



Analyse technico-économique d'un système aquaponique à partir d'une installation pilote associant poissons d'ornement et plantes horticoles - Projet OPTIMAH

Auteurs : Anne-Laure Laroche¹, Virgile Basuyau², Maxime Vautier¹, Pierre Haxaire¹, Aurélien Tocqueville², Soizic Gruau³, David Fremine³

¹**ASTREDHOR**-Institut des professionnels du vegetal - 44 rue d'Alésia - TSA 51446 - 75158 PARIS Cedex 14 -FRANCE

²**ITAVI** - Institut technique des filières avicole, cunicole et piscicole - 7 rue du Faubourg Poissonnière - 75009 PARIS

³**CFA NaturaPole** - 1333, rue Bernard Thélu - 76640 Fauville-en-Caux

Ce document a été élaboré dans le cadre du projet “OPTIMAH” : OPTIMisation de l’Aquaponie pour l’Horticulture

Avec le soutien financier de :



MISE EN ŒUVRE ET DEVELOPPEMENT DE COOPERATIONS

Sous-mesure 16.02 Projets pilotes, nouveaux produits, pratiques, procédés et techniques dans les secteurs agricoles, alimentaires et sylvicoles/ soutien aux groupes opérationnels dans le cadre du Partenariat Européen pour l’Innovation (PEI).

Crédits photos : ASTREDHOR et ITAVI

Mars 2025

En résumé

Le pilote aquaponique installé à Fauville-en-Caux se démarque des systèmes aquaponiques classiques par des cultures végétales horticoles en pot arrosées par subirrigation associé à un élevage de poissons d'ornement.

Les analyses menées sur les cultures testées à Fauville-en-Caux laissent penser que l'atelier horticole est sous-dimensionné et ne joue donc que partiellement son rôle d'épurateur des effluents aquacoles. L'atelier aquacole pourrait fertiliser une surface a priori beaucoup plus grande.

La modélisation technico-économique du système aquaponique proposée s'appuie sur les données de Fauville-en-Caux optimisées avec une surface plus importante de surfaces végétales que le pilote actuel. Avec ce système optimisé, l'installation d'un atelier de diversification aquaponique permet de dégager un excédent brut d'exploitation (EBE) plus important qu'en système horticole conventionnel. Au-delà des considérations technico-économiques, il ne faut pas oublier que l'installation d'un système aquaponique requiert des compétences spécifiques et nécessite de s'interroger sur les débouchés et voies de commercialisation des produits. Les conclusions sur la rentabilité de l'outil restent à nuancer par le coût d'investissement dans le système d'élevage et la voie de commercialisation choisie.

Les limites techniques rencontrées pendant cette étude ont permis d'identifier les modifications à faire sur le module de Fauville pour permettre l'optimisation de l'élevage et des cultures et tester de nouveaux modèles de couplage plante/poisson. Des travaux d'expérimentation sont encore nécessaires pour mieux connaître la capacité d'abattement de la très large palette de plantes horticoles.

■ Définition : qu'est-ce que l'aquaponie ?

L'aquaponie repose sur le couplage d'une production piscicole avec une production de plantes. Les effluents de l'élevage aquacole sont utilisés comme nutriments ou fertilisants pour les cultures végétales.

Le système aquaponique a donc un double avantage : l'amélioration de la qualité d'eau en élevage et en sortie d'élevage, et la production associée de végétaux valorisables et (totalement ou partiellement) affranchis de la dépendance aux engrains minéraux de synthèse, indispensables en horticulture hors sol conventionnelle.

■ Le dispositif pilote aquaponique de Fauville-en-Caux

Un dispositif pilote aquaponique a été développé à Fauville-en-Caux en partenariat avec l'ITAVI, ASTREDHOR et le CFA Naturapôle depuis 2019. Son originalité repose sur l'association entre une production de poissons d'ornement et une production de plantes ornementales en pots disposées sur tablettes, arrosées par subirrigation.

L'objectif du pilote était de faire la démonstration à taille quasi réelle du fonctionnement de ce type d'installation avec des plantes ornementales et du matériel spécifique de l'ornement : tablettes et subirrigation.

■ Le modèle : des productions couplées pendant 8 mois

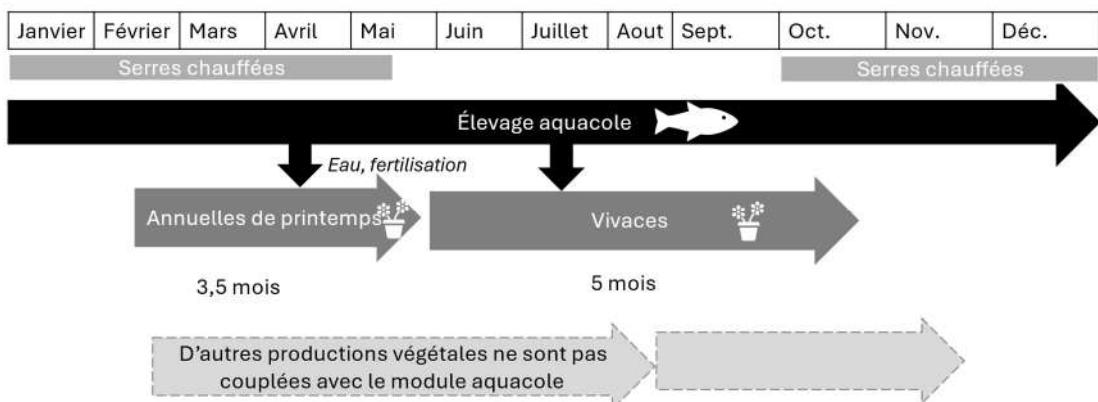


Figure 1 : Calendrier de production du système aquaponique

Sur une année calendaire, l'élevage de poisson fonctionne en continu. De mars à octobre les eaux chargées sont utilisées pour arroser les cultures horticoles. Deux séries de plantes sont produites successivement : des annuelles de printemps puis des vivaces en pot de 10,5 cm (Figure 1).

Le dispositif aquaponique installé sous serre compte trois bassins d'élevage d'un volume d'un mètre cube chacun, couplés à des tablettes d'une surface totale de 50 m². L'eau issue de l'élevage aquacole et chargée en effluents est envoyée sans retour vers le système horticole, puis elle est rejetée après avoir arrosé les plantes. Ce découplage plantes/poissons est lié au matériel et au mode d'arrosage des plantes par subirrigation sur tablettes. Les serres où est installé le système aquaponique sont chauffées d'octobre à mai.

Notons que sur l'exploitation de Fauville, d'autres productions horticoles sont réalisées, sans couplage avec le module aquaponique - ce qui a des conséquences sur le calcul des coûts.



A gauche : serre avec fertilisation en aquaponie ; à droite : serre avec fertilisation minérale.

■ Analyse technico-économique du module aquaponique

Grâce aux données issues du fonctionnement du pilote aquaponique de Fauville-en-Caux, nous proposons une analyse technico-économique de ce module aquaponique permettant de répondre aux questions suivantes :

- Combien coûte la production de plantes en pot fertilisées ?
 - Combien coûte la production de poissons ?
 - Comment s'équilibre le bilan annuel du système aquaponique ?
 - Comment l'optimiser ?
- Comment sont calculées les charges ?

Les coûts présentés dans ce document ont été obtenus à partir d'une modélisation et des données issues du fonctionnement du pilote. Les hypothèses de calcul sont présentées dans ce chapitre.

Définitions :

Charges opérationnelles : charges qui varient en fonction du nombre d'unités produites (plants, pots, substrat) – au contraire des charges fixes ou de structure (entretien du matériel, fermage, assurances...).

Charges directes : charges que l'on peut directement affecter à une culture ou à une production (par exemple plants, pots, substrats, eau consommée par l'élevage piscicole) - au contraire des charges indirectes (chauffage des serres par exemple).

Excédent brut d'exploitation (EBE) : ressource économique dégagée par l'activité courante de l'entreprise (=produits moins les charges opérationnelles, les charges fixes et la main-d'œuvre). Elle traduit la capacité de l'entreprise à gagner de l'argent pour rembourser les emprunts, rémunérer les dirigeants, autofinancer les investissements et consolider sa trésorerie.

Un choix méthodologique : le calcul de coûts partiels

Pour faciliter les calculs et permettre la comparaison entre les systèmes, nous avons fait les choix méthodologiques suivants :

- Nous ne calculons pas de coût de production complet. En effet, les charges que nous calculons ici ne prennent pas en compte les charges indirectes telles que les frais financiers, l'entretien des serres par exemple.
- Les charges liées à la commercialisation des produits ne sont pas considérées. De ce fait, nous ne calculons pas une marge commerciale mais une marge sur coûts directs (Figure 2).

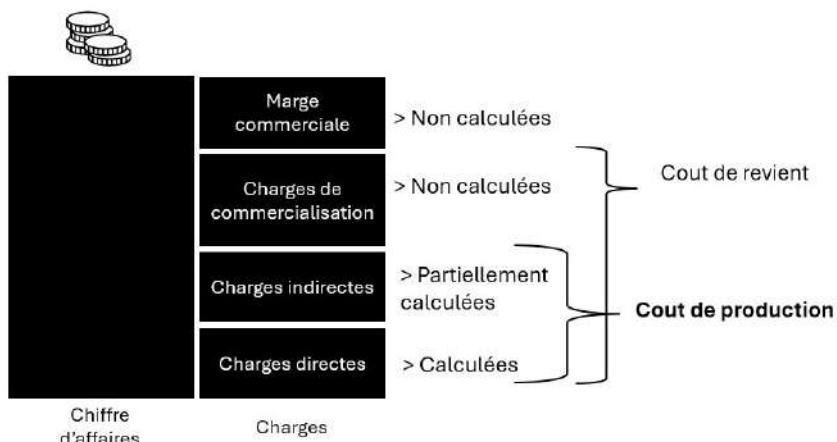


Figure 2 : Schéma explicatif des charges directes, indirectes, charges de commercialisation et marges

Par ailleurs, nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que les résultats reflètent la situation des prix au moment de la rédaction du document.

- Du point de vue de l'horticulteur : Quelles sont les charges opérationnelles en production de plantes ?

Dans notre modèle, les plantes sont cultivées sur tablettes à raison de 30 pots par m² pendant 3,5 mois pour les annuelles et cinq mois pour les vivaces. Elles sont produites à partir de micro-mottes rempotées en pot de 10,5 cm. Les cultures de printemps sont chauffées à plus de 15°C durant 60 jours.

Pour une série occupant 50 m² et cultivée sur 3 mois, un temps de travail de 5 heures a été enregistré. Attention : il exclut la préparation des ventes et l'entretien de l'élevage aquacole – traité plus bas. Plusieurs apports d'auxiliaires de culture ont été réalisés, mais aucun traitement phytosanitaire.

Les charges opérationnelles pour la culture de printemps - hors eau et fertilisation – s'élèvent à 0,88 euros par plant mis en culture pour les plantes annuelles. Pour la culture de vivaces, elles s'élèvent à 0,92 euros par plant mis en culture, le temps de travail étant plus long (Figure 3).

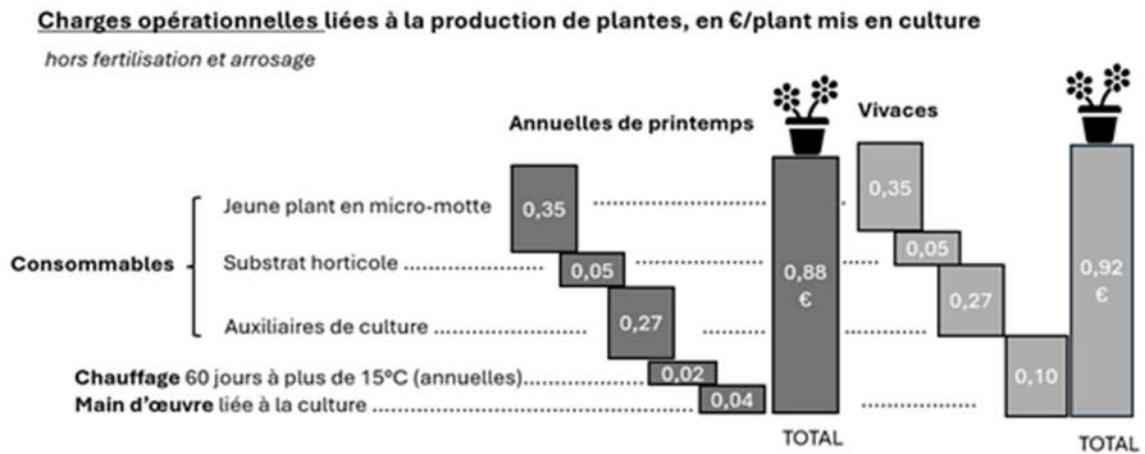


Figure 3 : Charges opérationnelles liées à la production de vivaces (par plant mis en culture)

Attention il ne s'agit pas d'un coût de production ! Les charges calculées ici ne prennent pas en compte les charges indirectes (frais financier, entretien des serres, etc.) ni les pertes techniques.

Les coûts de l'eau et de la fertilisation sont estimés à partir du coût de fonctionnement de l'élevage aquacole.

Dans un système de culture conventionnel équivalent, nous estimons que les charges de fertilisation minérale s'élèveraient à 0,01 € par pot mis en culture, donc une charge très faible (les charges en eau sont négligées). L'intérêt du système aquaponique ne repose donc pas tant sur l'économie réalisée sur la fertilisation minérale mais sur la complémentarité entre les deux ateliers.

- Du point de vue du pisciculteur : combien coûte le fonctionnement du système aquacole ?

Les installations du pilote de Fauville-en-Caux permettent l'élevage de carpes koï, ayant une croissance saisonnalisée atteignant son optimum à 24°C. C'est donc en été que leur croissance est la plus forte, que les carpes ont le plus fort besoin en aliments et que les effluents sont les plus concentrés. C'est à cette période de l'année qu'il est particulièrement intéressant de coupler l'élevage avec la production horticole. Cependant, à l'année, les besoins des végétaux en culture évoluent de la même façon que le métabolisme de la carpe koï (cyprinidé d'étang). La période hivernale est marquée par des besoins nutritionnels plus faibles des plantes et des rejets limités des poissons (dus à une baisse de l'alimentation), à l'inverse de la période estivale.

Nous avons estimé les charges liées au fonctionnement de l'élevage lissées sur trois années, depuis l'apport des alevins (1500 individus) à la vente de l'intégralité du lot (figure 4 ci-dessous).

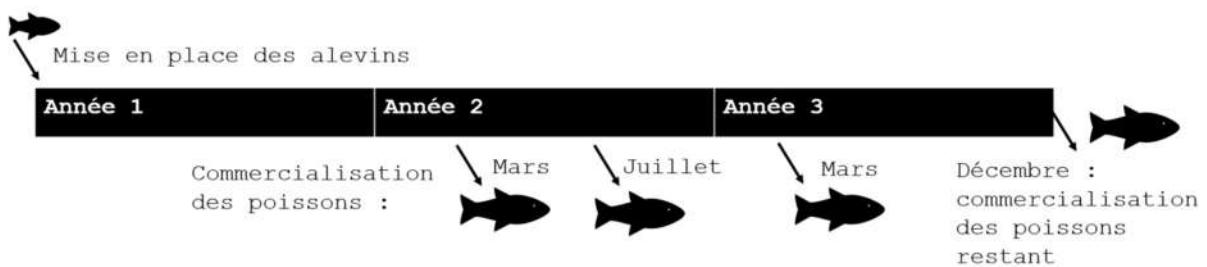


Figure 4 : Calendrier de production aquacole

■ Gestion de l'élevage - hypothèses de production

Le plan de production et d'occupation des bassins se base sur les enseignements de la gestion de l'élevage via le module aquaponique OPTIMAH, des données récoltées et de la modélisation construite sur ces mêmes données (cf. Rapport technique OPTIMAH) :

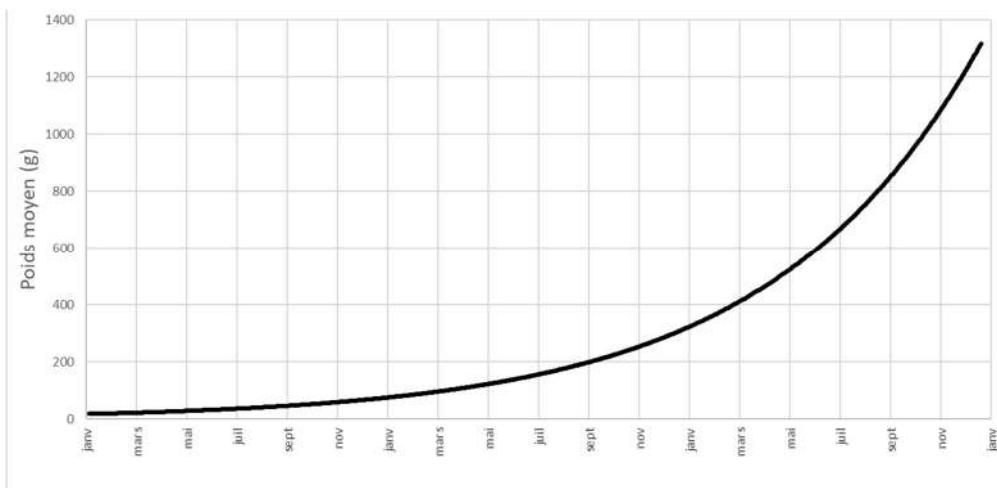


Figure 5 : Modèle de croissance de *C. carpio* dans les conditions d'élevage OPTIMAH

Cette courbe de croissance lissée connaît en réalité quelques phases de stagnation de la biomasse lié au sous-rationnement et à la faible activité métabolique lors de la période hivernale (d'octobre à mars).

La modélisation de cet élevage, sur la base des données récoltées en 2023-2025, se base sur un plan de production :

- Entrée de jeunes poissons tous les 3 ans à 20g (à une taille de 10 cm environ) ;
- Élevage sur 3 ans sans nouvel entrée de cheptel ;
- Détassement des bassins lorsque la densité max de 40 kg/m³ est atteinte pour maintenir une densité en moyenne de 30 kg/m³ ;
- Les derniers poissons du système sortent à un poids moyen de 1,2 kg (35-40 cm) ;
- Mortalité de 2.5 % par mois (jusqu'à 30g), puis d'1 % par mois ;
- TR faible entre 0.4 et 1.2 % variant selon le poids moyen et la température ;
- IC variant entre 1.5 et 3 (fonction de la température et du TR) ;
- Utilisation d'un aliment spécial ornement.

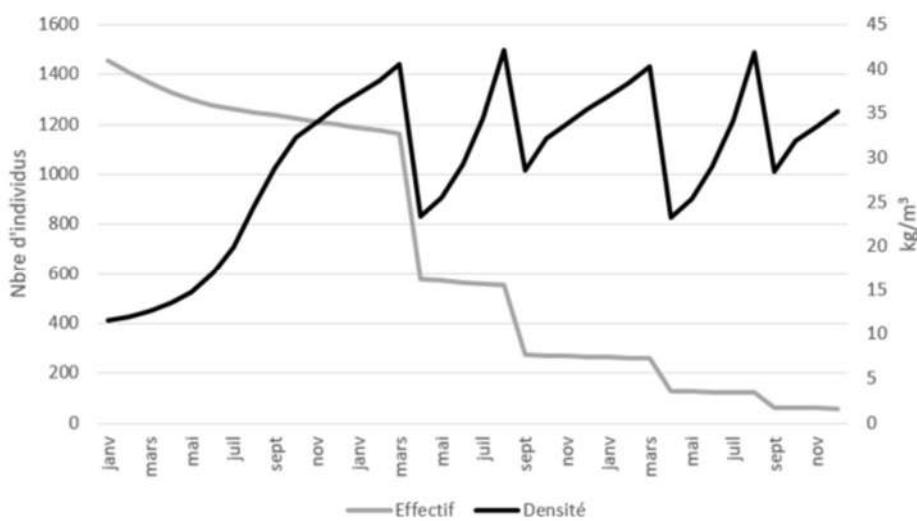


Figure 6 : Évolution de l'effectif et de la densité au cours de l'élevage

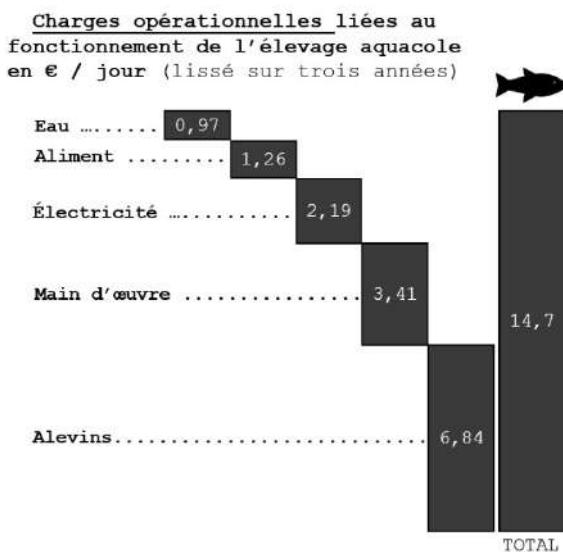
Dans le cadre de l'étude, les performances zootechniques ont pu être limitées par :

- Les phases préliminaires d'identification de l'espèce et de la gestion optimale du module ;
- Le vieillissement du module : le système de filtration actuellement en place est facteur limitant du nourrissage du cheptel et d'une réduction, encore plus forte, de la consommation en eau ;
- Le matériel biologique : le cheptel en place au lancement du projet est constitué des queues de lots issus de l'élevage précédent dans le cadre du projet AQUANOR, ces individus ont un potentiel génétique et donc des performances limitées.

Les performances atteintes sont à nuancer par la spécificité du système aquaponique support. Certaines modifications techniques et un approvisionnement en koï « sélection tosaï » (jeunes carpes ayant connu « un été ») permettrait une croissance plus rapide, une plus grande économie d'eau et la production d'un effluent plus concentré et riche pour les cultures en aval. Ces choix techniques auraient des conséquences positives sur la quantité et la qualité de la production piscicole et horticole. La rentabilité de cette production sera plus importante que pour le modèle économique, prudent, construit dans ce contexte particulier de production.

Les charges de fonctionnement annuelles sont estimées à partir des paramètres suivants :

- Consommation en électricité d'une pompe de recirculation, deux bulleurs et trois nourrisseurs ;
- Consommation en eau pour l'alimentation quotidienne des bassins et le nettoyage régulier des filtres soit en moyenne 0,23 m³ par jour ;
- Apport d'aliments (granulés extrudés, produits en France) : en moyenne 500 g par jour ;
- Jeunes poissons tosaï type sélection à fort intérêt ornemental et coût d'achat de 5€/individu ;
- Le temps de travail lié au suivi et à l'entretien de l'élevage aquacole : routine, nourrissage, nettoyage et sortie des poissons pour la vente. Il est estimé à 0,8 jour par mois en moyenne. Le coût du travail horaire choisi est le même qu'en horticulture.



L'ensemble des charges de fonctionnement rapportées à une journée s'élèvent à 14,7 euros par jour de fonctionnement (Figure 7), le coût d'achat du cheptel (lissé sur toute la période de production) représente près de la moitié des charges.

Figure 7 : Charges directes liées au fonctionnement de l'élevage aquacole (par jour)

Définitions :

Taux de rationnement (TR) : Quantité d'aliment distribué à un cheptel, exprimé en % de la biomasse totale en élevage (*Nourrir un bassin de 100 kg de poisson à un TR de 1 % revient à leur distribuer 1 kg d'aliment*)

Indice de conversion (IC) : Rapport entre la quantité d'aliment consommé par un cheptel et le gain de poids, sur une même période

$$IC = \frac{\text{Quantité d'aliment consommé (kg)}}{\text{Gain de poids (kg)}}$$

Taux de croissance spécifique (TCS) : gain de poids par jour exprimé en % du poids initial $TC\left(\frac{\%}{jour}\right) = \frac{\ln(Pf) - \ln(Pi)}{t} \times 100$ avec Pi et Pf le poids initial et final en début et fin d'une période de durée t (en jours)

Bilan annuel

Pour réaliser le bilan annuel du système aquaponique, les charges opérationnelles annuelles du système aquaponique sont comparées aux chiffres d'affaires générés :

En production de plantes : nous faisons l'hypothèse d'un prix de vente à 2,40€ par plante, avec un taux de perte en culture de 8%.

Pour l'élevage aquacole : le prix de vente des poissons, exprimé en €/cm, augmente avec la croissance. Le chiffre d'affaires est estimé sur trois ans à partir des biométries réalisées sur le pilote de Fauville-en-Caux et lissé sur une année moyenne.

L'estimation de la valeur du cheptel est difficile à suivre sur le critère de la taille des individus le composant. La relation poids-taille de la carpe koï en élevage a pu être décrite (figure 8), pour permettre par des pesées par groupe, de quantifié cette longueur en bassin, et sa valeur économique. Cette relation est moins forte à partir de 600g, ou la taille atteint un palier autour de 35-40 cm.

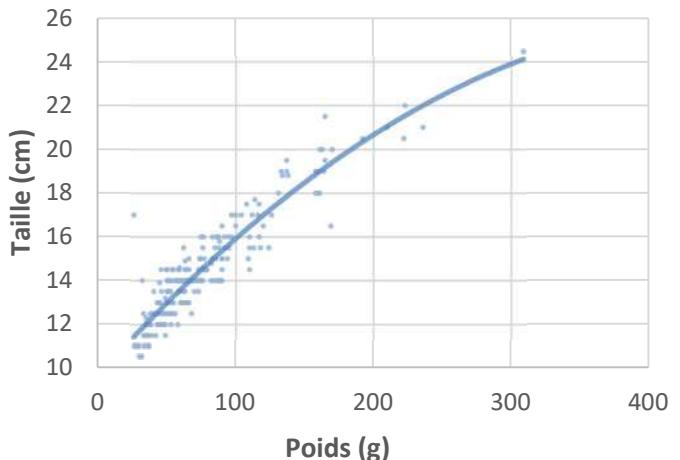


Figure 8 : Relation poids/taille chez la carpe koï

Le marché de la carpe koï est sujet à d'importantes fluctuations mais les prix de vente selon la taille de l'individus (tableau 1), la valeur d'un bassin peut être estimée selon 2 hypothèses de production.

Classe taille		8-12cm	12-15cm	15-20cm	20-25cm	25-30cm	30-35cm	35-40cm
Cout unitaire	1	9 €	13 €	20 €	35 €	60 €	95 €	120 €
	5	€	12 €	17,5 €	32,5 €	57,5 €	90 €	115 €
	10	6 €	10 €	15 €	30 €	55 €	85 €	110 €
	30	4,5 €						

Tableau 1 : Prix de vente C. carpio selon la classe de taille et le type de commercialisation

Une estimation fine de la valeur du cheptel en élevage est possible via ces classes de tailles, mais pour une projection économique simplifiée et prudente, un prix moyen au kilo est retenu de 166,1 €. La modélisation économique sur cette base de prix moyen au kilo est inférieure de 25% par rapport au modèle prenant en compte d'un prix évolutif à l'individu selon sa classe de taille.

Tel que conçu actuellement à Fauville-en-Caux, l'atelier aquacole est prépondérant sur l'atelier horticole en termes de bilan économique. Néanmoins une analyse des minéraux captés par les plantes nous laisse penser que les effluents produits par les bassins d'élevage pourraient fertiliser une surface a priori beaucoup plus grande de plantes horticoles. **Dans un système optimisé, l'équilibre s'en trouve inversé.**

Le bilan annuel est présenté ci-dessous avec un équilibre optimisé à 200 m² de culture pour 3 m³ d'élevage piscicole (Figure 9).

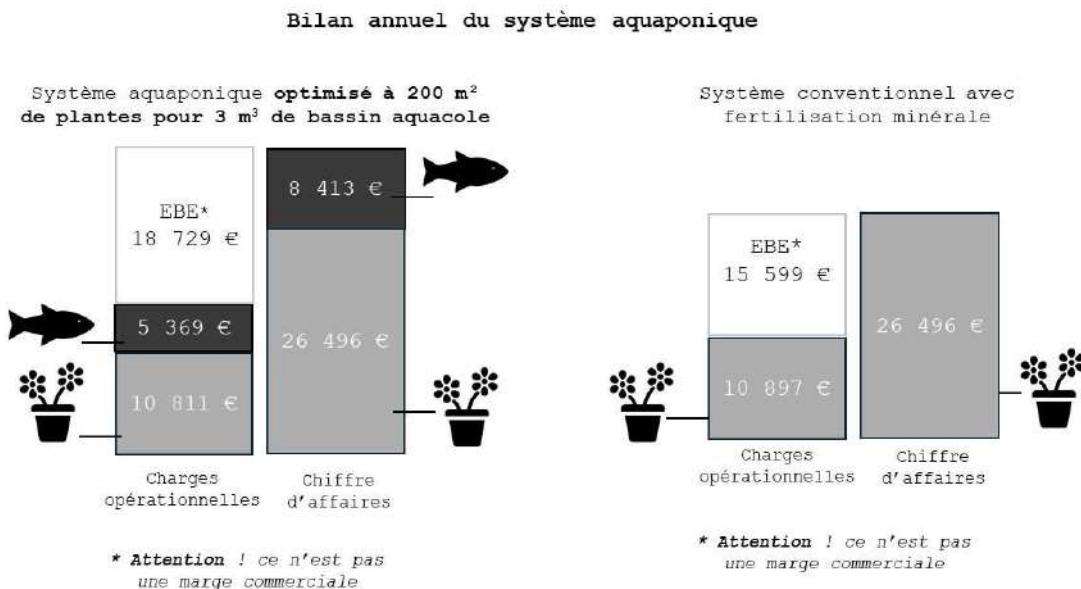


Figure 9 : bilan annuel des charges opérationnelles et du chiffre d'affaires

Dans le système optimisé, 67 % des charges opérationnelles sont portées par les plantes et 33 % par l'élevage aquacole. Le chiffres d'affaires est lui porté à 24 % par la commercialisation des poissons et 76 % par les plantes. Par rapport à un système conventionnel, l'excédent brut d'exploitation (EBE) est multiplié par 1,32. Avec ce dimensionnement, l'apport d'un atelier piscicole est intéressant pour l'horticulteur, permettant de dégager un EBE supplémentaire par rapport à un système conventionnel.

On peut noter que le passage d'un système conventionnel à un système aquaponique n'a pas d'influence sur les performances de l'activité horticole.

Pour un horticulteur, l'aquaponie semble être une solution viable pour diversifier son activité et générer de nouveaux revenus. Pour de petites surfaces à ferti-irriguer (inférieures à 200m² de SAU), la quantité de poissons en élevage reste faible par rapport à une structure à 100% aquacole. En choisissant des espèces piscicoles fortement valorisables et résilientes (tels les cyprinidés), la technicité, le temps à passer et les risques diminuent. L'horticulteur en diversification garde ainsi une large dominante horticole, et s'appuie sur un système piscicole nécessitant le moins d'interventions possibles.

La saisonnalité de la production impose des précisions sur la périodicité des ventes de carpes koï. La répartition sur 3 ans des recettes de la production est de nulle la première année, de 68 % en année 2 et de 32% en année 3 avec la vente des individus restants, de plus grande taille et marquant la fin du cycle d'élevage.

■ Optimisation du système et points d'attention clés

La rentabilité du compartiment piscicole greffé au système existant est conditionnée par l'amortissement de l'investissement initial nécessaire à la mise en place du système. Bien que le système en place soit expérimental et à but de station de fertilisation pour les cultures plus que pour une production piscicole, il est intéressant d'étudier son coût.

Le coût du module aquaponique de Fauville-en-Caux en 2019 est réparti entre :

- Matériel : 11 500 € HT
- Conception et installation : 6 600 € HT (électricité) et 6 300 € HT (système piscicole)

Pour un total HT de 24 000 €, soit 30 000 € TTC, pour des tarifs de 2019.

Le coût d'investissement pour 2025, prenant en compte les 16.4 % d'inflation cumulée (selon l'INSEE), serait de 35 500 € TTC.

En considérant l'investissement de départ, l'installation d'un module complémentaire aquaponique semble difficilement rentable à court terme. Une étude de marché auprès des fournisseurs de matériel et les bureaux d'études permettrait de préciser ce prix d'investissement qui nuance actuellement l'intérêt économique de la diversification.

■ Quelles sont les bonnes questions à se poser avant de se lancer ?

- Quel est l'espace disponible pour l'installation d'un module piscicole ? Le rapport Surface piscicole et SAU doit à minima de 1:10.
- Quel est le temps disponible pour maîtriser puis faire fonctionner l'outil en routine ?
- Quelles formations complémentaires sont nécessaires ?
- Quelle est la réglementation à respecter ?
- Quelles sont les voies de valorisation possible des produits ? Quels circuits de commercialisation ?

■ Limites de l'étude et perspectives de recherche

L'approche économique de la diversification via l'aquaponie, sur la base du suivi OPTIMAH aboutit à un modèle prudent en partie basé sur deux facteurs variables et peu documentés : les performances zootechniques de cet élevage innovant et l'estimation du coût de revient de l'activité, dépendant d'un marché de l'ornement aux prix très fluctuants.

La réalisation d'études permettrait l'affinage du modèle, via la modernisation du système recirculé poisson, le sourcing d'individus à forte valeur ajoutée et l'étude des coûts et voies de commercialisation. Les réponses apportées par l'étude OPTIMAH ont permis d'identifier les travaux à prévoir pour valider des hypothèses restantes. Pour l'acquisition de données de dimensionnement technico-économique des systèmes aquaponiques ornementaux, de nouveaux sujets de recherche pourraient être menés :

- Couplage total des compartiments plantes/poissons ;
- Diversification des supports de culture ornementaux ;
- Caractérisation des besoins nutritionnels d'une plus large gamme de cultures ornementales ou d'intérêt industriel.

■ Pour aller plus loin :

Pour en savoir plus sur la méthode de calcul des coûts : contacter ASTREDHOR ou l'ITAVI.

- Contact ASTREDHOR : <https://institut-du-vegetal.fr/contact/>
Chargé d'expérimentation en horticulture : Maxime Vautier – maxime.vautier@astredhor.fr
- Contact ITAVI : <https://www.itavi.asso.fr/contact>
Accompagnement prédimensionnement système aquaponique : basuyau@itavi.asso.fr

Ouvrage de référence : *Aquaponie : Associer aquaculture et production végétale*
(<https://www.quae.com/produit/1566/9782759229659/aquaponie>)



INSTITUT DES
PROFESSIONNELS DU
VÉGÉTAL
ASTREDHOR

Natura
PÔLE
ENSEIGNEMENT
AGRICOLE PUBLIC
DE SEINE-MARITIME

ITAVI | L'INSTITUT DES FILIÈRES
AVICOLE, CUNICOLE
ET PISCICOLE

Avec le soutien financier de :

RÉGION
NORMANDIE

Cofinancé par
l'Union européenne