

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

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



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme

D'Ingénieur et de master en Sciences de la Mer

Option : Aaquaculture

Thème :

**Etude comparatives des systèmes de productions
aquaponiques.**

Présenté par :

BESSEGHIER Khadidja.

BOUDIAF Zahra.

Soutenu le 06/09/2021 devant le jury composé de :

Mr KASSAR Abderrahmane	Maitre assistant classe « A »	ENSSMAL	Président
Mme MESLEM Nabila	Maitre de conférences classe « B »	ENSSMAL	Examinatrice
Mme LOUNES Rayhane	Ingénieur	ENSSMAL	Examinatrice
Mr LOURGUIOUI Hichem	Maitre de conférences classe « B »	ENSSMAL	Promoteur

Remerciement

*Avant tous, je vous remercie **mon Dieu** de me donner la santé, la volonté, la force et la patience pour avoir terminé mon projet de fin d'étude.*

*Je s'adresse mes sincères remerciements à mon promoteur **Mr LOURGUIOUI Hichem** pour avoir dirigé ce travail et lui avoir accordé un intérêt tout au long de son élaboration.*

Je remercie les membres de jury qui ont accepté de juger mon travail :

Je tiens à remercier Mr KASSAR Abedrahmane d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.

Mme MESLEM Nabila et Mme LOUNES Rayhane de nous avoir honorés de leur présence, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

*Mes remerciements également toutes les personnes qui m'aider de près ou de loin pour élaborer ce travail et surtout mes sœurs **DJOUABLIA Chaima** et **BENHADDA Abir**.*

Khadidja

DEDICACE

Je dédie mon projet de fin d'étude avec un grand plaisir à :

A ma source de vie chère maman, Celle qui a attendu avec

Patience les fruits de mes sacrifices durant des longues années, que Dieu la protège.

*A ma force cher papa **M'Hamed**, Celui qui m'a donné la confiance en soi même et la*

Volonté qui fait toujours les grandes personnes.

*A mes sœurs et à tous mes amis et surtout **FARID SARRAH**.*

Notre respectueux remerciement à tous nos enseignants que nous avons eu tout le long de notre

*cursus surtout Mme **MEZIANE Saliha** et Mme **BEN-AICHATA Faiza**.*

Khadidja

Chapitre 01

Introduction	1
1. Principe d'un système aquaponique	3
1.1. Définition	3
1.1.1. Hydroponie	3
2. Aquaponie actuelle	5
3. Les avantages de l'aquaponie	5
4. Inconvénients	6
5. Les systèmes aquaponiques	7
5.1. L'aquaponie domestique	7
5.2. L'aquaponie commerciale à petite échelle	8
5.3. L'aquaponie industrielle	8
6. Les types d'un système aquaponique	8
6.1. Technique du film nutritif	8
7. La technique de culture sur lit de substrats inertes	9
7.1. Choix du substrat de culture	10
7.2. Les différents types de substrat	11
7.3. Le gravier de construction	11
7.4. Les billes d'argiles	11
8. Capture culture en eau profonde ou radeau flottant (la technique des <i>rafts</i>)	12
9. Les paramètres idéaux de l'eau d'un système aquaponique	13

Chapitre : 02

1. Le matériel et les outils nécessaires	16
2. Les éléments principaux d'une unité aquaponique	17
2.1. Le bac d'élevage des poissons (ou d'autres organismes aquatiques)	17
2.2. Préparation du bassin à poissons :	17
2.3. Installation du trop-plein :	17
2.4. Temps de renouvellement de l'eau	17
2.5. Conception des filtres (mécaniques et biologiques) :	18
2.6. Préparation du filtre mécanique et du filtre biologique	18
2.6.2. Connexion du filtre mécanique au filtre biologique	21
2.6.3. Filtre biologique – entrée/sortie	22
2.7. Installation du robinet de vidange	22
3. Les bacs de culture en eau profonde (DWC)	23
3.1. Préparation du système hydroponique :	23
4. Préparation du système hydroponique :	23
4.1. Conception deux bacs de culture à partir d'une cuve IBC	23
4.2. Fabriquer un support en métal pour les bacs de culture	24
4.3. Construction du système de circulation	25
5. Aération du système :	26
5.1. Les caractéristiques d'une pompe à air	26
5.2. Mise en place des plantes dans les <i>rafts</i> :	26
6. Culture dans les canaux de culture DWC	26
6.2. Gestion des cultures	27

6.3. Préparation des radeaux en polystyrène :	27
6.3.1. Éléments à prendre en considération pour fabriquer des radeaux de culture appropriés au système DWC	27
6.3.2. Conception des radeaux en polystyrène :	27
7. Oxygénation des racines	28
8. Les poissons et les plantes utilisés	28
9. Nourrissage des poissons :	29

Chapitre : 03

1. La comparaison entre les trois systèmes d'aquaponie	33
Conclusion	39

Liste des figures

Figure 1: Représentation d'un système aquaponique simple (FAO 2017).	4
Figure 2: Les trois acteurs majeurs pour un système aquaponique (FAO 2017).	4
Figure 3; Représentation d'une unité aquaponique constituée de cultures sur film nutritif (FAO2017)	9
Figure 4: Représentation d'une unité aquaponique constituée d'un lit de culture à substrat (FAO 1017).....	10
Figure 5: schéma d'un système de lit de culture à substrat avec circulation de l'eau (vue en coupe)	10
Figure 6: Représentation d'une unité aquaponique constituée de cultures en eau profonde et de deux filtres distincts (mécanique et biologique) (FAO2017).....	13
Figure 7: Représentation de deux filtres 'mécaniques et biologique de système DWC	18
Figure 8 : baril de volume 200 litres	18
Figure 9 : des lignes de découpe (pointillés rouge) sur la surface supérieure du baril.	19
Figure 10 : le trou de 55mm sur la face supérieure du baril.	19
Figure 11 : Percer des fentes de 2 à 3 mm de large sur le tuyau.	20
Figure 12 : Insérer dans le trou un tuyau de (50 mm)	20
Figure 13 : Tuyau de drainage au fond du filtre mécanique.	20
Figure 14 : Schéma représenté le filtre mécanique du système aquaponique(type DWC).	21
Figure 15 : capouchon d'extrémité pvc (50mm).....	21
Figure 16 : schéma légendé représenté le filtre biologique-entrée et sortie.....	22
Figure 17 : Installation du robinet de vidange.	22
Figure 18 : Tenir la cuve de manière verticale	24
Figure 19 : les deux lignes verticales chacune à 30 cm des deux côtés de la cuve.	24
Figure 20 : supports en métal pour les bacs de culture.	25
Figure 21 : Représentation des radeaux en polystyrène (système DWC).....	28

Liste des tableaux

Tableau 1: Avantages et inconvénients de la NFT (Junge, et al, 2020 ; Rakocy et al, 2006 Connoly, et al, 2010).	9
Tableau 2: Avantages et inconvénients de la technique du lit média (Junge, et al., 2020 ;Rakocy, et al., 2006 ; Connoly, et al., 2010).	11
Tableau 3: Avantages et inconvénients de la technique des rafts (Junge, et al., 2020 ; Rakocy et al., 2006 ; Connoly, et al., 2010)	13
Tableau 4: Etablir un compromis pour les paramètres de la qualité et la chimie de l'eau du système aquaponique (FAO 2015).	14
Tableau 5: la comparaison entre le système d'aquaponie à partir des études et observations : ..	34
Tableau 6: La comparaison entre les différents types d'aquaponie (Rafts, NFT, Lit de substrats inertes).....	34
Tableau07 : les avantages et les inconvenantes du système d'un lit de culture.....	38

Introduction

Aujourd'hui, en raison de la croissance démographique rapide, de l'augmentation des besoins alimentaires et de l'urbanisation, la superficie des terres agricoles diminue rapidement et nos océans sont surexploités. Pour répondre à la demande future de nourriture, il est nécessaire de mettre au point des technologies de production alimentaire innovantes, peu encombrantes et écologiques.

Récemment, le développement de la technologie a rendu possible des avancées majeures dans le domaine de l'agriculture, ces avancées technologiques ont entraîné l'apparition de nombreuses techniques pour l'augmentation des produits agricoles innovantes telle que l'hydroponie (Aquaponie). L'aquaponie est une polyculture (système de production multi-trophique intégré) composée de deux technologies : l'aquaculture (une ferme piscicole) et la culture hors-sol (hydroponique) de légumes. L'objectif principal de l'aquaponie est de réutiliser les nutriments contenus dans la nourriture et les fèces des poissons afin de faire pousser des cultures (**junge et al.,2020**) .

L'intégration de deux systèmes en un seul élimine certains des facteurs non durables liés à l'exploitation indépendante de l'aquaculture et des systèmes hydroponiques (**Somerville et al., 2014**).

C'est dans ce contexte mondial que l'aquaponie, consistant à combiner plusieurs productions agricoles complémentaires afin de limiter la consommation d'espace et d'eau, peut trouver sa place dans notre écosystème (**Love,2014 ; Salam,2014**)

À notre tour, cette idée nous a impressionné, et nous a inspiré afin de réaliser un petit projet qui s'inscrit dans ce cadre, et de montrer que cette idée peut être réalisable même en Algérie. Nous avons même essayé d'offrir une petite application qui calcul les coûts et les bénéfices d'un tel projet pour justifier sa réalisation.

Ainsi notre travail se répartit comme suit : Dans la première partie, nous allons donner une présentation générale sur les système aquaponique dans le monde et nous allons diviser notre travail en trois chapitre, le premier chapitre pour la définition et les types d'un système aquaponique, le deuxième chapitre pour la présentation des éléments de ce système et ses étapes de fabrication, le troisième chapitre nous allons comparé entre les trois système (rafts, NFT, la culture sur lit de substrats inertes) .

Enfin une conclusion qui résume l'ensemble des travaux.

Chapitre I : Généralités

Chapitre 1 : Généralité

1. Principe d'un système aquaponique

1.1. Définition

1.1.1. Hydroponie

Dans un système hydroponique, les plantes poussent avec des nutriments ajoutés dans un certain milieu ou une solution nutritive et sans terre.

L'hydroponie n'utilise que de l'eau et des engrais nutritifs pour cultiver les plantes (**Alshrouf, 2017 ; Diver, 2006**).

L'hydroponie s'est développée au cours des dernières décennies, principalement parce qu'elle permet d'augmenter les rendements en réduisant les parasites et les maladies transmises par le sol, et en manipulant les conditions de croissance pour répondre aux besoins optimaux des plantes, tout en augmentant l'efficacité de l'utilisation de l'eau et des engrais. Elle permet également de développer l'agriculture sur des terres de mauvaise qualité (Somerville et al. 2014).

Hydroponique utilise des engrais minéraux coûteux, et souvent d'origine non durable, pour produire des cultures, et elle consomme de l'énergie. Les systèmes hydroponiques nécessitent une quantité considérable de macronutriments (C, H, O, N, P, K, Ca, S, Mg) et de micronutriments (Fe, Cl, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Ni), qui sont essentiels à la croissance des plantes.

(**jungeet al., 2020**).

1.1.2. Aquaponie

L'aquaponie peut être définie comme l'intégration de la culture hydroponique de légumes dans un système d'aquaculture de poissons en recirculation (RAS) (**Forchino, et al. 2017**), Ce système est considéré comme étant un procédé qui est à 100% écologique (**Stalport, et al. 2017**).

L'objectif principal de l'aquaponie est de réutiliser les nutriments contenus dans les aliments et les fèces des poissons afin de faire pousser des cultures (**Graber, et al. 2009 ; Lennard, et al. 2004 ; Lennard, et al., 2006 ; Rakocy, et al., 2003**). L'intégration de deux systèmes en un seul élimine certains des facteurs non durables liés à l'exploitation indépendante de l'aquaculture et des systèmes hydroponiques (**Somerville, et al. 2014**), les plantes associées aux bactéries nitrifiantes fournissent un filtre naturel pour éliminer l'azote et le phosphore dissous, contrôlant l'accumulation de déchets nutritifs provenant de la pisciculture (**Al-Hafedh, et al. 2008 ; Rakocy, et al. 1993**).

Les systèmes aquaponiques peuvent être divisés en deux sous-catégories de base en fonction de la façon dont les nutriments sont utilisés : les systèmes aquaponiques couplés (CAPS) et les systèmes aquaponiques découplés (DAPS) (**Forchino, et al. 2017**). Dans les CAPS, les deux

Chapitre 1 : Généralité

systèmes de production alimentaire (élevage d'animaux aquatiques et culture de plantes hors-sol) sont couplés en une seule boucle (**Reyes Lastiri, et al.,2016**). Au contraire, dans les DAPS, les poissons et les plantes sont intégrés en tant que Des unités fonctionnelles distinctes comprenant des cycles d'eau individuels qui peuvent être contrôlés indépendamment (**Goddek, et al. 2016**).

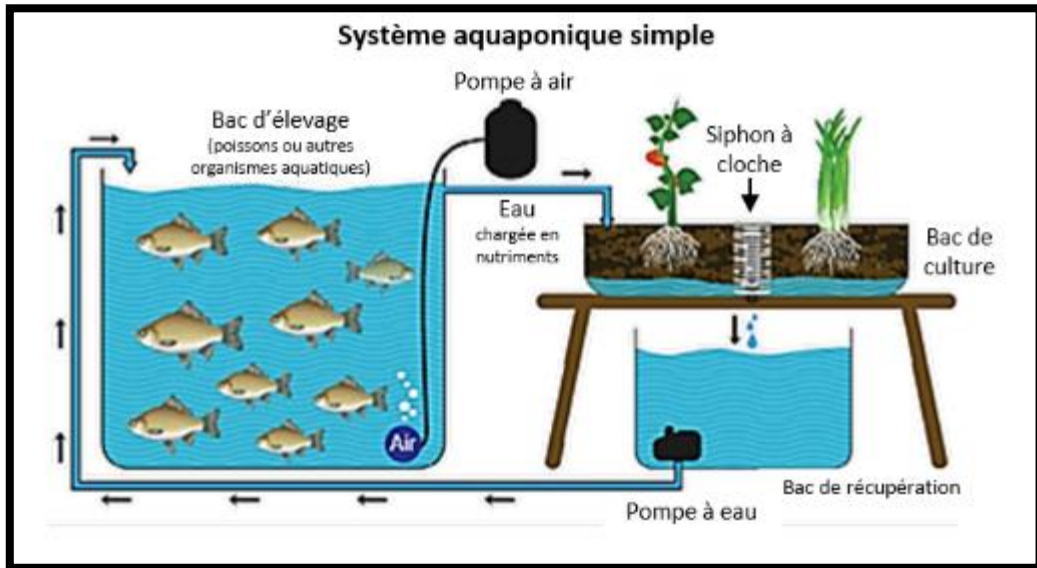


Figure 1: Représentation d'un système aquaponique simple (FAO 2017).

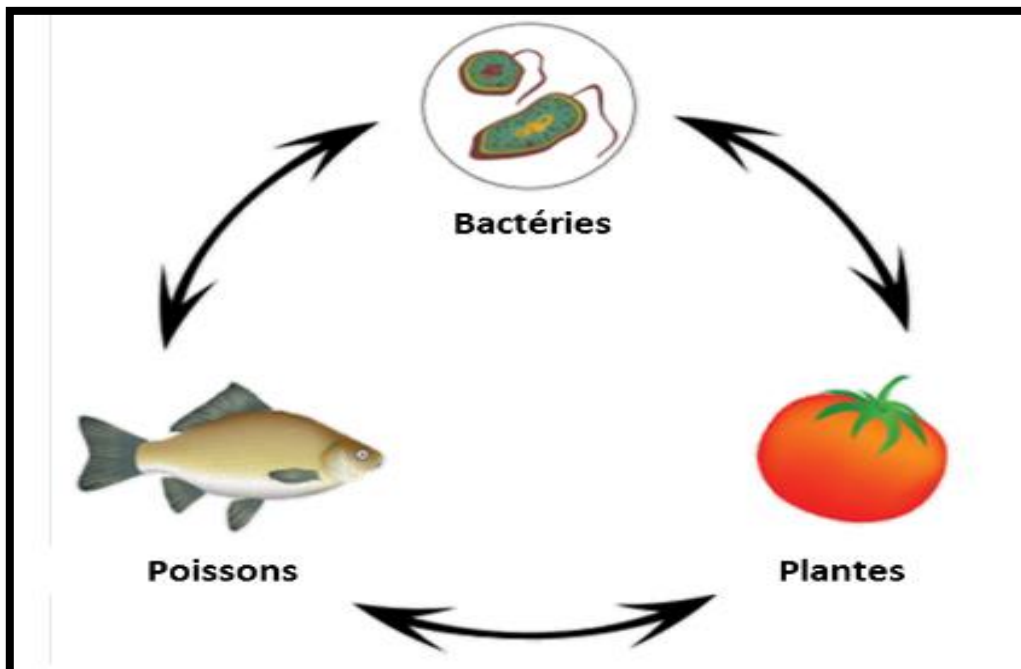


Figure 2: Les trois acteurs majeurs pour un système aquaponique (FAO 2017).

Chapitre 1 : Généralité

2. Aquaponie actuelle

Actuellement, les systèmes aquaponiques commerciaux sont encore très rares. Ces derniers sont bien souvent abandonnés rapidement, les profits n'atteignant pas des valeurs viables. Les rares installations qui survivent pratiquent généralement la monoculture de basilics ou de laitues (FAO, 2014).

Aujourd'hui, l'aquaponie est majoritairement présente dans les domaines de l'éducation et de la recherche (FAO, 2014).

Si l'aquaponie n'est aujourd'hui pas plus répandue, c'est parce que la technique est encore nouvelle et peu optimisée (Chapman, *et al.* 2012). Par souci de rentabilité, les installations actuelles travaillent avec de très hautes densités de poissons. Ces dernières requièrent alors un certain niveau technologique, ce qui les rend compliquées et coûteuses (FAO, 2014). De plus, les systèmes à recirculation d'eau travaillent en cycle fermé. Cela favorise la propagation et l'entretien de problèmes liés aux populations ou aux paramètres de la solution. Ces propriétés dynamiques des systèmes clos entraînent trop souvent des instabilités qui peuvent engendrer des conséquences désastreuses (Wik, *et al.* 2009).

3. Les avantages de l'aquaponie

L'aquaponie suscite un véritable intérêt car elle présente de multiples avantages (Somerville *et al.*, 2014 ; Rakocy *et al.*, 2006 ; Diver, 2006 ; Klinger, 2012 ; Savidov, 2005 ; Saufieet *al.* , 2015 ; FAO, 2014 ; Donald , *et al.*, 2017 ; Junge *et al.*, 2020):

- Système de production alimentaire durable et intensif.
- Ne nécessite pas de sol.
- N'utilise pas d'engrais ni de pesticides chimiques.
- Rendements plus élevés et production qualitative.
- Gestion et production de type biologique.
- Niveau de biosécurité plus élevé et risques moindres de contaminants extérieurs.
- Les tâches quotidiennes, la récolte et la plantation nécessitent peu de main-d'œuvre et peuvent donc être effectuées par des personnes de tout âge et de tout sexe.
- Une meilleure gestion de la source en eau : la dépendance vis-à-vis de la ressource en eau pour la production végétale est beaucoup plus faible que pour l'agriculture conventionnelle de plein champ avec une réduction de la consommation de l'ordre de 90 à 99%.
- Une valorisation des rejets piscicoles : un système aquaponique a pour objectif de s'en affranchir et de les remplacer par les déchets métaboliques d'une production piscicole associée. Contrairement aux circuits aquacoles ouverts ou recirculés, l'aquaponie a l'avantage de valoriser

Chapitre 1 : Généralité

les effluents chargés en composés dissous venant de la production aquacole, en les rendant biodisponibles en tant que nutriments pour la production de plantes en hors-sol.

-Un rendement végétal plus important et une conduite de culture facilitée : les techniques hors-sol ont un rendement supérieur à la culture classique, avec un gain de 20-25% de rendement végétal, voire une productivité de 2 à 5 fois supérieure pour certaines productions

-Un partage des coûts : l'aquaponie permet de partager du foncier, des infrastructures et du matériel entre deux activités économiques distinctes. Elle permet également de lisser les coûts de production liés à l'aliment aquacole, l'énergie, l'eau et la main-d'œuvre sur deux compartiments productifs fonctionnant en série.

-L'une des forces les plus importantes du système aquaponique est qu'il fournit une diversité de plantes cultivées : Il est possible de cultiver de grandes variétés de végétales.

-Les légumes, les fruits et les poissons produits dans le système d'aquaponie sont très savoureux, en termes simples le système d'aquaponie nous fournit des produits délicieux et sains,

-solutions pour la production et la consommation alimentaires.

Une production alimentaire stable et durable nécessite une innovation continue afin d'atteindre les objectifs d'une économie circulaire (Pretty et al.,2010).

-Les agriculteurs aquaponiques peuvent produire une grande variété de légumes dans leurs systèmes pour répondre aux besoins et aux préférences des clients.

Recyclage des ressources non renouvelables (comme le phosphore et le potassium) et des ressources renouvelables mais rares (comme l'eau).

-Pas d'utilisation d'herbicides ou de pesticides chimiques, car le recyclage de l'eau dans le système empêche leur utilisation en raison de leurs effets néfastes sur les poissons ou les plantes.

-Utilisation très limitée 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 l'hydroponie séparément)

-Peut être utilisé sur des terres non arables.

4. Inconvénients de l'aquaponie

Il convient toutefois de noter que les systèmes aquaponiques présentent également certains inconvénients. La mise en place et la gestion d'une exploitation aquaponique rentable dans les régions au climat tempéré exigent des connaissances professionnelles approfondies et des décisions rapides basées sur les données d'un contrôle continu des systèmes (poissons, plantes et eau en circulation pour la teneur en oxygène, le pH et les niveaux de nutriments, etc.) En outre, la fiabilité du sous-système de circulation de l'eau est essentielle : les poissons sont

Chapitre 1 : Généralité

particulièrement sensibles au manque d'oxygène et à l'accumulation de composants toxiques. Par conséquent, une alimentation régulière en énergie électrique est cruciale. En outre, il est difficile de maintenir un approvisionnement approprié en nutriments pour les plantes dans le système aquaponique, car il change rapidement à toute modification du rapport poisson/plante (**Némethy, et al. 2016**).

En outre, bien que différentes méthodes aquaponiques aient été expérimentées et pratiquées depuis assez longtemps, les questions de réglementation de l'aquaponie en tant que technologie de production alimentaire sont essentiellement inexistantes en Europe et dans de nombreux pays du monde (Joly, et al. 2016).

-Le démarrage est plus coûteux par rapport à d'autres technologies.

-Une connaissance approfondie des organismes (poissons, plantes, bactéries) concernés est nécessaire.

-Les exigences des poissons et des plantes peuvent être différentes et ne peuvent être satisfaites dans tous les endroits sans un investissement important dans les technologies de serre (**Somerville et al. 2014**).

- Seule, l'aquaponie ne permet pas d'assurer une alimentation complète (**Somerville et al. 2014**).

-Une gestion quotidienne est nécessaire.

-Il faut de l'électricité, un approvisionnement en semis et en fingerlings (jeunes poissons). Les poissons peuvent mourir très rapidement si la pompe défaille. Un système solaire est néanmoins envisageable (**Junge et al. 2020**).

-Dans la plupart des pays européens, le statut juridique de l'aquaponie n'est pas clair (activité commerciale, activité agricole) (**Junge et al. 2020**).

-Demande une présence régulière.

-Demande un temps d'adaptation et de trouver le bon équilibre cultures/masse de poissons.

5. Les systèmes aquaponiques

Les systèmes aquaponiques existent sous des formes très différentes :

5.1. L'aquaponie domestique

Les unités Aquaponiques avec une taille d'aquarium d'environ 1000 litres et une surface de culture d'environ 3 m² sont considérées comme de petite taille et conviennent à la production domestique d'un ménage familial (**Somerville et al. 2014**). Elle se fait à l'échelle du particulier, comme une activité de loisir : par exemple un simple bassin d'élevage associé à un lit de culture végétale sur graviers (**Kissoonet al., 2017**). Cette version de l'aquaponie se développe chez les

Chapitre 1 : Généralité

particuliers, dans les villes, sur les toits d'immeubles, dans les jardins publics et les écoles, notamment par le biais de fédérations la promouvant (**Somerville et al. 2014**).

5.2. L'aquaponie commerciale à petite échelle

Dans ce type de système, le producteur associe sa production à d'autres activités annexes telles que la proposition de formations, de visites de sites, l'écotourisme etc. on peut trouver ces structures en milieu urbain, sur des toits d'immeubles et terrains de collectivités territoriales en agglomération, jardins, parcs, écoles (**Somerville et al. 2014**).

5.3. L'aquaponie industrielle

Systèmes très sophistiqués incorporant plusieurs bassins de cultures, des systèmes de filtration (mécanique et biologique), d'aération et d'alarmes, installés en milieu urbain ou péri urbain sur des friches industrielles, ou sur des sites déjà identifiés pour l'aquaculture et sur lesquels il est possible de coupler des cultures végétales, ou encore sur des sites de production maraîchère sur lesquels il est possible d'installer des circuits aquacoles en recirculation (**Somerville et al., 2014**).

6. Les types d'un système aquaponique

Il existe de nombreuses configurations différentes de systèmes aquaponiques. Les composants communs à chaque système aquaponique sont l'aquarium et un lit de plantes sans sol. Les variables comprennent les composants de la filtration, les composants de la tuyauterie, le type de lit de la centrale et la quantité et la fréquence de la circulation de l'eau et de l'aération.

Il existe trois principales méthodes aquaponiques émergentes dans l'industrie : la technique de film nutritif, le radeau, et le système de lits remplis de médias. Chacune de ces méthodes est basée sur une conception de système hydroponique, avec des adaptations pour le poisson et la filtration (**Somerville et al., 2014**).

6.1. Technique du film nutritif

Dans les systèmes NFT (Nutrient Film Technique), l'eau d'un aquarium passe à travers le fond d'un tuyau horizontal en PVC, en formant un mince film. Ces tuyaux sont percés de trous à leur sommet, dans lesquels les plantes sont cultivées de manière à ce que leurs racines pendent dans l'eau qui coule au fond. Les nutriments de l'eau du réservoir sont absorbés par les plantes, et comme leurs racines ne sont que partiellement submergées, cela leur permet d'être également en contact avec l'oxygène atmosphérique (**Junge, et al. 2020**).

Chapitre 1 : Généralité

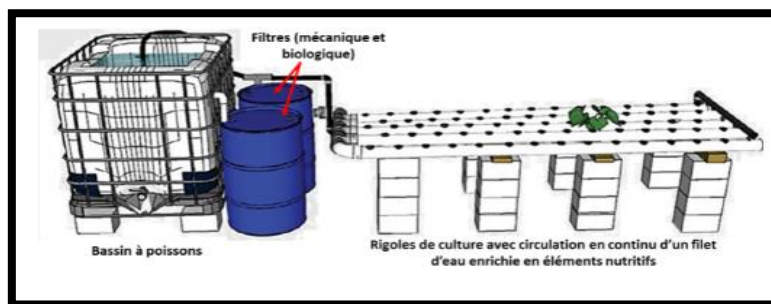


Figure 3: Représentation d'une unité aquaponique constituée de cultures sur film nutritif (FAO.,2017)

Tableau 1: Avantages et inconvénients de la NFT (Junge, et al, 2020 ; Rakocy et al, 2006 Connoly, et al, 2010).

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> -Débit d'eau constant - Petit réservoir nécessaire - Facilité d'entretien et de nettoyage - Nécessite un plus petit volume d'eau - Infrastructure hydroponique légère, bien adaptée à la culture sur les toits -Forte économie en eau, adaptée à ration (ratio) poisson/ plantes faibles et/ou à une culture mixte aquaponie/hydroponie. -Pratique et ergonomique. -Entretien facilité. -Gamme de plantes adaptées à cette technique élargie par rapport aux <i>rafts</i> (fraises, plantes nécessitant a milieu moins humide qu'en <i>raft</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> -Système moins stable (s'il y a moins d'eau) - Ne convient que pour la culture de légumes à feuilles et d'herbes aromatiques dont le système racinaire est plus petit. - Sensible aux variations de température -Risques de colmatage des circuits hydrauliques. -Stabilité physico-chimique faible. -Inertie thermique faible. -Résilience faible face à des pannes de pompe. -Gamme de plante adaptée à cette technique limitée (plante à feuilles, plantes aromatique, plantes à cycle court). -Structure onéreuses. -Nécessité d'ajouter de filtre mécanique et biologique. -Nécessité d'ajouter des substrats de culture.

7. La technique de culture sur lit de substrats inertes

Cette technique est la plus souvent utilisée dans le cadre d'une aquaponie de loisir, à petite échelle. Elle permet la culture d'une large gamme de végétaux et nécessite simplement un bac de

Chapitre 1 : Généralité

culture ou un contenant quelconque rempli d'un substrat neutre et inerte de type gravier/billes d'argiles, etc (Foucard, *et al.* 2019).

Ont un coût initial relativement faible et conviennent aux débutants en raison de leur stabilité et de leur simplicité. Dans les unités de lits de culture, le milieu est utilisé pour soutenir les racines des plantes et fonctionne comme un filtre mécanique et biologique (Junge, *et al.*, 2020).

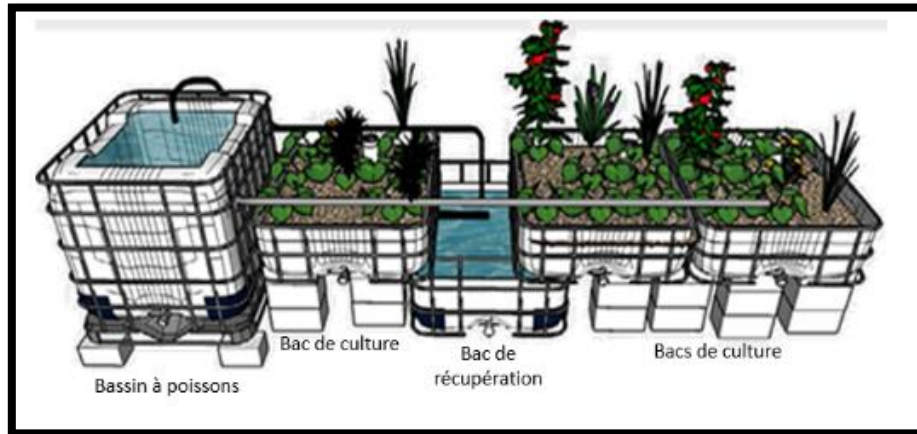


Figure 4: Représentation d'une unité aquaponique constituée d'un lit de culture à substrat (FAO 1017)

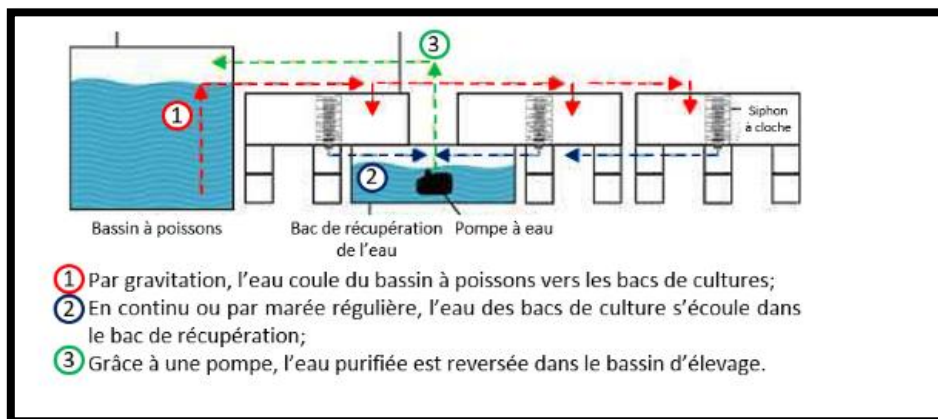


Figure 5: schéma d'un système de lit de culture à substrat avec circulation de l'eau (vue en coupe)

7.1. Choix du substrat de culture

La condition la plus importante d'un milieu de culture hydroponique est qu'il contienne de l'eau et de l'air pour maintenir des conditions optimales pour la croissance des racines (Maucieri, *et al.* 2017).

Le choix du milieu de culture se base sur la perméabilité à l'eau, la porosité permettant ainsi aux bactéries de se développer, à l'eau de couler et aux racines des plantes de respirer. Le milieu doit être inerte, non poussiéreux et non toxique, et son pH doit être neutre pour ne pas nuire à la

Chapitre 1 : Généralité

qualité de l'eau. Le choix doit prendre également en compte la disponibilité, le poids, le coût et la facilité du substrat à être travaillé (Somerville *et al.* 2014).

7.2. Les différents types de substrat

Gravier volcanique : Le gravier volcanique est le support le plus populaire pour les unités de lit de médias et est recommandé lorsque disponible. Les trois meilleures qualités du gravier volcanique sont qu'il présente un très bon rapport surface / volume, qu'il peut être peu coûteux et facile à obtenir et qu'il est presque chimiquement inerte. La taille recommandée du gravier volcanique est de 8–20mm de diamètre (Harlaut, 2016 ; Somerville *et al.* 2014).

7.3. Le gravier de construction

Le gravier de construction est également l'un des supports les plus populaires de par sa disponibilité. Peu coûteux et facile à obtenir, il présente un très bon rapport surface / volume. Sa nature (quartz) lui confère une inertie chimique idéale pour un bon substrat. La taille recommandée du gravier de construction est de 8–20 mm de diamètre. L'inconvénient de son utilisation réside dans son poids qui ne facilite pas sa manipulation pour un grand volume. La taille recommandée du gravier de construction est de 8–20 mm de diamètre (Somerville *et al.* 2014).

7.4. Les billes d'agriles

Ils sont très confortables et conviennent parfaitement à la production sur les toits. La surface des billes est d'environ 250–300 m² / m³, qui est dans la fourchette cible. Cependant, elles sont relativement coûteuses et peu disponibles dans certaines régions du monde. Les billes sont de tailles variées. Pour l'aquaponie, les plus grandes tailles avec des diamètres de 8 à 20 mm sont recommandées (Somerville, *et al.* 2014).

Tableau 2: Avantages et inconvénients de la technique du lit média

Junge, *et al.*, 2020 ; Rakocy, *et al.*, 2006 ; Connoly, *et al.*, 2010).

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">- Agit comme un milieu filtrant les matières solides- La minéralisation a lieu directement dans le lit de culture.- Le substrat peut être colonisé par une large gamme de microflore, dont certaines peuvent avoir des effets bénéfiques.-Agit en filtre mécanique et biologique.-Les médias servent de support aux plantes.	<ul style="list-style-type: none">-Certains supports et infrastructures sont très lourds : ils ne conviennent pas toujours à l'agriculture sur les toits.- Peut devenir difficile à manier et relativement coûteux à grande échelle.- L'entretien et le nettoyage sont difficiles- Le colmatage peut entraîner une canalisation de l'eau, une biofiltration inefficace et donc un apport inefficace de nutriments aux plantes.

Chapitre 1 : Généralité

<p>-Gamme de plantes adaptées à cette technique élargie par rapport aux (légumes,racines..)</p>	<ul style="list-style-type: none">- Le milieu peut se colmater si la densité des poissons dépasse la capacité de charge des lits, ce qui peut nécessiter une filtration séparée.- L'évaporation de l'eau est plus importante dans les lits de médias dont la surface est plus exposée au soleil.- Si la méthode d'inondation et de drainage est mise en œuvre, le dimensionnement est important, et un grand bassin est nécessaire.-Irrigation et oxygénation hétérogène.-Risque de formation de zones anérobies.-Accumulation de minéraux (calcium, phosphore, ect.) pouvant nuire à la biodisponibilité d'autres nutriments.-Surcout lié aux médias (gros volumes nécessaires, onéreux).-Ne suffit pas pour traiter les effluents solides et dissous de système de pisciculture intensifs en RAS.
---	--

8. Capture culture en eau profonde ou radeau flottant (la technique des *rafts*)

Les systèmes de culture en eau profonde utilisent un "radeau" en polystyrène qui flotte sur environ 30 cm d'eau. Le radeau est percé de trous dans lesquels les plantes sont cultivées dans des pots en filet, de sorte que leurs racines soient immergées dans l'eau. Le radeau peut également être placé de manière à flotter directement dans l'aquarium, ou l'eau peut être pompée de l'aquarium vers un système de filtration, puis vers des canaux contenant une série de radeaux. Un aérateur fournit de l'oxygène à l'eau de l'aquarium et à celle qui contient le radeau (**Junge, et al. 2020**). Les bactéries bénéfiques vivent dans le réservoir du radeau et dans tout le système. Le volume d'eau supplémentaire dans le réservoir de radeau fournit un tampon pour le poisson, réduisant le stress et les problèmes potentiels de qualité de l'eau. C'est l'un des plus grands avantages du système de radeau.

Chapitre 1 : Généralité

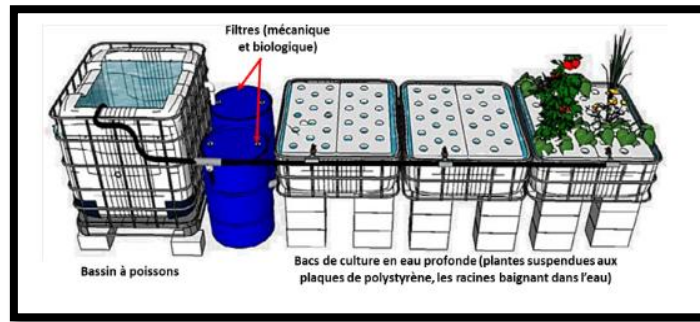


Figure 6: Représentation d'une unité aquaponique constituée de cultures en eau profonde et de deux filtres distincts (mécanique et biologique) (FAO.,2017)

Tableau 3: Avantages et inconvénients de la technique des rafts (Junge, et al., 2020 ; Rakocy et al., 2006 ; Connolly, et al., 2010)

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Débit d'eau constant - Petit réservoir nécessaire - Facilité d'entretien et de nettoyage <p>Grand volume de stockage d'eau (idéal pour stocker et traiter des effluents de pisciculture)</p> <ul style="list-style-type: none"> -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 place des structures <i>lowcost</i>. -Résilience forte face à des pannes de pompe. <p>Forte durabilité des plaques de culture</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite un grand volume d'eau - Infrastructure hydroponique lourde - Dispositif d'aération des racines nécessaire <p>-Le remplissage de système avec de l'eau chargée en nutriments issue de la pisciculture peut prendre plusieurs semaines.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Parfois difficile de gérer le taux d'humidité dans la serre. -Nécessité 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. -Gamme de plantes adaptée à cette technique limitée (plante à feuilles, plantes aromatiques, plantes cycle court). -Nécessité d'ajouter des substrats de culture (mottes).

9. Les paramètres idéaux de l'eau d'un système aquaponique

L'eau injectée dans le système doit être suivie par les paramètres cités dans le tableau ci-dessous (FAO .,2015).

Chapitre 1 : Généralité

Tableau 4: Etablir un compromis pour les paramètres de la qualité et la chimie de l'eau du système aquaponique (FAO.,2015).

Paramètres	Seuil critique
Température de l'eau (°c)	18-30
pH	6-7
Ammoniaque (mg /l)	<1
Nitrite (mg /l)	<1
Nitrate (mg/l)	5-150
Oxygène dissous	>5

Chapitre II : Matériel et méthodes

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Le matériel et les outils nécessaires

Après nos recherches, nous avons choisi le système de lits remplis de raft comme étant un modèle de référence pour fabriquer notre propre système aquaponique. La simplicité de ce modèle ainsi que la disponibilité de ses composants en Algérie nous ont été avantageux.

Dans cette partie, nous trouverons toutes les étapes et astuces pour une fabrication d'un système aquaponique de type raft qui est très simple.

- Chaque système aquaponique requiert différents calibres de tuyaux (plus ou moins flexibles) en PVC, des connexions et des raccords en PVC qui doivent être adaptés au type et la taille de l'unité à construire.
 - Plusieurs vannes de cloisonnement, des joints d'étanchéité, de la colle silicone et du ruban sont également nécessaires.
- De plus, l'agriculteur doit avoir à disposition tous les outils nécessaires à l'agencement et à la fixation des composants de l'unité, tels que :
 - Marteau
 - Perceuse électrique
 - Marqueur
 - Filet en plastique
 - Scie cloche
 - Cléanglaise
 - cutter
 - pinces
 - tournevis
 - règle d'un mètre.

-Un outil très pratique à se procurer est un embout de scie en cloche, qui peut se fixer sur une perceuse électrique et permet de faire des trous de différents diamètres (jusqu'à 8 cm de diamètre). Il est impératif de s'assurer que tous les matériaux (tuyaux, vannes, joints, bacs, etc.) utilisés dans le système n'ont jamais été au contact de substances toxiques. Il est également important que les matières utilisées soient de qualité alimentaire afin d'éviter un éventuel lessivage, dans l'eau du système, des produits chimiques composant ces matières.

Enfin, il est vivement recommandé d'utiliser des tuyaux qui ne sont pas translucides (c'est-à-dire ne pas utiliser des matériaux qui laissent passer la lumière, peu importe la couleur) afin d'éviter la prolifération des algues dans le système).

Chapitre II : Matériel et méthodes

2. Les éléments principaux d'une unité aquaponique

2.1. Le bac d'élevage des poissons (ou d'autres organismes aquatiques)

Les bacs à poisson sont un élément essentiel de chaque unité aquaponique et peuvent représenter jusqu'à 20 pour cent de la totalité du coût d'installation d'une unité.

N'importe quel type de cuve peut être utilisé, mais il a été observé que les cuves circulaires à fond plat sont les plus pratiques.

Dans tous les cas, il est recommandé d'utiliser de solides cuves, en plastique ou en fibre de verre inerte, en raison de leur résistance aux chocs et de leur longue durée de vie

2.2. Préparation du bassin à poissons :

On commence par l'installation du trop-plein qui servira à la circulation d'eau vers le système de filtration.

Un robinet d'évacuation est primordial dans le bassin afin de faciliter la vidange en cas de nettoyage ou de problèmes dans le système.

2.3. Installation du trop-plein :

Nous voulons avoir un niveau maximal d'eau à partir duquel l'excès d'eau "déborde" de manière contrôlée. On installe donc un "trop-plein", à la manière de ce qui se passe dans notre évier ou baignoire.

Le fond du bac sera traversé à l'aide d'un raccord dit "passe-paroi", de préférence dans une zone bien plane. Si le fond du bac est rond, comme les fûts bleus, un passe paroi bien serré, monté avec un joint de silicone devrait faire l'affaire.

Pour s'assurer un bon accès au trop plein, on l'entoure d'un autre tube de plus fort diamètre (100mm c'est bien, ça permet de passer la main). Ce tube aura pour fonction de maintenir le substrat à l'écart. Il doit cependant bien laisser l'eau circuler, on peut le percer de nombreux trous de diamètre inférieur aux grains du substrat.

2.4. Temps de renouvellement de l'eau

Le temps de renouvellement pour chaque canal de culture doit être de un à quatre heures, quelle que soit la taille du canal.

- Un tel intervalle de renouvellement permet un bon réapprovisionnement en nutriments de l'eau des bacs de culture.
- La croissance des plantes est meilleure lorsque le débit d'eau est rapide et qu'il y a des turbulences.
- Les racines peuvent absorber beaucoup de nutriments différents.

Chapitre II : Matériel et méthodes

- À l'inverse, un débit lent ou une eau presque stagnante ont un impact négatif sur le développement des plantes.

Matériel biologique :

- Juvéniles de poisson tilapia

2.5. Conception des filtres (mécaniques et biologiques) :

Dans le système DWC il'y'a deux types de filtres il faut installés : un filtre mécanique qui retient les gros déchets solides puis un filtre biologique convertir l'ammoniaque en nitrate.

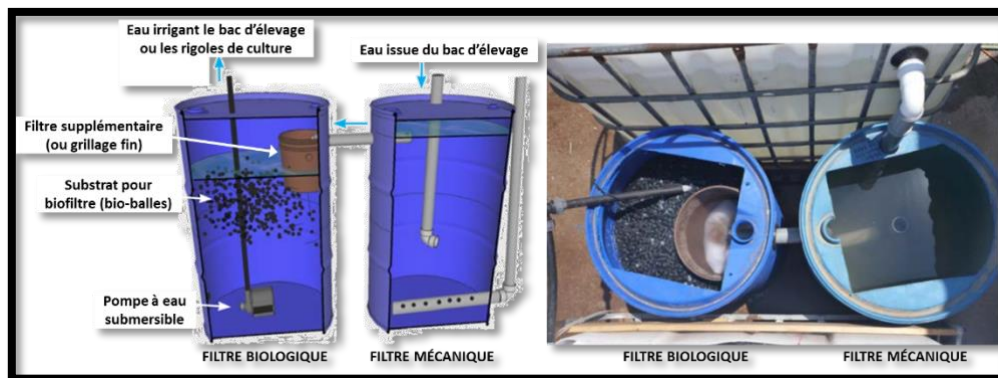


Figure 7: Représentation de deux filtres 'mécaniques et biologique de système DWC

2.6. Préparation du filtre mécanique et du filtre biologique

2.6.1. Préparation du filtre mécanique et du filtre biologique

Prendre deux barils de 200 litres (figure8), tracer au marqueur, sur la face supérieure du baril, des lignes de découpe (pointillés rouge) (figure9) et découper selon ces lignes avec une meuleuse. Laver les deux barils avec du savon écologique, les rincer avec de l'eau chaude et les laisser sécher 24 heures au soleil. Les bouts découpés peuvent être utilisés en tant que couvercles des deux barils et peuvent être fixés à l'aide de serres-câbles insérés dans de petits trous percés dans la face supérieure des barils et dans les couvercles.



Figure 8 : baril de volume 200 litres

Chapitre II : Matériel et méthodes



Figure 9 : des lignes de découpe (pointillés rouge) sur la surface supérieure du baril.

2.6.1.1. Filtre mécanique – entrée/sortie

- **Tuyau de sortie du bac d'élevage**

- Percer un trou (50 mm de diamètre) à l'aide d'un foret conique de 50 mm sur la face supérieure du baril (dans un bout qui n'a pas été découpé comme couvercle) (figure10).
- Glisser le tuyau de sortie du bac à poissons dans ce trou.
- Allonger le tuyau de sortie du bassin d'élevage afin que son extrémité soit à 30 cm au-dessus du fond du baril.
- Attacher un coude en PVC (50 mm) au bout de ce tuyau de sortie afin que le flux d'eau arrive perpendiculairement à la paroi du baril, ce qui permet à toute l'eau du filtre mécanique de circuler



Figure 10 : le trou de 55mm sur la face supérieure du baril.

- **Tuyau de drainage au fond du filtre mécanique**

- Prendre un tuyau en PVC (50 mm).
- La longueur est équivalente au diamètre du baril + 10 cm pour la connexion extérieure).
- Percer des fentes de 2 à 3 mm de large sur toute la longueur du tuyau (sauf les 10 cm prévu pour être connecté avec un tuyau extérieur), en utilisant une meuleuse (figure11), Ce tuyau correspond au tuyau de drainage.
- À l'aide d'un foret conique (57 mm), percer un trou dans le baril, à 5 cm au-dessus du fond.
- Insérer dans ce trou un passe paroi (50 mm).

Chapitre II : Matériel et méthodes

- Insérer l'extrémité non fendue (10 cm) à travers le joint et le raccorder à un coude en PVC (50 mm).
- Sur ce coude en PVC (50 mm), ajouter un tuyau en PVC (50 mm) de 60-70 cm de long (longueur à adaptée au type baril utilisé).
- Il est impératif que l'extrémité supérieure de ce tuyau soit largement plus haute que le niveau d'eau maximum dans le filtre mécanique.
- Les fentes du tuyau de drainage permettent de laisser passer les déchets solides dans le tuyau.
- Ce tuyau devra être régulièrement incliné vers le sol afin d'évacuer les déchets solides et donc de nettoyer le filtre mécanique.



Figure 11 : Percer des fentes de 2 à 3 mm de large sur le tuyau.



Figure 12 : Insérer dans le trou un tuyau de (50 mm)



Figure 13 : Tuyau de drainage au fond du filtre mécanique.

Chapitre II : Matériel et méthodes

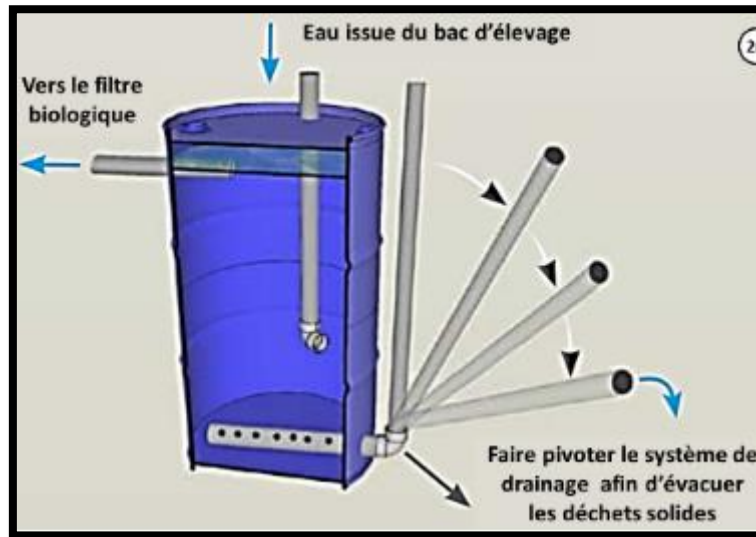


Figure 14 : Schéma représenté le filtre mécanique du système aquaponique (type DWC).

2.6.2. Connexion du filtre mécanique au filtre biologique

Prendre un tuyau en PVC (50 mm) de 65 cm de long et percer les mêmes fentes horizontales que décrites à la figure 11, sur 25 cm du tuyau, à l'aide d'une meuleuse.

Boucher l'extrémité du tuyau (du côté fendu) à l'aide d'un capuchon d'extrémité PVC (50 mm) (figure 15). Percer un trou avec un foret circulaire (scie en cloche) de 57 mm, à 70 cm du fond du baril.

Insérer un passe paroi à l'intérieur du trou et faire passer le tuyau en PVC (50 mm) à travers le joint, en veillant à ce que les 25 cm du tuyau fendu soient complètement à l'intérieur du filtre mécanique.

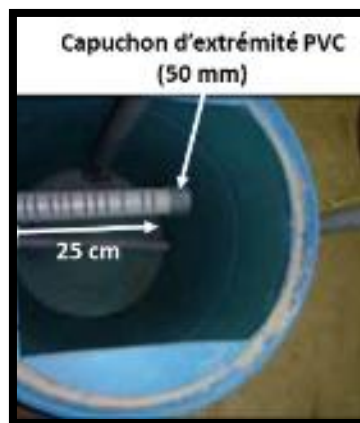


Figure 15: capuchon d'extrémité pvc (50mm)

Chapitre II : Matériel et méthodes

2.6.3. Filtre biologique – entrée/sortie

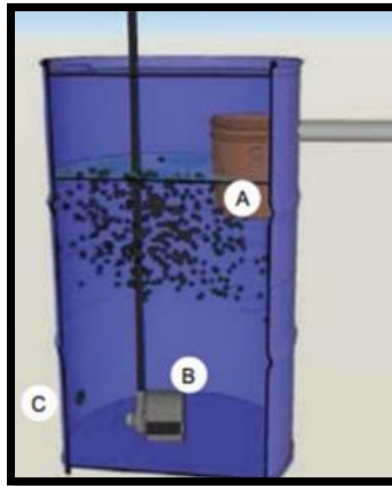


Figure 16 : schéma légendé représenté le filtre biologique-entrée et sortie

Les Légendes de la figure 16 :

A: Tuyau de sortie du filtre mécanique et seau de récupération de déchets solides.

B: Pompe à eau submersible et son tuyau d'évacuation (en noir).

C:Robinet de vidange.

2.7. Installation du robinet de vidange

Percer un trou (25 mm) au bas du baril, insérer un connecteur cylindrique en PVC de type V (25 mm) dans le trou et le serrer à l'aide d'une clé serre-tube.

Visser un robinet en PVC ou en métal (25 mm) sur le connecteur cylindrique (25 mm) à l'extérieur du baril, en utilisant du ruban téflon sur le pas de visse afin de faire un joint bien étanche à l'eau (figure17).

Ce robinet sert à retirer d'éventuelles accumulations de déchets solides au fond du biofiltre.



Figure 17 : Installation du robinet de vidange.

Chapitre II : Matériel et méthodes

3. Les bacs de culture en eau profonde (DWC)

3.1. Préparation du système hydroponique :

Les bacs (ou canaux) de culture peuvent être de longueurs variables (de un à plusieurs dizaines de mètres) puisque dans tous les cas, le volume d'eau est si grand que les plantes sont suffisamment approvisionnées en nutriments.

Pour la largeur des bacs de culture, il est généralement recommandé de la faire correspondre à une ou plusieurs largeurs de plaques de polystyrène standards.

Les canaux étroits et longs permettent à l'eau de s'écouler plus rapidement, ce qui peut être très bénéfique pour les racines qui reçoivent ainsi des nutriments en plus grande quantité et plus régulièrement.

Le choix de la largeur des bacs de culture devra également permettre à l'agriculteur d'accéder à toute la surface hydroponique, afin de pouvoir récolter les plants et/ou nettoyer les bacs.

La profondeur recommandée est de 30 cm afin de permettre aux systèmes racinaires de se développer sans gêne.

4. Préparation du système hydroponique :

4.1. Conception deux bacs de culture à partir d'une cuve IBC

Tenir la cuve de manière verticale (figure18)

En utilisant un mètre et un marqueur, tracer deux lignes verticales, chacune à 30 cm des deux côtés de la cuve (lignes en pointillés rouges) (figure19)

Tracer la prolongation de ces lignes sur tout le tour de la cuve.

Avec une meuleuse, découper soigneusement le long de ces lignes afin de créer deux bacs identiques de 30 cm de profondeur, Laver soigneusement ces deux bacs avec du savon écologique, les rincer à l'eau chaude et les laisser sécher au soleil pendant 24 heures.

Chapitre II : Matériel et méthodes



Figure 18 : Tenir la cuve de manière verticale

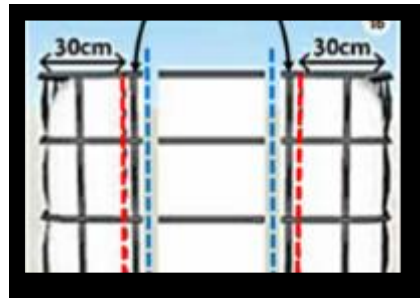


Figure 19 : les deux lignes verticales chacune à 30 cm des deux côtés de la cuve.

4.2. Fabriquer un support en métal pour les bacs de culture

Avec la meuleuse, découper la structure en acier de la cuve IBC utilisée précédemment pour la création des deux bacs de culture.

Cela se fait selon les lignes de découpe (pointillés bleus), afin d'obtenir deux structures en acier. Lors de la découpe de ces deux structures en acier, il est recommandé d'inclure dans ces structures les deux barres en acier verticales.

Ces barres, une fois les bacs posés horizontalement, offriront un excellent soutien aux parois des bacs surtout lorsqu'ils seront remplis d'eau et de substrat.

Poser les deux structures en acier sur le sol.

Disposer, sur le fond des structures et dans le sens des barres horizontales de soutien, des lattes en bois. Ces lattes de bois permettent de maintenir les lits de culture bien horizontaux, ce qui est indispensable au bon fonctionnement des siphons à cloche.

Chapitre II : Matériel et méthodes



Figure 20 : supports en métal pour les bacs de culture.

4.3. Construction du système de circulation

Dans chaque bac DWC, tracer au marqueur un point de repère au milieu du fond du bac.

À l'aide d'un foret conique, percer un trou de 25 mm de diamètre au niveau de chaque point repère et insérer le connecteur cylindrique en PVC (25 mm) en veillant à utiliser une rondelle en caoutchouc (25 mm) placée sur le côté intérieur du bac de culture.

Serrer les deux côtés du connecteur à l'aide d'une clé serre-tube.

Visser l'embout femelle en PVC (25 mm x 1 pouce) sur le connecteur cylindrique en PVC (25 mm) à l'intérieur des bacs de cultures.

À l'aide d'une meuleuse, faire 5 fentes longitudinales (dans le sens du tuyau), d'environ 5 cm de long à une extrémité des 3 tuyaux en PVC (24 cm) (ces fentes évitent le tuyau de se boucher).

Emboîter la partie non fendue du tuyau en PVC (25 mm) sur la partie intérieure de l'embout en PVC (25 mm).

Sur l'extérieur (c'est-à-dire sous le bac de culture) du connecteur cylindrique en PVC (25 mm) du bac DWC le plus éloigné du bac d'élevage, connecter le coude femelle en PVC (25 mm).

Sur l'extérieur des connecteurs cylindriques en PVC (25 mm) des deux autres bacs DWC, connecter les deux connecteurs femelles en PVC, en T (25 mm) restants.

À l'aide de morceaux de tuyaux de polyéthylène (25 mm) de 1 m de long, relier les trois sorties des bacs de culture.

Percer un trou de 25 mm de diamètre sur le côté du filtre biologique à l'aide du foret circulaire (scie en cloche), à au moins 15 cm plus bas que l'extrémité supérieure des tuyaux en PVC (25 mm) verticaux et fendus, qui ont été placés au centre des bacs de culture.

Insérer et serrer dans ce trou un connecteur cylindrique (25 mm).

Chapitre II : Matériel et méthodes

Joindre ce connecteur cylindrique à un coude en PVC (25 mm) puis relier ce coude au tuyau de polyéthylène (25 mm) qui est lui-même relié au connecteur femelle en PVC, en T (25 mm) du bac de culture le plus proche du bac d'élevage.

5. Aération du système :

Le choix de la pompe à air en aquaponie domestique dépend du contexte d'utilisation et des résultats attendus.

5.1. Les caractéristiques d'une pompe à air

Esquissons la carte d'identité des pompes à air utilisées dans les installations aquaponiques . Cinq points sont particulièrement importants :

La puissance de la pompe pour apprécier la consommation électrique annuelle.

Le débit d'air maximal délivré par la pompe

La pression maximale exprimée en Kilo Pascals (kPa) ou en bar (1 bar=100 kPa). C'est un critère important qui permet de connaître la profondeur d'eau où le débit de la pompe à air devient nul.

Le nombre de sorties d'air indépendantes. De 1 jusqu'à 4. A ne pas confondre avec un répartiteur qui peut permettre de diviser le flux d'air d'une sortie ou bien à l'inverse, regrouper plusieurs sorties.

La possibilité de faire varier le débit d'air, qui permet de s'ajuster au contexte d'utilisation de la pompe à air.

-la pompe à air (atman de capacité 70L/min) pour bien oxygéner les bacs et le bassin du poisson.

5.2. Mise en place des plantes dans les rafts :

La densité des plantes est 30 plantes par mètre au carré de raft (**Lannard, 2012 Delaide, 2016**).

6. Cultive dans les canaux de culture DWC

6.1. Principe du radeau de polystyrène

Le système DWC consiste à «suspender» les plantes sur un radeau de polystyrène, avec leurs racines pendant dans l'eau.

Les radeaux de polystyrène doivent être percés de trous (plus ou moins espacés les uns des autres), de diamètre à peine inférieur au diamètre maximum des pots de culture.

La quantité et l'emplacement des trous dépendent du type de légumes cultivés et de l'espace qu'ils requièrent pour se développer sans gêne

Les petites plantes peuvent être plantées plus près les unes des autres que les légumes prenant beaucoup d'espace.

Chapitre II : Matériel et méthodes

6.2. Gestion des cultures

- Les jeunes plants peuvent être au départ cultivés dans une pépinière « hors-sol », en pot de terreau ou sur un autre substrat adapté.
- Une fois que ces jeunes plants sont suffisamment développés, ils peuvent être transférés dans les pots de culture adaptés au système DWC, puis insérés dans les radeaux de polystyrène.
- Afin de soutenir la plantule dans le pot de culture, il est nécessaire d'ajouter un substrat de culture tel que des graviers volcaniques, de la laine de roche ou des billes d'argile expansée.

6.3. Préparation des radeaux en polystyrène :

6.3.1. Éléments à prendre en considération pour fabriquer des radeaux de culture appropriés au système DWC

Toute la surface des bacs de culture remplis d'eau doit être entièrement couverte par les radeaux en polystyrène.

Si l'eau est exposée à la lumière, il y a des risques de prolifération des mauvaises algues et bactéries.

Choisir des plaques de polystyrène qui ont une épaisseur d'au moins 3 cm afin de bien supporter le poids des cultures.

Le polystyrène doit être inerte et de qualité alimentaire (c'est-à-dire qu'il ne doit pas libérer de substances toxiques de l'eau).

La taille et l'espacement des trous de plantation dépendent du type de plantes cultivées.

La taille du trou de plantation peut varier de 16 mm à 30 mm, cela dépend de la taille des pots de plantation disponibles

6.3.2. Conception des radeaux en polystyrène :

Placer la plaque de polystyrène au-dessus d'un bac de culture DWC et marquer avec un marqueur les lignes de bord.

L'aide d'un couteau, découper le radeau de polystyrène selon les lignes tracées.

À l'aide d'un foret circulaire (scie en cloche), percer les trous de plant, de diamètre adapté aux pots de lantation disponibles et espacés selon les besoins des plantes cultivées..

Veiller à percer un trou (ou de laisser un espace) au-dessus du tuyau vertical de drainage (afin de ne pas bloquer la sortie d'eau).

Il est parfois nécessaire d'entailler les bords des radeaux afin de les faire coïncider avec les bords et la structure en métal des bacs de culture.

Chapitre II : Matériel et méthodes



Figure 21 : Représentation des radeaux en polystyrène (système DWC).

7. Oxygénation des racines

Dans les systèmes hydroponiques, les racines des plantes peuvent absorber beaucoup plus d'oxygène par l'air parce qu'elles ne sont pas compactées par le « sol ». C'est la raison pour laquelle les pierres d'airs sont si importantes. Comme les racines reçoivent beaucoup plus d'oxygène, elles peuvent rester humides et ne pas en subir les conséquences comme elles le feraient si elles étaient trop arrosées dans des applications non hydroponiques.

Connectées à une pompe à air, elles créent des bulles constantes dans la solution nutritive et fournissent de l'oxygène directement aux racines, ce qui entraîne une croissance explosive dans des conditions appropriées.

8. Les poissons et les plantes utilisés

En aquaponie, nous pouvons élever tous les poissons d'eau douce qui nous rendent complètement reposés. La seule exigence est de s'assurer que notre système fournit des conditions optimales pour les poissons en leur fournit un environnement naturel approprié. Si nous mélangeons différentes espèces de poissons, qu'ils aient des conditions de vie similaires. Nous devrions savoir s'ils soutiennent tous la même température de l'eau, la même nourriture, et les mêmes besoins en oxygène. Ne pas mélanger des poissons carnivores avec des poissons et des plantes herbivores parce que on a voir les animaux carnivores et les herbivores comme des repas pour les carnivores.

Les animaux les plus couramment élevés dans les systèmes aquaponiques sont le tilapia (55%) et les poissons d'ornements (koi, poisson rouge, poisson tropical) (48%) (**Love et al., 2014**). Les systèmes aquaponiques n'offrent en général que des volumes réduits au développement des racines. Ils ne se prêtent pas à la culture de gros sujets ayant des systèmes racinaires importants,

Chapitre II : Matériel et méthodes

les trois cultures les plus répandues sont le basilic 70%, la tomate 69% et la salade 64%, ce qui signifie que les répondants cultivent plus d'une espèce (Love *et al.*, 2014).

9. Nourrissage des poissons :

D'après (le guide FAO), la relation entre l'alimentation du poisson et les plantes à légumes feuille comme la laitue est déterminée de la manière suivante :

50g d'aliment entre l'alimentation du poisson et les plantes à légume feuille comme la laitue est déterminée de la manière suivante :

50g d'aliment du poisson \longrightarrow 1m² de surface des plantes.

Les tuyaux qui nous utilisons pour la culture des plantes ont 2m² de surface ,alors :

100g d'aliment de poisson \longrightarrow 2m² de surface des plantes.

La surface nécessaire pour faire la fixation des bactéries qui dégradent cette quantité

D'ammonium se calcul comme suit :

$$3.75g \text{ 1m}^2 / 0.57g = 6.57\text{m}^2$$

(0.57g d'ammonium c'est la quantité journalière produite pour chaque 1m²)

Alors, la surface nécessaire pour fixer les bactéries nitrifiantes est de 6.75m².

Pour assurer cette surface, on a collecté une grande quantité des bouchons de bouteille.

Ration alimentaire :

1000g des poissons \longrightarrow 50g d'aliment.

On a 100 g d'aliment comme quantité initial,alors :

100g d'aliment \longrightarrow 2000g des poissons à la fin de l'essai.

Chapitre III

Résultats et discussions

Chapitre III : Comparaison entre les trois systèmes d'aquaponie

Chapitre III : Comparaison entre les trois systèmes d'aquaponie

1. La comparaison entre les trois systèmes d'aquaponie

Selon (**Lennard (2006)**), il a réalisé une étude comparative sur le rendement des trois systèmes et ses conclusions sont les suivantes.

Le rendement de culture végétale est supérieur sur la méthode du gravier. Les rafts arrivent en seconde position et en dernier la technique NFT. Pour le rendement épuratoire, le NFT là encore, est moins efficace que les deux autres. On notera cependant que cette étude a été réalisée sur une période de 21 jours. Beaucoup s'accordent à dire que c'est insuffisant pour mesurer les effets à long terme des trois systèmes ainsi que l'évolution de tous les paramètres.

Il sort de cette étude que la technique NFT est certainement la moins adaptée à l'échelle commerciale car elle présente de nombreuses contraintes et inconvénients sur le long terme. La technique sur substrat inerte est efficace. Mais l'accumulation de déchets pourrait avoir à long terme un impact négatif sur les structures que l'on réservera à des activités de loisirs. À échelle commerciale, c'est la technique des rafts qui est utilisée car elle présente beaucoup d'avantages et que les inconvénients sont acceptables.

Selon (**Love et al (2004)**), ils ont mené des études statistiques sur les différentes techniques et ont parcouru le monde pour récolter des informations auprès de jardiniers aquaponiques. Voici leurs résultats.

86 % utilisent des substrats inertes de type gravier ou fibre de coco. 46 % utilisent les rafts. 19 % utilisent le NFC. 17 % utilisent des tours verticales. La plupart des systèmes sont de petite taille et à l'échelle de particuliers. On trouve encore trop peu d'installations commerciales.

- Il existe des systèmes de culture verticale qui permet une optimisation très importante de l'espace disponible. L'eau est réduite à son strict minimum avec un fonctionnement de goutte-à-goutte. C'est un système que l'on retrouve généralement en milieu urbain ou périurbain.
- La technique de l'aéroponie a le vent en poupe et consiste à asperger un brouillard très fin de solution nutritive directement sur les racines des plantes. On observe ainsi une économie d'eau conséquente mais le problème du colmatage de la plomberie est toujours présent.
- Il existe des systèmes de goutte-à-goutte sur du pain de coco. Le risque majeur est le colmatage des circuits

Chapitre III : Résultats et discussions

Tableau 5: la comparaison entre le système d'aquaponie à partir des études et observations :

Etude	Observations
Efficacité en termes de rendement en culture végétale.	Le rendement est supérieur pour la méthode sur gravier, ensuite la technique sur RAFTS et en dernière position la technique NFT (lennard 2006).
Efficacité en termes de rendement épuratoire.	La technique NFT serait moins efficace que les deux autres (lennard 2006).
L'aspect commercial. (Kopsa 2015).	<ul style="list-style-type: none"> - La technique NFT est la moins adaptée à l'aquaponie commerciale puisque sur le long terme, elle présente de nombreux risques. - La technique sur substrat a montré son efficacité mais l'accumulation de MES dans le cas d'un système intensif pourrait avoir à long terme un impact négatif. - Les grosses productions aquaponiques commerciales existantes à ce jour utilisent surtout la technique sur RAFTS.
Utilisation à travers le monde. (love <i>et al.</i> 2014).	<ul style="list-style-type: none"> - 86% utilisent des substrats inertes type gravier, fibre de coco. - 46% utilisent la technique des rafts. - 19% utilisent la technique du NFT. - 17% utilisent des tours verticales. - 18% utilisent la technique MFB.

Tableau 6: La comparaison entre les différents types d'aquaponie (Rafts, NFT, Lit de substrats inertes).

Technique	Avantages	Inconvénients
Rafts	<ul style="list-style-type: none"> • Grands volumes d'eau « tampon », bon pour le maintien des paramètres physico-chimiques et 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise au point du système assez long. • Espèces de plantes cultivables limitées.

Chapitre III : Résultats et discussions

	<p>pur l'accumulation de nutriments dans l'eau.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stabilité des paramètres physico-chimiques de l'eau. • Récolté aisée et rendement élevé. • Irrigation et oxygénation homogène dans le temps. • Planification de production et logistique facile à mettre en place avec échelonnage des cultures. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité d'ajouter des filtres (mécanique et biologique) • Consomme potentiellement d'avantage d'eau qu'en technique NFT et médias. • Besoin de tester des matériaux plus écologiques.
NFT	<ul style="list-style-type: none"> • Forte économie en eau. • Irrigation et oxygénation homogène dans le temps. • Facile à mettre en place. 	<ul style="list-style-type: none"> • Circuits hydrauliques fins. • Espèces de plantes cultivables limitées. • Faibles volumes d'eau, donc risques de fluctuations de pH et de température importantes. • Nécessité d'ajouter des filtres (mécanique et biologique). • Les plantes situées en bout de circuit peuvent avoir des carences en oxygène et en nutriments.

Chapitre III : Résultats et discussions

		<ul style="list-style-type: none"> • Emploi massif de matières plastique.
Lit de substrats inertes	<ul style="list-style-type: none"> • Agit en filtre mécanique et biologique. • Les médias servent de support pour les plantes. • Forte économie en eau • Choix de plantes à cultiver plus large (notamment tubercules). 	<ul style="list-style-type: none"> • Irrigation et oxygénation hétérogène. • Accumulation importante de composées solides. • Risques de formation de zones anaérobies. • Les plantes situées en bout de circuit peuvent avoir des carences en oxygène et en nutriments. • Nécessité d'entretenir/changer régulièrement les médias de culture notamment à cause de l'accumulation de calcium et phosphore sur les médias. • Surcout lié au transport des médias (gros volumes, poids important).

. Grace à ce qui précède, nous avons choisit le système de culture sur rafts comme étant un modèle de référence pour fabriquer système aquaponique. La simplicité de ce modèle ainsi que la disponibilité de ses composants en Algérie nous ont été avantageux.

Les unités aquaponiques constituées d'un lit de culture à substrat sont les plus utilisées dans le cas d'installation à petite échelle.

Cette méthode est recommandée dans la plupart des cas.

Ces unités prennent généralement peu de place, ont un coût initial relativement faible et sont adaptées pour les producteurs novices en raison de leur simplicité de fonctionnement.

Chapitre III : Résultats et discussions

Et comme chaque système aquaponique installé, on remarque quelques avantages et inconvénients à l'installer (aucun système mécanique n'est infaillible), ces derniers ont présenté dans le tableau.

Tableau07 : les avantages et les inconvénients du système d'un lit de culture.

Avantages	Inconvénients
Aucun sol n'est nécessaire pour la culture des plants.	Risque de pertes en cas de défaillance mécanique (Panne électrique, les défauts mécaniques et des blocages dans le circuit d'eau peuvent perturber le fonctionnement du système).
Un avantage environnemental, il n'y a pas de rejets d'eau car il est en circuit totalement fermé.	Les intrants requis dans le système aquaponique est la nourriture des poissons en plus de l'électricité nécessaire au fonctionnement de la pompe qui permettent le routeur d'eau vers le bac à poisson, et la pompe à air pour l'oxygénation du système.
90 à 95% d'économies d'eau comparé à la culture classique et 10 à 15% comparé à l'hydroponie (Mceachern,2016)	Manque de lumière due à la nature de plafond de la ferme qui est totalement opaque.
Permettre une production végétale et animale en même temps.	
La possibilité d'installé le système dans des petits espaces et en zones urbaines.	
Un produit 100% naturel	

Conclusion

L'objectif de ce travail était de fabriquer un système aquaponique pour servir les gens qui voudront investir dans cette idée. Nous avons structuré notre mémoire en trois parties. Dans une première partie nous avons essayé de donner une vision générale des systèmes aquaponiques en parlant de leurs types, composants et applications.. Nous n'avons pas manqué de dire que cette idée n'est pas très adoptée en Algérie, et c'est justement le but principale de notre projet ; nous cherchons à promouvoir cette idée dans notre pays. Dans la deuxième partie de ce mémoire, nous avons détaillé la conception et la réalisation le système aquaponique. le deuxième chapitre pour la présentation des éléments de ce système et ses étapes de fabrication, le troisième chapitre nous allons comparé entre les trois système (rafts, NFT, la culture sur lit de substrats inertes) .

Nous avons détaillé plusieurs points pour s'assurer du bon fonctionnement et que notre système a bon fonctionné En ce qui L'idée de cette application pourra servir comme un point de départ pour développer une application professionnelle pour les projets de grande taille (investissement industriel en aquaponie). Nous souhaitons enfin que notre projet soit suivi par d'autres projets et initiatives qui auront le même objectif et que tous ces travaux participent à diffusion de l'information concernant l'importance de l'aquaponie. Cette nouvelle technique a été adoptée comme étant une politique d'agriculture dans certains pays, et nous espérons qu'elle prenne place dans notre pays et qu'elle puisse améliorer la productivité de notre agriculture et l'état écologique de notre environnement.

Bibliographie

Al-Hafedh, y.s. et al. (2008). Food production and water conservation in a recirculating aquaponics system in Saudi Arabia at different rations of fish feed to plants. *J. World aquacult*, p. 510-520. [en ligne]. [consulté le 26/06/2021]. Disponible sur web : <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00181.x> .

AlShrouf, A. (2017). Hydroponics, Aeroponic and Aquaponic as Compared with Conventional Farming. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS) (2017) Volume 27, No 1, p. 247-255* aquaponics: A review. *Italian Journal of Agronomy*. Vol. 13, n°101.

Connolly, K. et al. (2010). Optimization of a backyard aquaponic food production system. Faculty of agriculture and environmental Sciences Macdonald Campus, McGill University, 74p. [en ligne]. [consulté le 03/07/2021]. Disponible sur web : http://www.mcgill.ca/bioeng/files/bioeng/Keith_Tatjana2010.pdf

Diver, S. (2006). Aquaponics—Integration of Hydroponics with Aquaculture, p.p. 1-28.

Donald, B. et al. (2017). Valuation of vegetable crops produced in the UVI Commercial Aquaponic System : Rapport aquaculture, p. 77-82.

Forchino, A.A. et al. (2017). Aquaponics and sustainability: The comparison of two different aquaponic techniques using the Life Cycle Assessment (LCA). *Aquacultural Engineering*, p. 80–88.

Foucard, P. et al. (2019). Potentiel de développement de l'aquaponie en France : Le programme APIVA « Aquaponie Innovation Végétale et Aquaculture ».

Foucard, P. et al. (2019). Aquaponie: associer aquaculture et production végétale. *France : Quae.ED.* 209 p.

Goddek, S. et al (2016). Navigating towards decoupled aquaponic systems : a system dynamics desing approach. *Water* 8,303. [en ligne]. [consulté le 10/07/2021]. Disponible sur web : <http://dx.doi.org/10.3390/w8070303>.

Graber, A. et al. (2009). Aquaponic systems; nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production, p. 147-156. [en ligne]. [consulté le 05/08/2021]. Disponible sur web : <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2008.03.048> . *Innovations Agronomiques*, p.385-400.

Junge, R. et al. (2020). AQU@TEACH: Innovative educational techniques to promote learning among European students using aquaponics. *Erasmus.ED.* 340 p.

König, B. et al. (2017). Strategic Points in Aquaponics. [en ligne]. [consulté le 15/08/2021]. Disponible sur web : < <https://www.researchgate.net/publication/314205280> >.

Lennard, W.A. (2006). Aquaponie Integration of Murray Cod (*Maccullochella peelli peellii*) Aquaculture and Lettuce (*Lactuca Sativa*) Hydroponics. Ph.D. Thesis. RMIT University, Victoria, Australia.

Lennard, W.A. et al. (2004). A comparison of reciprocating flow versus constant flow in an integrated, gravel bed, aquaponic test system. *aquacult*, p. 539-553. [en ligne]. [consulté le 20/08/2021]. Disponible sur web : <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-005-8528-x> .

Love, C . et al. (2014). An international survey of aquaponic practition. *PLoS ONE*. Vol: 9, n°7, p. 2-10.

Maucieri, C. et al. (2017). Hydroponic systems and water management in aquaponics: a review. *Italian : A Journal of Agroecosystem Management*.

Mceachern, T. (2016). Determining the Most Effient Type of Growth Light for an Aquaponics System using Yellow Lantern Chilies (*Capsicum chinense*). Thèse de master. Environmental Studies. Chilies: Departement of Biology Bellarmine University. p. 9-33.

Nemethy, s. et al. (2017). Protecting plants from pests and diseases in aquaponic systems. [en ligne]. [consulté le 03/09/2021]. Disponible sur web : <https://www.researchgate.net/publication/312553198> .

Nicoletto, C. et al. (2018). Hydroponic systems and water management in aquaponics: a review. *Italia: Journal of agronomy*.

Pretty, J. et al. (2010). The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. *Int. J. Agric. Sustain*, p.8, 219–236.

Rakocy, J.E .et al. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics- Integrating fish and plant culture. Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Publication, 454,1-16.

Rakocy, J.E. et al. (1993). Integration of vegetable hydroponics with fish culture : a review. In: Wang, J.K. (Ed), *Techniques for Modern Aquaculture*. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA, p. 112-136.

Reyes lastiri, D. et al. (2016). Model of an aquaponic system for minimised water, energy and nitrogen requirements. *Water Sci. Technol*, p. 30-37. [en ligne]. [consulté le 10/09/2021]. Disponible sur web : <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2016.127>.

Salam, A. et al. (2014). Faesibility of tomato production in aquaponic system using different substrates. In : *Progressive Agriculture*. p. 54-62.

Somerville, C. et al. (2014). Small-scale aquaponic food production. *Practical Hydroponics and Greenhouses. FAO.Ireland*.288 p.

Résumé

L'aquaponie est un système d'agriculture fermé qui unit la culture de plante et l'élevage de poissons. Ce système est considéré comme étant très écologique car il met les plantes et les poissons l'un en service de l'autre. Ainsi, il ne produit pas de déchet et il ne consomme que la nourriture des poissons. Grâce à ses multiples avantages, le système aquaponique a été adopté comme étant une politique d'agriculture dans plusieurs pays, mais son application reste encore restreinte en Algérie. De ce fait, L'objectif de notre projet est de promouvoir l'idée d'aquaponie en Algérie et de montrer la possibilité de l'appliquer avec un minimum de moyens et d'outils. Notre travail consiste à concevoir et fabriquer un petit système aquaponique où nous élevons des salades. Le suivi de notre système a permis d'observer une bonne croissance de nos plantes.

Abstract

Aquaponics is a closed farming system that unites plant cultivation and fish farming. This system is considered very environmentally friendly because it puts plants and fish in one service of the other. Thus, it does not produce waste and it consumes only fish food. Thanks to its many advantages, the aquaponic system has been adopted as an agricultural policy in several countries, but its application is still limited in Algeria. Therefore, the goal of our project is to promote the idea of aquaponics in Algeria and to show the possibility of applying it with a minimum of means and tools.

Our job is to design and build a small aquaponic system where we raise salads. Monitoring our system has allowed us to observe a good growth of our plants.

ملخص

نظام الاستزراع المائي هو نظام زراعي مغلق يجمع بين زراعة النباتات وتربية الأسماك. يعتبر هذا النظام اقتصادياً للغاية نظراً لأنه يضع من النباتات والأسماك واحدة في خدمة الطرف الآخر. وبالتالي فإنه لا ينتج النفايات ويستهلك فقط غذاء الأسماك. بفضل ميزاته العديدة، تم تبني هذا النظام كسياسة زراعية في العديد من البلدان ولكن تطبيقه لا يزال محدوداً في الجزائر. ولذلك، فإن هدف مشروعنا هو الترويج لفكرة نظام الاستزراع المائي في الجزائر وإظهار إمكانية تطبيقها بأقل قدر من الوسائل والأدوات.

مهمتنا هي تصميم و بناء نظام استزراع مائي صغير حيث قمنا بزراعة السلطات. وبفضل متابعتنا لنظامنا راقبنا النمو الجيد لنباتنا.