

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur et de
Master en Sciences de la Mer
Option: Aquaculture

Thème :

CONCEPTION D'UN SYSTEME D'ELEVAGE EN AQUAPONIE

Présenté par :

DJARIR Kaouater

DOUBLAL Latifa

Soutenu le 01/12/2020 devant le jury composé de :

M. KACHER M.	Professeur	Président
M. LOURGUIOUI H.	Maître de conférences « classe B »	Promoteur
M. AIT SAIDI A.	Maître de conférences « classe B »	Examineur
Mme. MESLEM N.	Maître de conférences « classe B »	Examinatrice

Année universitaire: 2019/2020

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur et de

Master en Sciences de la Mer

Option : Aquaculture

Thème :

CONCEPTION D'UN SYSTEME D'ELEVAGE EN AQUAPONIE

Présenté par :

DJARIR Kaouater

DOUBLAL Latifa

Soutenu le 01 /12/ 2020 devant le jury composé de :

M. KACHER M.	Professeur	Président
M. LOURGUIOUI H.	Maître de conférences « classe B »	Promoteur
M. AIT SAIDI A.	Maître de conférences « classe B »	Examineur
Mme. MESLEM N.	Maître de conférences « classe B »	Examinatrice

Année universitaire : 2019/2020

REMERCIEMENT

Au terme de ce travail, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.

Nous remercions notre promoteur Monsieur **LOURGUIOUI H.** pour l'aide qu'il nous a apporté, aussi pour ses orientations et le dévouement manifesté malgré toutes ses nombreuses occupations.

Nous tenons à remercier Monsieur **KACHER** qui nous a honoré de présider le jury de cette soutenance.

Nos chaleureux remerciements à Madame **MESLEM** et Monsieur **AIT SAIDI** d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nos sincères remerciements au directeur de l'ENSSMAL, Monsieur **BALISTROU.**

Nous tenons aussi à remercier Monsieur **Hassan** pour son énorme effort et le support qu'il nous a apporté.

Nous remercions nos familles qui nous ont donné la force et le courage pour accomplir ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À celui qui a toujours garni mes chemins avec force et lumière, mon très cher père,

À la plus belle perle du monde, ma tendre mère,

À mes frères, mes sœurs et mes nièces,

À mes chères amies : FENNICH Fatiha, KHAROUBI Kaouthar, TELIDJI Lilia et DJAWALA Sawsen et à tous mes camarades de la promotion 2015/2020,

À mon cher binôme Kaouater,

À toute personne qui m'a aidé de près ou de loin.

DOUBLAL Latifa

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce modeste travail :

A l'être le plus cher de ma vie, ma source d'amour, de force et de soutien, ma mère,
A mon cher père que ce travail traduit ma gratitude et mon affection,
A mes chers frères Fethi et Sofiane,
A mes chères sœurs Ahlem et Dounia,
A mes nièces Younes et la petite Kawter,
A mes chères amies : Narimène, Amina, Ilhem, Yousra, Kaouthar et Lilia,
A tous mes amis de la promotion 2015/2020, particulièrement spécialité Aquaculture,
À mon cher binôme Latifa,
À toute personne qui occupe une place dans mon cœur.

DJARIR Kaouater

Sommaire

Table des matières

Introduction	1
CHAPITRE 1 :LE DÉVELOPPEMENT DES SYSTÈMES AQUAPONIQUES.....	3
1. Principe de l'aquaponie	4
2. Règles de base à suivre en aquaponie (FAO, 2014).....	5
3. Types de systèmes aquaponiques	7
3.1 Technique du film nutritif (NFT)	7
3.2 Culture en eau profonde (DWC) (Deep Water Culture)	8
3.3 Culture sur lit de substrats inertes (<i>MFG :Media Filled Growbed</i>).....	8
3.4 Avantages et inconvénients de chaque système	9
4. Espèces de poissons utilisées en aquaponie	11
5. Plantes utilisées en aquaponie	12
5.1 Sélection des plantes	13
6. Bactéries et le processus de nitrification	14
7. Intérêt de l'aquaponie.....	16
CHAPITRE 2 :METHODOLOGIE.....	17
1. Conception et construction du système aquaponique	18
1.1. Sélection du site :	18
1.1.1. Ressources hydriques	19
1.1.2. Climat :	19
1.1.3. Site d'installation :	20
1.2. Description du système	21
1.2.2. Équipement mécanique et consommation d'énergie dans un système aquaponique en radeau à petite échelle	22
A/ Compartiment aquacole.....	23
1. Le bassin d'élevage	23
2. Traitement de l'eau	24
2.1. Filtration mécanique.....	24
2.2.Filtration biologique.....	25
3. Poissons	26
3.1. Tilapia du Nil (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	26

3.1.1. Taille initiale	26
3.2. Poisson chat africain (<i>Clarias gariepinus</i>).....	27
3.2.1. Taille initiale	27
3.3. Nourrissage de poisson.....	27
3.4. Indices de croissance des poissons.....	28
3.4.1. Indice de Conversion Alimentaire (IC).....	28
3.4.2. Indice de Croissance Spécifique (ICS).....	28
3.4.3. Coefficient de Croissance Thermique (CCT).....	28
3.4.4. Gain de Poids Journalier (GPJ).....	29
3.4.5. Production Nette (PN).....	29
B/ Compartiment hydroponique.....	30
1. Lits de culture	30
2. Plantes.....	30
2.1. Laitue (<i>Lactuca sativa</i>).....	30
2.1.1. Taille initiale	30
2.1.2. Conditions de culture	31
2.2. Tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i>).....	31
2.2.1. Taille initiale	31
2.2.2. Conditions de culture	32
3. Paramètres physico-chimiques optimaux pour les plantes.....	32
3.2.1. Sels nutritifs.....	32
3.2.2. Température.....	32
3.2.3. pH.....	32
3.2.4. Oxygène dissous.....	33
C/ Limites du système aquaponique.....	34
D/ Liste des hypothèses et leurs références.....	35
2. Etude financière.....	36
2.1. Coûts de production.....	36
2.1.1. Analyse coût-bénéfice	38
CHAPITRE 3 :RESULTATS ET DISCUSSION.....	39
Couple poisson / plante	40
1. Tilapia du Nil / Laitue	40
1.1. Tilapia du Nil (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	40
1.1.1. Les indices de croissance	41

1.1.2. Production annuelle estimée du tilapia.....	43
1.2. Production estimée de laitue (<i>Lactuca sativa</i>)	44
1.3. Discussion	44
2. Poisson chat / Tomate.....	45
2.1. Poisson chat (<i>Clarias gariepinus</i>).....	45
2.1.1. Les indices de croissance	47
2.1.2. Production annuelle estimée du poisson chat.....	49
2.2. Production estimée de tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i>).....	49
2.3. Discussion	49
3. Estimaion financière	50
3.1 Pour le premier couple	50
Conclusion.....	55
Références bibliographiques :	57
Résumé :	63

Liste des figures

Figure 1 : Principe de fonctionnement d'un système aquaponique (Foucard, 2019).....	5
Figure 2 : La technique NFT.....	7
Figure 3 : Culture en eau profonde (sur radeaux) (Foucard et al., 2016).....	8
Figure 4 : Schématisation de principe de la culture MFG. (Somerville et al., 2014).....	9
Figure 5 : Démarrage du biofiltre: évolution des concentrations d'ammoniac, de nitrite et de nitrate dans le temps. (LECA désigne l'agrégat d'argile expansé léger). (Junge, Antenen, March 2020).....	15
Figure 6 : Carte de dévionadministrative de l'Algérie suivant le découpage de 2019.....	18
Figure 7 : Le site d'installation.....	20
Figure 8 :Schéma simplifié un système aquaponique couplé.....	21
Figure 9 : Schéma du système aquaponique proposé.....	22
Figure 10 : Système de diffusion d'air à l'intérieur du bassin d'élevage	24
Figure 11 : Combinaison entre deux filtres biologique (à gauche) et mécanique (à droite) (Somerville et al., 2014).....	25
Figure 12 :Bac de culture (marque PENTAIR®).....	30
Figure 13 : La méthode Kratky pour la culture en eau profonde montrant la séparation entre le radeau et la surface de l'eau.....	33
Figure 14 :Limites du système aquaponique.....	34

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les avantages et les inconvénients de chaque système aquaponique.....	9
Tableau 2 : Les espèces de poissons utilisées en aquaponie.....	12
Tableau 3 : Les variétés des plantes.....	13
Tableau 4 : La température et l'humidité annuelle de la wilaya.....	19
Tableau 5: Equipement et consommation d'énergie dans un système aquaponique.....	23
Tableau 6: Taux de stockage pour différentes groupes de tailles de tilapia dans des bassins (Rakocy, 1989).....	26
Tableau 7 : Listedes hypothèses de la densité d'élevage de poisson chat (<i>Clarias gariepinus</i>).....	27
Tableau 8 : Liste des hypothèses de la production annuelle de la laitue	31
Tableau 9: Liste des hypothèses de la production annuelle de la tomate.....	32
Tableau 10: Liste des hypothèses et leurs références bibliographiques relatives.....	35
Tableau 11: Les coûtsde production pour le premier couple (tilapia du Nil/ laitue) par an.....	36
Tableau 12 : Les coûtsde production pour le deuxième couple (poisson chat/tomate) par an....	37
Tableau 13: Taux de stockage et d'alimentation recommandés pour différentes groupes de tailles de tilapia dans des bassins et taux de croissance estimés basé sur (Rakocy, 1989).....	40
Tableau 14 : La quantité d'aliment distribuée en se basant sur les travaux de Rakocy,(1989)...	41
Tableau 15 : Densité de stockage, nombre de jours et le taux d'alimentation du poisson chat de la classe (10 g à 250 g).....	45
Tableau 16: Densité de stockage, nombre de jours et le taux d'alimentation du poisson chat de la classe (250 g à 500 g).....	45
Tableau 17 : Densité de stockage, nombre de jours et le taux d'alimentation du poisson chat de la classe (350 g à 1000g).....	45
Tableau 18 : Paramètres de production de <i>Clarias gariepinus</i> , divisés en deux classes de taille basées sur le poids.....	46
Tableau 19: prix de ventes pour chaque couple.....	50
Tableau 20: Estimation des coûts et bénéfices pour chaque couple pendant une année.....	50

Liste des abréviations

B_t : Bénéfices en année t.
BOA: Bactéries oxydants l'Ammoniaque.
BON: Bactéries oxydants les Nitrites.
 C_t : Coûts en année t.
CCT : Coefficient de Croissance Thermique.
DBCR: Discounted Benefit-Cost Rate.
DO: Dissolved Oxygen.
DWC: Deep Water Culture.
FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
FCR: Feed Conversion Ratio
GPJ : Gain de Poids Journalier.
IC: Indice de Conversion.
ICS : Indice de Croissance Spécifique.
ITAVI: Institut Technique de l'Aviculture.
LECA: Light Expanded Clay Aggregate.
MFG : Media Filled Growbed.
Nbr jrs : Nombre de jours.
NFT: Technique du Film Nutritif.
NPV: Net Present Value
Pf: Poids total final des poissons.
pH: Power of Hydrogen.
 P_i : Poids total initial des poissons.
PN : Production Nette.
PVC: Polychlorure de vinyle.
Qad : Quantité d'aliment distribuée.
r : Taux d'actualisation.
RAS: Recirculation Aquaculture System.
RATHO : Rhône-Alpes Technique Horticole.
T : Température.
t : Temps en année.

Liste des formules

Formule 1 : Indice de conversion.....	28
Formule 2 : Indice de croissance spécifique.....	28
Formule 3 : Coefficient de Croissance Thermique.....	28
Formule 4 : Gain de Poids Journalier.....	29
Formule 5 : Production Nette.....	29
Formule 6 : Valeur actuelle nette.....	38
Formule 7 : Tarif avantage-coût réduit.....	38

INTRODUCTION

Introduction

L'augmentation continue de la population humaine mondiale rend nécessaire l'expansion et l'intensification des systèmes actuels de production alimentaire (Munguia-Fragozo et al., 2015). Les méthodes agricoles traditionnelles pour la culture des plantes nécessitent un espace, un temps et une main-d'œuvre considérables (Kyaw et al., 2017).

La forte pression actuelle de la production de viande sur les ressources naturelles pourrait entraîner un déplacement vers d'autres produits animaux, comme les poissons issus de l'aquaculture (Guzmán-Luna et al., 2020).

L'aquaculture représente 46 % de la production totale et 52 % du volume destiné à la consommation humaine (FAO, 2020). Avec l'augmentation de la demande de produits aquacoles, la réutilisation de l'eau est susceptible d'augmenter pour les opérations aquacoles à travers le monde (Grabicovu et al., 2020). Le développement intensif de cette activité a été accompagné par une augmentation de son impact sur l'environnement par ces rejets d'eau, le traitement de ces rejets est vital car dans plusieurs régions dans le monde l'eau est une ressource limitée (in Ihadjadeneet Marouf, 2017).

Afin de minimiser et de réduire au maximum ces impacts, les systèmes d'aquaculture en recirculation (RAS) sont mis en place (Fronte et al., 2016). Ce procédé offre une meilleure option pour augmenter la production aquacole avec des ressources en terre et en eau limitées tout en minimisant la pollution de l'eau. Le plus grand défi du RAS est de maintenir une qualité d'eau favorable pour que les poissons se développent (Wambua et al., 2020).

En aquaculture intensive, le principal problème est l'accumulation de métabolites azotés toxiques dérivés de l'excès d'aliments non consommés et des excréments. L'élimination de ces métabolites azotés est effectuée par le processus de biofiltration à l'aide de bactérie oxydant l'ammoniac (Khangembam et al., 2017).

Grâce au recyclage des déchets, les systèmes intégrés d'aquaculture et de culture hydroponique peuvent être utilisés pour traiter les effluents de l'aquaculture, répartir les risques financiers grâce à la diversification, accroître la productivité de la ferme grâce à une utilisation efficace des ressources et à une utilisation bénéfique pour la production d'aliments frais (Endut et al., 2016).

La combinaison de ces systèmes « l'aquaponie » permettent de recycler l'eau et de la rendre saine à la fois pour l'élevage de poisson, la culture de végétaux et le développement de colonies de bactéries nitrifiantes (Foucard et Tocqueville, 2019).

L'objectif initial de notre travail était « la mise en place et le suivi d'un système d'élevage en aquaponie ». Il était prévu la conception et la réalisation puis le suivi d'un élevage aquaponique au niveau de la station expérimentale de ENSSMAL. Suite à la pandémie due au COVID-19 et aux mesures de confinements imposés au début de notre stage pratique, nous avons opté pour le thème portant sur la conception d'un système d'élevage en aquaponie à la base d'un site à Adrar. L'étude simulatrice présente dans ce document porte sur la conception d'un système aquaponique virtuel, en se basant sur des études réalisées dans les mêmes conditions.

Un dimensionnement des composantes du système a été proposé avec une estimation de la production annuelle pour deux couples : « la laitue (*lactuca sativa*) et le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) » d'une part et « la tomate (*Lycopersicum esculentum*) et le poisson chat (*Clarias gariepinus*) » d'autre part.

Une étude mondiale récente a révélé que la majorité des 257 fermes aquaponiques étudiées ont fait des pertes, mais les raisons ont été mal analysées (Bosma et al., 2017).

Dans ce document, on a utilisé une analyse coût-bénéfice pour évaluer la faisabilité financière d'un investissement dans un système aquaponique à petite échelle.

CHAPITRE 1 :
LE DÉVELOPPEMENT DES
SYSTÈMES AQUAPONIQUES

1. Principe de l'aquaponie

L'aquaponie est un couplage entre un compartiment aquacole (le plus souvent avec un élevage des poissons en système recirculé), un compartiment végétal (hors-sol), et un compartiment bactérien (filtre biologique), le tout en circuit fermé ou quasi fermé (Foucard etTocqueville, 2019).

L'aquaponie combine la culture hydroponique et la pisciculture dans un environnement contrôlé pour créer un écosystème équilibré qui profite à la fois aux cultures et aux poissons (Somerville et al., 2014).

Il a été démontré que l'aquaponie utilise plus efficacement les nutriments entrants que les systèmes de culture conventionnels séparés (Cohen et al., 2018). Cela provient du fait que les plantes aquaponiques sont cultivées sans ajout d'engrais, car les eaux usées des poissons fournissent tout l'azote, le phosphore et le potassium nécessaires. Ainsi, lorsqu'elles sont combinées, les cultures de poissons et de plantes ne nécessitent que l'apport d'aliments, d'énergie et d'eau pour les poissons (Goddek et al., 2015). Les technologies aquaponiques émergentes ont le potentiel de supplanter la production agricole et aquacole conventionnelle distincte à une fraction des dépenses en eau, en nutriments et en terres, offrant une solution plus durable à la culture alimentaire (Cohen et al., 2018).

Les poissons produisent des rejets riches en nutriments qui sont utilisés comme engrais pour les plantes (figure 1). Les déchets de poissons sont décomposés par les bactéries en nutriments dissous que les plantes utilisent ensuite pour se développer dans le composant hydroponique. Cette élimination des nutriments améliore non seulement la qualité de l'eau pour les poissons, mais diminue également la consommation globale d'eau en limitant la quantité rejetée comme effluent. Plusieurs processus de filtration mécanique et biologique, de pompage, de chauffage, ... etc. sont impliqués dans le système (Karimanzira etRauschenbach, 2019).

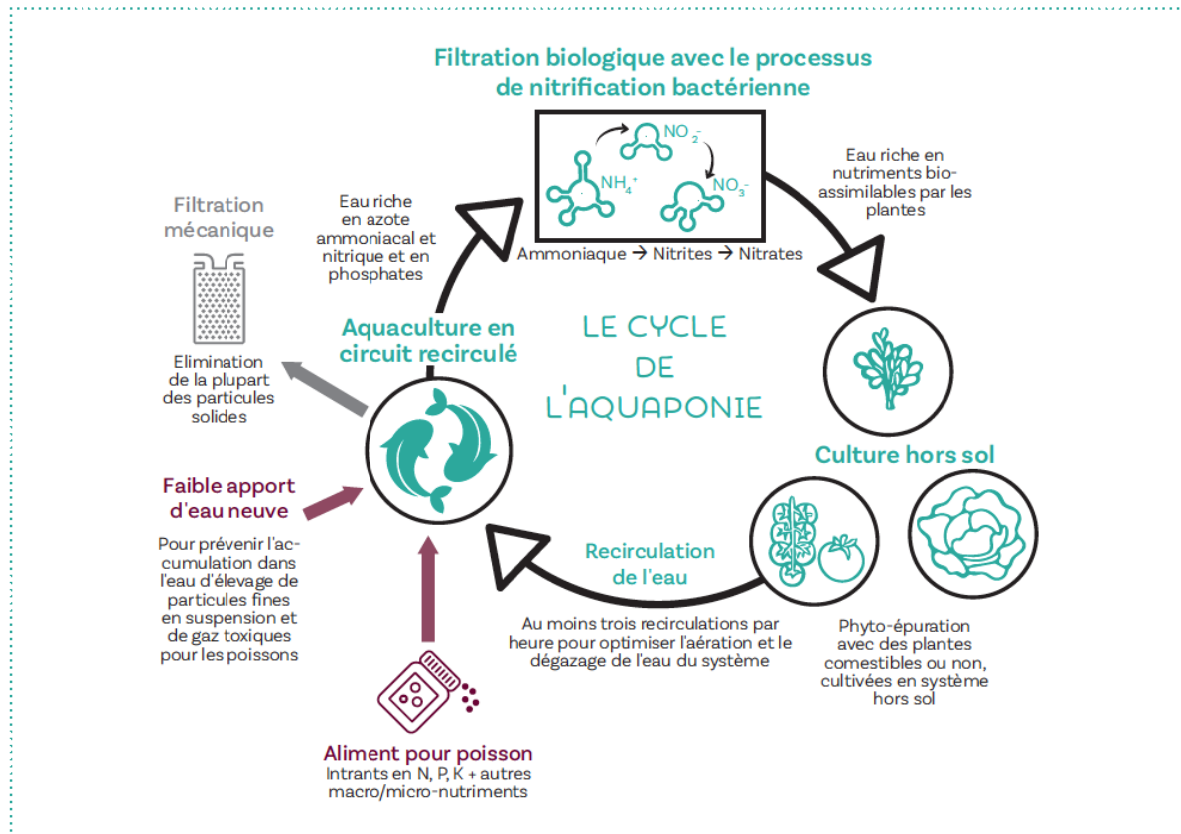


Figure 1 : Principe de fonctionnement d'un système aquaponique (Foucard, 2019).

2. Règles de base à suivre en aquaponie (FAO,2014)

1. Choisir soigneusement le réservoir

Les réservoirs sont un élément crucial de chaque unité aquaponique (milieu d'élevage des poissons). Les bassins ronds à fond plat ou conique sont recommandés car ils sont plus faciles à nettoyer. Il est préférable d'utiliser des bassins solides en plastique inerte ou en fibre de verre, en raison de leur durabilité et de leur longue durée de vie.

2. Assurer une aération et une circulation d'eau adéquates

Il est recommandé d'utiliser des aérateurs ou des pompes à air afin d'assurer que l'eau a des niveaux élevés en oxygène dissous. Les pompes à eau vont assurer un bon mouvement de l'eau afin que les poissons, bactéries et plantes soient en bonne santé.

3. Maintenir une bonne qualité de l'eau

L'eau est l'élément vital d'un système aquaponique. C'est le moyen par lequel tous les nutriments essentiels sont transportés vers les plantes, et c'est le milieu de vie des poissons.

en élevage. Cinq paramètres clés de la qualité de l'eau sont importants à surveiller et à contrôler: l'oxygène dissous (5 mg/litre), le pH (6–7), la température (18–30° C), l'azote total et l'alcalinité de l'eau.

4. Éviter de surcharger les réservoirs

Le système aquaponique sera plus facile à gérer si la densité de stockage est maintenue faible. La densité de stockage recommandée est de 20 kg/1 000 litres, ce qui permettra une croissance végétale considérable.

5. Éviter de suralimenter et retirer tous les aliments non consommés

Les déchets et les aliments non consommés sont très nocifs pour les animaux aquatiques car ils peuvent pourrir à l'intérieur du système. La pourriture des aliments peut provoquer des maladies et consommer tout l'oxygène dissous.

6. Choisir et espacer judicieusement les plantes

Planter des légumes à courte période de croissance (salade verte) entre les plantes à plus long terme (aubergine). La replantation continue de légumes tendres tels que la laitue entre les grandes plantes à fruits fournit des conditions naturellement ombragées.

7. Maintenir l'équilibre entre les plantes et les animaux

L'utilisation d'un système de culture en lots peut aider à maintenir une récolte régulière d'animaux aquatiques et de légumes pour maintenir un niveau de production constant et maintenir un équilibre constant entre les poissons et les plantes.

3. Types de systèmes aquaponiques

3.1 Technique du film nutritif (NFT)

Dans cette technique les racines des plantes sont exposées à une fine couche d'eau riche en nutriments. Ces plantes sont cultivées sur des gouttières (en polyéthylène, PVC,...etc.) (Foucard et Tocqueville, 2019). Les trous percés dans les tuyaux aquaponiques doivent avoir un diamètre d'au moins 7 à 9 cm (FAO, 2014).

Les végétaux ont pour support un substrat inerte disposé dans des pots de culture, eux-mêmes disposés à travers les gouttières de culture NFT (figure 2), dans des orifices prévus à cet effet(Foucard et Tocqueville, 2019).



Figure 2 : La technique NFT (<http://www.backyardaquaponics.com>).

3.2 Culture en eau profonde (DWC) (Deep Water Culture)

Nommé aussi le Raft, les plantes y sont cultivées sur ces rafts ; qui sont des plaques flottantes généralement en polystyrène extrudé, avec une épaisseur de 40 à 50 mm directement posées sur l'eau (15 à 30 cm de profondeur) dans des bassins de culture rectangulaire de dimensions variable (figure 3), disposé sur le sol ou rehaussés à hauteur d'homme (Foucard et Tocqueville, 2019).



Figure 3: Culture en eau profonde (sur radeaux) (Foucard et al., 2016).

3.3 Culture sur lit de substrats inertes (MFG : Media Filled Growbed)

Cette technique nécessite un bac de culture rempli d'un substrat neutre et inerte de type gravier/billes d'argiles, pour le compartiment végétal, qui sert à la fois de milieu de culture et de support pour les plantes. Ce système peut être utilisé de deux manières différentes (Foucard et Tocqueville, 2019) :

- Avec un flux d'eau continu comme en raft ou NFT et une simple évacuation de l'eau par une surverse, le tout avec un débit suffisant pour assurer une bonne oxygénation de l'eau ;

- Par des inondations et drainages successifs du support de culture aussi appelé « ebb and flow », technique par laquelle un siphon automatique ou un « siphon cloche » est utilisé pour le drainage de l'eau et qui permet de mettre en places des marées à intervalles réguliers, optimisant l'oxygénation du substrat (figure 4).

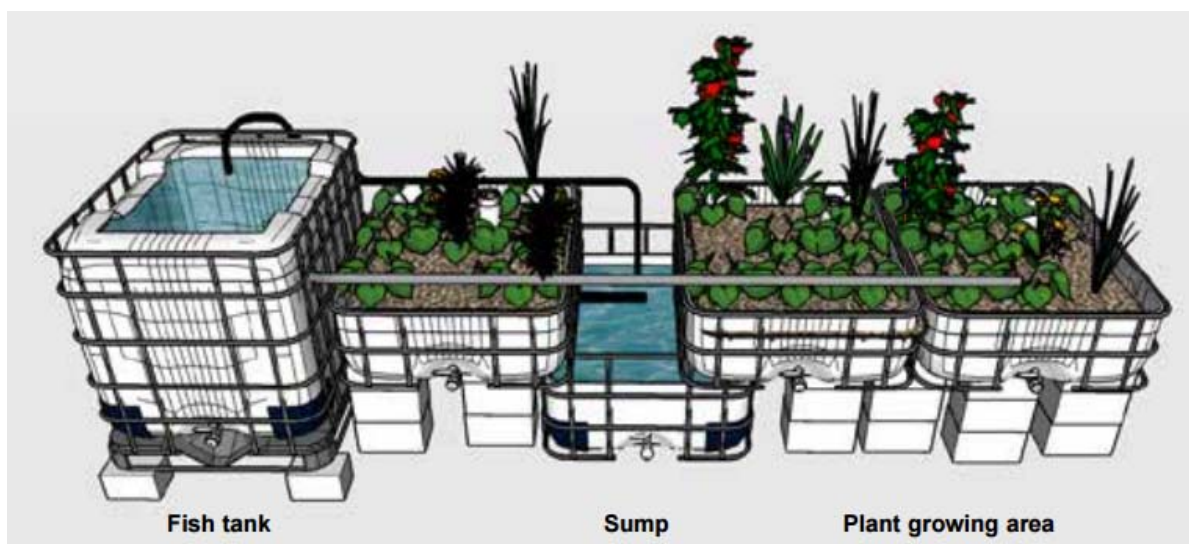


Figure 4 : Schématisation de principe de la culture MFG (FAO, 2014).

3.4 Avantages et inconvénients de chaque système

Le tableau 1 ci-dessous résume les différents avantages et inconvénients de chaque système aquaponique.

Tableau 1 : Les avantages et les inconvénients de chaque système aquaponique (Foucard, 2019 basé sur Rakocy et al., 2006 ; Connolly et Trebic, 2010).

Technique	Avantages	Inconvénients
NFT	<ul style="list-style-type: none"> - Forte économie en eau, adaptée à un ratio poissons/plantes faibles et/ou à une culture aquaponie. - Pratique et ergonomique. - Entretien facilité. - Gamme de plantes adaptées à cette 	<ul style="list-style-type: none"> - Risques de colmatage des circuits hydrauliques. - Stabilité physico-chimique faible. - Inertie thermique faible. - Résilience faible face à des pannes de pompe.

	<p>technique élargie par rapport aux rafts (fraises, plantes nécessitant un milieu moins humide qu'en raft)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Gamme de plantes adaptées à cette technique limitée (plantes à feuilles, plantes aromatiques, plantes à cycle court). - Structures onéreuses. - Nécessité d'ajouter des substrats de culture (mottes). - Nécessité d'ajouter des filtres mécaniques et biologiques.
<p>Raft</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Grand volume de stockage d'eau (idéal pour stocker et traiter des effluents de pisciculture). - Inertie thermique liée à la masse d'eau stockée, intérêt dans un contexte de serre. - Contact réduit de l'eau avec l'air et isolation thermique de la masse d'eau. - Stabilité physico-chimique forte. - Irrigation et oxygénation homogène dans le temps. - Possibilité de mettre en places des structures peu coûteuses. - Résilience forte face à des pannes de pompe. - Forte durabilité des plaques de culture. 	<ul style="list-style-type: none"> - Le remplissage du système avec de l'eau chargée en nutriments issue de la pisciculture peut prendre plusieurs semaines. - Parfois difficile de gérer le taux d'humidité dans la serre. - Nécessite d'ajouter des filtres mécaniques et biologiques. - Forte prévalence de matériaux peu onéreux mais peu écologiques comme le polystyrène pour la conception des plaques de culture. - Demande de l'entretien. - Gamme de plantes adaptées à cette technique limitée (plantes à feuilles, plantes aromatique, plantes à cycle court). - Nécessité d'ajouter des substrats de culture.

<p>MFG</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Agit en filtre mécanique et biologique. - sert de support aux plantes. - Forte économie en eau, adaptée à un ratio poissons/plantes faibles et/ou à une culture mixte aquaponie/hydroponie. - Gamme de plantes adaptées à cette technique élargie par rapport aux rafts (légumes, racines, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> - Irrigation et oxygénation hétérogène. - Risque d'encrassement des lits de culture et déséquilibre physico-chimique. - Accumulation des minéraux (calcium, phosphore, etc.) pouvant nuire à la biodisponibilité d'autres nutriments. - Surcoût lié aux médias (gros volumes nécessaires, onéreux). - Ne suffit pas pour traiter les effluents solides et dissous de système de pisciculture intensifs en RAS.
-------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. Espèces de poissons utilisées en aquaponie

Il existe plusieurs espèces de poissons d'eau douce et de mer sur notre planète, chacune avec des exigences spécifiques et des niches écologiques, ce qui a conduit à des adaptations corporelles spécifiques. Cependant, de nombreux poissons, en particulier les téléostéens (poissons osseux avec un prémaxillaire mobile), partagent certaines caractéristiques communes. Bien que le nombre d'espèces utilisées en aquaculture soit probablement supérieur à 200, le nombre utilisé en aquaponie est plus restreint et se limite principalement aux poissons d'eau douce (tableau 2) (Junge et Antenen, 2020).

Tableau 2 : Les espèces de poissons utilisées en aquaponie (Junge et Antenen, 2020).

Nom commun	Nom scientifique	Famille	Ordre
Tilapia	<i>Oreochromis niloticus</i>	Cichlidae	Cichliformes
Poisson chat	<i>Pangasius pangasius</i>	Pangasiidae	Siluriformes
Koï	<i>Cyprinus carpio</i>	Cyprinidae	Cypriniformes
Truite	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	Salmoniformes
Perche	<i>Sander lucioperca</i>	Percidae	Perciformes
Crapetarlequin	<i>Lepomis macrochirus</i>	Centrarchidae	Perciformes

5. Plantes utilisées en aquaponie

Plus de 150 espèces de plantes (légumes, herbes et fleurs) ont été cultivés avec succès dans des systèmes aquaponiques. Les plantes adaptées aux systèmes aquaponiques ont généralement une croissance rapide, ont des systèmes racinaires peu profonds et une faible demande en nutriments, tels que les légumes à feuilles et les herbes. Les plantes à fruits, tels que les tomates, les concombres et les poivrons, se portent également bien, mais ils ont des besoins en nutriments plus élevés et conviennent mieux aux systèmes établis avec des stocks de poissons adéquats (Somerville et al., 2014).

Les systèmes aquaponiques doivent être équilibrés. Les poissons (et donc les aliments pour poissons) doivent fournir des nutriments adéquats aux plantes, et les plantes doivent filtrer l'eau pour les poissons. Les plantes à fruits nécessitent environ un tiers de plus de nutriments que les légumes à feuilles pour soutenir le développement des fleurs et des fruits (Somerville et al., 2014):

- Légumes à feuilles : 40-50 g d'aliments pour poissons / m² / jour
- Plantes à fruits : 50-80 g d'aliments pour poissons / m² / jour

5.1 Sélection des plantes

Le tableau 3 représente les variétés des plantes utilisées en aquaponie avec ces conditions de croissance idéales

Tableau 3 : Les variétés des plantes(Junge et Antenen, 2020).

Plantes		Conditions de croissance idéales:
Légumes à feuilles	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Température: 15-22°C pH: 5.8-7.0
	Betterave <i>Beta vulgaris</i>	Température : 16-24°C pH: 6,0-7,5
	Chou frisé <i>Brassica oleracea</i>	Température: 8-29°C pH: 6.0-7.5
	Pak-choï <i>Brassica chinensis</i>	Température: 13-23°C pH: 6.0-7.5
	Feuilles de moutarde <i>Brassica juncea</i>	Température: 10-23°C pH: 6.0-7.5
	Capucine <i>Tropaeolaceae</i> <i>tropaeolum</i>	Température: 13-23°C pH: 6.1-7.8
Herbes	coriandre <i>Coriantrum sativum</i>	Température: 5-23°C pH: 6.5-6.7
	Menthe Ex : <i>Mentha spicata</i>	Température : 19-21°C pH: 6,5-7,0
	Basilic <i>Ocimum basilicum</i>	Température: 18-30°C pH: 5.5-6.5
	Ciboulette <i>Allium schoenoprasum</i>	Température: 18-26°C pH: 6.1-6.8
	Persil <i>Petroselinum crispum</i>	Température: 15-25°C pH: 6.0-7.0
	Fenouil <i>Foeniculum vulgare</i>	Température: 16-21°C pH: 6.4-6.8

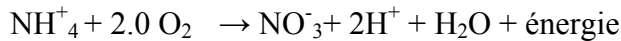
Plantes		Conditions de croissance idéales:
Plantes à fruits	Tomates <i>Solanum lycopersicum</i>	Température: 13-26°C pH: 5.5-6.5
	Poivrons <i>Capsicum annuum</i>	Température : 19-23°C pH: 5.5-6,5
	Concombre <i>Cucumis sativus</i>	Température: 24-27°C pH: 5.5-6.5
	Aubergine <i>Solanum melongena</i>	Température: 22-26°C pH: 5.5-7.0
	Fraise <i>Fragaria × ananass</i>	Température: 18-20°C pH: 5.5-6.0

6. Bactéries et le processus de nitrification

Le processus de nitrification a lieu dans le biofiltre pour oxyder l'ammonium libre toxique en nitrite toxique et éventuellement en nitrate non toxique. Les bactéries nitrifiantes sont au cœur du biofiltre. Ces bactéries se développent sur la surface du média filtrant. Le média peut être fixe (par exemple : filtre à ruissellement) ou en mouvement (par ex. Filtre à lit mobile). Les bactéries nitrifiantes sont sensibles aux changements de qualité de l'eau dans le système (en particulier le pH et la température), et les changements rapides doivent donc être évités ou effectués par étapes lentes, sinon de grandes quantités de bactéries nitrifiantes pourraient mourir, ce qui entraînerait des pics d'ammoniac et de nitrite dans le système. De plus, comme les bactéries nitrifiantes sont aérobies, la teneur en oxygène dissous dans le biofiltre doit toujours être maintenue à un certain seuil (en fonction également de la température de l'eau) (Junge et Antenen, 2020).

Équations chimiques de la nitrification (Junge et Antenen, 2020) : La nitrification est généralement un processus en deux étapes, effectué par un groupe spécialisé de bactéries, appelées nitrifiantes.





La transformation de l'ammoniac en nitrite est généralement l'étape limitante de la nitrification. En effet, les BOA (bactéries du genre *Nitrosomonas*) et BON (bactéries du genre *Nitrobacter*) ont des taux de croissance différents, provoquant une nitrification partielle, en particulier lors du démarrage, jusqu'à ce que les nitrificateurs soient complètement établis (figure 5), ce qui peut prendre jusqu'à 4 semaines (Junge et Antenen, 2020).

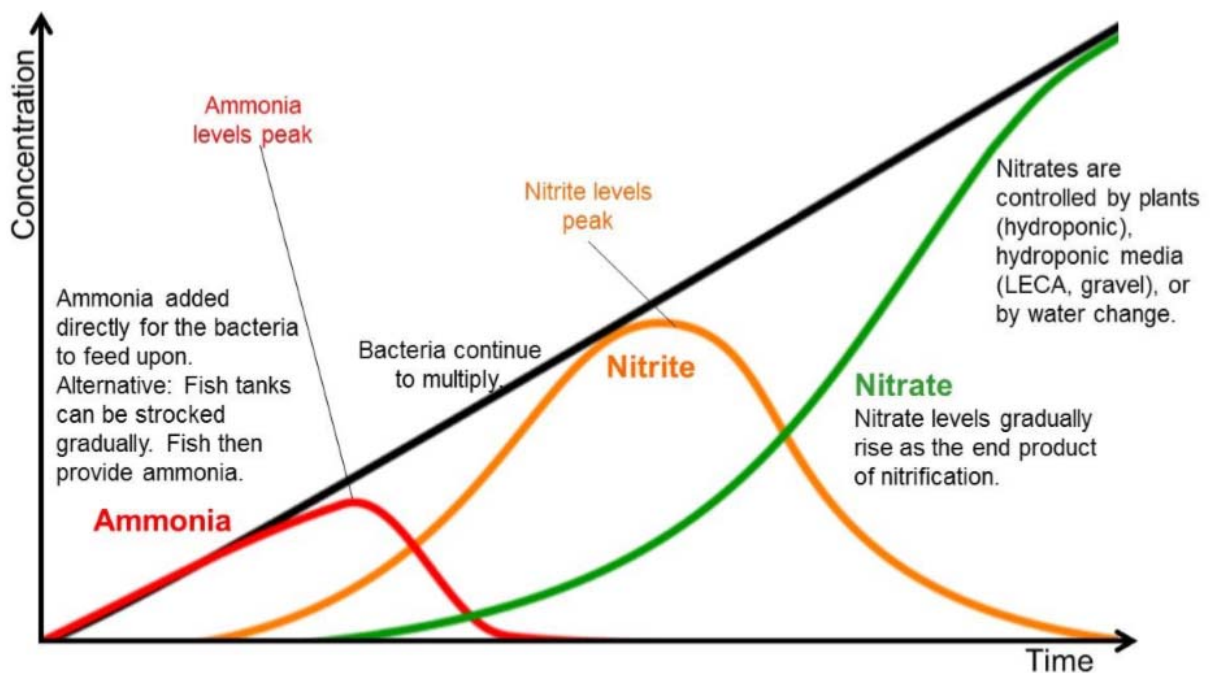


Figure 5: Démarrage du biofiltre: évolution des concentrations d'ammoniac, de nitrite et de nitrate dans le temps. (LECA désigne l'agrégat d'argile expansé léger) (Junge, Antenen, 2020).

7. Intérêt de l'aquaponie (Junge, Antenen, 2020)

- Aucune utilisation d'herbicides chimiques ou de pesticides, car le recyclage de l'eau dans le système entrave leur utilisation en raison de leurs effets néfastes sur les poissons ou sur les plantes ;
- Utilisation très restreinte de pesticides d'origine biologique ;
- Niveau de biosécurité plus élevé et moins de contaminants ;
- Coûts d'exploitation réduits (par rapport à l'aquaculture ou à la culture hydroponique séparément) ;
- Peut être utilisé sur des terres non arables ;
- Les matériaux de construction et les informations sont largement disponibles ;
- Peut être exploité sous différents climats et dans des zones rurales et urbaines, permettant ainsi la production d'aliments familiaux ou de cultures commerciales ;
- Peut augmenter la productivité de l'espace disponible, car deux cultures peuvent être récoltées sur la même surface (si les aquariums sont placés sous l'unité de production végétale).

CHAPITRE 2:
METHODOLOGIE

1. Conception et construction du système aquaponique

1.1. Sélection du site :

Dans cette étape, il faut vérifier si le site a les besoins de base pour permettre la construction et l'exploitation. Selon (Junge et Antenen, 2020 ; Gibellato, 2004) ces besoins couvrent:

- La qualité et la disponibilité de l'eau ;
- Infrastructure et analysesociale ;
- Le climat ;
- La disponibilité et la fiabilité de l'énergie ;
- L'accès des véhicules ;
- Les possibilités de refroidissement et de chauffage ;

En suivant ce concept, on a choisi la wilaya d'Adrar qui se situe géographiquement dans le sud-ouest Algérien (figure 6) à une distance d'environ 1543 km d'Alger (Kadri et al., 2018).

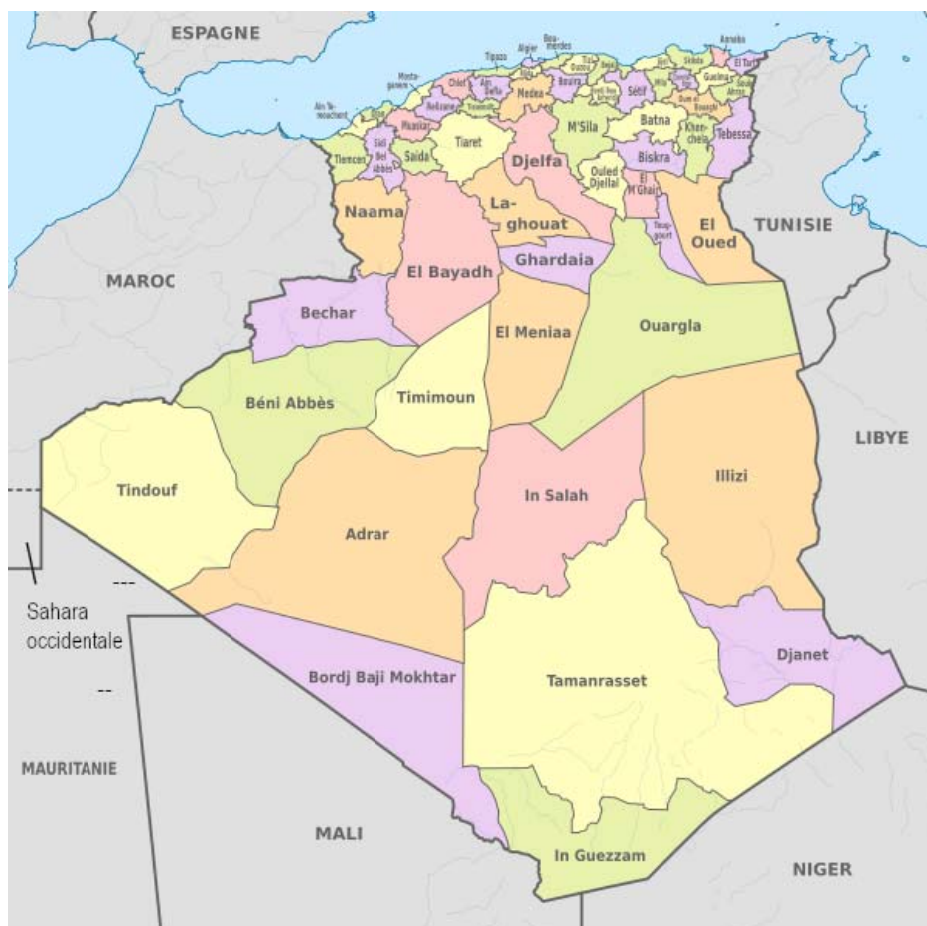


Figure 6: Carte de déviseionadministrative de l'Algérie suivant le découpage de 2019 (Source : www.commonswikimedia.org).

1.1.1. Ressources hydriques

La wilaya d’Adrar est une région très riche en eau souterraine. La capacité des eaux souterraines est de l’ordre de 60.000 milliards de mètres cubes jusqu’à la prochaine dizaine d’années, avec une éventuelle utilisation de 155 m³ /s et puisée par différents moyens (Bouزيد, 1999):

- Les fouggaras au nombre de 900 avec un débit de 3.68 l/s (le système consiste à ramener l’eau d’un certain point à un autre via des tunnels souterrains jusqu’aux périmètres que l’on désire irriguer),
- Les puits au nombre de 600 avec un débit moyen de 02 l/s,
- Les forages au nombre de 414 avec un débit moyen de 16.4 l/s.

1.1.2. Climat :

La région d’Adrar, à climat de type continental désertique, caractérisé par des faibles précipitations (tableau 4), des très faible taux d’humidité relative et des températures de l’air très élevées (Tiouririne etHadj Koudrer, 2019).

Tableau 4 : La température et l’humidité annuelle de la wilaya (Messaitfaet Chergui, 2003).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
T minmale (°C)	3.8	6.6	10.5	15.5	25.5	27.7	26.6	23.8	17.1	10.5	5.5	5.5
T maximale (°C)	20.5	23.2	27.7	33.2	37.2	43.2	46	44.3	40.5	33.2	25.5	15.5
Humidité (%)	46	40	32	25	23	20	23	29	39	48	50	50

1.1.3. Site d'installation :

Pour l'installation de notre système aquaponique, nous avons opté pour un site qui se trouve au niveau de la commune de Ouled Ahmed Timmi (figure 7). Cette commune qui se situe au niveau du centre-ouest de la wilaya d'Adrar, et distante du chef lieu de la wilaya de 07km. Ce site, à vocation agricole, est une propriété familiale. Dans le cas où des résultats encourageant émanent de notre système aquaponique, les possibilités d'extentions sont possibles.

Les coordonnées géographiques sont : 27° 56' 07.0" Nord, 0° 18' 16.4" Ouest.



Figure 7 : Le site d'installation.

1.2. Description du système

Avant la conception du système, une analyse de la documentation scientifiques a été réalisé décrivant les systèmes aquaponiques réalisés dans plusieurs pays : Afrique du Sud (Lapere, 2010), Albanie (Bakiu et al., 2017), Algérie (Ihadjadene et Marouf, 2017), Arménie (Dalaryan etTadevosyan, 2018), Bengladesh (Akter et Salam, 2018), Côte d'Ivoire (Gibellato S., 2019), Italie (Asciuto et al., 2019), Egypt (Ashraf et al., 2015) etEtats Unis (Quagraine et al., 2018).

Après cette revue documentaire et compte tenu des avantages et inconvénients de chaque système, nous avons opté pour la conception d'un système aquaponique couplé, comme l'illustre la figure 8. Dans ce type de système les concentrations de nutriments dans l'eau de process sont réparties d'une façon égale dans tout le système (Lennard et Goddek, 2019).

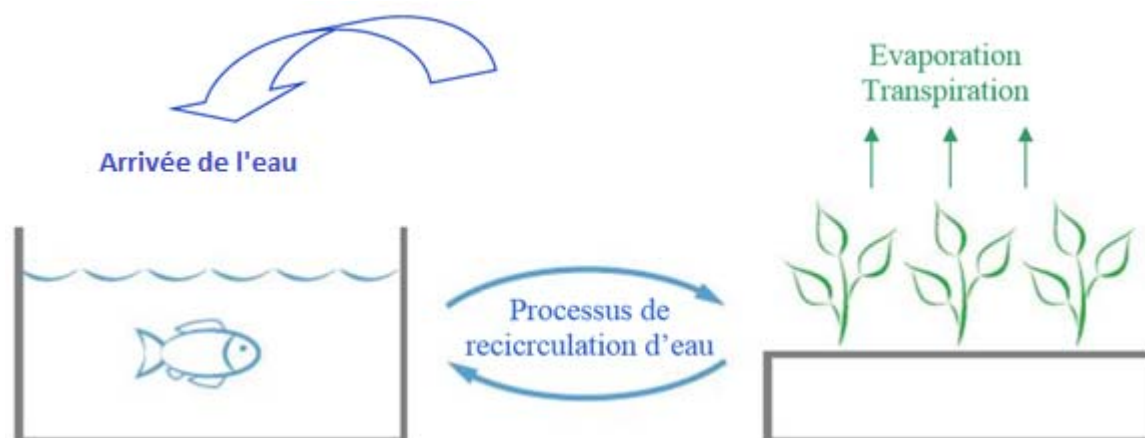


Figure 8 :Schéma simplifié un système aquaponique couplé
(modifiée d'après Lennard et Goddek, 2019).

Nous avons considéré un système aquaponique virtuel de radeau (Raft) avec un volume total du système = $16,5 \text{ m}^3$ et une superficie de 60 m^2 . Ce système sera hébergé dans une serre (figure 9). L'équipement de pisciculture sera composé d'un bassin d'élevage de poissons et quatre lits de culture pour le végétal.

Les différentes parties du système sont connectées avec des tubes en PVC et le flux d'eau est généré par une pompe électrique et régulée par des robinets en PVC.

Afin d'assurer l'oxygénation directe de l'eau, un aérateur à membrane est inclus dans le système. Dans ce système, l'eau est pompée du bassin d'élevage vers le filtre mécanique qui retient les grosses particules. Puis, vers un biofiltre qui va assurer la filtration biologique.

Ensuite, l'eau est dirigée vers le compartiment hydroponique. Enfin, cette eau est renvoyée vers le bassin pour fermer le cycle.

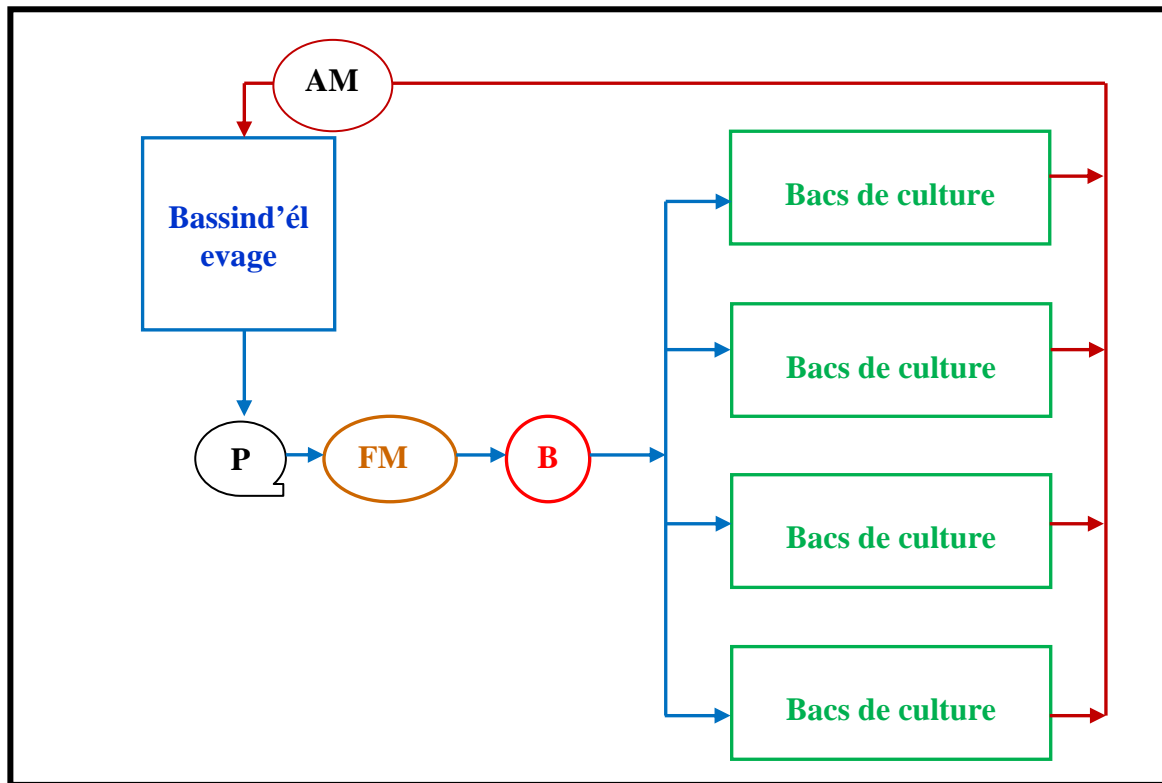


Figure 9 : Schéma du système aquaponique proposé.

P: pompe à eau; *B*: biofiltre. *FM*: filtre mécanique, *AM*:Aérateur à membrane.

Les flèches indiquent les flux d'eau. La ligne noire épaisse représente la serre.

1.2.2. Équipement mécanique et consommation d'énergie dans un système aquaponique en radeau à petite échelle

Les besoins énergétiques de l'aquaponie sont basés sur la configuration du système (conception, espèces, échelle, technologies) et l'emplacement géographique (climat, ressources disponibles) (Goddek et al., 2015).

Les équipements et la consommation d'énergie du système aquaponique est présentée dans le tableau ci-dessous (tableau 5).

Tableau 5: Equipement et consommation d'énergie dans un système aquaponique.

Equipement	Utilisation	Nombre	Energie
Pompe à eau	24 h	1	1,1 KWh
Chauffagesélectriques	à la demande	1	2,5 KWh
aérateur à membrane	24 h	1	0,5 KWh
Lumière (LED)	à la demande	/	4,1 KWh

Joyce et al., (2019) rapportent que les progrès technologiques dans le fonctionnement des systèmes aquaponiques tendent à devenir de plus en plus «intelligents en énergie» (*smart energy*) en utilisant l'électricité produite à partir de sources renouvelables.

Sachant que l'électricité produite à partir de sources renouvelables n'est pas généralisée dans notre pays, nous avons considéré la source conventionnelle traditionnellement produite par des centrales électriques qui utilisent les combustibles.

A/ Compartiment aquacole

1.Le bassin d'élevage

Sur une superficie totale de bassin d'élevage pour poisson de 5 m² et un volume de 5 m³ on a les dimensions suivantes :

- Longueur 2.5 m
- Largeur 2 m
- Hauteur 1 m

La forme de notre bassin est rectangulaire fabriqué en béton et connecté au système par des tubes en PVC et des robinets (pour le contrôle de flux d'eau).

La préparation du système d'aquaculture est effectuée en laissant le bassin sans poisson, la pompe à eau opérationnelle, pendant deux semaines.

Ce processus de fonctionnement sans poisson est recommandé pour fournir de l'oxygène et des bactéries (Trang et al., 2017).

Une pompe de 1.1 KWh est utilisée. Nous avons envisagé un pompage d'eau continu et donc la consommation de cette pompe a été calculée sur une activité de 24 h/j.

Système d'aération

Un système d'aération prévu qu'il soit mis en place afin de maintenir des niveaux d'oxygène adéquats dans tout le système. Cette oxygénation est assurée par un aérateur à membrane de 0,5 KWh (figure 10).

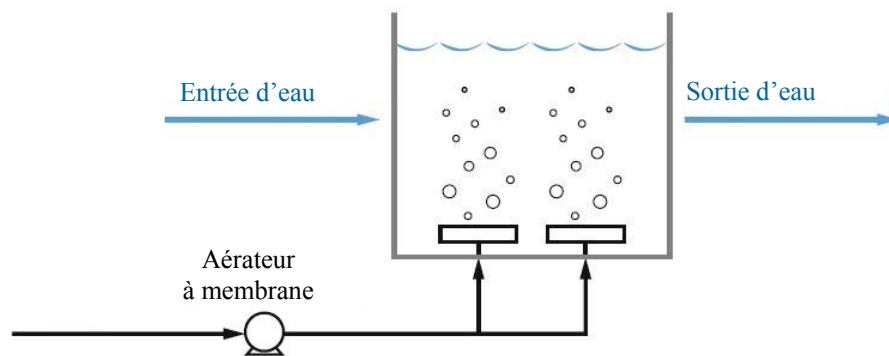


Figure 10: Système de diffusion d'air à l'intérieur du bassin d'élevage (Espinal and Matulić, 2019)

Afin d'améliorer la diffusion de l'air dans l'eau, des disques en polypropylène sont utilisés. Le rôle de ces disques est d'améliorer la diffusion de l'air dans l'eau.

2. Traitement de l'eau

L'eau est généralement traitée par filtration mécanique et biologique, bien que des éléments supplémentaires de traitement de l'eau (par exemple, l'irradiation aux ultraviolets, l'ozonation) peuvent être inclus (Maucieri et al., 2017).

2.1. Filtration mécanique

Le filtre mécanique est important pour se débarrasser des déchets solides (figure 11 (à droite)). En culture en eau profonde, il est très important car sinon les déchets obstrueront les tuyaux. La méthode la plus simple est un écran ou un filtre situé entre le bassin et le lit de cul

2.2.Filtration biologique

Un biofiltre est essentiellement un réservoir avec un milieu ajouté tel que des bio-billes, des bouchons de bouteilles en plastique ou des copeaux de PVC (figure 11 (à gauche)) sur lesquels les bactéries indispensables peuvent se développer, pour assurer le processus de nitrification (Forchino et al., 2017).

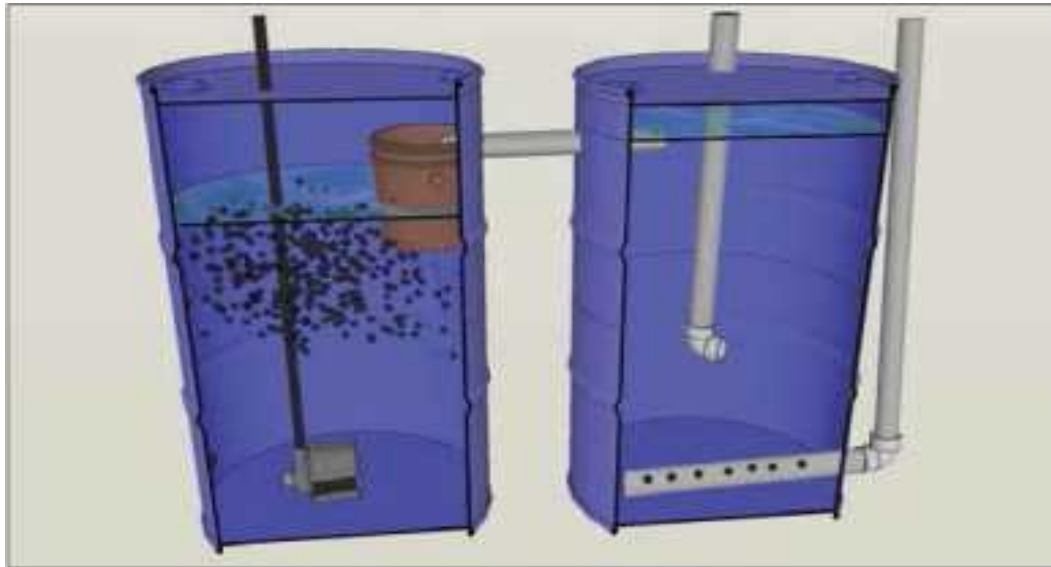


Figure 11 : Combinaison entre deux filtres biologique (à gauche) et mécanique (à droite) (Somerville et al., 2014).

3. Poissons

3.1. Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*)

Le choix de l'espèce tilapia du Nil a été effectué pour sa disponibilité, sa simple adaptation à l'élevage en circuit fermé, sa haute tolérance vis-à-vis des fluctuations des paramètres physico-chimique et surtout sa croissance rapide dans les systèmes aquaponiques par rapport aux autres espèces (Connolly et Trebic, 2010).

Le tilapia a une maturité de 6 mois, ce qui signifie qu'il est possible de récolter cette espèce deux fois par an (Goessens, 2015).

Ils tolèrent un pH varie entre 7 à 9 (Goddek et al., 2018).

Certains systèmes RAS industriels à haut rendement produisent du tilapia au-dessus de 60 kg/m³ (Junge et Antenen, 2020).

3.1.1. Taille initiale

Des individus de tilapia du Nil d'un poids initial de 20 g ont été introduit dans le système.

Soit 1000 individu / m³(tableau 6).

Tableau 6: Taux de stockage pour différentes groupes de tailles de tilapia dans des bassins (Rakocy, 1989).

Densité de stockage (individu / m ³)	Poids initial (g)
1000	20
500	50
200	100
100	250

La mise en place des plantes dans les lits de culture est de 15 jours plus tard, afin d'initier le développement des bactéries nitrifiante (le cycle du système) (FAO, 2014).

La température de l'eau est maintenue à 27° C.

3.2. Poisson chat africain (*Clarias gariepinus*)

Le choix de ce poisson a été effectué pour ses caractéristiques idéales, qui comprennent un taux de croissance élevé à des densités de peuplement élevées, une conversion alimentaire élevée, ainsi qu'une production toute l'année (Akinwole et Faturoti, 2007).

Aussi, il est un poisson extrêmement robuste tolérant de larges variations d'oxygène dissous, de température et de pH. Il est également résistant à de nombreuses maladies et parasites, ce qui le rend idéal pour l'aquaculture (FAO, 2014).

3.2.1. Taille initiale

Des alevins de poisson chat africain d'un poids initial de 10 g ont été introduits dans le système. Soit 250 individus/ m³ Suivant (tableau 7).

La température de l'eau est maintenue à 27° C.

Tableau 7 : Liste des hypothèses de la densité d'élevage de poisson chat (*Clarias gariepinus*)

	Poids initial (g)	Poids final (g)	Densité (individu/m³)	Durée de croissance (jour)	Références
Poisson chat	6	774	50	150	(Géoffroy et al., 2019)
	12	981	208	154	(Akinwole et Faturoti, 2007)
	13.1	245.4	10	90	(Abou et al., 2016)

3.3. Nourrissage de poisson

Les protéines sont le composant le plus important pour la construction de la masse des poissons.

Au stade de grossissement, les tilapias ont besoin de 25 à 35 % de protéines dans leur alimentation, alors que les poissons chat ont besoin de 25 à 35% de protéines dans leur alimentation au stade de leur grossissement (FAO, 2014).

Les poissons requièrent pour leur croissance, un apport élevé en protéine, rendant presque indispensable l'utilisation des matières premières d'origine animale comme la farine de poisson dans les régimes alimentaires (Géoffroy et al., 2019).

En suivant ces références, on va choisir un aliment granulé bien équilibré, qui répond aux besoins des espèces de poissons. Evidemment, avec des tailles variantes, dépendantes de la taille de poisson.

3.4. Indices de croissance des poissons

3.4.1. Indice de Conversion Alimentaire (IC)

L'indice de conversion alimentaire est déterminé par le rapport entre le poids sec de la nourriture pour poissons donnée pendant la culture avec le poids du poisson. Il est calculé selon la formule suivante selon (Al-Hafedh et al., 2008) :

Formule 1 : Indice de conversion
$$IC = \frac{Q_{ad}}{(P_f - P_i)}$$

Q_{ad} : Quantité d'aliment distribuée en kg.

P_f : Poids total final des poissons en kg.

P_i : Poids total initial des poissons en kg.

3.4.2. Indice de Croissance Spécifique (ICS)

Cet indice dépend de taux de protéines présentes dans l'aliment ; il représente le pourcentage avec le quel le poisson augmente en poids par jour (Thorarinsdottir, 2015) et il est calculé avec la formule suivante selon (Skar et al., 2015).

Formule 2 : Indice de croissance spécifique
$$ICS = 100 * \frac{(\ln(P_f) - (\ln(P_i)))}{Nbr\ jrs}$$

P_f : Poids total final des poissons en kg.

P_i : Poids total initial des poissons en kg.

Nbr jrs : Nombre de jours.

3.4.3. Coefficient de Croissance Thermique (CCT)

Il représente la croissance des poissons par rapport à la température d'élevage (Skar et al., 2015) et il est calculé comme suit :

Formule 3 : Coefficient de Croissance Thermique
$$CCT = 100 * \frac{(P_f^{(\frac{1}{3})}) - (P_i^{(\frac{1}{3})})}{(Nbr\ jrs)*(T)}$$

P_f : Poids total final des poissons en g.

P_i : Poids total initial des poissons en g.

Nbr jrs : Nombre de jours.

T : Température en ° C.

3.4.4. Gain de Poids Journalier (GPJ)

Cet indice représente le poids avec lequel le poisson croit par jour exprimé en g/poisson/jour et il est calculé comme suit selon (Al-Hafedh et al., 2008).

Formule 4 : Gain de Poids Journalier

$$GPJ = (Pf - Pi) / \text{Nbr de poissons} / \text{Nbr jrs}$$

Pf : Poids total final des poissons en g.

Pi : Poids total initial des poissons en g.

Nbr jrs : Nombre de jours.

3.4.5. Production Nette (PN)

Représente la biomasse de poisson produite par le système par jour et par mètre cube d'eau utilisée, exprimée en g/m³/jour et calculée selon (Al-Hafedh et al., 2008) suivant la formule :

Formule 5 : Production Nette

$$PN = (Pf / m^3 - Pi / m^3) / \text{Nbr jrs}$$

Pf : Poids total final des poissons en g.

Pi : Poids total initial des poissons en g.

m³ : Volume du bassin d'élevage.

Nbr jrs : Nombre de jours.

B/ Compartiment hydroponique

1. Lits de culture

Sur une superficie totale de culture des plantes de 50 m², quatre bassins hydroponiques en PVC (Figure 12) d'un volume de 15 m³ sont installés. Chaque bassin est de 5 m de longueur et 2.5 m de largeur et 30 cm de profondeur, dans lesquels des plaques flottantes de polystyrène sont implantés.

Chaque unité flottante d'une surface de 12.5 m² nécessite huit plaques flottantes de 1.5 m² avec une épaisseur de 30 à 50 mm (Forchino et al., 2017).



Figure 12 :Bac de culture (marque PENTAIR©)(<https://www.pentair.com>).

2. Plantes

Le choix d'un légume pour un système aquaponique est basé sur trois paramètres à savoir (Bosma et al., 2017) :

- La demande.
- La commodité de cultiver du poisson et des légumes dans un système aquaponique.

2.1. Laitue (*Lactuca sativa*)

Le choix de la laitue comme légume sur lequel est basée notre étude, a été effectué parce que les légumes à feuilles ont besoin de nitrates en concentration considérables par rapport aux autres éléments nutritifs, et l'ajout d'autres nutriments n'est pas obligatoire. La laitue présente une croissance rapide et un bon rendement dans les systèmes aquaponiques (Connolly et Trebic, 2010).

2.1.1. Taille initiale

Les plantules sont mises à l'intérieur des gobelets en plastique, avec un poids initial de 10 g.

Par la suite, elles sont transplantées à l'intérieur des trous des plaques flottantes, avec une densité de 20 plantes/m².

Initialement, dans un lit de culture de 12.5 m² il peut y avoir 250 plantes, approximativement 10 kg dans les quatre lits de culture.

Une production annuelle a été calculé en se basant sur les données du tableau 8.

Tableau 8 : Liste des hypothèses de la production annuelle de la laitue

	Production Kg/m²	Référence
Laitue <i>Lactuca sativa</i>	2.27	(Geisenhoff et al., 2016)
	4.47	(Lennard et Leonard, 2006)
	1.4 - 6.5	(Junge, Antenen, 2020)

2.1.2. Conditions de culture

Les plantes bénéficient d'une lumière naturelle. En parallèle, une lumière artificielle (LED) est installée et utilisée à la demande.

Pour le suivi de la croissance des plantes dans notre système aquaponique, deux mesures de taille sont effectuées chaque semaine pour toutes les plantes avec une règle graduée.

2.2. Tomate (*Lycopersicum esculentum*)

Les tomates sont parmi les légumes les plus importants au monde, tant en termes économiques qu'en termes de consommation (Bergougnoux, 2014).

La tomate, l'un des légumes les plus produits et consommés au monde, contient des niveaux élevés de composés actifs antioxydants tels que la vitamine C, les polyphénols et les caroténoïdes. La tomate est connue comme la centrale nutritionnelle de l'être humain, contenant peu de calories (seulement 18 calories pour 100 g), faible en gras et zéro cholestérol (Bablee et al., 2019).

2.2.1. Taille initiale

Les semis peuvent être transplantés dans le système aquaponique 3 à 6 semaines après la germination lorsque les plantes ont une hauteur de 10 à 15 cm et que les températures nocturnes sont constamment supérieures à 10 ° C (Junge et Antenen, 2020).

Initialement, dans un lit de culture de 12.5 m² il peut y avoir 50 plantes ; donc 200 plantes dans les quatre lits de culture.

Pour la production de la tomate on va réaliser 4 cycles par an. On a une production de 17.4 kg/m² (tableau 9).

Tableau 9 : Liste des hypothèses de la production annuelle de la tomate.

	Production Kg/m²	Référence
Tomate	17.4	(Schmautz et al., 2016)
<i>Lycopersicum esculentum</i>	31 - 59	(Foucard et Tocqueville, 2019)
	23.7	

2.2.2. Conditions de culture

Le nombre de grappes, de fleurs et de fruits a été compté et la hauteur de la plante a été mesurée tous les quinze jours pendant la période d'étude. La tomate mûre a été pesée et enregistrée pendant la récolte.

3. Paramètres physico-chimiques optimaux pour les plantes

Les paramètres qui doivent être suivis et contrôlés sont : l'oxygène dissous, la température, le pH, l'ammonium, les nitrites et les nitrates (Connolly et Trebic, 2010 ; Thorarinsdottir, 2015).

3.2.1. Sels nutritifs

La quantification des sels nutritifs doit avoir lieu une fois par semaine au minimum, dépendant des conditions environnementales, la quantité d'aliment distribuée et la densité de stockage (Thorarinsdottir, 2015).

3.2.2. Température

Une mesure journalière de la température est nécessaire (Anderson, 2016). La plage de température appropriée pour la plupart des légumes est de 18 à 30° C.

3.2.3. pH

Le paramètre de qualité de l'eau le plus important pour les plantes est le pH car il affecte la disponibilité des nutriments essentiels (FAO, 2014). Pour les plantes, le pH contrôle l'accès des plantes aux micro et macronutriments.

3.2.4. Oxygène dissous

L'aération de l'eau est vitale (pour satisfaire les besoins respiratoires des poissons et éviter la dénitrification). Il est important de laisser un espace aérien au-dessus de la surface de l'eau (3 à 4 cm) (figure 13), Cela permet à l'air de circuler autour de la partie supérieure des racines de la plante.

Cette méthode s'appelle Kratky. Dans cette méthode, Le taux optimal d'oxygène dissous est de 6 à 8 mg/l (FAO, 2014 ; Ako et Baker, 2009).

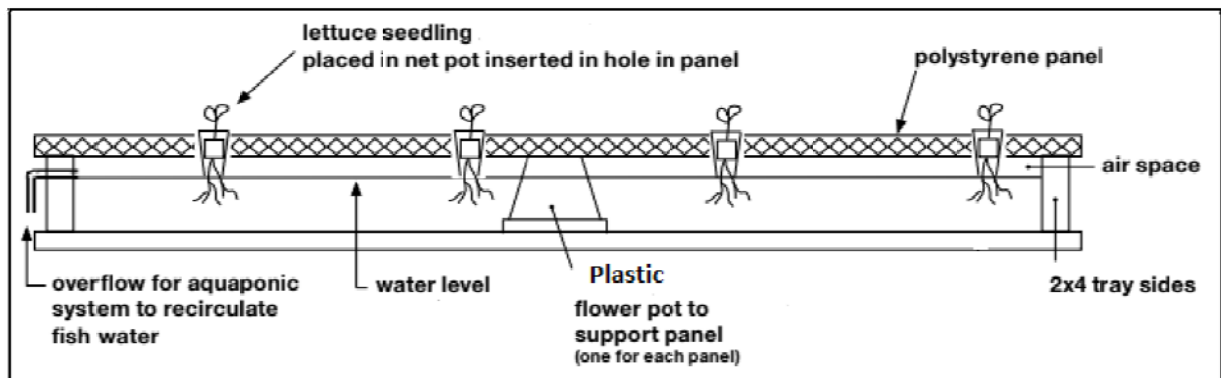


Figure 13: La méthode Kratky pour la culture en eau profonde montrant la séparation entre le radeau et la surface de l'eau (Ako et Baker, 2009) (modifié).

○ Hauteur des plantes

La hauteur de la plante (cm) est mesurée à partir de la base de la tige de feuilles les plus longues à l'aide d'une règle (Mustikasari et al., 2018).

○ Nombre de feuilles

Le nombre de feuilles est calculé en fonction du nombre de feuilles présentes dans chaque plante (Mustikasari et al., 2018).

C/ Limites du système aquaponique

Le système est conçu pour l'élevage du tilapia (*Oreochromis niloticus*) et la culture de la laitue (*Lactuca sativa*), aussi pour le poisson chat (*Clarias gariepinus*) et la tomate (*Lycopersicum esculentum*).

D'après (figure 14), les limites du système comprennent tous les processus qui se déroulent dans un cycle de production aquaponique.

Dans ce système, on a des ajouts (énergie; consommation d'eau; nourriture pour poissons ;...etc.) et des produits (poissons; laitues; MES) et des pertes (poissons morts et laitues mortes).

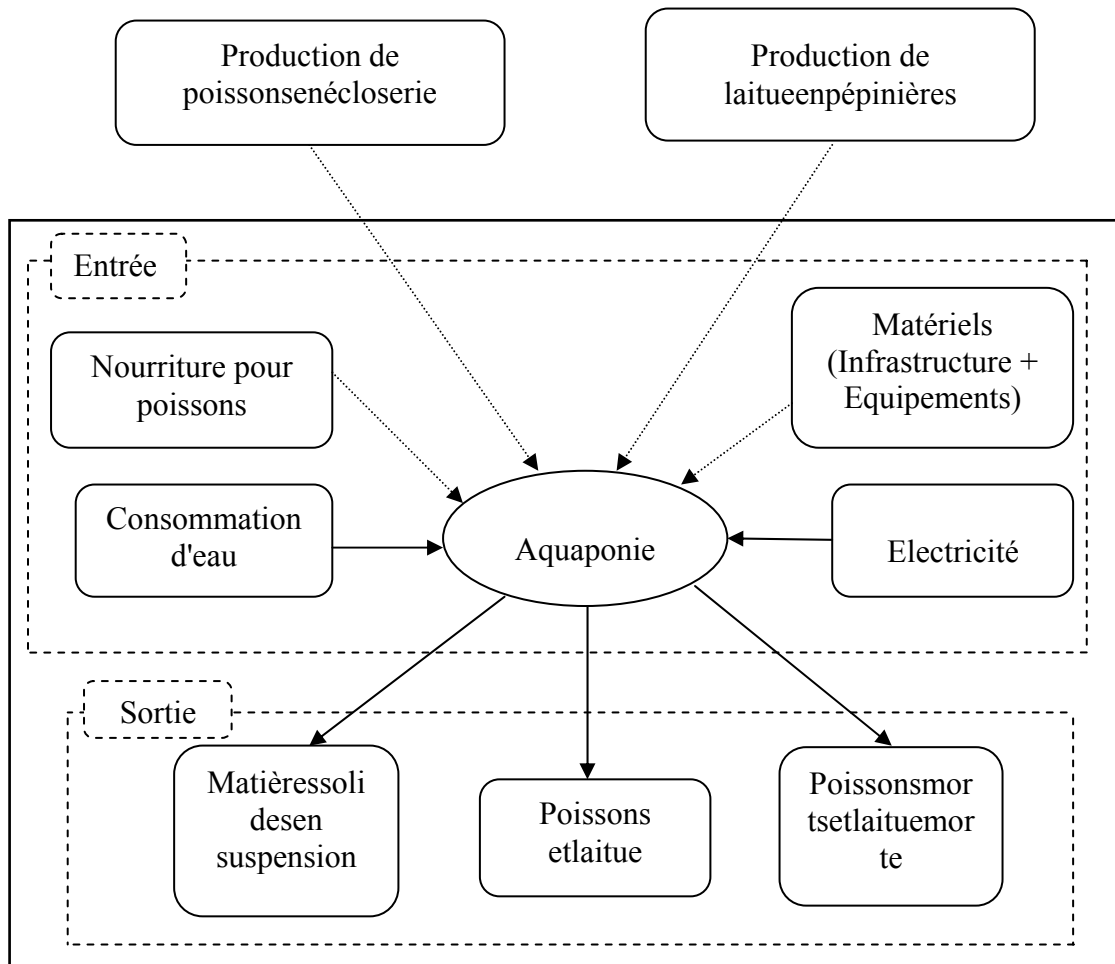


Figure 14 : Limites du système aquaponique .

D/ Liste des hypothèses et leurs références

Le tableau ci-dessous représente les hypothèses des données utilisées dans la simulation de la rentabilité du projet (production ; étude financière)

Tableau 10 : Liste des hypothèses et leurs références bibliographiques relatives

Hypothèse	Référence
Cycle de production de la laitue est de 32 à 35 jours	(Jaeger et al., 2019)
Cycle de production de la tomate est de 3 mois	(Bablee et al., 2019)
Poids initial de la laitue est 10g	(Forchino et al., 2017)
Poids de récolte de laitue : 300 g (Dans notre étude, le poids de laitue prévu récolter est 250 g).	(Khammi et al., 2015)
La mortalité a été fixée à 10% pour la laitue	(Brault et Stewart, 2002)
Poids de récolte de tomate: 125 g	(Rana et al., 2011)
La mortalité a été fixée à 3% pour le tilapia	(Khammi et al., 2015)
L'apport quotidien en eau était supposé être de 1% du volume total d'eau	(Situmorang et al., 2016)
La durée de vie des infrastructures a été fixée à 25 ans. (Dans notre étude, cette durée est estimée à 10 ans).	(Situmorang et al., 2016)

2. Etude financière

2.1. Coûts de production

Afin de réaliser une étude financière de ce système, une simulation des coûts a été effectuée, pour le premier couple (tilapia du Nil/ laitue) (tableau 11) et le deuxième couple (poisson chat/tomate) (tableau 12).

Tableau 11 : les coûts de production pour le premier couple (tilapia du Nil/ laitue) par an.

Matériels	Prix unitaire (DA)	Quantité	Montant annuel (DA)	Durée de vie (année)	Montant final / an (DA)
Serre	4000 / m ²	60 m ²	240000	10	24000
Bassin en béton	10000	1	10000	10	1000
Lit de culture	1800 / m ²	4	7200	10	720
Electricité	/	/	85000		85000
Tube en PVC	800 / ml	4 ml	3200	5	640
Filtre mécanique	10000	1	10000	5	2000
Biofiltre	8000	1	8000	5	1600
Aérateur à membrane	8000	1	8000	5	1600
Pompe à eau	20000	1	20000	5	4000
Polystyrène	500 / m ²	50 m ²	25000	3	8333
Plantule (laitue)	20	1000	20000		20000
Alevin (Tilapia)	50	1000	50000		50000
Aliment (Tilapia)	800 / kg	793.5	634 800		634 800
Total	/	/	1 121 200	/	833 693

Tableau 12 : les coûts de production pour le deuxième couple (poisson chat/tomate) par an.

Matériels	Prix unitaire (DA)	Quantité	Montant annual (DA)	Durée de vie (année)	Montant final / an (DA)
Serre	4000 / m ²	60 m ²	240000	10	24000
Bassin en béton	10000	1	10000	10	1000
Lit de culture	1800 / m ²	4	7200	10	720
Electricité	/	/	85000		85000
Tube en PVC	800 / ml	4 ml	3200	5	640
Filtre mécanique	10000	1	10000	5	2000
Biofiltre	8000	1	8000	5	1600
Aérateur à membrane	8000	1	8000	5	1600
Pompe à eau	20000	1	20000	5	4000
Polystyrene	500 / m ²	50 m ²	25000	3	8333
Plantule (tomate)	20	200	4000		4000
Alevin (poisson chat)	40	250	10000		10000
Aliment (poisson chat)	800 / kg	757.4	605 920		605 920
Total	/	/	1 036 320	/	748813

2.1.1. Analyse coût-bénéfice

La rentabilité du projet a été estimée en calculant la valeur nette NPV (Net Present Value), le temps de remboursement et le taux bénéfice-coût DBCR (the DiscountedBenefit-Cost Rate) pour la durée du projet selon Bosma et al.,(2017).

La valeur actuelle nette est le principal critère pour évaluer la pertinence de tout programme d'investissement, et selon cet indicateur financier, un investissement est rentable si le NPV est supérieure à zéro (Testa et al., 2018). Cette valeur est représentée par la différence entre les bénéfices (avantages) et les coûts annuels actualisés et a été calculée en appliquant la formule suivante :

Formule 6 : Valeur actuelle nette(*Net Present Value, NPV*)

$$NPV = \sum_{t=0}^n \left[\frac{(Bt - Ct)}{(1 + r)^t} \right]$$

Le DBCR est défini comme le rapport entre les valeurs actualisées des revenus annuels générés pendant la durée de l'investissement et les coûts correspondants. Il a été calculé selon la formule suivante(Testa et al., 2018):

Formule 7 : Tarif avantage-coût réduit(*DiscountedBenefit-CostRate, DBCR*)

$$DBCR = \left[\sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1 + r)^t} \right] / \left[\sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1 + r)^t} \right]$$

L'investissement sera pratique si le ratio est supérieur à un. Pour notre projet, nous avons réalisés une simulation pour une durée de dix (10) ans pour chaque couple.

Bt = Bénéfices de l'année t;

Ct = Coût de l'année t;

n = Durée du projet en années;

r = Taux d'actualisation

CHAPITRE 3 :
RESULTATS ET DISCUSSION

Couple poisson / plante

1. Tilapia du Nil / Laitue

1.1. Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*)

Les tilapias de 20 g vont obtenir un poids final de 250 g après un cycle qui a duré 04 mois d'élevage.

Tableau 13: Taux de stockage et d'alimentation recommandés pour différentes groupes de tailles de tilapia dans des bassins et taux de croissance estimés basé sur (Rakocy, 1989).

Densité de stockage (individu / m ³)	Poids initial (g)	Poids final (g)	Taux de croissance (g / jour)	Durée de croissance (jours)	Taux d'alimentation (%)
1000	20	50	1	30	7 – 4
500	50	100	1.5	30	4 – 3.5
200	100	250	2.5	50	3.5 – 1.5
100	250	450	3	70	1.5 - 1

La quantité d'aliment distribuée par cycle (120 jrs) est 264.5 kg. Cette quantification a été calculé en en se basant sur les travaux de Rakocy,(1989) (tableau 14).

Tableau 14:La quantité d'aliment distribuée en se basant sur les travaux de Rakocy,(1989).

Classe de poids(g)	20 – 50	50 - 100	100 - 250	Total
Poids (g)	50	100	250	/
Densité (Individu/m ³)	1000	500	200	/
Nombre de jours	30	30	50	110
Taux d'alimentation	7 %	4 %	3.5 %	/
Quantité d'aliment (kg)	105	87.5	60	252.5

Une quantité de 2204g est distribuée par jour, avec une fréquence de 3 fois par jour ce qui signifie qu'à chaque distribution journalière on donne au minimum 734.7g d'aliment au poisson. Cette quantité peut augmenter au fur et à mesure que le poisson grandit.

1.1.1. Les indices de croissance

- **Indice de conversion IC**

Le calcul de l'IC selon (Al-Hafedh et al., 2008) à été effectué comme suit :

$$IC = Qad / (Pf - Pi)$$

$$IC = 264.5 / (250 - 20)$$

$$IC = 1.15$$

Qad : Quantité d'aliment distribuée en kg.

Pf : Poids total final des poissons en kg.

Pi : Poids total initial des poissons en kg.

La valeur de l'indice de conversion que nous trouvons (1.15) est comprable à celle trouvé par Mustikasari et al., (2017) qui rapportent une valeur de IC de 0.92. Dans d'autres expériences aquaponiques réalisées en Arabe Saoudite, Al-Hafedh et al ., (2008) trouvent des valeurs de l'indice de conversion (IC) de 1.4 et 1.3.

- **Indice de croissance spécifique ICS**

Le résultat de calcul de cet indice est comme suit selon (Skar et al., 2015) :

$$ICS = 100 * (\ln (Pf) - \ln (Pi)) / \text{Nbr jrs}$$

$$ICS = 100 * (\ln (250 \text{ g} * 1000 \text{ individu}/1000) - \ln (20 * 1000 \text{ individu}/1000)) / 120$$

$$ICS = 100 * (\ln (250) - \ln (20)) / 120$$

$$ICS = 2.1 \% / \text{jr.}$$

Notre résultat est supérieur à celui trouvé par Al-Hafedh et al., (2008) qui est de 1% et 1.1% par jour pour les tilapias de sexe confondu et mâles, respectivement. Le même résultat (ICS = 1% /jr) est reporté par Monsees1 et al., (2017).

- **Coefficient de croissancethermique CCT**

Après avoir calculé cet indice d'après (Skar et al., 2015), nous avons eu le résultat suivant :

$$CCT = 100 * ((Pf^{(1/3)}) - (Pi^{(1/3)})) / ((\text{Nbr jrs}) * (T))$$

$$CCT = 100 * ((250000^{(1/3)}) - (20000^{(1/3)})) / (120 * 27)$$

$$CCT = 1.1$$

La valeur du coefficient de croissance thermique que nous trouvons dans la région de Adrar (1.1) est nettement supérieure à la valeur trouvée en 2008 par Al-Hafedh et al., (CCT = 0.1) et celle reportée en 2015 par Skar et al., (CCT = 0.7).

- **Gain de poids journalier GPJ**

Le calcul de GPJ selon (Al-Hafedh et al., 2008) est fait comme suit :

$$GPJ = (Pf - Pi) / \text{Nbr de poissons} / \text{Nbr jrs}$$

$$GPJ = (250000 - 20000) / 1000 / 120$$

$$GPJ = 1.9 \text{ g/poisson/jr}$$

Ce résultat signifie que chaque poisson grandit de 1.9 g chaque jour. On remarque que notre résultat est supérieur à celui reporté en 2008 par Al-Hafedh et al.,(2008), qui, dans deux expériences, trouvent des valeurs de 1.4 et 1.5 g/poisson / jr..

- **Production nette (PN)**

D'après (Al-Hafedh et al., 2008), la valeur de PN est la suivante :

$$PN = (Pf/m^3 - Pi/m^3) / \text{nbr jrs}$$

$$PN = (250000/5 - 20000/5) / 120$$

$$PN = 383 \text{ g/m}^3/\text{jr}$$

Ce résultat veut dire que dans un cycle de 4 mois, on produit 383 g de poisson par jour, avec un volume du bassin de 5 m³.

On note que notre résultat (383 g/m³/jr) est supérieur par rapport aux deux expériences de Al-Hafedh et al., (2008) où ils rapportent des valeurs de production nette de 202.9 g/m³/jr et 238.3 g/m³/jr, dans une durée de 140 et 186 jours respectivement.

1.1.2. Production annuelle estimée du tilapia

Production annuelle = production nette x volume d'élevage x nombre de jours (de l'année).

$$PA = 383 \text{ g} \times 5 \text{ m}^3 \times 365 \text{ j}$$

$$PA = 698\,975 \text{ g/an}$$

$$PA = 698.975 \text{ kg/an}$$

$$PA = 0.7 \text{ tonnes / an}$$

1.2. Production estimée de laitue (*Lactuca sativa*)

Le poids de récolte est de 250 g après un cycle de 30 jours, avec 12 cycles en 1 an.

Le calcul de la production annuelle se fait comme suit :

On a une production de 2.5 kg/ m².

Donc : pour une superficie de 50 m² on a :

$2.5 \times 50 = 125$ Kg par cycle (01 mois)

$PA = 125 \times 12 = 1500$ kg / an = 1.5 tonnes/an

Avec PA : Production annuelle.

1.3. Discussion

Pour ce premier couple, nous avons trouvé une production annuelle de 1.5 et 0.7 tonnes de laitue et tilapia, respectivement. Les alevins de 20 g vont atteindre un poids de 250 g durant un cycle d'élevage de 4 mois.

Notre production de laitue (1.5 tonnes) est nettement inférieure à celle trouvée par (Forchino et al., 2018), qui trouvent une production de 4 tonnes/an. Le même constat est fait pour la production de laitue obtenue par (Forchino et al., 2017). Ces derniers ont estimé une production de 4.6 tonnes/an de laitue obtenue à partir d'un système aquaponique d'une surface de 30 m² fonctionnant avec le couple laitue et truite pendant un cycle de 21 jours.

Par ailleurs, nos résultats, pour la laitue, sont supérieurs à ceux trouvés par (Jaeger et al., 2019) qui signalent une production 0.6 tonnes de laitue qui a été faite en association avec la carpe.

Ces résultats font ressortir l'importance du choix des espèces lors de la conception des systèmes aquaponiques.

2. Poisson chat / Tomate

2.1. Poisson chat (*Clarias gariepinus*)

Les poissons de 10 g vont obtenir un poids final de 1000 g après un cycle qui va durer 06 mois d'élevage.

La simulation de la quantité d'aliment durant cette période a été effectuée en se basant sur les données des tableaux (15 ; 16 ; 17). Ces données présentent la densité de stockage, taux d'alimentation et le nombre de jours pour chaque classe de poids.

Tableau 15 : Densité de stockage, nombre de jours et le taux d'alimentation du poisson chat de la classe (10 g à 250 g)

Classe	10 - 250	Bosma et al., (2017)
Densité de stockage (individu /m³)	140	
Nombre de jours	67	
Taux d'alimentation (%)	2.5	Géoffroy et al., (2019)

Tableau 16: Densité de stockage, nombre de jours et le taux d'alimentation du poisson chat de la classe (250 g à 500 g)

Classe	250 - 500	Bosma et al., (2017)
Densité de stockage (individu /m³)	106	
Nombre de jours	32	
Taux d'alimentation (%)	3	Géoffroy et al., (2019)

Tableau 17 : Densité de stockage, nombre de jours et le taux d'alimentation du poisson chat de la classe (350 g à 1000g).

Classe	350 - 1000	Knaus et al., (2020)
Densité de stockage (individu /m³)	140	
Nombre de jours	70	
Taux d'alimentation (%)	2.8	Géoffroy et al., (2019)

Une combinaison des paramètres proposés par les différents auteurs (Bosma et al.,2017) ; (Knaus et al., 2020) ; (Géoffroy et al., 2019), nous a permet d'obtenir le tableau 18.

Tableau 18 : Paramètres de production de *Clarias gariepinus*, divisés en deux classes de taille basées sur le poids.

Classe	10 - 250	250 - 500	350 -1000
Poids (g)	250	500	1000
Densité de stockage (individu/ m ³)	140	106	140
Nombre de jours	67	32	70
Tauxd'alimentation	2.5	3	2.8
Quantitéd'aliment	58.62	50.9	274.4

Une quantité d'aliment de 378.7 kg est distribuée par cycle (6 mois), avec une quantité journalière de 2.1 kg.Ce qui signifie qu'à chaque distribution journalière, nous proposons de fournir aux poissons un minimum de 700 g d'aliment. Ducarme et Micha, (2003) rapportent que le poids marchand de poisson chat africain est de 800 à 1500 g.

2.1.1. Les indices de croissance

- **Indice de conversion**

$$IC = Qad / (Pf - Pi)$$

$$IC = (378.7) / (250-2.5)$$

$$IC = 1.53$$

On remarque que notre valeur est comprise dans l'intervalle proposé par Akinwole et Faturoti (2007). Ces auteurs qui ont effectués trois expériences à une échelle commerciale reportent des valeurs de l'indice de croissance de 1.005 ; 1.074 et 2.076. Un constat similaire est fait par Endut et al., (2016) qui enregistrent une valeur de 1.08.

- **Indice de croissance spécifique ICS**

$$ICS = 100 * (\ln (Pf) - \ln (Pi)) / \text{Nbr jrs}$$

$$ICS = 100 * (\ln (250) - \ln (2.5)) / 180$$

$$ICS = 2.55 \% / \text{jr.}$$

Notre résultat est supérieur à celui de Endut et al., (2016) qui obtenaient des valeurs de 2.28 et 2.18% par jour dans deux systèmes aquaponiques. Dans une autre étude, ces même auteurs reportent une valeur de 3.34% par jour.

La même chose est constatée lors de la comparaison de notre résultat avec celui de Akinwole et Faturoti (2007) qui ont trouvé dans trois expériences (échelle commerciale) les valeurs suivantes : 3.597 ; 2.630 et 3.580 % par jour.

- **Coefficient de croissance thermique CCT**

$$CCT = 100 * ((Pf^{(1/3)}) - (Pi^{(1/3)})) / ((\text{Nbr jrs}) * (T))$$

$$CCT = 100 * ((250000^{(1/3)}) - (2500^{(1/3)})) / (180 * 27)$$

$$CCT = 1.02$$

En comparant ce résultat avec celui du tilapia du Nile (1.1), on trouve que le CCT du poisson chat est inférieur. Cela nous amènent à proposer la conduction d'études complémentaires pour probablement revoir la quantité d'aliment distribué au poisson chat à une température d'élevage de 27° C.

- **Gain de poids journalier GPJ**

$$GPJ = (Pf - Pi) / \text{Nbr de poissons} / \text{Nbr jrs}$$

$$GPJ = (250000 - 2500) / 250 / 180$$

$$GPJ = 5.5 \text{ g/poisson/jr}$$

Nous remarquons que notre résultat est supérieur à celui de Abou et al., (2016), qui dans trois densités d'élevage différentes (5 ; 7 et 10 individu/m³), trouvent des valeurs de (2.39 ; 2.75 ; 2.58 g/poisson / jr), respectivement. Ils ont démarré les expérimentations avec des individus d'un poids initial de 13 g. Le même constat est fait avec les résultats obtenus par Endut et al., (2016), qui marquent des valeurs de (2.24 ; 1.91) g/poisson/jr.

- **Production nette (PN)**

$$PN = (Pf/m^3 - Pi/m^3) / \text{nbr jrs}$$

$$PN = (250000/5 - 2500/5) / 180$$

$$PN = 275 \text{ g/m}^3/\text{jr}$$

Ce résultat veut dire que dans un cycle de 6 mois, on produit 275 g de poisson par jour, dans un volume du bassin de 5 m³.

On note que notre résultat est inférieur à celui reporté par Akinwole et Faturoti (2008) qui dans trois expériences obtiennent (640 ; 750 ; 550 g/m³/jr), avec des densités de 166 ; 208 et 261 individu/m³, respectivement.

2.1.2. Production annuelle estimée du poisson chat

Production annuelle = production nette x volume d'élevage x nombre de jours (de l'année).

$$PA = 275 \text{ g} \times 5 \text{ m}^3 \times 365 \text{ j}$$

$$PA = 501875 \text{ g/an}$$

$$PA = 501.875 \text{ kg/an}$$

$$PA = 0.5 \text{ tonnes / an}$$

2.2. Production estimée de tomate (*Lycopersicum esculentum*)

Le poids de récolte est 125 g après un cycle de 90 jours, avec 4 cycles en 1 an.

Le calcul de la production annuelle se fait comme suit

On a une production de 17.4 kg/ m².

Donc : pour une superficie de 50 m² on a :

$$17.4 \times 50 = 870 \text{ Kg par cycle (03 mois)}$$

$$PA = 870 \times 4 = 3480 \text{ kg / an} = 3.48 \text{ tonnes/an.}$$

Avec PA : Production annuelle.

2.3. Discussion

Pour ce deuxième couple nous avons trouvé une production annuelle de 3.48 et 2.1 tonnes de tomate et poisson chat, respectivement ; dans un volume de 5 m³ et une surface de 50 m².

Une étude à une grande échelle est faite sur ce couple, par Karimanzira et Rauschenbach (2019) sur une surface de 573 m². Ils ont pu obtenir une production annuelle de 24 tonnes de poissons chat et 11 tonnes de tomates sur ce site.

Quand nous reportons leur production à une surface de 50 m², nous remarquons qu'ils produisent 2.1 tonnes de poissons et 1 tonnes de tomates par an. A ce niveau, on note que les résultats sont comparables, mais notre production de végétal est supérieure par rapport au leur résultat.

Raghunath et al., (2013) ont travaillé sur la tomate et la carpe sur une surface de 360 m². La production de tomate pendant 130 jours était de 4.3 tonnes. Donc dans un an ils vont avoir une production de 8.6 tonnes. La différence entre nos résultats et ceux de Raghunath et al., (2013) peut s'expliquer par le fait que notre système est conçu à titre expérimentale (50 m²) alors que dans les systèmes aquaponiques à l'échelle industrielle il peut y avoir des ajouts d'intrants afin de favoriser la croissance optimale du végétal.

3. Estimaion financière

3.1. Prix des ventes :

Les prix de vente des produits (poisson/végétal) issus du système (tilapia et laitue ; poisson chat et tomate) sont représentés dans le tableau 19 ci-dessous.

Tableau 19 : prix de ventes pour chaque couple

	Tilapia	Laitue	poisson chat	Tomate
Production (Kg/an)	700	1500	501	3480
Prix (DA/kg)	650	120	450	90
Vente (DA)	455000	180000	225450	313200
Vente (DA/couple)	635000		538650	

3.2. Coûts / bénéfices

Afin de réaliser l'analyse financière, le calcul des bénéfices est fait comme suit :

Bénéfice = Ventes – coûts

Le résultat est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 20: Estimation des coûts et bénéfices pour chaque couple pendant une année

couple	Coûts	Ventes	Bénéfices
Tilapia du Nile /Laitue	833 693	635 000	-198 693
Poisson chat / Tomate	748 813	538 650	-210 163

Par la suite, les indices NPV et DBCR ont été calculé pour chaque couple:

3.1 Pour le premier couple

$$NPV = \sum_{t=0}^n \left[\frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t} \right] \quad r = 4 \%$$

$$NPV = \sum_{t=0}^{10} \left[\frac{(-198\,693 - 833\,693)}{(1+0.04)^t} \right]$$

$$\begin{aligned} NPV = & [(-198\ 693 - 833\ 693) / (1+0.04)^1] + [(-198\ 693 - 833\ 693) / (1+0.04)^2] + [(-198\ 693 - \\ & 833\ 693) / (1+0.04)^3] + [(-198\ 693 - 833\ 693) / (1+0.04)^4] + [(-198\ 693 - 833\ 693) / (1+0.04)^5] \\ & + [(-198\ 693 - 833\ 693) / (1+0.04)^6] + [(-198\ 693 - 833\ 693) / (1+0.04)^7] + [(-198\ 693 - 833\ 693) / (1+0.04)^8] \\ & + [(-198\ 693 - 833\ 693) / (1+0.04)^9] + [(-198\ 693 - 833\ 693) / (1+0.04)^{10}] \end{aligned}$$

$$NPV = - 8\ 373\ 575.25$$

$$DBCR = \left[\sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1+r)^t} \right] / \left[\sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+r)^t} \right]$$

$$DBCR = \left[\sum_{t=0}^n \frac{-198\ 693}{(1+0.04)^t} \right] / \left[\sum_{t=0}^n \frac{833\ 693}{(1+0.04)^t} \right]$$

$$DBCR = - 0.22$$

Pour une durée de vie de 10 ans, notre système aquaponique pour (tilapia / laitue) a un NPV estimée à -8,37 million; et le DBCR est de - 0.22.

D'après Bosma et al., (2017), lorsque le NPV est négatif, le DBCR est toujours inférieur à 1. Cela signifie que le projet n'est pas rentable.

3.2 Pour le deuxième couple

$$NPV = \sum_{t=0}^n \left[\frac{(Bt - Ct)}{(1+r)^t} \right]$$

$$NPV = \sum_{t=0}^{10} \left[\frac{(-210\ 163 - 748\ 813)}{(1+0.04)^t} \right]$$

$$NPV = [(-210\ 163 - 748\ 813) / (1+0.04)^1] + [(-210\ 163 - 748\ 813) / (1+0.04)^2] + [(-210\ 163 - 748\ 813) / (1+0.04)^3] + [(-210\ 163 - 748\ 813) / (1+0.04)^4] + [(-210\ 163 - 748\ 813) / (1+0.04)^5] + [(-210\ 163 - 748\ 813) / (1+0.04)^6] + [(-210\ 163 - 748\ 813) / (1+0.04)^7] + [(-210\ 163 - 748\ 813) / (1+0.04)^8] + [(-210\ 163 - 748\ 813) / (1+0.04)^9] + [(-210\ 163 - 748\ 813) / (1+0.04)^{10}]$$

$$NPV = - 7.78$$

$$DBCR = \left[\sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1+r)^t} \right] / \left[\sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+r)^t} \right]$$

$$DBCR = \left[\sum_{t=0}^n \frac{-210\ 163}{(1+0.04)^t} \right] / \left[\sum_{t=0}^n \frac{748\ 813}{(1+0.04)^t} \right]$$

$$DBCR = - 0.3$$

Pour une durée de vie de 10 ans, notre système aquaponique pour (poisson chat / tomate) a un NPV estimée à -7.78 million; et le DBCR est de - 0.3.

Donc, le même constat est fait pour ce couple, le NPV est négatif, le DBCR est toujours inférieur à 1. Cela signifie que le projet n'est pas rentable pour ce dernier.

Nous considérons que nos résultats sont originaux pour le secteur aquacole en Algérie. En effet, l'étude de simulation que nous avons réalisés a fait ressortir que même en produisant des quantités de poissons et de végétal, la rentabilité économique n'est pas assurée. Ce constat est observé dans plusieurs projets d'élevage de poissons (marins et d'eaux douces) en Algérie où on enregistre une production aquacole à l'issue de l'activité d'élevage mais le projet est en difficulté financière.

En effet, il apparaît que ces projets aquacoles sont réalisés sur le terrain sans la détermination de la production annuelle minimale qui assurent une rentabilité de l'entreprise aquacole et un recouvrement des montants d'investissement, souvent important, mis en place.

A la lumière de nos résultats, nous recommandons vivement de réaliser des études de simulations complémentaires pour déterminer le seuil de rentabilité économique des projets aquacoles dans notre pays.

CONCLUSION

Conclusion

Durant cette étude nous avons établi une conception d'un système d'élevage en aquaponie. Nous avons réalisé une étude pour la culture de tomate et de la laitue en raft (culture en eau profonde) avec poisson chat et tilapia, respectivement.

Nous avons constaté que l'installation de ce système est simple, vu que la disponibilité et le faible coût sur le marché des composants de chaque compartiment. Dans ce système, le suivi et le contrôle des surfaces et des densités de productions de végétal sont simplifiés. Nous considérons que l'aquaponie a plus de chance de réussir dans notre pays que les autres techniques d'élevage aquacoles qui nécessitent une maîtrise et un savoir faire avéré.

Au regard des productions que nous avons estimées (1.5 tonnes/an de laitue; 3.48 tonnes/an de tomate; 0.7 de tilapia et 0.5 tonnes par an de poisson chat) Nous préconisons le début de mise en place de systèmes de productions aquaponiques, qui fonctionnent en circuit fermé, surtout dans les régions qui ont des ressources limitées en eau.

D'après l'analyse coût-bénéfice que nous avons effectuée, ce système aquaponique n'est pas rentable à une échelle économique. Nous recommandons fortement de réaliser des études de faisabilité technico-économiques suivies par des études de rentabilité et d'évaluation du retour sur investissement.

Aussi, nous proposons la mise en place d'un label de produits aquaponiques dans notre pays afin de démarquer les produits issus d'activités aquaponiques, surtout pour les végétaux, du fait que le processus de production se fait sans l'utilisation de produits chimiques (pesticides, herbicides, ...etc.) qui sont inévitables en agriculture conventionnelle.

BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques :

ABOU Y., OKE V., ODOUNTAN H-O., (2016). Effects of stocking density on growth, production and farming protability of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fed chicken viscera-diet in earthen ponds. In: *International Journal of Biosciences*. Vol. 6, n° 6, pp. 404-414.

AKINWOLE A. ,FATUROTI E., (2007). Biological performance of catfish (*Clariasgariepinus*) cultured in a recirculating system in Ibadan. In: *Aquacultural engineering*. Vol. 36. pp. 18-23.

AKO H. , ADAM B., (2009). Small-Scale Lettuce Production with Hydroponics or Aquaponics. In: *Sustainable Agriculture*.

AKTER B. , SALAM M.A., (2018). Aquaponic system and Bangladesh : Aquaponic production of Tilapia and water spinach in Bangladesh. 54 p.

AL-HAFEDH Y-S., ALAM A. , BELTAGI M-S., (2008). Food production and water conservation in a recirculating aquaponic system in Saudi Arabia at different ratios of fish feed to plants. In: *journal of the world aquaculture society*. Vol. 39, n°4, pp. 510-520.

ANDERSON T., (2016). Biological responses to hydroponic and aquaponic conditions. .[en ligne] [consulté le 22/09/2020] .disponible sur le web.<http://ecommons.cornell.edu/handle/1813/44580>

ASCUITO A., SCHIMMENTI E et al ., (2019). A financial feasibility study of an aquaponic system in a Mediterranean urban context. *Urban Forestry & Urban Greening* : 38, 397-402.

ASHRAF M. Goda A-S. et al ., (2015). Bio Economic Features for Aquaponic Systems in Egypt. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 15: 525-532.

BABLEE A., RANA K-M., SALAM M-A., (2019). Effects of aspirin on aquaponics tomato (*Solanumly copersicum*) production in laboratory condition. In: *Asian Journal of Medical and Biological Research*. Vol. 5, n° 1, pp. 78-86.

BAKIU R., TAJAJ C., TACI J., (2017). First Study about Aquaponic Systems in Albania. *J Mar Biol Aquaculture Res* 1(1):1-7

- BERGOUGNOUX V., (2014).** The history of tomato: From domestication to biopharming. In: *Biotechnology Advances*. Vol. 32, n° 1, pp. 170–89.
- BOSMA H., LACAMBRAB L. et al ., (2017).**The financial feasibility of producing fish and vegetables through aquaponics. In:*Aquacultural Engineering*.
- BOUZIDI B., (1999).** L’Energie Solaire et les Régions Sahariennes - Exemple de la Région d’Adrar -. In : *Rev. Energ. Ren. : Valorisation*. pp. 101-104.
- BRAULT D. , STEWART K., (2002).**Growth, development and yield of head lettuce cultivated on paper and polyethylene mulch. In: *HortScience*. Vol. 37, n° 1, pp. 92-94.
- COHEN A., MALONE S. et al ., (2018).**Combined Fish and Lettuce Cultivation: An Aquaponics Life Cycle Assessment. In: *ProcediaCIRP*. Vol. 69, pp. 551–556.
- CONNOLLY K. , TREBIC T., (2010).**Optimization of a backyard aquaponic food production system. In: *Faculty of agricultural and environmental sciences, Macdonald campus, McGill University, BREE*. Vol. 495, n° 3, pp. 305-379.
- DALARYAN A ., TADEVOSYAN L., (2018).**Feasibility analysis of basil and lettuce production in aquaponics system in Armenia. *Bulletin of Armenian National Agrarian University*, 1 :114-117.
- DUCARME C. , MICHA J-C., (2003).**Technique de production intensive du poisson chat africain, *Clarias gariepinus*. In : *TROPICULTURA*. Vol. 21, n° 4, pp. 189-198.
- ENDUT A., LANANAN F. et al ., (2016).**Aquaponics recirculation system: A sustainable food source for the future water conserves a resource. In: *Malaysian journal of applied sciences*. Vol. 1, n° 1, pp. 1-12.
- ENDUT A., LANANAN F. et al ., (2016).**Balancing of nutrient uptake by water spinach (*Ipomoea aquatica*) and mustard green (*Brassica juncea*) with nutrient production by African catfish (*Clarias gariepinus*) in scaling aquaponic recirculation system. [en ligne][consulté le 10/11/2020]. Disponible sur le web. < <http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2016.1184593>>
- ESPINAL C.A., MATULIC D., (2019).** Recirculating Aquaculture Technologies. In: *Aquaponics food production systems : combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future*, pp. 35-76.

FAO, 2020. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2020.[en ligne][consulté le 23/10/2020].disponible sur le web. <<https://doi.org/10.4060/ca9229fr>>

FORCHINO A-A., LOURGUIOUI H. et al.,(2017).Aquaponics and sustainability: the comparison of two different aquaponic techniques using the life cycle assessment (LCA). In: *Aquacultural engineering*. Vol. 77, n° 2, pp. 80-88.

FORCHINO A-A., GENNOTTE V. et al ., (2018).Eco-designing Aquaponics: a case study of an experimental production system in Belgium. In: *Procedia CIRP*. Vol. 69, pp. 546 – 550.

FOUCARD P. , TOCQUEVILLE A., (2019).Aquaponie: Associer aquaculture et production végétale. *Ed. Cirad, France*: 209 p.

FRONTE B., GALLIANO G. , BIBBIANI C., (2016).From fresh water to marine aquaponic: new opportunities for marine fish species production. In: *Proceedings of the 4th conference with international participation conference VIVUS on agriculture, environmentalism, horticulture and floristics, food production and processing and nutrition, Naklo, Slovenia*, Vol. 1, n° 1, pp. 20-21.

GEOFFROY E-O., CLOUD H-L., et al ., (2019).Biological and zootechnical characteristics of the African catfish *Clarias gariepinus* Burchell, 1822. In: *European Scientific Journal*. Vol. 15, n° 27.

GIBELLATO S., (2004).Feasibility study of an aquaponic plant in Korhogo.*Mémoire de Master's Degree programme in Environmental Sciences., University. Ca 'Foscari. Venice* : 85 p.

GODDEK S., DELAIDE B. et al ., (2015).Challenges of sustainable and commercial aquaponics. In: *Sustainability*. Vol. 7, n° 4, pp. 4199-4224.

GODDEK S. , KEESMAN K-J., (2018). The necessity of desalination technology for designing and sizing multi-loop aquaponics systems. In: *Desalination*. Vol. 428, pp. 76–85.

GOESSENS I., (2015). Aquaponics - a test case for the Van Gendt halls in Amsterdam. In: *Architectural Engineering*. 31 p.

GRABICOVU k., GRABIC R.et al ., (2020).Water reuse and aquaculture: Pharmaceutical bioaccumulation by fish during tertiary treatment in a wastewater stabilization pond. In: *Environmental Pollution*. Vol. 267, pp. 155-593.

- GUZM´AN-LUNAA P., GERBENS-LEENESB P-W. ,VACA-JIM´ENEZB S-D., (2020).**The water, energy, and land footprint of tilapia aquaculture in Mexico, a comparison of the footprints of fish and meat. In: *Resources, Conservation & Recycling*. Vol. 165, pp. 105-224.
- IHADJADENE Y. ,MAROUF I., (2017).** Suivi d’un système d’élevage en aquaponie. *Mémoire d’ingénieur, ENSSMAL., Dely brahim: 93 p.*
- JAEGER Ch., FOUCARD P. et al., (2019).**Mass balanced based LCA of a common carp-lettuce aquaponics system. In: *Aquacultural Engineering*. Vol. 84, pp. 29–41.
- JOYCE A., GODDEK S.et al ., (2019).** Aquaponics: Closing the Cycle on Limited Water, Land and Nutrient Resources. In: *Aquaponics food production systems : combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future*, pp. 18-34.
- JUNGE R., ANTENEN N., (2020).**Innovative educational techniques to promote learning among European students using aquaponics. 340 p.
- KADRI Y., MOUSSAOUI A. , BENMEBAREK A., (2018).**Étude ethnobotanique de quelques plantes médicinales dans une région hyper aride du Sud-ouest Algérien «Cas du Touat dans la wilaya d’Adrar». In :*Journal of Animal & Plant Sciences*. Vol.36, n° 2, pp. 5844-5857.
- KARIMANZIRA D. ,RAUSCHENBACH T., (2019).**Enhancing aquaponics management with IoT-based Predictive Analytics for efficient information utilization. In: *INFORMATION PROCESSING IN AGRICULTURE*. Vol. 6, pp. 375-385.
- KHAMMI A., KUTAKO M. et al., (2015).**Development and Evaluation of Compact Aquaculture System for the Application of Zero Water-Exchange Inland Aquacultures. In: *ENGINEERING JOURNAL*. Vol. 19, pp. 15-27.
- KHANGEMBAM C-D., SHARMA G-J. , CHAKRABARTI R., (2017).**Diversity and abundance of Ammonia-Oxidizing Bacteria and Archaea in a Freshwater Recirculating Aquaculture System. In: *HAYATI Journal of Biosciences*. Vol. 24, pp. 215-220.
- KNAUS U., PRIBBERNOW M., XU L.et al., (2020).**Basil (*Ocimum basilicum*) Cultivation in Decoupled Aquaponics with Three Hydro-Components (Grow Pipes, Raft, Gravel) and African Catfish (*Clarias gariepinus*) Production in Northern Germany. In: *Sustainability*.
- KYAW T-Y., KEONG NG A., (2017).**Smart Aquaponics System for Urban Farming. In: *Energy Procedia*. Vol. 143, pp. 342–347.

LAPERRE P., (2010). A Techno-Economic Feasibility Study into Aquaponics in South Africa. Master thesis, University of Stellenbosch, 132p.

LENNARD W., LEONARD B., (2006).A Comparison of Three Different Hydroponic Sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic Test System. In: *Aquaculture International*. Vol. 14, pp. 539-550.

LENNARD W., GODDEK S., (2019). Aquaponics: The Basics. In *Aquaponics food production systems : combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future*, pp. 113-143.

MAUCIERI C., NICOLETTO C. et al., (2017).Hydroponic systems and water management in aquaponics: a review. In: *Official journal of the Italian Society for Agronomy*.

MESSAITFA K., CHERGUI T., (2003).L'eau, l'énergie & le vent à travers la région d'Adrar, Algérie. [en ligne][consulté le 03/09/2020] .disponible sur le web.
<http://amistimimoun.free.fr/8Adherents/EauEnergieVent.pdf>

MONSEES H., KLOAS W. , WUERTZ1 S., (2017).Decoupled systems on trial: Eliminating bottlenecks to improve aquaponic processes. *ED: PLoS ONE*.

MUSTIKASARI A., MARWOTO P., ISWARI S-R., (2018).The physical growth of *Oreochromis niloticus* and three plant species on the aquaponic technology. In: *Journal of Physics: Conference Series*.

MUNGUIA-FRAGOZO P., ALATORRE-JACOME O. et al., (2015).Perspective for aquaponic systems: “Omic” technologies for microbial community analysis. In: *BioMed Research International*. 10 p.

QUAGRAINIE K.K., MANOLIO R. et al., (2018).Economic analysis of aquaponics and hydroponics production in the U.S. Midwest, *Journal of Applied Aquaculture*, 30:1, 1-14,

RAGHUNATH M-R., SRIDHAR N. et al., (2013). Modeling of a Common Carp-Tomato Aquaponics System.

RAKOCY J-E., (1989).Tank Culture of Tilapia. In: *Southern Regional Aquaculture Center*.

RANA S., BAG S-K. et al., (2011). Reclamation of municipal domestic wastewater by aquaponics of tomato plants. In: *Ecological Engineering*. Vol. 37, pp. 981–988.

SCHMAUTZ Zala., LOEU F. et al., (2016).Tomato Productivity and Quality in Aquaponics:Comparison of Three Hydroponic Methods. In: *Water*. Vol. 8, pp. 533.

SITUMORANG M-L., SCHRYVER P-D. et al.,(2016). Effect of poly- β -hydroxybutyrate on growth and disease resistance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* juveniles. In: *Veterinary Microbiology*. Vol. 182, pp. 44-49.

SKAR G-L., LILTVED H. et al ., (2015).Aquaponics NOMA-new innovation for sustainable aquaculture in thenordic countries. pp. 102-112.

SOMERVILLE C., PANTANELLA E. et al ., (2014).Small-scale aquaponic food production: integrated fish andplants farming. FAO, Rome, 288 p.

<http://www.fao.org/3/a-i4021e/>

TESTA R., TUDISCA S. et al., (2018).Tropical Fruits as an Opportunity for Sustainable Development in Rural Areas: The Case of Mango in Small-Sized Sicilian Farms.[enligne][consulté le 11/10/2020].disponible sur le web.

< <https://doi.org/10.3390/su10051436>>

TIOURIRINE F., HADJ KOUIDRER M., (2019).Caractéristique physico-chimique d'eau de Timliha- Tamantit–Adrar. [en ligne] [consulté le 25/11/2020]. Disponible sur le web .<https://dspace.univ-adrar.edu.dz/jspui/handle/123456789/2320>

THORARINSDOTTIR R., (2015).Aquaponics guidelines. [en ligne] [consulté le 10/09/2020]. Disponible sur le web .<http://skemman.is/item/view/1946/23343>

WAMBUA M-D., HOME G-P. et al., (2020).Exigences environnementales et énergétiques pour différentes biomasses de production de tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) dans les systèmes d'aquaculture en recirculation (RAS) au Kenya.[en ligne] [consulté le 02/10/2020]. Disponible sur le web.<https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.07.019>.

CONCEPTION D'UN SYSTEME D'ELEVAGE EN AQUAPONIE

Résumé :

L'aquaculture joue un rôle important dans la sécurité alimentaire humaine, elle croit rapidement durant les dernières années. Cette croissance est malheureusement accompagnée par une augmentation de son impacts sur l'environnement par ces rejets d'eau. Afin de minimiser ces impacts et assurer une production durable de la nourriture, une approche qui s'appelle l'aquaponie est impliquée. Nous avons réalisé une conception d'élevage en aquaponie qui combine l'hydroponie et l'aquaculture. Le système choisis dans cette étude est le raft en boucle fermée (le RAS) dont lequel nous avons effectué l'élevage de deux couples (laitue, tilapia) et (tomate, poisson chat). Cette étude a prouvé que ce système est rentable avec des productions de 1.5 ; 3.48 ; 0.09 et 0.1 tonnes par an de laitue, tilapia, tomate et poisson chat, respectivement.

Mots clés : Aquaponie, raft, RAS, laitue, tilapia, tomate, poisson chat, production.

Abstract :

Aquaculture plays an important role in human food security, it has grown rapidly in recent years. This growth is unfortunately accompanied by an increase in its impact on the environment by these water discharges. In order to minimize these impacts and ensure sustainable production of food, an approach called aquaponics is involved. We have achieved an aquaponics breeding design that combines hydroponics and aquaculture. The system chosen in this study is the closed-loop raft (the RAS) from which we reared two couples (lettuce, tilapia) and (tomato, catfish). This study proved that this system is profitable with production of 1.5; 3.48; 0.09 and 0.1 tons per year of lettuce, tilapia, tomato and catfish, respectively.

Keywords: Aquaponics, raft, RAS, lettuce, tilapia, tomato, catfish, production.

ملخص:

تلعب تربية الأحياء المائية دورا مهما في الأمن الغذائي للإنسان , وقد نمت بسرعة في السنوات الأخيرة. و لسوء الحظ , يصاحب هذا النمو زيادة في تأثيره على البيئة من خلال تصريفات هذه المياه , و من اجل تقليل هذه الاثار و ضمان انتاج مستدام للغذاء , يتم تضمين نهج يسمى اكوابونيك .

لقد حققنا تصميم تربية الأحياء المائية الذي يجمع بين الزراعة المائية و تربية الأحياء المائية. النظام المختار في هذه الدراسة هو الطواف ذات الحلقة المغلقة [راس] والتي قمنا بتربية زوجين منها [الخس , البلطي] و [الطماطم , سمك السلور]. أثبتت هذه الدراسة أن هذا النظام مريح بإنتاج 1.5 , 3.48 , 0.09 و 0.1 طن سنويا من الخس , البلطي , الطماطم و سمك السلور, على التوالي.

الكلمات المفتاحية: اكوابونيك , طوف , راس , خس , بلطي , طماطم , سمك السلور و انتاج.