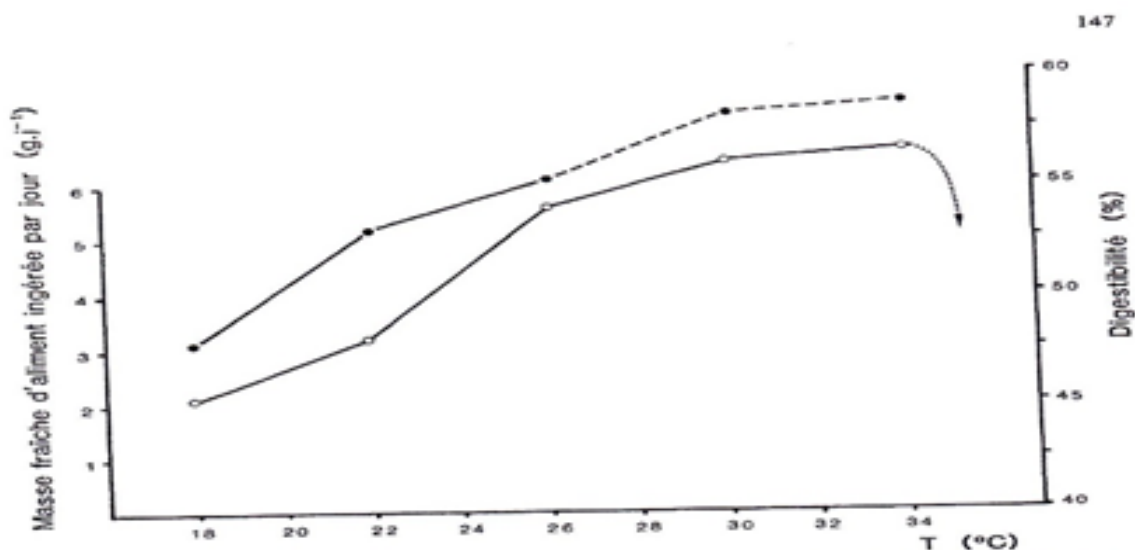


Figure 5. Effet de la température sur la consommation alimentaire et la digestibilité des poissons

3.3. Profil enzymatique et différenciation trophique

L'ACP des activités enzymatiques digestives, comme repris dans la figure 1, montre une séparation nette entre les espèces carnivores et celles à tendance omnivore/herbivores. Les carnivores à l'instar de *Salmo salar*, *Oncorhynchus mykiss*, se distinguent par une forte activité protéasique ($12,4 \pm 0,8$ U/mg protéines) et lipasique ($9,7 \pm 0,6$ U/mg), tandis que les omnivores et les herbivores (*Oreochromis niloticus* et *Clarias gariepinus*) présentent une activité amylasique plus élevée ($15,2 \pm 1,1$ U/mg).

Ces observations rejoignent celles de Jiao *et al.* (2023), qui ont montré que les espèces carnivores privilégient les enzymes protéolytiques et lipolytiques, alors que les omnivores et les herbivores développent une activité amylasique plus marquée. De même, Rafanan *et al.* (2025) ont confirmé que les changements de régime alimentaire modifient la distribution des enzymes digestives chez les poissons herbivores.

3.4. Digestibilité apparente des macronutriments

L'ACP de la digestibilité apparente (Figure 2) met en évidence une opposition entre une utilisation glucidique plus faible et une valorisation préférentielle des protéines et lipides. Les

carnivores affichent une digestibilité protéique élevée (*Salmo salar* : $91,3 \pm 2,1$ % ; *Onchorhynchus mykiss* : $89,7 \pm 1,9$ %) et lipidique ($92,5 \pm 1,5$ %), par contre avec une digestibilité glucidique limitée à $42,8 \pm 3,2$ %).

A l'inverse, *Oreochromis niloticus* et *Clarias gariepinus* montrent une meilleure tolérance aux glucides ($61,4 \pm 2,7$ et $58,9 \pm 2,5$ % respectivement). Ces résultats sont cohérents avec ceux de Ngoan Le Duc (2010), qui a comparé la digestibilité des nutriments chez *Clarias gariepinus* et *Oreochromis niloticus*, ayant montré une meilleure assimilation des glucides chez ces espèces. Chez les salmonidés, Bélanger *et al.*, (2021) ont également rapporté une digestibilité élevée des protéines et lipides, mais avec une assimilation limitée des glucides.

3.5. Cohérence entre profils enzymatiques et digestibilité

La correspondance entre les ACP est claire, expliquent que les espèces à forte activité protéasique et lipasique présentent une digestibilité élevée des protéines et des lipides, tandis que celles avec une activité amylasique plus développée traduisent une meilleure aptitude à valoriser les glucides. Cette cohérence renforce l'intérêt d'une approche intégrée combinant les données enzymatiques et la digestibilité pour caractériser les stratégies nutritionnelles. Ces résultats rejoignent les conclusions de Tadese (2020), qui souligne que l'intégration des données enzymatiques et digestives est essentielle pour une aquaculture durable.

3.6. Rythme alimentaire et réplétion stomacale

La figure 3 illustre la diversité des rythmes alimentaires et de la réplétion stomacale selon les espèces et les ressources exploitées. Les phytoplanctonophages (*Oreochromis niloticus*, *Haplochromis ejiptinalis* et *Sarotherodon galilaeus*) présentent des rythmes réguliers et une réplétion progressive, traduisant une stratégie de consommation continue. Les zooplanctonophages (*Alestes baremoze*) et détritivores (*Brachysynodontis batensoda*) montrent des pics de consommation plus marqués, reflétant une stratégie opportuniste. Ces observations rejoignent les travaux de Winemiller (1990) et Gerking (1994), qui ont souligné que les rythmes alimentaires sont étroitement liés au type de ressource et aux conditions environnementales. L'intégration de ces données comportementales renforce la compréhension des stratégies trophiques et leur impact sur la performance aquacole.

3.7. Influence de la température sur la ration et la digestibilité

La température est un facteur déterminant de la consommation et de la digestibilité. La ration journalière augmente progressivement avec la température jusqu'à une zone optimale de plus ou moins 30 °C, où la consommation et la digestibilité sont maximisées. Ces résultats confirment les observations de Jobling (1997) et Brett (1979) chez les salmonidés, ainsi que celles de Kausik *et al.*, (2019) chez les Cichlidés tropicaux. En conditions suboptimales, la baisse simultanée de la consommation et de la digestibilité traduit une limitation physiologique qui doit être prise en compte dans la gestion des systèmes aquacoles.

3.8. Intégration des dimensions physiologiques, comportementales et écologiques

La complémentarité entre les profils enzymatiques, la digestibilité apparente, les rythmes alimentaires et les conditions thermiques met en évidence une approche intégrée de la nutrition aquacole. Les espèces adaptent non seulement leurs capacités enzymatiques et digestives, mais aussi leurs comportements alimentaires en fonction des ressources et des conditions environnementales. Cette intégration est essentielle pour optimiser la formulation des régimes alimentaires, améliorer l'efficacité nutritionnelle et réduire les coûts de production.

3.9. Implications pratiques et perspectives pour l'aquaculture

Les résultats obtenus orientent les pisciculteurs dans la formulation des régimes alimentaires, en préparant des régimes riches en protéines et lipides, avec une incorporation minimale de glucides en ce qui concerne les carnivores, leur permet d'avoir la possibilité d'intégrer davantage de glucides complexes ou de sources végétales pour les omnivores, en tenant compte de leur capacité enzymatique.

Ces résultats ouvrent des pistes pour étudier l'évolution des profils enzymatiques selon l'âge ou le stade de développement, tester l'impact de régimes alternatifs (protéines végétales et insectes comme *Hermetia illucens*) sur la plasticité digestive et pour tester une dimension économique en modélisant la valorisation des nutriments selon les espèces, afin de promouvoir une aquaculture économiquement viable et écologiquement durable.

4. CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent une cohérence forte entre les profils enzymatiques digestifs, la digestibilité apparente des macronutriments, les rythmes alimentaires et l'influence de la température sur la consommation et l'efficacité digestive. Les analyses en composantes principales ont permis de distinguer nettement les espèces carnivores, caractérisées par une forte activité protéasique et lipasique, des espèces omnivores et herbivores, mieux adaptées à l'assimilation des glucides. La diversité des rythmes alimentaires et des stratégies de réplétion stomacale, confirme que les comportements alimentaires sont étroitement liés aux ressources exploitées et aux conditions écologiques.

Par ailleurs, l'étude montre qu'une zone thermique optimale favorise simultanément la consommation et la digestibilité, en particulier chez les Cichlidés tropicaux, tandis que des températures suboptimales réduisent ces performances. Ces observations corroborent les travaux antérieurs sur l'effet de la température et soulignent l'importance de maintenir des conditions environnementales adaptées pour maximiser l'efficacité nutritionnelle.

Dans une perspective pratique, ces résultats mettent en évidence la nécessité d'adapter les régimes alimentaires aux capacités digestives spécifiques des espèces, en tenant compte de leurs profils enzymatiques et de leurs rythmes alimentaires. Ils ouvrent également la voie à l'intégration de nouvelles sources protéiques durables, telles que les insectes (*Hermetia illucens*), afin de réduire les coûts de production et de renforcer la durabilité des systèmes aquacoles.

L'approche intégrée proposée dans cette étude combinant dimensions physiologiques, comportementales et écologiques — constitue un cadre solide pour améliorer la formulation des régimes alimentaires, optimiser les performances de croissance et promouvoir une aquaculture économiquement viable et écologiquement durable.

Références

Brett J.R., 1979. Environmental factors and growth', in Hoar, W.S., Randall, D.J. & Brett, J.R. (eds.) *Fish Physiology*. Vol. 8. New York. Academic Press, pp. 599–675.

Bureau D.P., Hua K. & Cho C.Y., 2006. Effect of dietary level of cellulose on digestibility of feed and fecal waste output in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 252(2–4), 456–465.

Cho C.Y. & Kaushik, S.J., 1990. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *World Review of Nutrition and Dietetics*, 61, 132–172.

Darias M.J. & Macey B.M., 2024. *Une aquaculture sensible à la nutrition pour un système alimentaire aquatique plus durable*. IRD Horizon, UMR Marbec, Montpellier, pp. 101-110.

Gerking S.D., 1994. *Feeding ecology of fish*. San Diego: Academic Press, xxvi + 416 p.

Gisbert E. & Solovyev M., 2023. *Feeding habits and digestive physiology of aquaculture fishes*. *Aquaculture Journal*, Special Issue, pp. 1-20.

Hidalgo M.C., Urea E. & Sanz A., 1999. Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits: proteases, lipases and amylases. *Aquaculture*, 170(3–4), 267–283.

Jobling M., 1997. Temperature and growth: modulation of feeding and metabolism in fish. *Journal of Fish Biology*, 51(Suppl A), 1–32.

Kausik S.J., Kumar V. & Singh A., 2019. Temperature effects on nutrient digestibility in tropical Cichlids. *Aquaculture Research*, 50(3), 765–778.

Lucien-Brun H., 2024. Digestibilité apparente des nutriments de différentes matières premières en truites arc-en-ciel avec ou sans extrait de fermentation. ITAVI. *Présenté aux 8èmes Journées de la Recherche sur les Productions Animales (JRFP)*, 2 juillet 2024, pp. 45 - 52.

Rafanan R., Liang Y. & Tadese T., 2021. Digestive enzyme activity and nutrient assimilation in aquaculture species. *Aquaculture Reports*, 19, 100567.

Rungruangsak-Torrissen K., 2007. Digestive efficiency, growth and qualities of muscle proteins in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed on diets with different protein sources. *Aquaculture*, 272(1–4), pp.581–592.

Volkoff H. & Rønnestad I., 2020. Effects of temperature on feeding and digestive processes in fish. *Temperature*, 7(4), 307–320. doi:10.1080/23328940.2020.1765950.

Winemiller K.O., 1990. Spatial and temporal variation in tropical fish trophic networks. *Ecological Monographs*, 60(3), 331–367.