

L'Institut Agro Rennes-Angers

☐ Site d'Angers ☒ Site de Rennes

Année universitaire : 2024 -2025 Spécialité : Ingénieur agronome Spécialisation (et option éventuelle) : Sciences Halieutiques et Aquacoles (AQUA)	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)
--	--

Conception et développement d'un outil d'aide à la décision pour optimiser la programmation alimentaire chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*)

Résumé

Par : Matthieu VIMOND

Soutenu à Rennes le 11/09/2025

Devant le jury composé de :

Président : Bastien SADOUL

Maître de stage : Victor DUMAS

Enseignant référent : Bastien SADOUL

Autres membres du jury (Nom, Qualité) :

Hervé LE BRIS, Enseignant-chercheur
L'Institut Agro Rennes-Angers

Joel AUBIN, Ingénieur de recherche, UMR
SAS

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



Remerciements

Je tenais tout d'abord à remercier mon maître de stage, Victor Dumas de m'avoir permis de réaliser ce stage dans de bonnes conditions. Encore merci pour le suivi, les conseils et la motivation apportés tout au long de ces six mois.

Plus généralement, j'aimerais remercier l'ensemble du service aquaculture de la coopérative Le Gouessant pour leur gentillesse et leur confiance. En particulier Yann Marchand pour sa disponibilité et ses précieux conseils.

Merci à mon tuteur de stage, Bastien Sadoul pour sa réactivité et la qualité de nos échanges pendant ce stage.

Enfin, merci à mes parents, pour leur soutien sans faille.

Table des matières

I.	Introduction	5
II.	Matériel et méthodes	6
III.	Exemples d'utilisation	8
IV.	Discussion et conclusion.....	9
V.	Bibliographie	11

Liste des illustrations

Tableau 1 : Attentes envers l'outil et leurs implications sur le design et la construction	7
--	---

I. Introduction

Depuis le milieu des années 2010, la production truiticole française connaît une stagnation (FEAP 2020). Plusieurs facteurs expliquent cette situation. D'un côté, les contraintes réglementaires limitent l'augmentation des volumes, et la production en raceways est confrontée à des enjeux comme le réchauffement des eaux et les réglementations sur les rejets. À ces difficultés s'ajoutent, ces dernières années, une augmentation des charges d'exploitation (notamment l'énergie et l'achat d'aliment). Du côté de la demande, la consommation de produits de la mer diminue sous l'effet de l'inflation alimentaire (INSEE 2023). Ce qui affecte directement la production de Très Grosses Truites (TGT) destinées à la fumaison (>2,5kg), principal produit issu des élevages français. La rentabilité économique des exploitations est donc fragilisée.

L'optimisation de l'utilisation de l'aliment constitue un levier stratégique important de cette rentabilité. L'aliment représente en effet le premier poste de dépenses en pisciculture, souvent supérieur à 40 % des charges totales (Rana et al., 2009). Une gestion rigoureuse du nourrissage devient indispensable pour maintenir la viabilité économique des élevages. L'aliment doit avant tout répondre aux besoins nutritionnels des truites (énergie, protéines, lipides, minéraux et vitamines) grâce à des formulations adaptées. Mais les fabricants, à l'image de Le Guessant Aquaculture, sont de plus en plus sollicités pour accompagner les pisciculteurs dans une gestion plus précise du nourrissage.

La programmation alimentaire vise à optimiser la croissance, la santé, la survie et le bien-être des truites. Cette approche est particulièrement pertinente pour l'élevage de truites arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*). D'abord, la truite est une espèce carnivore de haut niveau trophique, nécessitant des aliments extrudés riches en protéines et en lipides de haute qualité, facilement digestibles, avec des profils d'acides aminés et d'acides gras adaptés. La mauvaise utilisation de ces aliments entraîne à la fois des pertes économiques et des rejets importants dans l'élevage et dans l'environnement. Deuxièmement, la truite régule spontanément sa prise alimentaire en fonction de la densité énergétique des aliments (Cho & Bureau, 1995; Yamamoto et al., 2002). Une fois ses besoins énergétiques satisfaits (MJ/kg de gain de poids), elle cesse de s'alimenter. Cette caractéristique ouvre la voie à une optimisation fine du rationnement afin d'éviter à la fois le sur-nourrissage (source de gaspillage et de pollution du milieu) et le sous-nourrissage (limitation de la croissance et augmentation du stress et de la compétition entre individus).

Dans ce contexte, les pisciculteurs expriment une demande croissante d'outils capables d'accompagner cette optimisation. Ils souhaitent améliorer la croissance de leurs truites tout en réduisant l'Indice de Conversion (IC). Le développement d'un Outil d'Aide à la Décision (OAD) dédié à la programmation alimentaire apparaît donc comme une réponse adaptée aux enjeux économiques et environnementaux de la filière. Les acteurs de la nutrition aquacole, tels que Le Guessant Aquaculture, s'intéressent aujourd'hui à la mise en place d'OAD dédiés à la programmation alimentaire. Ces solutions numériques visent à affiner le pilotage de la nutrition en ajustant le type, la

quantité et le moment de distribution des aliments aux besoins réels des poissons et aux conditions d'élevage.

Les OAD numériques connaissent un essor depuis le début des années 2000 dans le domaine de la nutrition animale terrestre, mais leur adaptation à l'aquaculture se heurte à de nombreuses limites. En effet, les poissons présentent des spécificités biologiques qui compliquent l'adaptation de ces outils, notamment leur ectothermie (absence de régulation de la température corporelle). La production aquacole est soumise à une variabilité environnementale importante, liée notamment à la température, à l'oxygène dissous et à la qualité de l'eau, paramètres qui influencent directement la croissance et la consommation des espèces piscicoles comme la truite. À ces contraintes s'ajoutent la diversité des espèces et des systèmes d'élevage, qui rend difficile la standardisation d'outils numériques, ainsi que la disponibilité encore limitée et hétérogène des données de terrain nécessaires au fonctionnement des OAD de nutrition animale « classiques ». Face à ces défis, les fabricants d'aliments aquacoles ont commencé à développer des solutions internes adaptées, utilisées dans le cadre de leur accompagnement technique auprès des éleveurs. Parmi elles, on peut citer par exemple les outils BIOFARM (Biomar) et AQUASIM (Skretting).

C'est dans ce contexte que s'est déroulé ce stage, avec pour objectif de concevoir et de développer un OAD spécifiquement adapté à la filière truite française. Le projet devait tenir compte des particularités biologiques et techniques propres à la truite. Cet outil devait également être en adéquation avec les besoins internes des différents pôles de Le Gouessant Aquaculture (commerce, R&D, formulation, direction).

II. Matériel et méthodes

Le développement de cet OAD a été réalisé sous Microsoft Excel 2021, dans un format .xlsm intégrant des macros VBA (*Visual Basic for Applications*). Ce choix repose sur trois critères principaux : le logiciel est maîtrisé par l'ensemble du service aquaculture (formulation, R&D, commerce), il est facilement utilisable sur le terrain via des ordinateurs portables ou des tablettes, et il permet une gestion et une actualisation simples des bases de données.

Concernant la mise en place de ce projet, la conception et le développement de cet outil informatique ont été organisés selon les principes de la méthode RAD (*Rapid Application Development*) (Hugues et al., 1996). Cette méthode, encore très utilisée dans la construction de logiciels informatiques, permet de structurer une conduite de projet en cinq phases : Initialisation, Cadrage, Design, Construction, Finalisation. Cette organisation de la conduite de projet a d'abord permis de définir les attentes envers l'outil et ses implications pour le design et la construction, par l'intermédiaire de différents échanges avec les collaborateurs de Le Gouessant Aquaculture (voir Tableau 1 ci-après).

Tableau 1 : Attentes envers l'outil et leurs implications sur le design et la construction

Catégories	Attentes	Implications pour l'outil
Gestion des Bases De Données (BDD)	• Mises à jour simplifiées (gammes et formules d'aliment) • Changement de sources nutritionnelles facilité (logiciel de formulation ou fiches techniques distribuées aux pisciculteurs) • Intégration des données nutritionnelles des aliments concurrents	• Onglets dédiés aux imports de BDD • Structuration des imports en tables structurées • Sélection des sources souhaitées par l'utilisateur via des listes déroulantes
Mise à jour de données par l'utilisateur	• Collecte de paramètres d'élevage (IC, besoins énergétiques, TN, mortalité...) • Actualisation des prix (en fonction des clients, des années)	• Onglets dédiés à la saisie de données d'élevage (tableaux) • Formulaires de saisies automatisés (avec macros VBA)
Interface & Ergonomie	• Navigation intuitive • Prise en main rapide	• Menu généraux • Liens hypertextes inter-onglets • Visualisations épurées (tableaux/ graphiques)
Affichages	• Analyse et comparaison - d'informations nutritionnelles - de performances zootechniques, économiques et de rejets ➔ Entre différentes sources : (théorie Gouessant, théorie concurrents, performances	• Calculs centralisés dans un onglet • Calculs dynamiques en fonction des sources choisies par l'utilisateur

	réelles d'élevage) • Grilles d'IC théoriques	• Zones de visualisations dédiées
Exports	• Partage synthétique des résultats	• Génération automatisée de rapports PDF

Basé sur une approche bioénergétique (Cho & Bureau, 1998), cet outil permet de calculer et d'afficher dynamiquement différentes catégories de grandeurs pour l'ensemble du cycle de vie de la truite arc-en-ciel : informations nutritionnelles des aliments, nutriments ingérés, performances zootechniques, performances économiques et performances de rejets théoriques des gammes d'aliments.

III. Exemples d'utilisation

Une fois construit, l'outil a été testé dans différentes situations technico-commerciales afin d'évaluer sa pertinence dans des conditions réelles. Ces applications ont montré la diversité des contextes dans lesquels il peut fournir des éléments utiles pour nourrir le dialogue entre l'entreprise et les pisciculteurs.

Dans un premier cas, il a permis d'évaluer les conséquences économiques et environnementales liées au passage d'une gamme d'aliments conventionnels à une gamme intégrant des Protéines Animales Transformées (PAT). Dans un second exemple, l'outil a été utilisé dans le cadre d'une réclamation d'un client concernant une gamme conventionnelle. L'outil a permis de mettre en perspective les performances d'élevage du site, soit en les comparant à celles d'autres piscicultures, soit à une base théorique de référence. Enfin, un troisième cas a permis d'évaluer l'impact d'un changement d'aliment en fin de cycle. Le pisciculteur souhaitait tester l'hypothèse qu'un ratio protéines digestibles / énergie digestible (PD/ED) plus élevé pouvait améliorer ses performances d'élevage.

Dans chacun de ces exemples, l'outil s'est montré suffisamment flexible et a pu mettre en évidence des tendances : coût alimentaire plus faible mais augmentation des rejets dans le premier exemple, dégradation de l'IC en début de cycle dans le deuxième exemple. Cependant, ces résultats ne prennent leur véritable valeur qu'au travers du dialogue qu'ils entraînent entre Le Gouessant Aquaculture et l'éleveur. Ce dialogue permet de traduire ces résultats en propositions concrètes, comme une discussion sur la capacité du système de traitement des rejets (exemple 1). L'outil constitue ainsi un véritable appui au suivi technico-commercial, renforçant la relation de confiance avec les éleveurs et consolidant l'argumentaire de Le Gouessant Aquaculture.

L'outil final permet l'affichage des données nutritionnelles, ainsi que des évaluations des performances zootechniques, économiques et environnementales théoriques en fonction des choix de nourrissage dans les piscicultures. Les différentes fonctionnalités de l'outil permettent d'utiliser ces résultats de différentes façons : comparer théoriquement différentes gammes d'aliments, confronter les performances de plusieurs élevages, ou encore situer les résultats d'un élevage par rapport à des références théoriques. Sa conception repose par ailleurs sur des principes garantissant sa pérennité et son évolutivité : mise à jour régulière des bases de données nutritionnelles et des prix, intégration des données d'élevage, personnalisation des gammes d'aliments, choix des sources utilisées, affichages dynamiques selon les options retenues par l'utilisateur et ergonomie pensée pour une utilisation simple et compréhensible.

IV. Discussion et conclusion

L'analyse critique de la méthodologie a toutefois mis en évidence plusieurs limites d'utilisation. La première concerne l'approche bioénergétique : pour le moment, les résultats de l'outil sont valables dans des conditions moyennes dites « optimales » (température, oxygène dissous, conditions d'élevage). Les résultats produits ne sont donc pleinement pertinents que lorsque les conditions d'élevage se rapprochent de ces conditions idéales. D'autres limites proviennent du support choisi pour le développement. Si Excel a constitué une solution adaptée notamment pour sa facilité de prise en main par l'ensemble des équipes (commerce, R&D, formulation), ce logiciel présente des limites importantes. En effet, les possibilités d'affichage restent restreintes, l'utilisation de macros VBA entraîne parfois des bugs, les recherches dynamiques sur de grandes bases de données provoquent des ralentissements, et la protection du fichier contre des modifications involontaires demeure difficile à assurer. Ces contraintes affectent à la fois l'expérience utilisateur et la maintenance de l'outil sur le long terme.

Plusieurs perspectives d'évolution sont envisagées pour consolider l'outil. L'une des priorités concerne l'enrichissement de la base de données contenant les données d'élevage (besoins en énergie digestible, indices de conversion, mortalités, durées de cycle). Cette collecte de données pourra permettre à l'outil de s'adapter au mieux aux conditions réelles de production. Par ailleurs, grâce à la collecte des besoins d'autres espèces (élevages, bibliographie, modèles), l'outil pourrait offrir la possibilité de fournir des analyses pour d'autres espèces d'intérêt (ex : bar, dorade, carpe). De plus, la migration de l'outil vers des logiciels plus robustes, comme AUNEOR (OAD interne de la coopérative Le Gouessant) ou Qlik Sense, semble incontournable à moyen terme.

En conclusion, cet OAD constitue déjà un support dynamique, capable de s'adapter à des situations technico-commerciales variées. Les résultats qu'il produit doivent toutefois être interprétés avec prudence : ils représentent seulement des ordres de grandeur, utiles pour comparer différents

scénarios de nourrissage et alimenter la discussion entre les pisciculteurs et Le Gouessant. L'intérêt principal de l'outil est d'être capable de renforcer la relation technico-commerciale et les discussions internes en fournissant des repères quantifiables. La réussite de la mise en œuvre de cet outil dépendra de l'appropriation par les utilisateurs (commerciaux, R&D, formulateurs). De plus, une formation adaptée et un accompagnement régulier seront indispensables pour limiter les risques de mauvaise interprétation des résultats. La pertinence de l'outil repose aussi sur la qualité et la fréquence de remplissage des bases de données, qui devront être remplies correctement afin d'assurer la pérennité de l'outil. Enfin, une maintenance rigoureuse devra aussi être assurée, notamment en termes de gestion des dysfonctionnements, de suivi des versions et d'archivage des données.

Ainsi, bien qu'il reste perfectible, cet OAD constitue une première étape vers un pilotage plus précis de la programmation alimentaire en pisciculture de truite.

V. Bibliographie

- Biomar. (s. d.). *BioFarm*. BioMar. Consulté 27 août 2025, à l'adresse <https://www.biomar.com/fr-fr/aliments-et-services/biofarm>
- Cho, C., & Bureau, D. (1998). Development of bioenergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture. *Aquatic Living Resources*, 11(4), 199-210. [https://doi.org/10.1016/S0990-7440\(98\)89002-5](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(98)89002-5)
- Cho, C. Y., & Bureau, D. P. (1995). Determination of the energy requirements of fish with particular reference to salmonids. *Journal of Applied Ichthyology*, 11(3-4), 141-163. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1995.tb00015.x>
- FEAP PRODUCTION REPORT 2020. (s. d.). Consulté 27 août 2025, à l'adresse https://feap.info/wp-content/uploads/2020/10/20201007_feap-production-report-2020.pdf
- Hugues, J., Leblanc, B., & Morley, C. (1996). *RAD : Une méthode pour développer plus vite*. InterEditions. <https://hal.science/hal-02550424>
- INSEE 2023. (s. d.). *L'essentiel sur... L'inflation | Insee*. Consulté 27 août 2025, à l'adresse <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4268033>
- Le Gouessant. (2024, décembre 11). Avec Aunéor, gagner en efficacité technique et économique. *Le Gouessant*. <https://www.legouessant.com/actualites/avec-auneor-gagner-en-efficacite-technique-et-economique/>
- Rana, K. J., Hasan, M. R., & Siriwardena, S. (avec Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2009). *Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Skretting. (s. d.). *AquaSim*. Skretting. Consulté 27 août 2025, à l'adresse <https://www.skretting.com/fr-fr/innovation/aquasim/>
- Yamamoto, T., Shima, T., Furuita, H., & Suzuki, N. (2002). Influence of feeding diets with and without fish meal by hand and by self-feeders on feed intake, growth and nutrient utilization of juvenile

rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 214(1-4), 289-305.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00035-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00035-2)