

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

ENSSMAL

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Dans le cadre de l'Arrêté Ministériel n° 1275 — Diplôme-Startup

Spécialité : Biotechnologie Marine

Thème :

Optimisation et formulation d'aliment fonctionnel à base de bio-ressources locales pour l'élevage de poissons d'eau douce : performances zootechniques et qualité de la chair

Réalisé par : BOUGUERRA KHIR EDDINE

Devant le jury composé de :

Président : Dr. ALOUACHE souhila ENSSMAL

Examineur : Dr. AIT SAIDI Adel, ENSSMAL

Promoteur : M. KADA Mohamed, ENSSMAL

Co-promoteur : Mr MOBAREK Abderrahmane

Année Universitaire 2025–2026

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je remercie Dieu, **Al-Hamdoulillah**, pour m'avoir donné la force, la patience et la volonté nécessaires à l'accomplissement de ce travail.

Mes remerciements les plus sincères et ma reconnaissance la plus profonde s'adressent à mes chers parents. À mon père, en premier lieu, pour son soutien indéfectible et ses sacrifices tout au long de mon parcours. À ma mère, pour ses encouragements constants, sa patience et son amour inconditionnel, qui ont été pour moi une source inépuisable de force et de persévérance.

Je remercie également mes frères Sifo et Adem, ainsi que notre princesse, ma sœur, pour leur présence, leur soutien moral et leurs encouragements quotidiens tout au long de ce parcours.

Mes remerciements s'adressent ensuite à mon promoteur, **Monsieur KADA Mohamed**, pour son encadrement scientifique rigoureux, sa disponibilité constante et ses précieux conseils tout au long de ce projet. Je remercie vivement mon co-promoteur, **Monsieur MOBAREK Abderrahmane**, pour son appui technique précieux, son soutien constant lors des étapes d'analyse et d'expérimentation.

Ma gratitude va également aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail et de lui apporter leur regard critique et expert.

Nous remercions l'ensemble des formateurs et coachs qui nous ont suivis et accompagnés à travers l'incubateur BlueStart.

Je tiens à remercier chaleureusement **Monsieur Hassan**, responsable de la ferme aquacole de l'ENSSMAL, pour son accueil bienveillant, son soutien logistique et son expertise technique lors des expérimentations.

Je remercie aussi l'équipe qui m'a accompagné tout au long de ces années, en particulier mon frère **Saleh et Benai NB**, pour leur entraide et leur soutien constant. J'adresse mes remerciements à l'ensemble du corps enseignant de l'ENSSMAL pour la qualité de la formation reçue tout au long de mon parcours universitaire, ainsi qu'à l'incubateur universitaire ENSSMAL pour l'accompagnement entrepreneurial apporté dans le cadre du dispositif Diplôme-Startup AM 1275.

Enfin, je dédie une pensée toute particulière à ma famille, dont le soutien moral indéfectible et l'encouragement quotidien ont été une source de force et de persévérance tout au long de ce parcours.

ملخص

في سياق التحول نحو تربية أحياء مائية مستدامة وذات سيادة، تمثل تثمين الموارد الحيوية المحلية الجزائرية فرصة استراتيجية كبرى لتطوير قطاع تربية الأسماك الوطني. يندرج هذا العمل ضمن مقاربة ابتكارية دائرية، تقوم على تصميم وصياغة غذاء وظيفي حبيبي لأسماك البلطي النيلي (*Oreochromis niloticus*)، مُعدّ من مخلفات الدواجن المحلية، والطحلب الأخضر *Ulva lactuca*، ومصادر نشوية محلية. أثبتت التجربة المُجرّاة على 32 فرداً موزعين على مجموعتين متجانستين على مدى 30 يوماً التفوق الملحوظ لعلف AQUABIO على العلف التجاري المرجعي، بمتوسط زيادة في الوزن أعلى بنسبة 51.5٪، ومعدل نمو نوعي يبلغ 2.35٪/يوم، ومعامل تحويل غذائي يبلغ 1.08، مع معدل نجاة 100٪. وتُرافق هذه النتائج الحيوانية دراسة تقنية واقتصادية شاملة تُثبت الجدوى الصناعية والمالية والتجارية لمشروع AQUABIO الناشئ في سوق الأغذية الأحيائية المائية الجزائرية.

الكلمات المفتاحية: غذاء وظيفي مائي، الموارد الحيوية المحلية، الاقتصاد الدائري، البلطي النيلي، الأداء الحيواني، التكنولوجيا الحيوية البحرية، شركة ناشئة مبتكرة، *Ulva lactuca*.

RÉSUMÉ

Dans un contexte de transition vers une aquaculture durable et souveraine, la valorisation des bioressources locales algériennes représente une opportunité stratégique majeure pour le développement de la filière piscicole nationale. Le présent travail s'inscrit dans une démarche d'innovation circulaire, reposant sur la conception et la formulation d'un aliment fonctionnel granulé pour le Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*), élaboré à partir de coproduits avicoles locaux, d'algue verte *Ulva lactuca* et de sources glucidiques locales. L'expérimentation conduite sur 32 individus répartis en deux lots homogènes sur une période de 30 jours a démontré la supériorité significative de l'aliment AQUABIO sur l'aliment commercial de référence, avec un gain de poids moyen supérieur de 51,5 %, un taux de croissance spécifique de 2,35 %/jour et un indice de conversion alimentaire de 1,08, pour un taux de survie de 100 %. Ces résultats zootechniques sont accompagnés d'une étude technico-économique complète validant la faisabilité industrielle, la viabilité financière et les perspectives commerciales de la startup AQUABIO sur le marché algérien des aliments aquacoles.

Mots clés : Aliment fonctionnel aquacole, *Ulva lactuca*, Tilapia du Nil, Bioressources locales, Économie circulaire, Performances zootechniques, Biotechnologie marine, Startup innovante

ABSTRACT

In the context of a transition towards sustainable and sovereign aquaculture, the valorization of local Algerian bioresources represents a major strategic opportunity for the development of the national fish farming sector. This work is part of a circular innovation approach, based on the design and formulation of a functional granulated feed for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), developed from local poultry by-products, green algae *Ulva lactuca*, and Algerian carbohydrate sources. The experiment conducted on 32 individuals divided into two homogeneous groups over a period of 30 days demonstrated the significant superiority of AQUABIO feed over the commercial reference feed, with an average weight gain 51.5% higher, a specific growth rate of 2.35%/day and a feed conversion ratio of 1.08, with a survival rate of 100%. These zootechnical results are accompanied by a complete techno-economic study validating the industrial feasibility, financial viability and commercial prospects of the AQUABIO startup on the Algerian aquafeed market.

Keywords : Functional aquafeed, *Ulva lactuca*, Nile Tilapia, Local bioresources, Circular economy, Zootechnical performance, Marine biotechnology, Innovative startup.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	I
LISTE DES TABLEAUX	II
LISTES DES ABREVIATIONS.....	III
INTRODUCTION.....	1
1. PREMIER AXE : PRÉSENTATION DU PROJET	4
1.1. L'idée de Projet.....	4
1.2. Les valeurs ajoutées	5
1.3. Équipe de Travail	6
1.4. Objectifs du projet.....	7
1.5. Calendrier de Réalisation du Projet	9
2. DEUXIÈME AXE: ASPECTS INNOVANTS	12
2.1. Nature des Innovations.....	12
2.2. Domaines d'innovation.....	12
3. TROISIÈME AXE : ANALYSE STRATÉGIQUE DU MARCHÉ.....	15
3.1. Segmentation du Marché.....	15
3.1.1. Contexte national de l'aquaculture algérienne.....	15
3.1.2. Structure et volumétrie de la demande en aliments aquacoles.....	15
3.1.3. Facteurs moteurs de la demande	16
3.2. Analyse de la Concurrence.....	17
3.3. Stratégie Marketing	19
3.3.1. Présentation de la charte de notre entreprise	19
3.3.2. Le produit et ses caractéristiques	20
3.3.3. Formules et prix	20
3.3.4. Stratégie de communication	20
3.3.5. Stratégie de placement	21
3.3.6. Stratégie de distribution	21

4.	QUATRIÈME AXE : PLAN DE PRODUCTION ET ORGANISATION	24
4.1.	Processus de Production.....	24
4.1.1.	Récolte et récupération des matières premières	24
4.1.2.	Fabrication de l'aliment	25
4.2.	Approvisionnement et Stratégie Durable d'AQUABIO	39
4.3.	Ressources humaines.....	40
4.4.	Principaux Partenaires.....	43
5.	CINQUIÈME AXE : PLAN FINANCIER.....	45
5.1.	LES COÛTS DU PROJET ET L'INVESTISSEMENT INITIAL	45
5.1.1.	Coûts d'investissements et matériaux essentiels.....	45
5.1.2.	Besoins de démarrage.....	46
5.1.3.	Mode de financement des besoins de démarrage	46
5.1.4.	Charges fixes	47
5.1.5.	Masse salariale	48
5.1.6.	Remboursement des dettes	48
5.2.	Le Chiffre d'Affaires	49
5.2.1.	Chiffre d'affaires de base	49
5.2.2.	Chiffre d'affaires — Scénario optimiste et pessimiste	50
5.3.	Les Comptes de Résultat	51
5.3.1.	Seuil de rentabilité annuelle	51
5.3.2.	Comptes de résultats prévisionnels	52
5.3.3.	Calcul du Besoin en Fonds de Roulement d'exploitation (BFR)	53
5.4.	PLAN DE TRÉSORERIE MENSUEL — ANNÉE 1.....	53
6.	Sixième Axe : prototype et stratégie de développement de la gamme	58
6.1.	Présentation du prototype expérimental.....	58
6.1.1.	Conditions d'élevage et mise en place de l'expérimentation	58
6.1.2.	Paramètres zootechniques mesurés	59
6.1.3.	Résultats zootechniques et discussion.....	60

6.1.4.	Analyses biochimiques de la chair des poissons	62
6.2.	Stratégie de développement de la gamme	64
6.3.	Récapitulatif	66
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES		72
ANNEXES.....		75

Liste des figures

Figure 1 : Logo de l'entreprise	19
Figure 2 : Préparation de la farine de poulet : découpage, séchage, broyage et tamisage de la chair de poulet.	26
Figure 3 : Préparation de la poudre d' <i>Ulva lactuca</i>	27
Figure 4 : préparation des matières premières végétales (maïs, blé, riz et soja)	28
Figure 5 : Étapes de mélange des ingrédients et obtention de la pâte alimentaire avant granulation.....	31
Figure 6 : Granulation et séchage des granulés expérimentaux de l'aliment	31
Figure 7 : évaluation de la stabilité	32
Figure 8 : Essai de flottabilité des granulés expérimentaux	33
Figure 9 : Distillateur automatique Behr Labor-Technik utilisé pour le dosage des protéines selon la méthode de Kjeldahl.	35
Figure 10 : Appareil d'extraction Soxhlet utilisé pour le dosage des lipides totaux de l'aliment expérimental.....	35
Figure 11 : Conditionnement expérimental des granules	37
Figure 12 : Prototype d'emballage commercial de l'aliment AQUABIO	39
Figure 13 : Juvéniles de Tilapia du Nil (<i>Oreochromis niloticus</i>) utilisés au cours de l'expérimentation zootechnique.....	59
Figure 14 : Évolution du gain de poids du tilapia au cours de la période expérimentale	61

Liste des tableaux

Tableau 1 : valeurs ajoutées proposées par le projet AQUABIO.....	6
Tableau 2 : composition et rôles de l'équipe de travail du projet AQUABIO.....	7
Tableau 3 : objectifs commerciaux d'AQUABIO selon l'horizon temporel.	9
Tableau 4 : calendrier de réalisation du projet AQUABIO (en mois).....	10
Tableau 5 : typologie des innovations portées par le projet AQUABIO.....	12
Tableau 6 : plan national de développement de l'aquaculture 2022–2030 (MPECHE).....	15
Tableau 7 : projection de la demande nationale en aliments aquacoles selon l'horizon temporel.	15
Tableau 8 : projection de la demande nationale en aliments aquacoles selon l'horizon temporel.	16
Tableau 9 : Analyse comparative d'AQUABIO Algérie face aux catégories de concurrents	17
Tableau 10 : Analyse SWOT du projet	18
Tableau 11 : forces et faiblesses détaillées des principaux concurrents identifiés.....	18
Tableau 12 : Gammes de conditionnement d'aliment AQUABIO selon le segment de clientèle	20
Tableau 13 : les différents canaux de distributions	22
Tableau 14 : Caractéristiques macroscopiques des granulés après séchage	33
Tableau 15 : Composition proximale de l'aliment expérimental.....	36
Tableau 16 : Fournisseurs de matières premières envisagés.	40
Tableau 17 : Organisation des ressources humaines et masse salariale prévisionnelle	42
Tableau 18 : Principaux partenaires institutionnels et commerciaux d'AQUABIO.....	43
Tableau 19 : Plan d'investissement initial.	45
Tableau 20 : Coût total de démarrage.	46
Tableau 21 : Sources de financement.....	46
Tableau 22 : Liste des charges fixes annuelles.....	47
Tableau 23 : Masse salariale.	48
Tableau 24 : Tableau d'amortissement du crédit BNA/CPA (2 000 000 DZD — 5 ans).	48
Tableau 25 : Chiffre d'affaires de base sur 3 ans.....	50
Tableau 26 : Scénario optimiste et pessimiste.	50
Tableau 27 : Seuil de rentabilité économique.	51
Tableau 28 : Compte de résultat prévisionnel sur 3 ans — 2 scénarios (en DZD).	52
Tableau 29 : Besoin en Fonds de Roulement (BFR scénario réaliste -An 1 -30 t produits).	53
Tableau 30 : Budget prévisionnel de trésorerie - Année 1 (Scénario de base).....	55
Tableau 31 : Teneur en protéines brutes de la chair de Tilapia	63

Tableau 32 : Teneur en lipides totaux de la chair de Tilapia	63
Tableau 33 : Évaluation organoleptique de la chair de Tilapia	63
Tableau 34 : Gamme de produits AQUABIO	64
Tableau 35 : Future gamme AQUABIO.	65

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
AM 1275	Arrêté Ministériel n° 1275 (Diplôme-Startup)
ANDI	Agence Nationale du Développement de l'Investissement
BNA	Banque Nationale d'Algérie
CEP	Coefficient d'Efficacité Protéique
CIJ	Croissance Individuelle Journalière
CNRDPA	Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture
DPPH	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (test antioxydant)
DZD	Dinar Algérien
ENSSMAL	École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral
ERIAD	Entreprise de Réalisation des Industries Alimentaires et Dérivées
FCR / ICA	Feed Conversion Ratio / Indice de Conversion Alimentaire
GPm	Gain de Poids moyen
MHESR	Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
MPECHE	Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques
NRC	National Research Council
PFE	Projet de Fin d'Études
TCS	Taux de Croissance Spécifique
TS	Taux de Survie

Introduction

INTRODUCTION

L'aquaculture constitue aujourd'hui l'un des secteurs les plus dynamiques de la production alimentaire mondiale. Selon le dernier rapport sur la situation mondiale des pêches et de l'aquaculture, la production mondiale de produits aquatiques a atteint un niveau record en 2022, dont une part majoritaire désormais issue de l'aquaculture, dépassant pour la première fois la moitié de la production animale aquatique totale **(FAO, 2024)**. En Afrique, la production aquacole demeure encore modeste à l'échelle mondiale, mais elle connaît une croissance soutenue depuis plusieurs années **(FAO, 2024)**.

En Algérie, bien que le secteur soit encore émergent, il bénéficie d'un fort potentiel de développement soutenu par des politiques publiques ambitieuses. La production aquacole nationale était estimée entre 6 000 et 7 000 tonnes par an ces dernières années, contre environ 4 779 tonnes en 2021 selon les statistiques officielles de la FAO **(FAO, 2021)**.

Le gouvernement algérien vise une production nationale de 100 000 tonnes à l'horizon 2030, dans le cadre du Plan National de Développement de l'Aquaculture 2022–2030, porté par le Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques **(MPECHE, 2022)**. Près de 200 projets aquacoles sont actuellement inscrits dans ce dispositif, dont une soixantaine en cours de réalisation effective.

Cependant, l'un des principaux freins au développement de l'aquaculture algérienne demeure la dépendance quasi totale aux aliments composés importés, qui représentent généralement entre 60 et 70 % des coûts de production d'une exploitation piscicole **(El-Sayed, 2006 ; NRC, 2011)**. Cette situation expose la filière nationale aux fluctuations des marchés internationaux des matières premières et pèse lourdement sur la rentabilité économique des exploitations locales.

Parallèlement, l'Algérie dispose d'une richesse considérable en bioressources locales encore sous-valorisées : algues marines côtières, sous-produits agro-industriels, notamment avicoles ainsi que diverses sources protéiques végétales locales, constituant autant d'alternatives potentielles crédibles aux farines de poisson importées traditionnellement utilisées en aquaculture **(Hertrampf & Piedad-Pascual, 2000)**.

Dans ce contexte, le présent mémoire de fin d'études, réalisé dans le cadre novateur du dispositif Diplôme-Startup (Arrêté Ministériel n° 1275), propose une approche double scientifique et entrepreneuriale visant à formuler et à optimiser un aliment fonctionnel destiné aux poissons d'eau douce, élaboré exclusivement à partir de bioressources locales.

Le caractère fonctionnel de l'aliment développé va au-delà de la simple satisfaction des besoins nutritionnels de base. En effet, il intègre des ingrédients bioactifs d'origine marine conférant des propriétés immunostimulantes et antioxydantes, contribuant ainsi à améliorer la résistance des animaux face aux pathologies courantes et à réduire la dépendance aux traitements vétérinaires conventionnels **(Citarasu, 2010 ; Awad & Awaad, 2017)**.

L'objectif final est de fournir les bases scientifiques, techniques et économiques solides d'une startup algérienne innovante, positionnée au cœur du secteur émergent de l'alimentation aquacole fonctionnelle.

Ce travail s'articule autour de six axes structurants, conformément aux exigences du guide de rédaction du mémoire diplôme-Startup à savoir : la présentation détaillée du projet et de son équipe, l'analyse des aspects innovants, l'étude stratégique du marché, le plan de production et d'organisation, le plan financier prévisionnel, et enfin la description du prototype expérimental.

PREMIER AXE

PRÉSENTATION DU PROJET

1. PREMIER AXE : PRÉSENTATION DU PROJET

1.1. L'idée de Projet

Le développement de l'aquaculture représente aujourd'hui un enjeu majeur pour répondre à l'augmentation de la demande mondiale en protéines d'origine animale et pour réduire la pression exercée sur les ressources halieutiques naturelles, dont plusieurs stocks demeurent surexploités ou pleinement exploités à l'échelle planétaire **(FAO, 2024)**. En Algérie, cette activité connaît une évolution progressive grâce aux politiques de diversification de la production alimentaire portées par les autorités publiques. Toutefois, plusieurs contraintes continuent de freiner son expansion, notamment le coût élevé des aliments destinés aux poissons, la dépendance aux produits importés et la disponibilité limitée de matières premières spécifiquement adaptées à la fabrication d'aliments aquacoles **(MPECHE, 2022)**.

Dans les systèmes d'élevage piscicole, l'alimentation constitue le principal facteur influençant les performances zootechniques des poissons **(NRC, 2011)**. Elle représente également la part la plus importante des coûts de production, généralement comprise entre 60 et 70 % des charges totales d'une exploitation, ce qui impacte directement la rentabilité économique des fermes aquacoles **(El-Sayed, 2006)**. Cette situation souligne la nécessité de développer des aliments performants, accessibles et produits localement, afin d'améliorer la compétitivité de la filière aquacole nationale.

Le projet AQUABIO a été conçu pour répondre à cette problématique à travers la création d'une startup spécialisée dans la production d'aliments fonctionnels destinés principalement au Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*), espèce reconnue pour son intérêt économique, sa croissance rapide et sa bonne adaptation aux conditions d'élevage en milieu méditerranéen et nord-africain **(El-Sayed, 2006)**.

L'approche adoptée repose sur la valorisation de bioressources locales et de sous-produits issus des filières agroalimentaires, notamment les sous-produits avicoles, les ingrédients d'origine végétale et différents compléments nutritionnels. L'intégration de ces ressources dans la formulation des aliments permet non seulement de réduire la dépendance vis-à-vis des matières premières importées, mais également de promouvoir une gestion durable des ressources en s'inscrivant pleinement dans une démarche d'économie circulaire **(Hertrampf & Piedad-Pascual, 2000)**.

Au-delà de leur rôle nutritionnel de base, les aliments développés par AQUABIO sont conçus pour exercer un effet fonctionnel sur les poissons. L'incorporation de composés bioactifs d'origine marine, tels que les polysaccharides sulfatés et les pigments issus des algues, est en effet documentée pour améliorer les performances de croissance, l'efficacité alimentaire, la résistance aux facteurs de stress ainsi que la qualité de la chair des poissons d'élevage (**Citarasu, 2010 ; Awad & Awaad, 2017**), tout en maintenant un coût de production compatible avec les réalités économiques des pisciculteurs algériens.

Le projet prévoit, dans une première phase, la fabrication d'aliments granulés adaptés aux différents stades de croissance du Tilapia du Nil. À moyen terme, l'entreprise ambitionne d'élargir sa gamme de produits afin de répondre aux besoins nutritionnels d'autres espèces aquacoles élevées en Algérie, telles que la carpe commune (*Cyprinus carpio*), tout en développant des formulations enrichies en ingrédients fonctionnels destinées à améliorer les performances globales des élevages.

L'idée de ce projet est directement issue des travaux réalisés dans le cadre de notre formation en biotechnologie marine. Les expérimentations menées au cours de ce mémoire ont permis d'évaluer une formulation alimentaire élaborée à partir de matières premières disponibles localement et d'apprécier son influence sur la croissance, les indices zootechniques et la qualité de la chair du Tilapia du Nil sur une durée de 30 jours. Les résultats obtenus mettent en évidence le potentiel réel de cette formulation comme alternative crédible aux aliments commerciaux conventionnels.

À travers AQUABIO, l'objectif est de proposer une solution innovante capable d'accompagner le développement de l'aquaculture algérienne en favorisant la production locale d'aliments piscicoles de qualité. En s'appuyant sur la valorisation des ressources nationales, l'innovation technologique et les principes du développement durable, ce projet ambitionne de contribuer à l'amélioration de la compétitivité des exploitations piscicoles et au renforcement de la sécurité alimentaire nationale (**MPECHE, 2022 ; FAO, 2024**).

1.2. Les valeurs ajoutées

L'ensemble de ces éléments confère à AQUABIO un positionnement innovant sur le marché national des aliments aquacoles. En proposant des formulations performantes, économiquement accessibles et respectueuses de l'environnement, le projet répond aux attentes des producteurs tout en contribuant au développement durable de la pisciculture algérienne (**tableau 1**).

Tableau 1 : valeurs ajoutées proposées par le projet AQUABIO

Valeur	Description
Modernité	Premier aliment fonctionnel formulé 100 % à base de bioressources locales algériennes pour poissons d'eau douce
Performance	Performances zootechniques équivalentes ou supérieures aux aliments commerciaux importés, grâce à l'optimisation scientifique rigoureuse des formulations
Réduction des coûts	Réduction estimée à 65–70 % du coût de revient alimentaire par rapport aux intrants importés, grâce à la valorisation de déchets avicoles locaux et bioressources algériennes disponibles à coût quasi nul.
Durabilité	Valorisation des sous-produits agro-industriels locaux (abattoirs avicoles, industries céréalières), réduisant l'impact environnemental des déchets et contribuant à l'économie circulaire.
Fonctionnalité	Intégration d'ingrédients bioactifs (extraits d'algues marines,) conférant des propriétés de résistance aux maladies et d'activité antioxydante aux poissons.
Accessibilité	Disponibilité d'un aliment performant et économique pour les petits et moyens pisciculteurs algériens, y compris dans les régions éloignées des grandes villes.
Facilité d'utilisation	Aliment conditionné sous forme de granulés calibrés (2–4 mm), prêts à l'emploi, avec notice d'utilisation adaptée à chaque stade de croissance.

1.3. Équipe de Travail

Le travail est organisé comme suit : le porteur de projet assure la conduite opérationnelle quotidienne (expérimentations, analyses, rédaction), le promoteur supervise la démarche scientifique et valide les résultats, alors que le co-promoteur apporte un appui technique spécialisé pour les analyses biochimiques. La communication interne s'effectue via des réunions hebdomadaires de suivi et des rapports d'avancement mensuels.

Tableau 2 : composition et rôles de l'équipe de travail du projet AQUABIO

Membre	Rôle & Compétences
BOUGUERRA Khireddine	Biotechnologue marin. Responsable de la formulation, des analyses nutritionnelles, des expérimentations zootechniques et de la coordination scientifique. Formation complémentaire en entrepreneuriat (dispositif AM 1275).
Promoteur (Mr KADA Mohamed)	Encadrement scientifique principal. Expertise en nutrition aquacole. Directeur des expérimentations et des publications scientifiques.
Co-promoteur (Mr MOBAREK abderrahman)	Expertise en technologie alimentaire et analyse biochimique. Appui méthodologique pour les analyses des matières premières.
La ferme aquacole de L'ENSSMAL	Partenaire institutionnel principal. Mise à disposition des bassins d'élevage, équipements d'analyse et expertise en production aquacole.
Incubateur universitaire ENSSMAL	Accompagnement entrepreneurial, coaching, hébergement du projet dans le cadre du dispositif Diplôme-Startup.

1.4. Objectifs du projet

Dans un contexte marqué par la dépendance de l'aquaculture algérienne aux aliments importés et par la hausse continue du coût des intrants, le développement de solutions locales constitue une nécessité stratégique. Parallèlement, la valorisation des bioressources algériennes encore sous-exploitées représente une opportunité importante pour concevoir des aliments aquacoles innovants, durables et compétitifs.

Le projet AQUABIO a pour ambition de développer un aliment fonctionnel granulé destiné aux poissons d'eau douce, formulé à partir de bioressources locales algériennes, notamment les sous-produits avicoles, l'algue verte *Ulva lactuca* et des matières premières végétales locales. L'objectif est de proposer une alternative performante aux aliments commerciaux importés, tout en réduisant les coûts de production et en améliorant les performances zootechniques des poissons.

Dès sa phase initiale, le projet vise à mettre au point une formulation expérimentale adaptée au Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*), espèce largement utilisée en aquaculture. Cette formulation doit répondre aux besoins nutritionnels de l'espèce, tout en intégrant une dimension fonctionnelle grâce à l'apport de composés bioactifs d'origine marine.

À moyen terme, AQUABIO ambitionne d'optimiser la formulation retenue, de valider ses performances sur le plan zootechnique et de préparer son transfert vers une production à plus grande échelle. Le projet prévoit également d'explorer d'autres formulations adaptées à différentes phases de croissance des poissons d'eau douce.

À long terme, AQUABIO vise à élargir son offre à une gamme complète de produits destinés aux poissons d'eau douce, afin de répondre aux besoins de plusieurs espèces aquacoles et de différents stades de développement.

Cette évolution permettra de renforcer la position de l'entreprise sur le marché national, de contribuer à l'autonomie alimentaire du secteur aquacole et d'ouvrir la voie à une future diversification commerciale.

L'objectif général est de développer et optimiser un aliment fonctionnel granulé pour poissons d'eau douce, formulé à partir de bioressources locales algériennes, afin d'améliorer les performances zootechniques du Tilapia du Nil, de réduire le coût de production et de poser les bases d'une startup innovante dans le domaine de l'alimentation aquacole.

Alors que **les objectifs spécifiques** sont :

- ✓ Identifier et valoriser les bioressources locales disponibles en Algérie pour la formulation de l'aliment.
- ✓ Élaborer une formulation équilibrée répondant aux besoins nutritionnels du Tilapia du Nil.
- ✓ Intégrer des ingrédients bioactifs, notamment *Ulva lactuca*, pour conférer à l'aliment un caractère fonctionnel.
- ✓ Tester la formulation sur le Tilapia du Nil en conditions contrôlées.
- ✓ Évaluer les performances zootechniques obtenues, notamment la croissance, l'indice de conversion alimentaire et le taux de survie.
- ✓ Comparer les résultats avec ceux d'un aliment commercial de référence.
- ✓ Produire un prototype d'aliment granulé prêt à l'emploi.
- ✓ Étudier la faisabilité technico-économique du projet en vue d'une future industrialisation.
- ✓ Perspective à long terme

- ✓ Développer une gamme diversifiée d'aliments fonctionnels pour poissons d'eau douce.
- ✓ Adapter les formulations selon les espèces et les stades de croissance.
- ✓ Renforcer la présence d'AQUABIO sur le marché algérien de l'alimentation aquacole.
- ✓ Contribuer à la réduction de la dépendance nationale aux aliments importés.
- ✓ Participer au développement d'une aquaculture plus durable, locale et compétitive

Tableau 3 : objectifs commerciaux d'AQUABIO selon l'horizon temporel.

Horizon	Objectif commercial	Part de marché cible
Court terme (An 1)	Commercialisation locale à l'échelle pilote (wilayas d'Alger, Tipaza, Béjaïa)	~2–3 % du marché des aliments aquacoles en Algérie
Moyen terme (An 3)	Extension nationale, partenariats avec fermes aquacoles et CNRDPA	~10–15 % du marché national
Long terme (An 5)	Exportation vers les marchés nord-africains et subsahariens	~25–30 % en Algérie + entrée Afrique du Nord

1.5 Calendrier de Réalisation du Projet

Le calendrier de réalisation, présenté dans le tableau 4, décrit les différentes étapes de mise en œuvre du projet AQUABIO, depuis l'étude de marché jusqu'au lancement opérationnel de la marque. Chaque phase constitue une étape structurante du processus de développement, permettant d'assurer une progression cohérente, méthodique et maîtrisée du projet, tout en garantissant la fiabilité des décisions prises à chaque niveau d'avancement.

Tableau 4 : calendrier de réalisation du projet AQUABIO (en mois)

			MOIS							
			1	2	3	4	5	6	7	8
TRAVAUX	1	Étude de marché et définition de de la gamme de produits	X							
	2	Planification et démarches administratives	X	X						
	3	Commande des équipements		X	X	X				
	4	Construction d'un siège de production (usine)			X	X	X			
	5	Aménagement de l'unité de production (Installation des équipements)				X				
	6	Sourcing des matières premières				X	X			
	7	Réalisation du prototype					X			
	8	Elaborer la stratégie marketing et communication					X	X		
	9	Mise en place des canaux de distribution						X	X	
	10	Formation du personnel							X	
	11	Événement de lancement de la marque								X

DEUXIÈME AXE
ASPECTS INNOVANTS

2. DEUXIÈME AXE: ASPECTS INNOVANTS

2.1. Nature des Innovations

Le projet se positionne sur plusieurs niveaux d'innovation simultanés, en répondant à la fois à des enjeux technologiques, économiques et environnementaux (tableau 5).

Tableau 5 : typologie des innovations portées par le projet AQUABIO.

Type d'innovation	Description
Innovation de produit (radicale)	Création d'un aliment fonctionnel aquacole à base de bioressources locales — produit inexistant sur le marché algérien. L'intégration d'ingrédients bioactifs marins (algues côtières) dans un aliment piscicole représente une rupture par rapport à l'offre existante.
Innovation de processus (technologique)	Développement d'un protocole original de formulation et d'optimisation nutritionnelle multi-critères, adapté aux conditions et ressources locales algériennes, intégrant des logiciels de formulation linéaire et des méthodes d'analyse biochimique avancées.
Innovation croissante	Amélioration significative des performances des aliments aquacoles existants, réduisant la mortalité des élevages et les coûts vétérinaires.
Innovation de marché	Création d'un nouveau segment : aliments fonctionnels locaux pour aquaculture, ciblant une clientèle de pisciculteurs algériens soucieux de performance, d'autonomie et de durabilité.
Innovation environnementale	Intégration de sources protéiques et de composés bioactifs, notamment la chair de poulet et l'algue <i>Ulva lactuca</i> , dans une formulation innovante destinée à améliorer la qualité nutritionnelle et fonctionnelle des aliments aquacoles.

2.2. Domaines d'innovation

AQUABIO s'inscrit dans une démarche de valorisation des ressources locales et de réduction des déchets agro-industriels. Il repose sur la transformation de sous-produits avicoles et de bioressources marines en ingrédients à haute valeur ajoutée, destinés à la formulation d'un aliment fonctionnel pour l'aquaculture. Cette approche permet de créer un lien entre agriculture, aquaculture et biotechnologie alimentaire.

Le projet relève également du domaine de la **biotechnologie marine**, à travers l'exploitation de l'algue ***Ulva lactuca*** comme ingrédient bioactif. Cette ressource marine, encore peu exploitée en Algérie dans le secteur de l'alimentation aquacole, constitue un axe d'innovation prometteur pour le développement de nouveaux produits à caractère fonctionnel. Son utilisation dans une formulation alimentaire représente une application concrète des ressources marines dans le domaine de la nutrition animale.

AQUABIO s'inscrit aussi dans le domaine de la **nutrition aquacole innovante**, en proposant une alternative locale aux aliments industriels importés. Le projet vise à répondre aux besoins spécifiques des poissons d'eau douce tout en améliorant l'efficacité alimentaire, la croissance et la santé des animaux. Cette orientation contribue à renforcer la souveraineté alimentaire du secteur aquacole national.

Enfin, le projet se positionne dans le domaine de l'**entrepreneuriat innovant**, puisqu'il ne s'agit pas seulement d'un travail scientifique, mais également d'un prototype à vocation commerciale. AQUABIO ambitionne de devenir une startup spécialisée dans la fabrication d'aliments fonctionnels pour poissons, avec une perspective d'élargissement progressif à une gamme complète de produits destinés à l'aquaculture d'eau douce.

TROISIÈME AXE
ANALYSE STRATÉGIQUE DU MARCHÉ

3. TROISIÈME AXE : ANALYSE STRATÉGIQUE DU MARCHÉ

3.1. Segmentation du Marché

Selon la **FAO (2024)**, l'Algérie dispose de près de 200 projets aquacoles inscrits, dont 70 en cours de réalisation, avec un objectif gouvernemental de 100 000 tonnes de production aquacole annuelle à l'horizon 2030, face à une production actuelle estimée entre 6 000 et 7 000 tonnes.

3.1.1. Contexte national de l'aquaculture algérienne

L'aquaculture algérienne est un secteur en plein essor, soutenu par une volonté politique forte de réduire la dépendance aux importations de produits halieutiques et d'assurer la sécurité alimentaire nationale avec un Plan National de Développement de l'Aquaculture **2022–2030 (MPECHE)**

Tableau 6 : plan national de développement de l'aquaculture 2022–2030 (MPECHE).

100 000 t Objectif production 2030	~70 Projets en cours de réalisation
~6 500 t Production actuelle estimée	60–70 % Coût aliment / charges totales ferme
~200 Projets aquacoles inscrits (FAO 2024)	65–70 % Réduction coût visée (vs importé)

3.1.2. Structure et volumétrie de la demande en aliments aquacoles

La demande en aliments composés pour poissons d'eau douce est directement corrélée à la progression des capacités d'élevage nationales. En phase pilote, AquaBio Algérie cible une production de 30 tonnes/an (70 % de la capacité installée de 50 t/an), avec une montée en charge progressive vers 40 t/an en année 2 et 45 t/an en année 3. La demande nationale en aliments pour Tilapia du Nil est estimée à plusieurs centaines de tonnes par an et devrait croître significativement avec la multiplication des fermes aquacoles en cours de réalisation.

Tableau 7 : projection de la demande nationale en aliments aquacoles selon l'horizon temporel.

Horizon temporel	Production nationale projetée	Besoin en aliments estimé	Part de marché cible AquaBio
Court terme (An 1–2)	10 000–15 000 t/an	6 000–9 000 t aliments	~2–3 % (~6–8 t pilote)
Moyen terme (An 3–5)	30 000–50 000 t/an	18 000–30 000 t aliments	~10–15 % (3 000–4 500 t)
Long terme (An 5+)	100 000 t/an (objectif 2030)	> 60 000 t aliments	25–30 % + export Afrique du Nord

3.1.3. Facteurs moteurs de la demande

Plusieurs facteurs structurels alimentent la croissance de la demande en aliments aquacoles locaux et fonctionnels (tableau 8).

Tableau 8 : projection de la demande nationale en aliments aquacoles selon l'horizon temporel.

Facteur moteur	Impact sur la demande
Politique nationale d'autosuffisance alimentaire (MPECHE 2022–2030)	Multiplication des fermes subventionnées et des projets aquacoles, génération d'une demande croissante en intrants locaux
Coût prohibitif des aliments importés	Les pisciculteurs recherchent activement des alternatives locales abordables ; ouverture naturelle au produit d'AquaBio Algérie
Croissance démographique et demande en protéines animales	Besoin croissant en production piscicole nationale, stimulant l'ensemble de la filière amont (aliments inclus)
Restrictions sur les devises et importations	Complexité administrative croissante pour importer des aliments ; avantage compétitif structurel pour les produits locaux
Intérêt pour la durabilité et l'économie circulaire	Sensibilité accrue des opérateurs institutionnels aux formulations valorisant les ressources locales et réduisant l'empreinte carbone

Le marché cible (segment prioritaire) est constituée des fermes piscicoles d'eau douce de taille petite à moyenne (production < 50 tonnes/an), situées dans les wilayas à fort potentiel aquacole : Alger, Blida, Béjaïa, Tipaza, Jijel, Skikda et Annaba au-delà du marché du nord du pays, AQUABIO ambitionne également de répondre aux besoins croissants des exploitations aquacoles des wilayas du Sud algérien, où le développement de la pisciculture en eaux continentales connaît une progression continue. Ces exploitants recherchent des aliments performants à prix compétitif, produits localement et disponibles sans délais d'importation.

Le choix de ce segment est justifié par :

- ✓ Forte sensibilité au prix des intrants (les aliments représentent 60 à 70 % des charges)

totales d'une ferme piscicole).

- ✓ Faible accès aux aliments de qualité à des prix abordables dans les régions éloignées des grands centres d'importation.
- ✓ Intérêt croissant pour les solutions locales dans le contexte de la politique nationale d'autosuffisance alimentaire (**plan 2022–2030 du MPECHE**).
- ✓ Possibilité de nouer des contrats d'approvisionnement directs et stables avec les coopératives de pêche.

3.2. Analyse de la Concurrence

Le tableau 9 présente une analyse comparative exhaustive des quatre catégories de concurrents identifiés sur le marché algérien des aliments aquacoles.

Tableau 9 : Analyse comparative d'AQUABIO Algérie face aux catégories de concurrents

Critère	Aliments importés (Skretting, BioMar, Aller Aqua)	Aliments industriels algériens génériques	Aliments artisanaux (auto-fabrication)	AquaBio Algérie (notre produit)
Origine	Europe (Norvège, Danemark, France)	Algérie (quelques unités industrielles)	Ferme — fabrication empirique	Algérie — 100 % bioressources locales
Qualité nutritionnelle	Excellente	Moyenne	Variable / insuffisante	Optimisée scientifiquement
Propriétés fonctionnelles	Limitées	Absentes	Absentes	immunostimulant + antioxydant
Prix (DZD/kg)	2 000 – 2 500 DZD/kg	900 – 1 100 DZD/kg	400 – 600 DZD/kg	450 DZD/kg
Disponibilité locale	Délais importation 4–8 semaines	Disponible	Immédiate	Production et livraison locales
Délai d'approvisionnement	4–8 semaines (importation)	1–2 semaines	Immédiat	48–72 h (livraison directe)
Stabilité des prix	Fluctuation de devises	Modérée	Stable	Stable intrants locaux
Traçabilité / Certification	Certifications internationales	Partielle	Aucune	En cours
Adaptabilité au marché local	Formulations génériques	Partielle	Empirique	100 % adaptée aux espèces et conditions locales
Conseil technique	Documentations étrangères	Limité	Aucun	Accompagnement R&D intégré

Pour savoir la capacité d'AQUABIO Algérie face au marché, une analyse SWOT a été réalisée.

Tableau 10 : Analyse SWOT du projet

FORCES (Strengths)	FAIBLESSES (Weaknesses)
- Premier aliment fonctionnel 100 % local - Propriétés immunostimulantes uniques (Ulva lactuca) - Prix 65–70 % inférieur aux importés - Formulation optimisée scientifiquement - Ancrage institutionnel ENSSMAL / CNRDPA - Valorisation des bioressources locales	- Notoriété à construire sur le marché - Capacité de production initiale limitée (phase pilote) - Absence de certification internationale au démarrage - Réseau commercial à développer - Dépendance aux approvisionnements saisonniers (algues)
OPPORTUNITÉS (Opportunities)	MENACES (Threats)
- Objectif national 100 000 t aquaculture 2030 - Politique de substitution aux importations - Soutien AM 1275 / ANDI - Absence de concurrent local fonctionnel - Intérêt croissant pour l'aquaculture en zones rurales - Débouchés potentiels Afrique du Nord et subsaharienne	- Dumping tarifaire possible des importateurs - Instabilité des prix des matières premières locales - Entrée de nouveaux concurrents locaux (imitateurs) - Réticence des pisciculteurs à changer d'aliment - Contraintes réglementaires de mise sur le marché - Aléas climatiques sur la récolte des algues

Les caractéristiques des principaux concurrents identifiés en termes de forces et de faiblesse sont illustrées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11: forces et faiblesses détaillées des principaux concurrents identifiés

Concurrent	Forces	Faiblesses
Aliments importés (Skretting, BioMar, Aller Aqua)	Qualité nutritionnelle reconnue internationalement ; gamme large et adaptée à chaque espèce ; performances zootechniques élevées	Prix très élevés (+40–60 % par rapport aux aliments locaux) ; dépendance aux devises et délais d'approvisionnement ; sensibles aux ruptures logistiques
Aliments industriels algériens génériques	Prix moins élevés ; disponibilité locale immédiate ; pas de contraintes de change	Qualité nutritionnelle souvent insuffisante ; absence de propriétés fonctionnelles ; formulations peu optimisées
Aliments artisanaux (fabrication par les pisciculteurs)	Coût de revient très bas ; utilisation des ressources disponibles localement	Formulation empirique sans base scientifique ; performances zootechniques faibles ; risques sanitaires réels (contaminations)
Notre produit (aliment fonctionnel local)	Local, fonctionnel, optimisé scientifiquement, prix compétitif (65–70 % moins cher que l'importé à 450 DZD/kg) ; propriétés immunostimulantes uniques sur le marché algérien	Nouveau sur le marché, besoin de validation commerciale et de construction de notoriété ; capacité de production initiale limitée (échelle pilote)

3.3. Stratégie Marketing

3.3.1. Présentation de la charte de notre entreprise

La dénomination de notre entreprise est « AQUABIO », un nom composé du terme «AQUA», qui fait référence à l'eau et au milieu aquatique, et du terme «BIO», qui symbolise les ressources naturelles, la durabilité et le respect de l'environnement. Cette appellation reflète parfaitement la mission de l'entreprise, qui consiste à produire des aliments aquacoles innovants à partir de bioressources locales algériennes tout en favorisant une aquaculture durable.

Le logo d'AquaBio est une composition graphique inspirée de l'univers aquatique. Il associe la silhouette d'un poisson à des vagues stylisées représentant l'eau, élément indispensable à la vie aquatique. Cette conception traduit l'engagement de l'entreprise envers la nutrition piscicole, la préservation des ressources naturelles et le développement de l'aquaculture en Algérie.



Figure 1 : Logo de l'entreprise

La charte graphique repose principalement sur les couleurs : bleu, vert et blanc. Le bleu symbolise l'eau, la pureté, la confiance et la stabilité. Il évoque également le milieu aquatique dans lequel évoluent les espèces piscicoles ciblées par les produits AQUABIO. Le vert représente la nature, la croissance, l'innovation écologique et l'utilisation de matières premières locales valorisées dans une logique d'économie circulaire. Quant au blanc, il traduit la qualité, l'hygiène, la transparence et le professionnalisme de l'entreprise.

À travers cette identité visuelle, AquaBio souhaite transmettre des valeurs de qualité, innovation, durabilité, respect de l'environnement et valorisation des ressources locales algériennes, tout en affirmant sa volonté de contribuer au développement de l'aquaculture nationale grâce à des aliments performants, accessibles et respectueux des principes du développement durable

3.3.2. Le produit et ses caractéristiques

AquaBio est une entreprise de fabrication et de commercialisation d'aliments naturels pour poissons d'eau douce, spécialisée dans la nutrition du tilapia.

Tableau 12 : Gammes de conditionnement d'aliment AQUABIO selon le segment de clientèle

Format	Contenu	Cible
Petit sac	5 kg	Pisciculteurs artisanaux, amateurs
Sac moyen	10 kg	Pisciculteurs semi-intensifs
Grand sac	25 kg	Fermes aquacoles intensives

3.3.3. Formules et prix

Le choix de nos prix de vente n'est pas arbitraire ; il est basé sur plusieurs éléments :

- Les résultats de notre étude de marché nous ont permis de définir le budget de notre clientèle cible (pisciculteurs, fermes aquacoles, distributeurs).
- Le coût de revient, avec une marge bénéficiaire fixée entre le coût de production et le prix de vente.
- Nos prix de vente sont inférieurs à la moyenne des aliments importés équivalents.
- Le choix des prix n'est pas arbitraire ; nous avons adopté une politique de pénétration afin d'être compétitifs face aux produits importés.

3.3.4. Stratégie de communication

Chez AQUABIO, nous croyons que la confiance se construit d'abord sur le terrain, au contact direct des éleveurs. C'est pourquoi notre stratégie de communication repose sur une approche humaine et de proximité, combinée à une présence digitale moderne.

Pour toucher nos clients là où ils se trouvent, nous agissons sur plusieurs fronts :

- Nous allons à la rencontre des pisciculteurs via des visites terrain régulières, des journées de démonstration en ferme et une présence active dans les coopératives agricoles locales parce qu'un éleveur qui voit les résultats par lui-même est le meilleur ambassadeur de notre produit.
- Nous participons aux foires agricoles, salons de l'aquaculture et événements professionnels pour présenter AquaBio, échanger avec les acteurs du secteur et faire connaître nos solutions naturelles à base d'*Ulva lactuca*.

- Sur le digital, nous maintenons une présence active sur Facebook, Instagram, LinkedIn et YouTube, avec des contenus pédagogiques (conseils d'élevage, témoignages clients, vidéos de résultats) pour créer une communauté de pisciculteurs informés et engagés.
- Des supports imprimés clairs (fiches techniques, brochures et affiches) sont mis à disposition chez les distributeurs et partenaires pour faciliter la prescription et accompagner l'acte d'achat.

3.3.5. Stratégie de placement

AQUABIO se positionne comme une alternative locale, naturelle et compétitive aux aliments aquacoles importés. Nos produits sont conçus pour répondre aux besoins réels des pisciculteurs algériens, avec des formats adaptés à toutes les tailles d'exploitation, du petit élevage familial à la grande ferme intensive.

Nous souhaitons que l'éleveur retrouve AquaBio partout où il s'approvisionne habituellement : chez son vétérinaire, dans sa coopérative, en animalerie spécialisée ou en ligne. L'objectif est simple : que choisir AquaBio soit facile, naturel, et accessible sans compromis sur la qualité.

Nos emballages robustes, conçus en sac tissé polypropylène avec impression haute qualité, reflètent le sérieux et la fiabilité que nos clients sont en droit d'attendre d'un produit algérien de référence dans l'aquaculture.

3.3.6. Stratégie de distribution

Pour garantir que chaque pisciculteur puisse accéder à nos produits facilement, AquaBio s'appuie sur un réseau de distribution diversifié et progressif. Nous n'attendons pas que le client vienne à nous nous allons à lui, par tous les canaux disponibles. Le tableau 13 illustre les différents canaux à entreprendre.

Tableau 13 : les différents canaux de distributions

AquaBio
→
Ferme aquacole
→
Éleveur / consommateur
AquaBio
→
Grossiste agricole
→
Éleveur / consommateur
AquaBio
→
Coopérative agricole
→
Éleveur / consommateur
AquaBio
→
Vétérinaire / animalerie
→
Éleveur / consommateur
AquaBio
→
Grande surface
→
Éleveur / consommateur
AquaBio
→
Pharmacie vétérinaire
→
Éleveur / consommateur
AquaBio
→
Vente directe en ligne

QUATRIÈME AXE
PLAN DE PRODUCTION ET
ORGANISATION

4. QUATRIÈME AXE : PLAN DE PRODUCTION ET ORGANISATION

4.1. Processus de Production

4.1.1. Récolte et récupération des matières premières

Avant toute transformation, la qualité et la traçabilité des matières premières constituent le fondement de la réussite de notre formulation. C'est pourquoi nous avons accordé une attention particulière à la sélection des sources d'approvisionnement, en privilégiant systématiquement les ressources locales algériennes, dans une démarche à la fois scientifique, économique et environnementale.

a- Sous-produits avicoles

Les fractions non nobles issues de l'abattage avicole (chairs résiduelles, os, viscères) ont été collectées auprès des abattoirs industriels d'Alger et de Blida. Ces coproduits, généralement orientés vers l'équarrissage ou l'enfouissement, représentent une source protéique d'intérêt majeur pour la nutrition piscicole. En effet, leur profil en acides aminés essentiels (lysine, méthionine, thréonine) est compatible avec les besoins nutritionnels du Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (NRC, 2011). La collecte s'effectue de façon hebdomadaire, dans des conditions d'hygiène strictes (contenants hermétiques, chaîne du froid maintenue à ≤ 4 °C jusqu'au laboratoire), conformément aux recommandations sanitaires en vigueur.

b- Algues marines — *Ulva lactuca*

L'algue verte *Ulva lactuca* (Chlorophyta) a été récoltée manuellement sur les côtes rocheuses, à l'écart de toute zone d'activité anthropique (rejets industriels, ports de plaisance), afin de minimiser les risques de contamination chimique ou microbiologique. La récolte a été réalisée à marée basse, par arrachage manuel sélectif des frondes adultes, de manière à préserver le thalle basal et permettre la régénération naturelle du peuplement algal.

c- Sources glucidiques et végétales

La farine de maïs et la farine de blé ont été obtenues auprès des moulins ERIAD, tandis que le riz et l'huile végétale ont été approvisionnées auprès de CEVITAL. Le tourteau de soja local, source protéique végétale complémentaire, a été fourni par les coopératives agricoles de l'Est algérien. L'ensemble de ces matières premières ont fait l'objet d'une vérification systématique à la réception : contrôle organoleptique (couleur, odeur, texture), mesure du taux d'humidité (objectif < 12 %), et enregistrement des lots dans un cahier de traçabilité dédié.

4.1.2. Fabrication de l'aliment

4.1.2.1. Préparation des matières premières

A- Préparation de la farine avicole À l'échelle expérimentale (prototype)

Dans le cadre de cette étude expérimentale, la chair fraîche de poulet a été utilisée en remplacement des coproduits de volaille. Ce choix a été motivé par des contraintes réglementaires et logistiques, le transport des coproduits depuis l'abattoir jusqu'au laboratoire nécessitant une autorisation spécifique ainsi que le respect des exigences sanitaires en vigueur, en plus la composition en acides aminés essentiels bien documentée et de la reproductibilité qu'elle offre en conditions contrôlées de laboratoire.

Dès réception, la chair a été soigneusement lavée à l'eau courante afin d'éliminer tout résidu sanguin, impureté de surface ou contaminant éventuel, puis découpée en petits morceaux pour faciliter les étapes ultérieures de traitement.

Le séchage a ensuite été réalisé à l'étuve à une température de 60 °C pendant 48 heures, jusqu'à obtention d'une masse stable et d'une teneur en humidité inférieure à 10 %. Cette température a été choisie afin de préserver l'intégrité des protéines tout en garantissant l'élimination complète de l'eau libre.

Une fois séchée, la matière a été broyée à l'aide d'un broyeur de laboratoire, puis tamisée à travers un tamis de maille 500 µm, permettant d'obtenir une poudre fine et homogène, condition indispensable à une bonne incorporation dans la formule et à une granulation de qualité.

Le rendement obtenu est de **250 g de farine sèche par kilogramme de chair fraîche**, soit un taux de rendement de 25 %, ce qui est cohérent avec les valeurs rapportées dans la littérature pour ce type de matière première (Esteban et al., 2007).



Figure 2 : Préparation de la farine de poulet : découpage, séchage, broyage et tamisage de la chair de poulet.

B- Préparation de la farine avicole À l'échelle commerciale (startup AQUABIO)

À l'échelle industrielle, la chair de poulet fraîche sera remplacée par les coproduits avicoles issus des abattoirs industriels (chairs résiduelles, os, viscères), dont le profil en acides aminés essentiels est comparable à celui de la chair entière (**Hendriks et al., 2010**).

Cette substitution s'inscrit pleinement dans la logique d'économie circulaire portée par AQUABIO : elle permet de valoriser des déchets agro-industriels aujourd'hui sous-exploités, de réduire significativement le coût de revient de la matière première à un niveau quasi nul, et de contribuer à la réduction de l'empreinte environnementale de la filière avicole algérienne.

Sur le plan nutritionnel, la farine issue des coproduits avicoles présente un profil comparable à celui de la chair de poulet entière, avec une teneur protéique souvent légèrement supérieure, justifiant scientifiquement la transposition de notre formule expérimentale (chair de poulet) vers l'échelle commerciale (coproduits avicoles) sans altération significative de la valeur nutritionnelle de l'aliment final (**SUN et al., 2023**).

C- Préparation de la poudre d'algues (*Ulva lactuca*) à l'échelle expérimentale

Les thalles d'*Ulva lactuca* récoltés manuellement sur les côtes rocheuses ont été acheminés au laboratoire dans un délai inférieur à deux heures afin de préserver leur fraîcheur et limiter toute dégradation des composés bioactifs.

Le lavage a été réalisé en trois passages successifs à l'eau distillée, permettant d'éliminer progressivement le sel marin résiduel, les particules de sable et les microorganismes de surface. Ce protocole de lavage répété est essentiel pour garantir la pureté de la poudre obtenue et éviter toute interférence minérale lors des analyses nutritionnelles ultérieures (**Fleurence, 1999**).

Le séchage a été conduit en deux phases successives :

- Une première phase de pré-séchage à l'air libre, permettant d'éliminer l'eau de surface et de réduire la masse initiale des thalles sans altération thermique des pigments et des composés bioactifs.
- Une deuxième phase de séchage à l'étuve à 50 °C pendant 72 heures, jusqu'à obtention d'une masse constante, garantissant une teneur en humidité résiduelle inférieure à 10 %. La

température de 50 °C a été délibérément choisie, en dessous du seuil de dénaturation des polysaccharides et des polyphénols caractéristiques des algues vertes (Fleurence & Levine, 2016).

Une fois parfaitement séchés, les thalles ont été broyés à l'aide d'un mixeur de laboratoire, puis tamisés à travers un tamis de maille 500 µm, afin d'obtenir une poudre fine, homogène et de granulométrie contrôlée, condition indispensable à une bonne incorporation dans la matrice alimentaire et à une granulation de qualité optimale.

La poudre obtenue se présente sous la forme d'une poudre fine de couleur verte, caractéristique de la richesse en chlorophylle a et b de l'espèce *Ulva lactuca*, témoignant de la bonne préservation des pigments au cours du traitement thermique modéré appliqué



Figure 3 : Préparation de la poudre d'*Ulva lactuca*.

D- Préparation de la poudre d'algues (*Ulva lactuca*) à l'échelle commerciale

À l'échelle industrielle, la récolte saisonnière d'*Ulva lactuca* sur les côtes sera complétée par un partenariat formalisé, À long terme, AQUABIO prévoit la mise en place d'une culture d'*Ulva lactuca* en bassin comme solution d'autoapprovisionnement, garantissant une production continue, contrôlée et durable, indépendante des aléas de la récolte naturelle côtière garantissant un approvisionnement régulier et traçable. Le séchage sera assuré par un séchoir à convection industrielle permettant de traiter des volumes importants tout en maintenant les paramètres thermiques validés à l'échelle laboratoire. Le broyage sera réalisé par un broyeur à marteaux industriel (RICHI SFSP-60×40), suivi d'un tamisage vibrant automatisé, assurant une production continue de poudre d'algues aux caractéristiques constantes et reproductibles.

E- Préparation des sources glucidiques et végétales (maïs, son de blé, riz et soja) à l'échelle expérimentale (prototype)

Les quatre matières premières végétales les grains de maïs, son de blé, brisures de riz et graines de soja ont été acquises sous forme brute auprès des fournisseurs locaux, puis préparées intégralement au laboratoire selon un protocole uniforme, garantissant une homogénéité de traitement entre les différents ingrédients.

Dès réception, chaque lot a fait l'objet d'un contrôle organoleptique systématique portant sur la couleur, l'odeur et l'aspect général, afin de s'assurer de l'absence de moisissures, d'insectes ou de toute altération visible susceptible de compromettre la qualité nutritionnelle et sanitaire de l'aliment final.

Le séchage a été réalisé à l'étuve pour l'ensemble des quatre matières premières, selon les mêmes paramètres que ceux appliqués à la farine avicole, soit une température de 60 °C pendant 48 heures, afin de ramener la teneur en humidité à un niveau inférieur à 10 %. Cette étape est indispensable pour stabiliser les matières premières, limiter le développement microbien et améliorer l'efficacité du broyage ultérieur (Sauvant et al., 2004).

Une fois séchés, les grains ont été broyés individuellement à l'aide d'un **broyeur de laboratoire**, puis tamisés à travers un tamis de maille **500 µm**, permettant d'obtenir pour chaque ingrédient une farine fine et homogène, condition essentielle à une bonne miscibilité lors du mélange et à une granulation de qualité optimale.

Les poudres obtenues ont été conservées dans des bocaux hermétiques, à l'abri de la lumière et de l'humidité, jusqu'à leur incorporation dans la formule.



Figure 4 : préparation des matières premières végétales (maïs, blé, riz et soja)

F- Préparation des sources glucidiques et végétales (maïs, son de blé, riz et soja) à l'échelle commerciale (startup AQUABIO)

À l'échelle industrielle, ces quatre matières premières seront approvisionnées directement sous forme de farines auprès des fournisseurs locaux — moulins ERIAD pour la farine de maïs et de blé, CEVITAL pour les brisures de riz, et coopératives agricoles de l'Est algérien pour le tourteau de soja éliminant ainsi les étapes de broyage au niveau de l'unité de production.

Un contrôle systématique du taux d'humidité à la réception (objectif < 12 %, mesuré par hygromètre ou étuve) sera mis en place afin de garantir la traçabilité et la constance qualitative des lots, conformément aux bonnes pratiques de fabrication (BPF) applicables à l'alimentation animale

G- Formulation et optimisation nutritionnelle

La formulation de l'aliment expérimental a été établie sur la base des recommandations nutritionnelles du National Research Council (**NRC, 2011**) pour le Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*), en tenant compte des besoins spécifiques de l'espèce en protéines, lipides et énergie digestible. L'objectif était de concevoir un aliment fonctionnel 100 % à base de bioressources locales algériennes, économiquement viable et nutritionnellement performant.

H- Justification scientifique de chaque ingrédient

La farine de poulet constitue la source protéique principale de la formule, apportant de la ration. Sa richesse en acides aminés essentiels — notamment la lysine, la méthionine et la thréonine — en fait une alternative locale performante à la farine de poisson importée, dont elle présente un profil aminé comparable (**Hertrampf & Piedad-Pascual, 2000**).

La farine de soja vient compléter l'apport protéique végétal, tout en apportant des acides gras insaturés bénéfiques. Associée à la farine de poulet, elle permet d'atteindre une teneur protéique totale de 45 %, conforme aux exigences nutritionnelles du Tilapia du Nil en phase de croissance (**NRC, 2011**).

La farine de maïs, le son de blé et la farine de riz constituent les principales sources glucidiques et énergétiques de la formule. La son de blé joue en outre un rôle de liant naturel grâce à sa teneur en gluten, favorisant la cohésion des granulés lors de la granulation et améliorant leur stabilité à l'eau (**Lim & Webster, 2006**).

La farine d'*Ulva lactuca* est intégrée en tant qu'additif bioactif marin. Cette algue verte est reconnue pour sa richesse en polysaccharides sulfatés, en minéraux (fer, calcium, magnésium), en vitamines et en composés antioxydants, conférant à l'aliment des propriétés immunostimulantes et anti-inflammatoires documentées chez les poissons d'eau douce (**Citarasu, 2010 ; Awad & Awaad, 2017**).

L'huile végétale assure l'apport en acides gras essentiels (oméga-6), nécessaires au métabolisme lipidique et à l'absorption des vitamines liposolubles (A, D, E, K), tout en améliorant la palatabilité et la texture de l'aliment granulé.

Ces valeurs sont cohérentes avec les recommandations du **NRC (2011)** pour le Tilapia du Nil en phase de grossissement, qui préconisent une teneur en protéines comprise entre 30 et 45 %, un taux lipidique de 5 à 8 % et un apport énergétique de 3 800 à 4 500 kcal/kg.

4.1.2.2. Mélange et granulation

Une fois l'ensemble des matières premières préparées et ramenées à une granulométrie uniforme de 500 μm , le mélange a été réalisé manuellement dans un récipient propre et sec. Toutes les poudres — farine de poulet, farine de maïs, farine de soja, farine de blé, farine de riz et farine d'*Ulva lactuca* — ont été incorporées successivement et mélangées de façon homogène selon les proportions définies par la formule.

L'huile végétale a ensuite été ajoutée progressivement au mélange de poudres tout en poursuivant le malaxage manuel, permettant une distribution homogène de la phase lipidique au sein de la matrice sèche. De l'eau tiède a été incorporée graduellement et en quantité contrôlée, jusqu'à obtention d'une pâte cohésive, souple et homogène, présentant une coloration verte caractéristique, directement attribuable à la présence de la farine d'*Ulva lactuca* et à sa richesse en chlorophylles a et b.

Cette étape de mélange est déterminante pour la qualité finale du granulé : une distribution homogène des ingrédients garantit en effet l'uniformité de la composition nutritionnelle entre les granulés et la reproductibilité des résultats zootechniques (**Lim & Webster, 2006**)

La pâte obtenue a été introduite dans une machine à granuler semi-automatique, dont le principe de fonctionnement est similaire à celui d'un hachoir à viande : la pâte est poussée mécaniquement à travers une filière perforée, produisant des filaments cylindriques continus de diamètre contrôlé, d'aspect comparable à des spaghettis.

Ces filaments ont ensuite été découpés manuellement à l'aide d'une spatule ou d'un couteau de laboratoire en granulés de 2 à 4 mm de longueur, correspondant à la taille optimale recommandée pour l'alimentation du Tilapia du Nil en phase de grossissement (**El-Sayed, 2006**). Cette taille de granulés favorise en effet une ingestion aisée par les poissons tout en limitant les pertes alimentaires par dissolution dans l'eau.

Les granulés frais ont été disposés en couche fine sur des plateaux et placés à l'étuve pour séchage final, afin d'éliminer l'humidité résiduelle apportée lors du mélange, de stabiliser leur structure et d'assurer leur résistance mécanique à l'eau lors de la distribution aux poissons.



Figure 5 : Étapes de mélange des ingrédients et obtention de la pâte alimentaire avant granulation



Figure 6 : Granulation et séchage des granulés expérimentaux de l'aliment

À l'échelle industrielle, le mélange manuel sera remplacé par un mélangeur horizontal automatisé (RICHI SLHY-1000), garantissant une homogénéité parfaite et reproductible des lots. La granula-

tion sera assurée par une extrudeuse flottante industrielle (RICHI DGP-90B), permettant de produire des granulés flottants calibrés de 2 à 4 mm à cadence élevée, avec un contrôle automatisé de la température, de la pression et du débit. La découpe manuelle sera remplacée par un système de coupe automatique intégré à la ligne d'extrusion, suivi d'un séchoir à convection industrielle assurant un séchage uniforme et continu des granulés.

4.1.2.3. Contrôles de qualité de l'aliment granulé préparé

A- Stabilité de L'aliment à l'eau

Le test de stabilité à l'eau vise à évaluer la résistance mécanique des granulés à la dissolution et à la désagrégation en milieu aquatique, condition indispensable pour limiter les pertes nutritionnelles et la dégradation de la qualité de l'eau des bassins d'élevage.

Des granulés ont été déposés dans un bécher contenant de l'eau maintenue à 26 °C, correspondant à la température optimale d'élevage du Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus*. L'évolution de l'intégrité physique des granulés a été observée visuellement à intervalles réguliers jusqu'à apparition des premiers signes de désagrégation.

Les Résultats obtenus montrent que les granulés ont maintenu leur intégrité structurelle pendant plus de 30 minutes sans désagrégation notable, valeur considérée comme satisfaisante et conforme aux critères de qualité recommandés pour les aliments aquacoles (Lim & Webster, 2006). Ce résultat témoigne de la bonne cohésion de la matrice granulaire, assurée notamment par la teneur en gluten de la farine de blé qui joue le rôle de liant naturel.

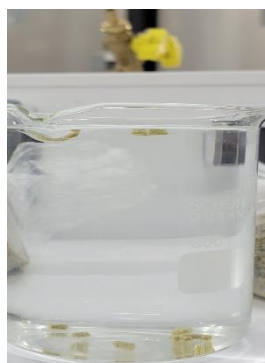


Figure 7 : évaluation de la stabilité

B- Flottabilité de L'aliment

Ce test vise à évaluer la capacité des granulés à flotter à la surface de l'eau, propriété essentielle pour faciliter l'observation de la prise alimentaire des poissons et réduire les pertes d'aliment par sédimentation au fond des bassins.

On a mis l'aliment dans un bécher une flottabilité partielle a été observée : une fraction des granulés flottait en surface pendant environ 10 minutes, tandis que l'autre fraction coulait progressivement au fond du bécher. Cette flottabilité partielle est directement liée à l'absence d'extrudeuse industrielle à l'échelle expérimentale. Cette flottabilité partielle est directement liée à l'absence d'extrudeuse industrielle à l'échelle expérimentale.

En effet, l'extrusion sous pression et chaleur génère des microbulles d'air à l'intérieur de la matrice granulaire, garantissant une flottabilité totale et durable. À l'échelle commerciale, l'utilisation d'une extrudeuse flottante industrielle (RICHI DGP-90B) permettra d'obtenir des granulés **100 % flottants**, conformément aux standards de l'alimentation aquacole moderne (El-Sayed, 2006).



Figure 8 : Essai de flottabilité des granulés expérimentaux

Aspect macroscopique

À l'issue du séchage final, les granulés produits ont présenté les caractéristiques illustrées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 14 : Caractéristiques macroscopiques des granulés après séchage

Paramètre	Observation
Couleur	Verte, caractéristique de la présence d' <i>Ulva lactuca</i>
Texture	Dure et compacte, résultant du séchage thermique à l'étuve

Odeur	Agréable, légèrement iodée, caractéristique des algues marines
Taille	Variable (2–4 mm), due à la découpe manuelle
Aspect général	Homogène en couleur, hétérogène en forme

La texture dure et compacte des granulés obtenus est le résultat du séchage thermique à l'étuve, qui assure une bonne cohésion de la matrice granulaire et une résistance mécanique satisfaisante à la manipulation et au transport. À l'échelle industrielle, l'extrusion sous pression permettra d'affiner davantage cette texture en produisant des granulés uniformes, calibrés et parfaitement adaptés à la distribution automatisée dans les bassins d'élevage.

C- Composition proximale

L'analyse de la composition proximale vise à déterminer la teneur réelle en protéines brutes et en lipides totaux de l'aliment produit, afin de vérifier la conformité nutritionnelle de la formule par rapport aux besoins du Tilapia du Nil et aux valeurs théoriques calculées lors de la formulation.

D-1- Taux des protéines brutes

Le taux des protéines est déterminé par la méthode Kjeldahl. Elle se repose sur la minéralisation de la matière organique par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur, suivie d'une distillation et d'un titrage permettant de quantifier l'azote total. La teneur en protéines brutes est ensuite calculée par application du facteur de conversion 6,25 (AOAC, 2005).

La teneur en protéines brutes de l'aliment expérimental AQUABIO est de 42 %, valeur légèrement inférieure à la valeur théorique calculée lors de la formulation (45 %), ce qui peut s'expliquer par



les pertes partielles en azote lors des étapes de séchage et de granulation. Cette valeur demeure néanmoins conforme aux recommandations du **NRC (2011)** pour le Tilapia du Nil en phase de grossissement, qui préconisent une teneur protéique comprise entre 30 et 45 %.

Figure 9 : Distillateur automatique Behr Labor-Technik utilisé pour le dosage des protéines selon la méthode de Kjeldahl.

D-2- Taux des lipides totaux

L'extraction des lipides totaux par un solvant organique (hexane ou éther de pétrole) en cycles successifs d'ébullition-condensation sur un dispositif Soxhlet, suivie d'une évaporation du solvant et d'une pesée du résidu lipidique (AOAC, 2005).

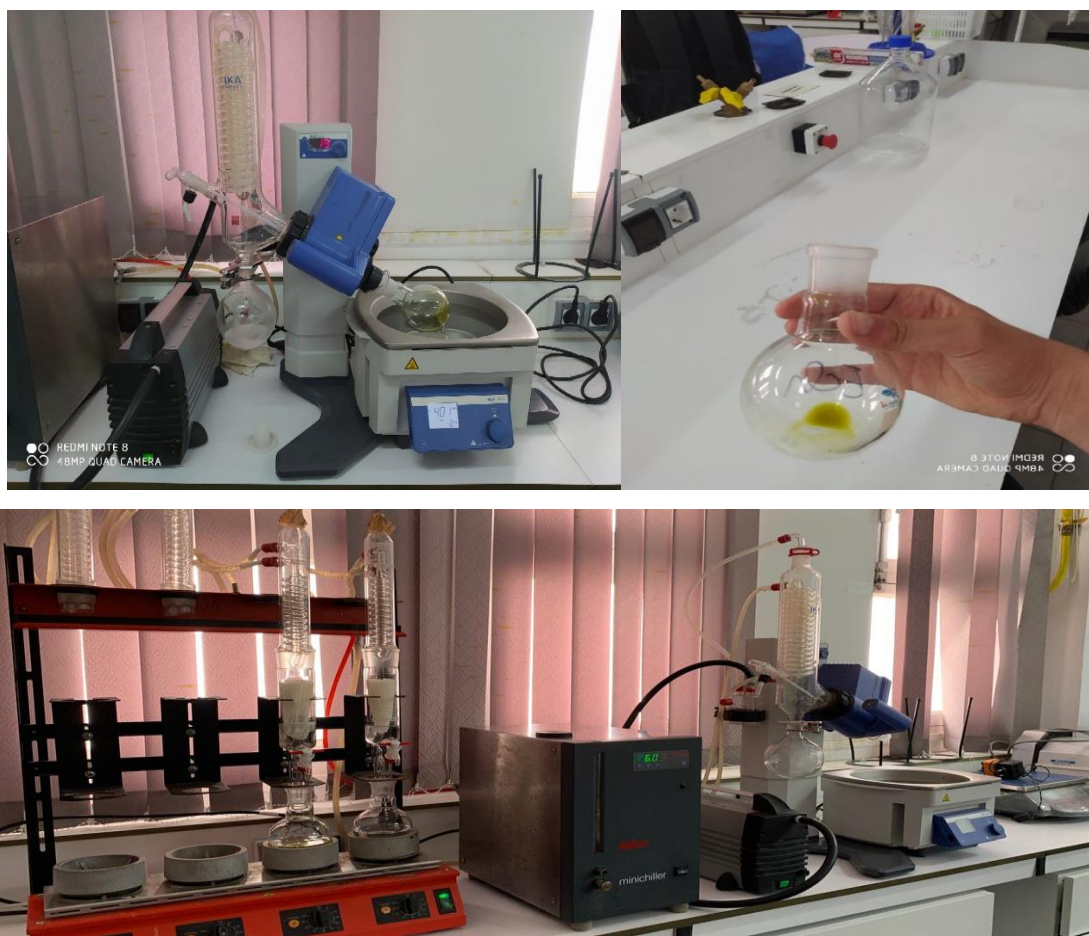


Figure 10 : Appareil d'extraction Soxhlet utilisé pour le dosage des lipides totaux de l'aliment expérimental

La teneur en lipides totaux de l'aliment expérimental AQUABIO est de 13 %, valeur supérieure à la valeur théorique estimée lors de la formulation (5–6 %). Cette différence peut s'expliquer par la contribution lipidique des farines de poulet et de soja, dont les teneurs en matières grasses n'avaient pas été intégralement prises en compte lors du calcul théorique.

Bien que légèrement au-dessus des recommandations du NRC (2011) pour le Tilapia (5–8 %), cette valeur reste acceptable et pourra être ajustée dans les formulations futures par une réduction du taux d'inclusion de l'huile végétale.

Le récapitulatif de la composition proximale est donné dans le tableau ci-dessous. Il est à noter que l'humidité et les cendres n'ont pas pu être dosées dans le cadre de cette étude en raison de contraintes de temps et de disponibilité des équipements. Ces paramètres seront systématiquement intégrés au protocole d'analyse qualité à l'échelle commerciale.

Tableau 15 : Composition proximale de l'aliment expérimental

Paramètre	Valeur théorique	Valeur mesurée	Recommandation NRC (2011)
Protéines brutes	45 %	42 %	30–45 %
Lipides totaux	5–6 %	13 %	5–8 %
Humidité	< 10 %	7%	< 12 %

D- Contrôle microbiologique

Le contrôle microbiologique de l'aliment granulé n'a pas pu être réalisé dans le cadre de cette étude expérimentale en raison de contraintes de temps et de disponibilité des milieux de culture spécifiques.

Cependant, les bonnes pratiques de fabrication appliquées tout au long du processus — séchage thermique à 60 °C pendant 48 heures, tamisage en conditions propres et conservation hermétique en bouchons fermés à l'abri de la lumière et de l'humidité — constituent des barrières physiques et thermiques efficaces limitant significativement le risque de contamination microbienne (Lim & Webster, 2006). À l'échelle commerciale, ce contrôle sera systématiquement intégré au protocole qualité d'AQUABIO, incluant la recherche de *Salmonella* sp., de coliformes totaux et de moisissures, conformément aux normes en vigueur pour l'alimentation animale en Algérie.

4.1.3. Conditionnement de l'aliment granulé

À l'échelle expérimentale (prototype) : À l'issue du séchage final et après pesée précise de chaque lot, les granulés produits ont été conditionnés dans des bocaux en verre hermétiques, permettant une conservation optimale tout en offrant une visibilité directe sur le contenu.



Figure 11 : Conditionnement expérimental des granules

Deux types de granulés ont été produits et conservés séparément :

- **L'aliment expérimental AQUABIO**, reconnaissable à sa **couleur verte caractéristique**, directement attribuable à la présence de la farine d'*Ulva lactuca* dans la formule, conditionné dans un bocal étiqueté portant la mention "*Aliment expérimental AQUABIO*".
- **L'aliment témoin commercial**, présentant une **couleur marron**, correspondant à un aliment commercial de référence utilisé pour la comparaison zootechnique, conservé dans un second bocal distinct, différenciable visuellement sans nécessité d'étiquetage supplémentaire grâce à la différence de couleur évidente entre les deux produits.

Les bocaux ont été conservés dans des **conditions sèches, à l'abri de la lumière et de l'humidité**, afin de prévenir toute dégradation lipidique par oxydation, tout développement fongique ou bactérien, et toute altération des propriétés nutritionnelles et organoleptiques des granulés jusqu'à leur utilisation lors des essais d'élevage.

À l'échelle industrielle (**startup AQUABIO**), les granulés finis seront conditionnés dans des **sacs kraft hermétiques anti-humidité**, munis d'une valve de dégazage permettant d'évacuer l'air résiduel sans entrée d'humidité extérieure. Chaque sac portera une **étiquette réglementaire** comportant les informations suivantes :

- Nom du produit : *Aliment fonctionnel granulé AQUABIO pour Tilapia du Nil*
- Composition et valeurs nutritionnelles
- Taille des granulés (2–4 mm)
- Mode d'emploi et taux de distribution recommandé
- Date de fabrication et date limite de consommation (DLC)
- Numéro de lot
- Conditions de stockage : *conserver dans un endroit sec, frais et à l'abri de la lumière*
- Coordonnées de l'entreprise AQUABIO

Les produits conditionnés seront stockés dans un **entrepôt sec et climatisé** (température < 20 °C, humidité relative < 60 %), conformément aux bonnes pratiques de stockage des aliments pour animaux, garantissant une durée de conservation minimale de **6 mois** sans altération notable des propriétés nutritionnelles et physiques du produit.

Conformément à la charte graphique et à l'identité visuelle présentées dans l'Axe 3, les étiquettes de l'aliment granulé **AQUABIO** comporteront les informations réglementaires suivantes :

- Nom du produit : *Aliment fonctionnel granulé pour Tilapia du Nil*
- Logo et marque : AQUABIO
- Slogan : *"Natural Nutrition for Sustainable Tilapia Farming"*
- Composition : Ulva séchée, protéines végétales, céréales et additifs naturels
- Valeurs nutritionnelles : Protéines brutes (min.) 32 % / Matières grasses (min.) 6 % / Humidité (max.) 10 %
- Instructions d'utilisation : Distribuer 2 à 3 fois par jour, adapter la quantité selon l'âge et le poids des poissons
- Conditions de stockage : Conserver dans un endroit frais, sec et à l'abri de la lumière
- Date de fabrication et date limite de consommation (DLC)
- Numéro de lot
- Site web et contact : www.aquabio.dz
- Code QR : accès aux conseils d'élevage en ligne
- Mention d'origine : *Produit en Algérie*



Figure 12 : Prototype d'emballage commercial de l'aliment AQUABIO

L'emballage est un **sac tissé en polypropylène résistant à l'humidité**, disponible en trois formats : **5 kg, 10 kg et 25 kg**, adaptés aux différents profils de pisciculteurs. Les produits conditionnés doivent être stockés à une température inférieure à 20 °C, dans un endroit sec et à l'abri de la lumière et de l'humidité, garantissant une durée de conservation de **6 mois** sans altération des propriétés nutritionnelles et physiques du produit

4.2. Approvisionnement et Stratégie Durable d'AQUABIO

L'approvisionnement d'AQUABIO repose sur une stratégie d'économie circulaire et de valorisation des bioressources locales algériennes, visant à minimiser les coûts de production tout en réduisant l'empreinte environnementale de la filière aquacole nationale. Cette démarche s'articule autour de deux niveaux distincts : l'approvisionnement expérimental, tel qu'il a été mis en œuvre dans le cadre de cette étude, et l'approvisionnement commercial, tel qu'il est envisagé à l'échelle de la startup.

Dans le cadre de cette **étude expérimentale**, l'ensemble des matières premières a été approvisionné individuellement et à petite échelle, selon les disponibilités locales immédiates :

La **chair de poulet**, utilisée comme source protéique principale à l'échelle expérimentale, a été achetée directement auprès d'une **boucherie locale**, garantissant ainsi une fraîcheur optimale et une composition nutritionnelle connue et reproductible, conditions indispensables à la fiabilité des résultats expérimentaux.

L'*Ulva lactuca* a été récoltée manuellement et de manière autonome sur les côtes rocheuses de Tipaza, en quantité limitée (inférieure à 1 kg de matière fraîche), suffisante pour les besoins

expérimentaux de cette étude mais non représentative des volumes nécessaires à une production commerciale.

Les **sources glucidiques** — farine de maïs, farine de blé et brisures de riz — ont été acquises auprès de moulins locaux, tandis que l'**huile végétale** a été approvisionnée auprès de CEVITAL, principal producteur algérien d'huiles alimentaires. Le **tourteau de soja** a été obtenu auprès de fournisseurs locaux disponibles au moment de l'expérimentation.

Dans le cadre du **développement commercial d'AQUABIO**, des partenariats sont en cours de formalisation avec plusieurs acteurs locaux stratégiques, dans une logique d'approvisionnement durable, traçable et économiquement viable. Le **tableau 8** illustre les différents fournisseurs.

Tableau 16 : Fournisseurs de matières premières envisagés.

Matière première	Fournisseur local	Coût estimé (DZD/kg)	Fréquence d'approvisionnement
Sous produits avicoles	Abattoir industriel (Alger, Blida)	(déchets valorisés) 5–10 DZD/kg	Hebdomadaire
Farine de maïs	Moulins ERIAD (Algérie)	45–60 DZD/kg	Mensuelle
Tourteau de soja local	Coopératives agricoles Est algérien	70–90 DZD/kg	Mensuelle
Algues séchées (Ulva lactuca, Sargassum)	Récolte côtes algériennes (CNRDPA)	Collecte directe + séchage 5–10 DZD/kg	Saisonnière (2×/an)
Huile Végétale	Cevital	120–150 DZD/kg	Bimestrielle
Rez	Cevital	70 DZD/kg	Trimestrielle
son de blé	Moulins locaux	50–70 DZD/kg	Mensuelle

4.3. Ressources humaines

Notre startup AQUABIO prévoit de créer **9 emplois directs** dès sa première année d'activité, organisés autour de quatre pôles fonctionnels complémentaires, auxquels s'ajoute un encadrement académique et entrepreneurial de haut niveau.

Cette structure légère et polyvalente est parfaitement adaptée à l'échelle pilote du projet tout en garantissant la couverture de l'ensemble des fonctions opérationnelles, scientifiques et commerciales indispensables au bon fonctionnement de l'unité de production.

Pour garantir la sécurité de ses employés, AQUABIO met à leur disposition l'ensemble des équipements de protection individuelle (EPI) adaptés à chaque poste : blouses de laboratoire, gants, lunettes de protection, masques et chaussures de sécurité.

Des moyens de manutention mécanisée, transpalettes et chariots élévateurs, sont également prévus pour la gestion des sacs de matières premières et des lots de production finis, afin de réduire les risques de troubles musculosquelettiques (TMS) liés aux manutentions manuelles répétitives.

Tableau 17 : Organisation des ressources humaines et masse salariale prévisionnelle

Poste	Nbre	Salaire/mois (DZD)	Coût annuel (DZD)	Statut
PÔLE 1 — DIRECTION & R&D				
Directeur Général & Responsable R&D	1	Non rémunéré	0	Fondateur — non salarié (An 1)
Technicien de Laboratoire	1	42 000	504 000	CDI — Temps plein
PÔLE 2 — PRODUCTION ET FABRICATION				
Technicien d'Élevage Aquacole	1	38 000	456 000	CDI — Temps plein
Opérateur de Production N°1 (Broyage & Mélange)	1	35 000	420 000	CDI — Temps plein
Opérateur de Production N°2 (Granulation & Conditionnement)	1	35 000	420 000	CDI — Temps plein
Femme de ménage	1	30 000	360 000	Mi-temps
Agent de sécurité N°1 (jour)	1	35 000	420 000	CDI — Temps plein
Agent de sécurité N°2 (nuit)	1	35 000	420 000	CDI — Temps plein
PÔLE 3 — COMMERCIAL & LOGISTIQUE				
Responsable Commercial & Logistique	1	45 000	540 000	CDI — Temps plein + commission
Expert-comptable externe		20 000 DZD		Prestation
PÔLE 4 — ENCADREMENT ACADÉMIQUE (hors masse salariale)				
Promoteur — Dr. KADA Mohamed (ENSSMAL)	1	—	—	Statut académique — hors salarié
Co-promoteur — Mr. MOBAREK Abderrahman (ENSSMAL)	1	—	—	Statut académique — hors salarié
Coach entrepreneurial — Incubateur ENSSMAL	1	—	—	Prestation — Dispositif AM 1275
TOTAL MASSE SALARIALE ANNUELLE (salaires + CNAS 26%)		4 460 400DZD — 8 salariés (+ 3 encadrants non rémunérés)		

Les encadrants académiques n'étant pas salariés de la startup, leur rémunération ne figure pas dans

la masse salariale. Leur contribution au projet sera valorisée sous forme de participation aux bénéfices nets.

4.4. Principaux Partenaires

Les principaux partenaires institutionnels et commerciaux d'AQUABIO sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 18 : Principaux partenaires institutionnels et commerciaux d'AQUABIO

Partenaire	Rôle et contribution
CNRDPA (Centre National Recherche Pêche et Aquaculture)	Partenaire scientifique et institutionnel principal. Accès aux bassins d'élevage, équipements d'analyse, expertise en nutrition aquacole et en production piscicole. Réseau de diffusion auprès des pisciculteurs nationaux.
ENSSMAL	Établissement de tutelle. Encadrement pédagogique et scientifique. Accès aux laboratoires d'analyse biochimique. Hébergement dans l'incubateur universitaire.
Abattoirs industriels (Alger, Blida)	Fournisseurs de produits avicoles à faible coût. Partenariat de valorisation des déchets mutuellement bénéfique.
ERIAD (meuneries algériennes)	Fournisseur régulier de sons de céréales et de farines végétales locales. Conditions préférentielles négociées dans le cadre du partenariat.
BNB / ANDI	Financement et accompagnement. Accès aux dispositifs de soutien à l'investissement et aux avantages fiscaux dans le cadre du dispositif AM 1275 / ANDI.
Incubateur universitaire ENSSMAL	Accompagnement entrepreneurial (coaching, formation, mise en réseau). Hébergement du projet. Appui à la création de la startup et au dépôt de brevet.
CEVITAL	Fournisseur d'huile végétale et de brisures de riz. Premier groupe agroalimentaire privé algérien, garantissant une disponibilité régulière et une qualité constante des matières premières approvisionnées.
Fermes aquacoles partenaires (pisciculteurs régionaux)	Premiers clients et partenaires de validation commerciale d'AQUABIO. Leur retour terrain sur les performances zootechniques de l'aliment constitue un levier essentiel pour l'amélioration continue de la formule et le développement commercial de la startup.
Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques	Alignement stratégique avec la politique nationale aquacole (Plan 2022–2030). Appui potentiel pour la certification réglementaire, la diffusion nationale et l'accès aux marchés institutionnels.
CNRC (Centre National du Registre de Commerce)	Immatriculation et enregistrement légal de la startup AQUABIO. Conformité aux obligations commerciales algériennes.
INAPI (Institut National Algérien de la Propriété Intellectuelle)	Dépôt et protection du brevet de la formulation alimentaire fonctionnelle développée par AQUABIO, garantissant la protection de l'innovation et l'avantage concurrentiel de la startup.
CNAS / CASNOS	Couverture sociale des salariés et du gérant fondateur. Conformité aux obligations sociales et réglementaires algériennes en matière de protection des travailleurs.

CINQUIÈME AXE PLAN FINANCIER

5. CINQUIÈME AXE : PLAN FINANCIER

5.1. LES COÛTS DU PROJET ET L'INVESTISSEMENT INITIAL

5.1.1. Coûts d'investissements et matériaux essentiels

Le tableau suivant consolide l'ensemble des équipements industriels, matériaux et fournitures essentielles nécessaires au démarrage de l'unité pilote de production d'aliments fonctionnels pour Tilapia du Nil, sur la base d'une capacité installée de 50 t/an. Les prix sont établis sur la base des devis fournisseurs collectés en 2026. Les coordonnées détaillées de chaque fournisseur sont disponibles en Annexe.

Tableau 19 : Plan d'investissement initial.

Désignation	Min (DZD)	Médian (DZD)	Max (DZD)	Durée amort.
LIGNE DE PRODUCTION				
Extrudeuse flottante (RICHI DGP-90B)	850 000	1 175 000	1 500 000	7 ans
Broyeur à marteaux (RICHI SFSP-60×40)	250 000	350 000	450 000	7 ans
Mélangeur horizontal (RICHI SLHY-1000)	180 000	240 000	300 000	7 ans
Tamis vibrant (RICHI SFJH-80)	80 000	115 000	150 000	7 ans
Séchoir à convection + refroidisseur	350 000	562 500	600 000	7 ans
Étuve séchoir MP + étuve laboratoire	200 000	265 000	330 000	5 ans
CONDITIONNEMENT & STOCKAGE				
Thermosoudeuse + étiqueteuse	60 000	90 000	125 000	5 ans
Balance de précision industrielle	35 000	47 500	60 000	5 ans
Rayonnages métalliques + stockage	60 000	80 000	100 000	10 ans
INFRASTRUCTURE & SÉCURITÉ				
Aménagement local + installation tri-phasé	190 000	265 000	380 000	10 ans
Convoyeurs vis ×2 + câblage industriel	100 000	140 000	200 000	7 ans
Groupe électrogène secours	150 000	200 000	250 000	7 ans
Sécurité (extincteurs, alarme, EPI, ventil.)	94 000	127 000	168 000	5 ans
IMMATÉRIEL & LOGICIEL				
PC + logiciel BESTMIX® Aquafeed	80 000	100 000	120 000	3 ans
Frais constitution startup + RC + certif.	80 000	100 000	130 000	3 ans
TOTAL INVESTISSEMENT INITIAL	2 759 000	3 769 500	4 863 000	—

5.1.2. Besoins de démarrage

Le tableau suivant présente l'ensemble des besoins financiers nécessaires au lancement effectif de l'activité d'AQUABIO, couvrant à la fois les investissements en équipements et les besoins en fonds de roulement des trois premiers mois d'exploitation, période précédant la génération de recettes régulières.

Tableau 20 : Coût total de démarrage.

Dépenses et investissements	Montant (DZD)
Investissements équipements et matériaux	4 106 000
Stock de matières premières (2 mois)	269 250
Stock emballages et étiquettes (3 mois)	145 000
Trésorerie minimum opérationnelle (salaires + loyer M1–M2)	500 000
Charges à payer avant premières recettes (M1–M2)	750 000
Dépôt marque + INAPI (brevet formule)	50 000
Frais de notaire + constitution juridique EURL	100 000
TOTAL GÉNÉRAL	5 920 250

5.1.3. Mode de financement des besoins de démarrage

Le projet AQUABIO est financé selon un montage mixte combinant un dispositif public de soutien à l'entrepreneuriat (AM 1275 / ANDI), un apport personnel du porteur de projet et un crédit bancaire BNA/CPA. Ce montage permet de couvrir l'intégralité des besoins de démarrage (5 920 250 DZD), tout en dégagant une réserve de trésorerie supplémentaire de **174 250 DZD** destinée à faire face aux imprévus des premiers mois d'activité.

Tableau 21 : Sources de financement.

Source de financement	Montant (DZD)	% du total	Conditions
Apport personnel (porteur de projet)	1 270 500	19,9 %	Fonds propres — An 0
Dispositif AM 1275 / ANDI — subvention	2 500 000	41,5 %	Subvention non remboursable
Crédit BNA/CPA (investissement équip.)	2 000 000	33,2 %	Taux 5,5 % — 5 ans
INAPI	324 000	5,4 %	Locaux + équip. laboratoire
TOTAL FINANCEMENT	6 094 500	100 %	6 094 500

5.1.4. Charges fixes

Les charges fixes représentent l'ensemble des dépenses incompressibles supportées par AQUABIO indépendamment du volume de production. Elles restent constantes quelle que soit la quantité d'aliment produite et vendue au cours de l'exercice.

Tableau 22 : Liste des charges fixes annuelles.

Nature de la charge	Montant An 1 (DZD)	Montant An 2 (DZD)	Montant An 3 (DZD)
Loyer local de production	360 000	360 000	360 000
Eau + électricité + gaz	690 000	690 000	690 000
Maintenance préventive équipements	360 000	360 000	360 000
Assurance multirisque	120 000	120 000	120 000
Téléphone + internet	60 000	60 000	60 000
Carburant + transport livraisons	180 000	180 000	180 000
Fournitures diverses (papeterie, hygiène)	84 000	84 000	84 000
Budget publicité + communication	150 000	200 000	250 000
Expert-comptable externe	240 000	240 000	240 000
Qualité + logistique + divers	560 000	560 000	560 000
Dotations aux amortissements	818 000	818 000	818 000
TOTAL CHARGES FIXES	3 622 000	3 672 000	3 722 000

Les dotations aux amortissements (818 000 DZD/an) sont calculées sur la base du tableau d'investissement (**Tableau 19**), en appliquant les durées d'amortissement définies pour chaque équipement.

Le budget publicité augmente progressivement de l'An 1 à l'An 3, reflétant la montée en puissance commerciale d'AQUABIO et le développement de sa notoriété auprès des pisciculteurs algériens.

5.1.5. Masse salariale

La masse salariale d'AQUABIO a été établie sur la base de l'équipe définie dans la section 4.3, comprenant 9 salariés directs auxquels s'ajoute une prestation externe d'expert-comptable. Les charges sociales patronales sont calculées au taux de **26 %** conformément à la réglementation algérienne en vigueur (CNAS).

Tableau 23 : Masse salariale.

Élément	Mensuel (DZD)	An 1 (DZD)	An 2 (DZD)	An 3 (DZD)
Total salaires bruts	2 730 003	3 276 000	3 276 000	4 092 000
CNAS patronale (26%)	709 800	851 760	851 760	1 063 920
Expert-comptable externe	20 000	240 000	240 000	240 000
TOTAL MASSE SALARIALE CHARGÉE	3 459 803	4 367 760	4 367 760	5 395 920

5.1.6. Remboursement des dettes

Le crédit bancaire de 2 000 000 DZD est remboursable sur 5 ans Étant donné qu'AQUABIO bénéficie du dispositif public **AM 1275 / ANDI**, les intérêts du crédit bancaire sont **pris en charge par l'État algérien**, conformément aux avantages accordés aux startups innovantes dans le cadre de ce dispositif. AQUABIO ne rembourse donc que le **capital emprunté**, sans charge d'intérêts.

Tableau 24 : Tableau d'amortissement du crédit BNA/CPA (2 000 000 DZD — 5 ans).

Année	Capital restant dû	Amort. capital
An 1	2 000 000	400 000
An 2	1 600 000	400 000
An 3	1 200 000	400 000
An 4	800 000	400 000
An 5	400 000	400 000
TOTAL	0	2 000 000

5.2. Le Chiffre d'Affaires

5.2.1. Chiffre d'affaires de base

Le chiffre d'affaires de base correspond à une vision modérée et réaliste de l'activité commerciale d'AQUABIO, ni trop optimiste ni trop conservatrice, reflétant une montée en charge progressive et maîtrisée de la distribution sur les wilayas du Centre et de l'Est algérien.

➤ Positionnement prix et avantage concurrentiel

L'un des atouts majeurs d'AQUABIO réside dans son positionnement tarifaire unique sur le marché algérien des aliments aquacoles. Avec un prix de vente de **450 DZD/kg**, AQUABIO se positionne **65 à 70 % en dessous des aliments importés**, tout en offrant des propriétés fonctionnelles immunostimulantes uniques grâce à l'incorporation d'*Ulva lactuca*, absentes des aliments concurrents à prix équivalent.

Ce positionnement tarifaire représente une **économie annuelle considérable** pour les pisciculteurs algériens. À titre d'exemple, une ferme consommant 5 t/an d'aliment réalise une économie de **4 250 000 à 10 250 000 DZD/an** en optant pour AQUABIO plutôt qu'un aliment importé, ce qui constitue un argument commercial décisif.

➤ Hypothèses du scénario de base

Capacité installée : **50 t/an**

Taux d'utilisation An 1 : **60 %** → production effective : **30 t**

Taux d'utilisation An 2 : **80 %** → production effective : **40 t**

Taux d'utilisation An 3 : **90 %** → production effective : **45 t**

Prix de vente moyen pondéré : **450 DZD/kg**

Zone de distribution : wilayas du Centre (Alger, Tipaza, Boumerdès, Blida) et de l'Est (Béjaïa, Jijel, Skikda, Annaba)

Clients cibles : fermes aquacoles professionnelles, centres d'alevinage, coopératives agricoles et amateurs souhaitant démarrer leur propre projet d'élevage

Distribution via grossistes pour les commandes importantes, livraison directe pour les fermes partenaires.

Tableau 25: Chiffre d'affaires de base sur 3 ans.

Indicateur	An1	An2	An3
Capacité installée (t/an)	50	50	50
SCÉNARIO BASE			
Taux d'utilisation	60 %	80 %	90 %
Volume vendu (t/an)	30	40	45
CA base (DZD)	13 500 000	18 000 000	20 50 000

5.2.2. Chiffre d'affaires — Scénario optimiste et pessimiste

Le scénario de base (60 % An 1) reflète une montée en charge progressive et réaliste, tenant compte du temps nécessaire à la prospection commerciale et au développement de la notoriété d'AQUABIO auprès des fermes aquacoles cibles des wilayas du Centre et de l'Est.

Le scénario optimiste (70 % An 1) suppose une réceptivité rapide du marché grâce à l'avantage prix décisif d'AQUABIO et à la concrétisation rapide des partenariats avec les fermes prioritaires identifiées dans l'étude de marché, notamment la Coopérative de Annaba et la ferme de Jijel.

Le scénario pessimiste (50 % An 1) anticipe les difficultés inhérentes au lancement d'un nouveau produit sur un marché encore peu habitué aux aliments fonctionnels locaux, avec des délais de prospection plus longs et une réticence initiale des pisciculteurs à changer leurs habitudes d'approvisionnement.

Tableau 26 : Scénario optimiste et pessimiste.

Indicateur	An1 — Opt.	An1 — Pess.	An2 — Opt.	An2 — Pess.	An3 — Opt.	An3 — Pess.
Capacité installée (t/an)	50	50	50	50	50	50
Taux d'utilisation	70 %	50 %	85 %	70 %	95 %	80 %
Volume vendu (t/an)	35	25	42,5	35	47,5	40
Prix moyen pondéré (DZD/kg)	450	450	450	450	450	450
CHIFFRE D'AFFAIRES (DZD)	15750000	11250000	19125000	15750000	21375000	18000000

Dans les trois scénarios, le chiffre d'affaires dépasse le **seuil de rentabilité de 10 513 000 DZD** dès la première année, confirmant la viabilité financière du projet AQUABIO même dans l'hypothèse la plus défavorable.

Le chiffre d'affaires prévisionnel augmente progressivement au cours des trois premières années d'activité. Cette évolution s'explique par l'accroissement progressif de la capacité de production, l'élargissement de la clientèle ainsi que l'intégration de nouveaux produits dans la gamme AQUABIO, contribuant ainsi au renforcement des ventes et de la compétitivité de l'entreprise.

5.3. Les Comptes de Résultats :

5.3.1. Seuil de rentabilité annuelle

Le seuil de rentabilité représente le volume minimal de ventes permettant à AQUABIO de couvrir l'intégralité de ses charges fixes et variables, sans dégager ni bénéfice ni perte.

Il est calculé selon la formule :

$$\text{SR} = \text{Charges fixes totales} \div (\text{Prix de vente unitaire} - \text{Coût variable unitaire})$$

Tableau 27 : Seuil de rentabilité économique.

Paramètre	Valeur
Charges fixes totales annuelles	3 622 000 DZD
Masse salariale chargée annuelle	4 460 400 DZD
Total charges fixes + masse salariale	7 989 760 DZD
Prix de vente moyen pondéré (par kg)	450 DZD/kg
Coût variable unitaire (par kg)	53,85 DZD/kg
Marge sur coût variable par kg	396,15 DZD/kg
SEUIL DE RENTABILITÉ (volume)	≈ 20 170 kg ≈ 20,2 t/an
SEUIL DE RENTABILITÉ (CA)	9 076 500 DZD/an
% de la capacité installée	40,3 %

Le seuil de rentabilité d'AQUABIO est atteint dès **20,2 t/an**, soit **40,3 %** de la capacité installée de 50 t/an. Ce résultat est particulièrement favorable car même dans le **scénario pessimiste** (25

t/an), AQUABIO dépasse largement son seuil de rentabilité dès la première année, confirmant la robustesse financière du projet sachant que Le prix de lancement fixé à **450 DA/kg** s'inscrit dans une stratégie de pénétration du marché une révision progressive du prix pourra être envisagée afin de refléter la valeur ajoutée du produit et d'assurer la rentabilité de l'entreprise.

5.3.2. Comptes de résultats prévisionnels

Le compte de résultat prévisionnel sur 3 ans est illustré dans le tableau ci-dessous.

Tableau 28 : Compte de résultat prévisionnel sur 3 ans — 2 scénarios (en DZD).

Rubrique	An1 Opt.	An1 Pess.	An2 Opt.	An2 Pess.	An3 Opt.	An3 Pess.
(+) CHIFFRE D'AFFAIRES	15 750 000	11 250 000	19 125 000	15 750 000	21 375 000	18 000 000
(-) CHARGES VARIABLES	1 884 750	1 346 250	2 288 625	1 884 750	2 557 875	2 154 000
Matières premières (53 850/t)	1 884 750	1 346 250	2 288 625	1 884 750	2 557 875	2 154 000
= MARGE BRUTE SUR CV	13 865 250	9 903 750	16 836 375	13 865 250	18 817 125	15 846 000
(-) CHARGES FIXES ANNUELLES	3 622 000	3 622 000	3 672 000	3 672 000	3 722 000	3 722 000
Masse salariale (CNAS incluse)	4 460 400	4 460 400	4 460 400	4 460 400	4 460 400	4 460 400
Dotations amortissements	818 000	818 000	818 000	818 000	818 000	818 000
Remboursement crédit	400 000	400 000	400 000	400 000	400 000	400 000
= RÉSULTAT AVANT IMPO	4 564 850	603 350	7 485 975	4 514 850	8 388 565	5 417 440
(-) IBS (19 % résultat imposable)	867 322	114 637	1 422 335	857 822	1 593 827	1 029 314
= RÉSULTAT NET	3 697 529	488 714	6 063 640	3 657 028	6 794 738	4 388 126

➤ Analyse des résultats

Dans le **scénario optimiste**, AQUABIO dégage un résultat net de **3 697 529DZD** dès la **première année**, témoignant de la rentabilité immédiate du projet grâce au faible coût des matières premières locales valorisées.

Dans le **scénario pessimiste**, le résultat net reste **positif à 488 714DZD** dès l'An 1, confirmant que même dans les conditions les plus défavorables, AQUABIO reste viable et ne génère pas de pertes.

La progression du résultat net entre l'An 1 et l'An 3 reflète la montée en puissance commerciale de la startup et l'effet de levier opérationnel lié à l'augmentation des volumes produits sans augmentation proportionnelle des charges fixe.

5.3.3. Calcul du Besoin en Fonds de Roulement d'exploitation (BFR)

L'analyse du BFR permet d'évaluer la trésorerie nécessaire pour financer l'activité courante d'AQUABIO, en tenant compte des délais de paiement accordés aux clients et obtenus des fournisseurs.

Dans le cas d'AQUABIO, l'étude repose sur :

- Un délai moyen de **30 jours** pour les clients (fermes aquacoles)
- Un délai moyen de **15 jours** pour les fournisseurs (matières premières locales)

Tableau 29 : Besoin en Fonds de Roulement (BFR scénario réaliste -An 1 -30 t produits).

Composante du BFR	Hypothèse de délai	Montant (DZD)	Calcul
Stock matières premières	30 jours de consommation	134 625	$MP/mois \times 1 (53,85 \text{ DZD/kg} \times 30\,000 \text{ kg}/12)$
Stock produits finis	15 jours de production	562 500	$CA_{An1}/24$
Créances clients (délai encaissement)	30 jours (paiement à 30j)	1 125 000	$CA_{An1} / 12$
(-) Dettes fournisseurs (délai paiement)	15 jours (comptant + 15j)	-67 313	$MP/mois \times 0,5$
(-) Dettes fiscales et sociales	Paiement mensuel	-490 680	Charges soc./12
BFR NET	Délai moyen : 25 jours	1 254 132	

5.4. PLAN DE TRÉSORERIE MENSUEL — ANNÉE 1

Le tableau ci-dessous présente l'évolution mensuelle de la trésorerie d'AQUABIO sur les 12 premiers mois d'activité (scénario de base — 30 t/an). Il regroupe les encaissements, les décaissements et le calcul de la trésorerie nette mensuelle cumulée, permettant d'évaluer la capacité de l'entreprise à couvrir ses charges courantes tout en générant une marge de manœuvre financière suffisante.

La trésorerie de départ d'AQUABIO s'élève à 1 760 750 DZD, issue du montage financier mixte présenté en 5.1.3 (apport personnel + dispositif AM 1275 / ANDI + crédit BNA/CPA + apport en nature ENSSMAL), après déduction des investissements en équipements industriels, des frais juridiques et des stocks initiaux.

CINQUIÈME AXE

PLAN FINANCIER

Tableau 30 : Budget prévisionnel de trésorerie - Année 1 (Scénario de base DZD).

Rubrique	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6	Mois 7	Mois 8	Mois 9	Mois 10	Mois 11	Mois 12	TOTAL AN 1
ENCAISSEMENTS													
Ventes comptant	675 000	675 000	900 000	1 125 000	1 125 000	1 125 000	1 125 000	1 125 000	1 125 000	1 350 000	1 350 000	1 575 000	13 275 000
Trésorerie de départ	1 760 750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 760 750
TOTAL ENCAISSEMENTS	2 435 750	675 000	900 000	1 125 000	1 125 000	1 125 000	1 125 000	1 125 000	1 125 000	1 350 000	1 350 000	1 575 000	15 035 750
DÉCAISSEMENTS													
Loyer local production	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000	360 000
Salaires bruts	293 000	293 000	293 000	293 000	293 000	293 000	293 000	293 000	293 000	293 000	293 000	293 000	3 516 000
Charges sociales CNAS (26%)	70 980	70 980	70 980	70 980	70 980	70 980	70 980	70 980	70 980	70 980	70 980	70 980	851 760
Expert-comptable externe	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	240 000
Charges fixes (énergie, assur., pub...)	301 833	301 833	301 833	301 833	301 833	301 833	301 833	301 833	301 833	301 833	301 833	301 833	3 621 996
Achats matières premières	40 500	40 500	48 375	60 469	60 469	60 469	60 469	60 469	60 469	72 563	72 563	84 656	721 971
Remboursement crédit BNA/CPA	33 333	33 333	33 333	33 333	33 333	33 333	33 333	33 333	33 333	33 333	33 333	33 333	399 996
TOTAL DÉCAISSEMENTS	789 646	789 646	797 521	809 615	809 615	809 615	809 615	809 615	809 615	821 709	821 709	833 802	9 711 723
SOLDES DE TRÉSORERIE													
Solde du mois	-114 646	-114 646	102 479	315 385	315 385	315 385	315 385	315 385	315 385	528 291	528 29	741 198	3 563 277
Solde de trésorerie cumulé	1 646 104	1 531 458	1 633 937	1 949 322	2 264 707	2 580 092	2 895 477	3 210 862	3 526 247	4 054 538	4 582 829	5 324 027	5 324 027

Le plan de trésorerie révèle plusieurs observations importantes :

CINQUIÈME AXE

PLAN FINANCIER

☑ La trésorerie reste positive tout au long des 12 premiers mois, confirmant la solidité financière du projet même en scénario de base. Cela s'explique principalement par le paiement comptant des clients et le faible coût des matières premières issues des bioressources locales valorisées.

☑ Le solde mensuel est légèrement négatif sur les deux premiers mois, reflétant la phase de démarrage commercial où les ventes sont encore limitées (1 500 kg/mois). Cette situation est entièrement couverte par la trésorerie de départ disponible.

☑ À partir du mois 3, le solde mensuel devient positif et croissant, traduisant la montée en puissance progressive des ventes et l'effet de levier des charges fixes sur les volumes produits. Cette analyse financière confirme qu'AQUABIO est un projet viable et rentable.

Le seuil de rentabilité est atteint dès **20,2 t/an**, soit moins de la moitié de notre capacité installée, et un bénéfice net est dégagé dès la première année même dans le scénario le plus défavorable.

Grâce à la valorisation des bioressources locales et à un prix de vente **65 à 70 % inférieur aux aliments importés**, AQUABIO dispose d'un avantage concurrentiel structurel qui lui permettra de s'imposer progressivement comme un acteur de référence de la nutrition aquacole en Algérie.

Sixième Axe

Prototype Et Stratégie De Développement De La Gamme

6. Sixième Axe : prototype et stratégie de développement de la gamme

6.1. Présentation du prototype expérimental

6.1.1. Conditions d'élevage et mise en place de l'expérimentation

A- Dispositif expérimental

L'expérimentation a été conduite sur un total de **32 individus juvéniles de Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*)**, répartis en deux lots homogènes de **16 poissons chacun**, hébergés dans deux aquariums indépendants d'une capacité de **180 litres** chacun. Cette répartition garantit une densité d'élevage raisonnable et des conditions hydrodynamiques comparables entre les deux unités expérimentales. Le nombre de poissons a été déterminé en fonction des capacités expérimentales disponibles, tandis que la durée de l'essai a été adaptée aux contraintes du calendrier académique et aux échéances de soutenance.

Les poissons ont été acclimatés pendant une période de **3 jours** avant le début de l'expérimentation, afin de réduire le stress lié au transport et de stabiliser les paramètres physiologiques de base. Seuls les individus présentant un état de santé satisfaisant, sans lésion ni signe de maladie apparente, ont été retenus pour l'essai.

Les individus des deux lots ont été pesés en groupe à l'aide d'une balance de précision. Le **poids moyen initial** de chaque individu était de **31,25 g**, soit un poids total initial de **500 g par lot**, assurant une homogénéité entre les deux groupes expérimentaux au démarrage de l'essai. L'égalité du poids total des deux lots (500 g chacun) constitue le critère d'homogénéité retenu dans cette étude, en l'absence de pesage individuel. Cette contrainte méthodologique sera corrigée dans les expérimentations futures par un pesage individuel systématique permettant le calcul des écarts-types et la validation statistique de l'homogénéité inter-lots.

B- Protocole alimentaire

Les deux lots ont été soumis au même protocole d'alimentation, à raison de **3 distributions journalières** (matin, midi et soir), sur une durée totale de **30 jours**. Le taux de rationnement a été ajusté en deux phases successives :

- **De J0 à J20** : taux d'alimentation de **3 % du poids vif**, permettant une alimentation modérée et contrôlée en début d'expérimentation
- **De J20 à J30** : taux d'alimentation porté à **5 % du poids vif**, reflétant l'augmentation des besoins nutritionnels liée à la croissance des poissons

C- Paramètres de qualité de l'eau

La qualité de l'eau des deux aquariums a été maintenue et surveillée tout au long de l'expérimentation grâce à un système d'aération continue par diffuseur à air. La température de l'eau a été maintenue à 26 °C, valeur comprise dans la plage optimale de croissance du Tilapia du Nil, soit 25–30 °C (El-Sherif & El-Feky, 2009).

Le pH a été maintenu dans des valeurs favorables à l'espèce, la plage optimale pour la survie et la croissance du Tilapia du Nil étant comprise entre 6,4 et 9,0. L'oxygène dissous a été maintenu au-dessus du seuil critique grâce au système d'aération, la concentration minimale recommandée pour *Oreochromis niloticus* étant de > 5 mg/L.

Ces paramètres sont restés stables et conformes aux normes recommandées tout au long des 30 jours d'expérimentation, excluant ainsi tout facteur environnemental comme source de biais dans l'interprétation des résultats zootechniques obtenus.



Figure 13 : Juvéniles de Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) utilisés au cours de l'expérimentation zootechnique.

6.1.2. Paramètres zootechniques mesurés

Afin d'évaluer objectivement les performances de croissance et l'efficacité nutritionnelle de l'aliment fonctionnel AQUABIO par rapport à l'aliment commercial de référence, les paramètres zootechniques suivants ont été calculés à l'issue des 30 jours d'expérimentation, selon les formules standards utilisées en nutrition aquacole (Steffens, 1989 ; El-Sayed, 2006).

❖ Gain de Poids Moyen (GPM)

$$\text{GPM (g)} = \text{Poids moyen final (g)} - \text{Poids moyen initial (g)}$$

L'égalité du poids total des deux lots (500 g chacun) constitue le critère d'homogénéité retenu dans cette étude, en l'absence de pesage individuel. Cette contrainte méthodologique sera corrigée dans les expérimentations futures par un pesage individuel systématique permettant le calcul des écarts-types et la validation statistique de l'homogénéité inter-lots." Nous avons identifié ce point comme une priorité d'amélioration pour les essais futurs, où un pesage individuel systématique sera mis en place dès le démarrage, permettant le calcul de moyennes $\pm$ écarts-types et la réalisation de tests statistiques (ANOVA, test t) pour valider rigoureusement l'homogénéité des lots et la significativité des résultats."

- Lot AQUABIO : $63,15 - 31,25 = 31,90$ g/poisson
- Lot Témoin : $52,31 - 31,25 = 21,06$ g/poisson

❖ Taux de Croissance Spécifique (TCS)

$$\text{TCS (\%/jour)} = [(\ln Pf - \ln Pi) \div t] \times 100$$

- Lot AQUABIO : $[(\ln 63,15 - \ln 31,25) \div 30] \times 100 = 2,35$ %/jour
- Lot Témoin : $[(\ln 52,31 - \ln 31,25) \div 30] \times 100 = 1,73$ %/jour

❖ Indice de Conversion Alimentaire (ICA)

$$\text{ICA} = \text{Quantité totale d'aliment consommé (g)} \div \text{Gain de poids total (g)}$$

- Lot AQUABIO : $550 \div 510,5 = 1,08$
- Lot Témoin : $550 \div 336,95 = 1,63$

❖ Taux de Survie (TS)

$$\text{TS (\%)} = (\text{Nombre de survivants} \div \text{Effectif initial}) \times 100$$

- Lot AQUABIO : $16/16 = 100$ %
- Lot Témoin : $16/16 = 100$ %

6.1.3. Résultats zootechniques et discussion**A- Gain de Poids Moyen (GPM)**

Les résultats obtenus révèlent une différence de croissance notable entre les deux lots

expérimentaux. Les individus nourris avec l'aliment fonctionnel AQUABIO ont enregistré un gain de poids moyen de **31,90 g/poisson**, soit une progression de **102 %** par rapport au poids initial, contre **21,06 g/poisson** pour le lot témoin, représentant une progression de **67 %** seulement sur la même période de 30 jours.



Figure 14 : Évolution du gain de poids du tilapia au cours de la période expérimentale

Cet écart de **+51,5 %** en faveur du lot AQUABIO témoigne de l'effet bénéfique de l'incorporation d'*Ulva lactuca* sur la croissance pondérale du Tilapia du Nil. En effet, cette algue verte est reconnue pour sa richesse en polysaccharides sulfatés et en minéraux essentiels qui stimulent l'appétit, améliorent l'absorption intestinale des nutriments et potentialisent l'activité enzymatique digestive des poissons (Citarasu, 2010 ; Awad & Awaad, 2017).

B- Taux de Croissance Spécifique (TCS)

Le taux de croissance spécifique confirme la supériorité nutritionnelle de l'aliment AQUABIO. Avec un TCS de **2,35 %/jour**, le lot AQUABIO affiche une croissance journalière significativement plus élevée que celle du lot témoin (**1,73 %/jour**), soit un avantage de **+35,8 %**. Cette valeur est comparable à celles rapportées dans la littérature pour des aliments enrichis en extraits d'algues marines chez *Oreochromis niloticus* (El-Sayed, 2006 ; Güroy et al., 2012), confirmant la pertinence scientifique de notre approche de formulation.

C- Indice de Conversion Alimentaire (ICA)

L'indice de conversion alimentaire constitue l'un des indicateurs les plus éloquentes de cette expérimentation. Le lot AQUABIO présente un ICA de **1,08**, valeur particulièrement remarquable qui signifie que **1,08 kg d'aliment suffit pour produire 1 kg de gain de poids**. Le lot témoin, quant à lui, affiche un ICA de **1,63**, indiquant une moins bonne valorisation de l'aliment commercial.

Un ICA inférieur à 1,5 est généralement considéré comme excellent en aquaculture intensive pour le Tilapia du Nil (NRC, 2011). L'ICA d'AQUABIO, nettement en dessous de ce seuil, démontre que notre formulation à base de bioressources locales permet non seulement d'atteindre des performances de croissance supérieures, mais aussi de **réduire la consommation d'aliment par kilogramme de poisson produit**, ce qui représente un avantage économique et environnemental considérable pour les pisciculteurs algériens.

D- Taux de Survie (TS)

Les deux lots ont enregistré un taux de survie de **100 %** tout au long des 30 jours d'expérimentation, sans aucune mortalité observée. Ce résultat confirme l'**innocuité totale** de l'aliment fonctionnel AQUABIO vis-à-vis des poissons et valide la sécurité de l'incorporation d'*Ulva lactuca* à 5 % dans la ration alimentaire du Tilapia du Nil. Il témoigne également de la bonne maîtrise des conditions d'élevage et de la qualité de l'eau maintenue tout au long de l'expérimentation

Ces résultats démontrent de manière convaincante que l'aliment fonctionnel AQUABIO, formulé à partir de bioressources locales algériennes et enrichi en *Ulva lactuca*, surpasse significativement l'aliment commercial de référence sur l'ensemble des indicateurs zootechniques mesurés.

Cette performance s'explique par la synergie entre la richesse protéique de la farine de poulet locale (42 % de protéines brutes mesurées) et les propriétés bioactives de l'algue verte *Ulva lactuca*, qui agit comme un stimulateur naturel de croissance et un immunomodulateur chez les poissons d'eau douce (Citarasu, 2010).

6.1.4. Analyses biochimiques de la chair des poissons

À l'issue des 30 jours d'expérimentation, des échantillons de chair ont été prélevés sur les poissons des deux lots afin d'évaluer l'impact de l'aliment fonctionnel AQUABIO sur la composition biochimique de la chair du Tilapia du Nil, notamment en termes de teneur en protéines brutes et en lipides totaux.

A- Dosage des protéines brutes de la chair

La teneur en protéines brutes de la chair a été déterminée par la méthode Kjeldahl, basée sur la minéralisation de l'azote total et l'application du facteur de conversion 6,25 (AOAC, 2005).

Une teneur en protéines plus élevée dans la chair du lot AQUABIO serait cohérente avec la richesse protéique de la formule (42 % de protéines brutes mesurées) et les propriétés anabolisantes de l'*Ulva lactuca*, dont les polysaccharides sulfatés favorisent l'absorption et la rétention azotée chez les poissons d'eau douce (Citarasu, 2010).

Tableau 31 : Teneur en protéines brutes de la chair de Tilapia

Paramètre	Lot AQUA-BIO	Lot Témoin	Référence littérature
Protéines brutes chair (%)	68 %	62%	60–70 % (Abdel-Tawwab et al., 2010)

B- Dosage des lipides totaux de la chair

La teneur en lipides totaux de la chair a été déterminée par extraction au solvant organique selon la méthode Soxhlet (AOAC, 2005), permettant de quantifier l'ensemble des fractions lipidiques présentes dans le tissu musculaire des poissons.

Une teneur en lipides modérée dans la chair du lot AQUABIO serait attendue, reflétant le taux lipidique de la formule (13 % de lipides totaux mesurés dans l'aliment) et la capacité du Tilapia du Nil à métaboliser efficacement les acides gras apportés par l'huile végétale incorporée dans la ration (NRC, 2011).

Tableau 32 : Teneur en lipides totaux de la chair de Tilapia

Paramètre	Lot AQUABIO	Lot Témoin	Référence littérature
Lipides totaux chair (%)	2.65%	2 .55 %	2,5–2,7 % (Abdel-Tawwab et al., 2010)

C- Analyse organoleptique de la chair

L'évaluation organoleptique de la chair des poissons des deux lots a été réalisée visuellement et sensoriellement à l'issue de l'abattage, selon les critères de couleur, texture et odeur.

Tableau 33 : Évaluation organoleptique de la chair de Tilapia

Critère	Lot AQUABIO	Lot Témoin
Couleur	Rose homogène, similaire à la chair de poulet	Légèrement grisâtre par endroits
Texture	Ferme, bien structurée, sans déchirement	Ferme, bien structurée
Odeur	Neutre, sans forte odeur de poisson	Neutre, sans forte odeur de poisson
Aspect général	Excellent	Satisfaisant

La chair des poissons du lot AQUABIO présentait une couleur rose homogène, une texture ferme

et une odeur neutre, traduisant une bonne qualité organoleptique. En comparaison, la chair du lot témoin présentait une légère coloration grisâtre par endroits, tout en conservant une texture ferme et une odeur similaire.

Ces observations suggèrent un effet favorable de la formulation AQUABIO sur certains paramètres organoleptiques de la chair. Toutefois, ces résultats reposent sur une évaluation visuelle et sensorielle et doivent être interprétés avec prudence. Des analyses complémentaires, notamment instrumentales et biochimiques, seraient nécessaires pour confirmer les mécanismes responsables des différences observées.

6.2. Stratégie de développement de la gamme

Dès sa première année d'activité, AQUABIO lance sa commercialisation avec un produit phare : l'aliment fonctionnel granulé pour Tilapia du Nil, issu de prototypes expérimentaux ayant permis de valider les formulations, les performances zootechniques et l'acceptabilité du produit. À partir de la troisième année, AQUABIO adopte une démarche d'extension progressive et structurée de sa gamme, articulée autour de trois horizons temporels distincts.

❖ An 1–2 : Gamme de lancement — Tilapia du Nil

La gamme initiale est exclusivement dédiée au Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*), espèce la plus cultivée en aquaculture d'eau douce en Algérie. Elle comprend trois références adaptées aux différents stades physiologiques de l'espèce.

Tableau 34 : Gamme de produits AQUABIO

Produit	Stade cible	Taille granulé	Teneur protéique
AQUABIO Start	Alevins (< 5 g)	Poudre fine (< 500 µm)	45–48 % PB
AQUABIO Grow	Juvéniles (5–50 g)	Granulés 2–3 mm	38–42 % PB
AQUABIO Finish	Adultes (> 50 g)	Granulés 3–5 mm	30–35 % PB

Cette segmentation par stade physiologique répond à une réalité biologique fondamentale : les besoins nutritionnels du Tilapia du Nil varient significativement selon l'âge et le poids des individus, les alevins nécessitant des teneurs protéiques plus élevées que les adultes en phase de grossissement (NRC, 2011).

Dans une perspective de développement, AQUABIO prévoit d'élargir progressivement sa gamme de produits par l'intégration de nouvelles formulations fonctionnelles enrichies en **spiruline**.

Reconnue pour sa richesse en protéines, pigments naturels, vitamines, minéraux et composés bio-actifs, la spiruline permettra de développer des aliments à plus forte valeur ajoutée, répondant aux exigences nutritionnelles des différentes espèces aquacoles. Cette stratégie de diversification contribuera à renforcer la compétitivité de l'entreprise, à conquérir de nouveaux segments de marché et à soutenir la croissance de son chiffre d'affaires à moyen et à long terme.

❖ An 3–5 : Extension de gamme - Poissons d'eau douce algériens

À partir de la troisième année, AQUABIO élargit progressivement sa gamme aux autres espèces de poissons d'eau douce cultivées ou à fort potentiel aquacole en Algérie, notamment la carpe commune (*Cyprinus carpio*), espèce historiquement bien implantée dans les bassins versants algériens et présentant une demande croissante auprès des pisciculteurs locaux.

Tableau 35 : Future gamme AQUABIO.

Produit	Espèce cible	Forme	Particularité
AQUABIO Carpe Grow	Carpe commune — juvéniles	Granulés 3–4 mm	Faible teneur en protéines animales
AQUABIO Carpe Finish	Carpe commune — adultes	Granulés 4–6 mm	Formule économique locale

Cette extension vers la carpe commune s'inscrit dans la stratégie de diversification d'AQUABIO visant à conquérir progressivement l'ensemble du marché des aliments pour poissons d'eau douce en Algérie, en proposant des formules adaptées à chaque espèce et à chaque stade de développement, toujours à base de bioressources locales valorisées.

Bien que les profils d'acides aminés essentiels recommandés soient globalement comparables entre le Tilapia du Nil et la carpe commune (NRC, 1998, 2011), les besoins optimaux en protéines et en lipides diffèrent légèrement entre les deux espèces, la carpe nécessitant un taux protéique optimal d'environ 38 % et un taux lipidique de 9 % (Ali, 2022 ; Wang et al., 2024), contre 30–45 % de

protéines et 5–8 % de lipides pour le Tilapia du Nil (NRC, 2011). Cette différence justifie le développement, à moyen terme, d'une formule AQUABIO spécifiquement ajustée pour la carpe commune, plutôt qu'une simple transposition de la formule actuelle."

❖ An 6 et au-delà : Vision long terme - Exportation et biotechnologie aquacole

À l'horizon de la sixième année, AQUABIO ambitionne de franchir une nouvelle étape dans son développement en s'appuyant sur trois axes stratégiques majeurs :

▪ Exportation vers les marchés régionaux

Dans un contexte mondial où l'aquaculture dépasse désormais la pêche de capture en termes de volume de production (FAO, 2022), AQUABIO vise à s'imposer d'abord comme référence nationale avant de conquérir les marchés régionaux (Maghreb, Afrique subsaharienne). L'aliment constitue un produit différenciant à fort potentiel d'exportation, répondant à la demande croissante mondiale pour des aliments aquacoles naturels, durables et économiquement compétitifs.

▪ Extension aux crustacés

À moyen terme, AQUABIO envisage d'étendre sa gamme aux crevettes d'eau douce, segment en forte croissance en Algérie et dans la région méditerranéenne, en développant des formules spécifiques enrichies en chitosane et en caroténoïdes d'origine marine.

▪ Développement de produits vétérinaires aquacoles

Capitalisant sur l'expertise en biotechnologie marine du porteur de projet, AQUABIO envisage à long terme le développement d'une gamme de **produits vétérinaires aquacoles** à base de bioactifs marins : immunostimulants naturels, probiotiques aquacoles et additifs thérapeutiques destinés à réduire le recours aux antibiotiques dans les élevages piscicoles algériens, en phase avec les objectifs mondiaux de lutte contre l'antibiorésistance (OMS, 2021).

6.3. Récapitulatif

Ce sixième axe marque l'aboutissement scientifique et entrepreneurial du projet AQUABIO. Les résultats expérimentaux obtenus sur 30 jours d'élevage du Tilapia du Nil sont particulièrement encourageants : avec un gain de poids moyen supérieur de **51,5 %** par rapport à l'aliment commercial de référence, un indice de conversion alimentaire remarquable de **1,08** et un taux de survie de **100 %**, l'aliment fonctionnel AQUABIO démontre sa capacité à surpasser les produits existants sur l'ensemble des indicateurs zootechniques mesurés, tout en s'appuyant exclusivement sur des bioressources locales algériennes à coût maîtrisé.

Au-delà des performances techniques, ce prototype valide la cohérence globale du projet : une formulation scientifiquement rigoureuse, un procédé de fabrication reproductible à l'échelle industrielle et une stratégie de développement de gamme progressive et ambitieuse, allant des alevins de Tilapia jusqu'aux produits vétérinaires aquacoles à long terme.

AQUABIO s'affirme ainsi comme une startup innovante, ancrée dans les principes de l'économie circulaire et de la biotechnologie marine algérienne, portant une vision claire : contribuer activement au développement de l'aquaculture nationale, réduire la dépendance aux aliments importés et positionner l'Algérie comme acteur émergent de la nutrition aquacole durable en Méditerranée et en Afrique

CONCLUSION

CONCLUSION

Ce travail de fin d'études nous a permis de mener une réflexion approfondie et rigoureuse sur la faisabilité scientifique, technique et entrepreneuriale d'une startup innovante spécialisée dans la fabrication d'aliments fonctionnels pour poissons d'eau douce, à base de bioressources locales algériennes.

S'inscrivant pleinement dans les principes de l'économie circulaire et de la biotechnologie marine, ce projet vise à valoriser des ressources naturelles disponibles sur notre territoire — algues marines, coproduits avicoles, céréales locales — souvent sous-exploitées, en leur donnant une nouvelle vie à travers des formulations aquacoles naturelles, efficaces et économiquement accessibles **(Hertrampf & Piedad-Pascual, 2000)**.

Sur le plan scientifique, les résultats expérimentaux obtenus sur 30 jours d'élevage du Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) sont particulièrement prometteurs et constituent la fierté de ce travail. L'aliment fonctionnel AQUABIO, a démontré des performances zootechniques nettement supérieures à celles de l'aliment commercial de référence, avec un gain de poids moyen supérieur de **51,5 %**, un taux de croissance spécifique de 2,35 %/jour et un indice de conversion alimentaire remarquable de 1,08, le tout avec un taux de survie de 100 %.

Ces performances sont cohérentes avec les effets immunostimulants et anabolisants des polysaccharides sulfatés d'algues vertes rapportés dans la littérature aquacole **(Citarasu, 2010 ; Awad & Awaad, 2017)**, et confirment que la biotechnologie marine algérienne recèle un potentiel immense, encore largement inexploité, capable de rivaliser avec les solutions importées à une fraction de leur coût **(NRC, 2011)**.

Sur le plan entrepreneurial, l'étude technico-économique conduite dans ce mémoire a démontré la viabilité financière du projet AQUABIO : un seuil de rentabilité atteint dès 20,2 t/an, un résultat net positif dès la première année même dans le scénario le plus défavorable, et un positionnement tarifaire 65 à 70 % inférieur aux aliments importés, constituant un avantage concurrentiel structurel et durable sur le marché algérien des aliments aquacoles **(MPECHE, 2022)**.

Par ailleurs, ce projet s'aligne pleinement avec les objectifs nationaux de développement de l'aquaculture algérienne portés par le Plan National de Développement de l'Aquaculture **2022–2030 (MPECHE, 2022)** et les tendances mondiales d'une aquaculture durable et responsable.

Dans un contexte où l'aquaculture mondiale dépasse désormais la pêche de capture en termes de volume de production animale aquatique **(FAO, 2024)**, AQUABIO ambitionne de contribuer activement à la souveraineté alimentaire aquacole de l'Algérie, de créer des emplois locaux qualifiés et de valoriser la richesse de notre biodiversité marine méditerranéenne .

En définitive, ce mémoire marque non pas une fin, mais le point de départ d'une aventure entrepreneuriale et scientifique porteuse de sens. Avec une conviction profonde dans le potentiel de la biotechnologie marine algérienne et un espoir sincère de contribuer à l'essor de la nutrition aquacole nationale, nous espérons concrétiser et faire évoluer AQUABIO dans un écosystème favorable à l'innovation bleue en Algérie, et pourquoi pas, rayonner demain sur les marchés régionaux du Maghreb et d'Afrique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdel-Tawwab M., Ahmad M.H., Khattab Y.A.E. & Shalaby A.M.E., 2010.** Effect of dietary protein level, initial body weight, and their interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 298 : 267–274.
- Al-HUSSAINI A.H. & Kholy A.A., 1954.** On the functional morphology of alimentary tract of some omnivorous teleost fish. *Contributions to the Study of the Fauna*, 17 : 39 p.
- Anderson J., Jackson A.J. & Matty J.J., 1983.** Effects of purified carbohydrates and fibre on the growth of the *Oreochromis niloticus* (Abstr.). In: *First International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. Tel Aviv University, 624 p.
- AOAC — Association of Official Analytical Chemists, 2005.** *Official Methods of Analysis*. 18th Edition, AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Awad E. & Awaad A., 2017.** Role of medicinal plants on growth performance and immune status in fish. *Fish & Shellfish Immunology*, 67 : 40–54.
- Azaza M.S., Mensi F., Abdelwaheb A. & Kraiem M., 2005.** Élaboration d'aliments secs pour Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (L., 1758) en élevage dans les eaux géothermales du sud tunisien. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologie de la Mer de Salammbô*, 32 : 23–30.
- Balarin J.D. & Hatton J.D., 1979.** *Tilapia: A Guide to their Biology and Culture in Africa*. Unit of Aquatic Pathobiology, Stirling University, 174 p.
- Barnabé G., 1991.** Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture. Collection TEC & DOC, Lavoisier (éd.), 489 p.
- Boeuf G. & Payan P., 2001.** How should salinity influence fish growth? *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 130 : 411–423.
- Citarasu T., 2010.** Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International*, 18 : 403–414.
- El-Sayed A.F.M., 2006.** *Tilapia Culture*. CAB International, Wallingford, UK, 277 p.
- El-Sherif M.S. & El-Feky A.M.I., 2009.** Performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. II. Influence of different water temperatures. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11 : 301–305.
- ENSSMAL, 2023.** Rapport annuel de recherche en biotechnologie marine. Alger : ENSSMAL.
- FAO, 2020.** La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2020. Rome : FAO, 244 p.
- FAO, 2022.** Vue d'ensemble du secteur aquacole national : Algérie. Rome : FAO.
- Fleurence J., 1999.** Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trends in Food Science & Technology*, 10 : 25–28.

Fleurence J. & Levine I. (Eds.), 2016. Seaweed in Health and Disease Prevention. Academic Press, Elsevier, London, 478 p.

Güroy D., Güroy B., Merrifield D.L., Ergün S., Tekinay A.A. & Yiğit M., 2011. Effect of dietary Ulva and Spirulina on weight loss and body composition of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), during a starvation period. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 95 : 320–327.

Hertrampf J.W. & Piedad-Pascual F., 2000. Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 573 p.

Jauncey K. & Ross B., 1982. A Guide to Tilapia Feeds and Feeding. University of Stirling, Scotland, 111 p.

Kestemont P., Micha J.C. & Falter U., 1989. Les méthodes de production d'alevins de *Tilapia nilotica*. FAO/PNUD – Programme de mise en valeur et de coordination de l'aquaculture, ADCP/REP/89/46, 131 p.

Köprücü K. & Özdemir Y., 2005. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 250 : 308–316.

Lim C. & Webster C.D. (Eds.), 2006. Tilapia: Biology, Culture, and Nutrition. Food Products Press, Binghamton, NY, 678 p.

Lim C., Yildirim-Aksoy M. & Klesius P.H., 2009. Lipid and fatty acid requirements of tilapia. *Global Seafood Advocate*.

Maïga Y. et al., 2015. Valorisation des ressources locales dans l'alimentation des poissons en Afrique subsaharienne. FAO Circular Papers on Aquaculture, n° 1042.

MPECHE — Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques, 2022. Plan National de Développement de l'Aquaculture 2022–2030. Alger.

New M.B., 1987. Feed and Feeding of Fish and Shrimp. UNDP/FAO, ADCP/REP/87/26, FAO, Rome, 275 p.

NRC — National Research Council, 1998. Nutrient Requirements of Swine. 10th Revised Edition, National Academy Press, Washington D.C.

NRC — National Research Council, 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. Washington D.C. : National Academies Press.

Pullin R.S.V. & Lowe-McConnell R.H., 1982. The Biology and Culture of Tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7, Manila, Philippines.

Santiago C.B. & Lovell R.T., 1988. Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. *Journal of Nutrition*, 118 : 1540–1546.

Sauvant D., Perez J.M. & Tran G. (coord.), 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. INRA Editions, Paris, 304 p.

Shugar D., 1952. Measurement of lysozyme activity and the ultra-violet inactivation of lysozyme. *Biochimica et Biophysica Acta*, 8 : 302–309.

Siddiqui A.Q., Howlader M.S. & Adam A.A., 1988. Effects of dietary protein levels on growth, food conversion and protein utilization in fry and young Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 70 : 63–70.

Steffens W., 1989. *Principles of Fish Nutrition*. Ellis Horwood, Chichester, 384 p.

Trewavas E., 1983. *Tilapiine Fishes of the Genera Sarotherodon, Oreochromis and Danakilia*. British Museum Natural History, 583 p.

Winfrey R.A. & Stickney R.R., 1981. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. *Journal of Nutrition*, 111 : 1001–1012.

ANNEXES

ANNEXES 1

1. IDENTIFICATION DU PRODUIT

Paramètre	Information
Nom commercial	AQUABIO GROW
Fabricant	AQUABIO — Startup innovante en biotechnologie marine
Adresse	CHELGHOU M LAID, Wilaya de Mila, Algérie
Site web	www.aquabio.dz
Espèce cible	Tilapia du Nil (<i>Oreochromis niloticus</i>)
Stade cible	Juvéniles (5–50 g)
Référence produit	AQUABIO-GROW-2025

2. DESCRIPTION DU PRODUIT

L'aliment fonctionnel AQUABIO GROW est un granulé 100 % naturel, formulé à partir de bioressources locales algériennes, enrichi en algue verte. Il est conçu pour optimiser la croissance, renforcer l'immunité et améliorer la qualité de la chair du Tilapia du Nil.

3. VALEURS NUTRITIONNELLES GARANTIES

Paramètre	Valeur mesurée	Méthode
Protéines brutes (min.)	42 %	Kjeldahl (AOAC, 2005)
Lipides totaux (min.)	13 %	Soxhlet (AOAC, 2005)
Humidité (max.)	< 10 %	Séchage à l'étuve
Energie brute estimée	~4 200 kcal/kg	Calcul théorique

4. CONDITIONS DE STOCKAGE

Paramètre	Condition
Température	< 20 °C
Humidité relative	< 60 %
Emballage	Sac kraft hermétique anti-humidité
Durée de conservation	6 mois après fabrication

5. CONDITIONNEMENT DISPONIBLE

Format	Contenu	Cible
Petit sac	5 kg	Pisciculteurs artisanaux, amateurs
Sac moyen	10 kg	Pisciculteurs semi-intensifs
Grand sac	25 kg	Fermes aquacoles intensives

10. AVANTAGES CLÉS

- ✓ 100 % naturel — sans antibiotiques ni additifs chimiques
- ✓ Bioressources locales algériennes — économie circulaire
- ✓ Prix compétitif — 65–70 % moins cher que les aliments importés
- ✓ Performances prouvées — validées expérimentalement
- ✓ Enrichi en *Ulva lactuca* — propriétés immunostimulantes uniques
- ✓ Produit en Algérie — traçabilité garantie

ANNEXE 2 — BUSINESS MODEL CANVAS

AQUABIO — Aliment fonctionnel aquacole à base de bioressources locales algériennes

 PARTENAIRES CLÉS • ENSSMAL + Incubateur • Abattoirs Alger/Blida • ERIAD + CEVITAL • BNA / ANDI • INAPI • Ministère Pêche	 ACTIVITÉS CLÉS • Production aliment granulé • Récolte Ulva lactuca • Contrôle qualité • R&D formulation • Distribution Centre+Est • Marketing digital	 PROPOSITION DE VALEUR • Aliment 100% naturel local • Prix 65–70% < importé • +51,5% croissance prouvée • ICA remarquable = 1,08 • Économie circulaire locale • Taux survie 100% • Produit en Algérie	 RELATIONS CLIENTS • Livraison directe fermes • Visites terrain régulières • Support technique élevage • Facebook / Instagram • Foires aquacoles nationales • Échantillons gratuits	 SEGMENTS CLIENTS • Fermes aquacoles • Pisciculteurs amateurs • Coopératives agricoles • Grossistes distributeurs • CNRDPA • Hôtels + restaurants
	 RESSOURCES CLÉS • Unité production 1000m² chelghoum laid • Extrudeuse RICHI DGP-90B • Expertise biotechnologie marine • Formule brevetée • Équipe 9 salariés • Financement AM 1275/ANDI		 CANAUX • Livraison directe fermes • Grossistes distributeurs • Site web www.aquabio.dz • Réseaux sociaux • Foires aquacoles nationales • CNRDPA + fermes partenaires	
 STRUCTURE DES COÛTS • Masse salariale annuelle : 4 367 760 DZD • Charges fixes annuelles : 3 622 000 DZD • Remboursement crédit : 400 000 DZD/an • Matières premières : ~269 250 DZD / 2 mois • Total investissement démarrage : 5 583 750 DZD		 SOURCES DE REVENUS • Ventes aliment granulé (450 DZD/kg) • CA base An 1 : 13 500 000 DZD • CA base An 2 : 18 000 000 DZD • CA base An 3 : 20 250 000 DZD • Seuil rentabilité : 20,2 t/an ☒ • Résultat net An 1 positif ☒		