



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministre 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**

**Département : Ressource Vivantes**

القسم: الموارد الحية

**Spécialité : Aquaculture**

التخصص: تربية المائيات

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

*D'Ingénieur en Sciences de la Mer*

*Spécialité : Aquaculture*

## ***THEME***

**Conception d'une installation aquaponique**

***Présenté par :***

HEDIBEL Aya

ROUALI Manel

Soutenu le 07/07/2022 devant le jury composé de :

M. AIT SAIDI A.	Maitre de conférences classe « B »	ENSSMAL	Président
M. LOURGUIOUI H.	Maitre de conférences classe « B »	ENSSMAL	Promoteur
Mme. MESLEM N.	Maitre de conférences classe « B »	ENSSMAL	Examinatrice
Mme. LOUNES R.	Ingénieur	ENSSMAL	Examinatrice

**Année universitaire : 2021/2022**

## *Remerciement*

*Nous remercions Dieu le puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce modeste travail.*

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr Lourguioui H, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury : Mr. Kassar, Mme. Meslem et Mme. Louanas pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre mémoire en acceptant de présider et d'examiner ce mémoire et de l'enrichir par leur proposition.*

*Nos remerciements s'adressent à Mr Hassan, Mr Kamel pour leur aide pratique et leur soutien moral et ses encouragements.*

*Nous remercions également à Adjaout Amine et Zerifi Tarek nos collègues pour leur aide et avec qui nous avons travaillé au cours de notre pratique.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicace*

*A ma mère, la personne la plus chère à mon cœur « Nora » qui a attendu avec patience le fruit de sa bonne éducation.*

*Mon adorable père « Ahmed » mon soutien moral et source de joie et de bonheur.*

*A mes chères sœurs Aicha et Sarah.*

*A mes chers frères Zaki et Nacer el dinne*

*A toute ma famille sans exception.*

*A mes très chères amies qui sont profondément dans mon cœur Hiba, Lina, Soumia, Khawla, Roumaissa, Fouzia et Wassila*

*A l'être qui a toujours levé mon esprit, qui a ma donner leur encouragement permanent pour la continuation Zeki.*

*A toute l'équipe de la station expérimentale de l'ENSSMAL.*

*A tous les enseignants et les étudiants de la promotion Aquaculture.*

*A mon binôme dans ce travail Manel qui est l'une des filles la plus gentille dans le monde.*

*Hedibel Aya*

## *Dédicace*

*A ma mère, la personne la plus chère à mon cœur « Nassima » qui a attendu avec patience le fruit de sa bonne éducation.*

*Mon adorable père « Zine » mon soutien moral et source de joie et de bonheur.*

*A ma chère sœur Selma*

*A mon chers frère Nazih*

*A toute ma famille sans exception.*

*A ma très chère amie qui est profondément dans mon cœur Khawla.*

*A toute l'équipe de la station expérimentale de l'ENSSMAL.*

*A tous les enseignants et les étudiants de la promotion Aquaculture.*

*A mon binôme dans ce travail Aya qui est l'une des filles la plus gentille dans le monde.*

***Rouali Manel***

<b>Table des matières</b>	<b>i</b>
Liste des Figures	iii
Liste des Tableaux	v
Abréviations	vi
Résumé	vii
Abstract	vii
<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'AQUAPONIE .....</b>	<b>3</b>
1. Définitions et généralité .....	3
1.1. L'Aquaculture.....	3
1.2. L'hydroponie .....	4
1.3. L'aquaponie.....	4
2. Historique de l'aquaculture.....	4
3. Les techniques de culture en aquaponie.....	4
3.1. La culture aquaponique sur radeaux flottants (rafts ou DWC).....	4
3.2. La technique du film nutritif (NFT : Nutrient Film Technique).....	5
3.3. Lits de substrats inertes (MFG : Media Filled Growbed).....	5
4. Les différents modèles de conception en aquaponie .....	6
4.1. L'aquaponie personnelle.....	6
4.2. L'aquaponie commerciale.....	6
4.3. L'aquaponie industrielle.....	6
5. Les éléments consécutifs d'un système aquaponique .....	6
5.1. Les poissons.....	6
a. Poissons adaptés à l'aquaponie.....	6
b. Nourriture et alimentation des poissons.....	7
5.2. Les plantes.....	8
a. Plantes adaptées à l'aquaponie.....	8
b. Les besoins des plantes en nutriments.....	8
c. Les supports de culture.....	10
d. Le cycle d'azote et les bactéries nitrifiantes.....	10
5.3. L'eau.....	11
a. Les paramètres de la qualité de l'eau.....	11
b. La source d'eau utilisée.....	11
6. L'importance de la lumière.....	12
7. Les échelles d'application de l'aquaponie .....	12
	14
<b>CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES.....</b>	<b>16</b>
1. Présentation de la station expérimentale.....	16
2. Matériel nécessaire pour la conception.....	17
2.1. Choix du matériel végétal et animal.....	18
2.1.1. Choix du type de poisson.....	18
2.1.2. Choix des plantes à cultiver.....	19
2.2. Choix des substrats.....	20
2.3. Choix et préparation du bac de poisson.....	21
2.4. Choix et préparation des filters.....	22

2.5. Choix et préparation des bacs de culture.....	24
2.6. Choix du bac de récupération.....	25
3. Mise en place et fonctionnement de système.....	26
3.1. Matériaux de la plomberie.....	26
3.2. Assemblages des unités de système.....	27
4. Modélisation tridimensionnelle du système.....	30
5. La mise en marche du système.....	31
6. La maintenance et le suivie du système.....	33
7. Consommation en eau.....	34
8. Consommation d'énergie électrique.....	34
<b>CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSIONS.....</b>	<b>35</b>
1. Conception du système.....	35
1.1. Le circuit d'eau.....	35
1.2. La consommation en eau.....	36
1.3. La consommation d'énergie électrique.....	36
2. La qualité d'eau.....	37
2. 1. Les paramètres physico-chimiques.....	37
2. 2. Les sels nutritifs.....	39
3. Le poisson.....	40
4. Les plantes.....	42
5. Les avantages et les inconvénients du système.....	50
<b>Conclusion .....</b>	<b>51</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>52</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>55</b>

## Liste des Figures

<b>Figure 01</b> : Illustration d'un système raft (Van Os et al. 2008).....	04
<b>Figure 02</b> : Illustration d'un système NFT (Van Os et al. 2008).....	05
<b>Figure 03</b> : Exemple de culture MFG à petite échelle de type « Backyards» (FAO 2014).....	05
<b>Figure 04</b> : schéma représente les flux de nutriments dans un système aquaponique (Lennard ; 2017).....	10
<b>Figure 05</b> : Photographies de substrats d'une unité aquaponique (FAO,2016).....	11
<b>Figure 06</b> : le cycle d'azote en aquaponie (Wongkiew et al. 2017).....	13
<b>Figure 07</b> : Le système couplé (Adapted from Peterhans 2015).....	14
<b>Figure 08</b> : Le système découplé (Adapted from Peterhans 2015).....	15
<b>Figure 09</b> : Station aquacole expérimentale de l'ENSSMAL.....	16
<b>Figure 10</b> : Partie aquaponique au niveau de la station.....	16
<b>Figure 11</b> : Poisson chat <i>Clarias gariepinus</i> .....	18
<b>Figure 12</b> : Tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> .....	18
<b>Figure 13</b> : Laitue <i>Lactuca sativa</i> .....	19
<b>Figure 14</b> : Le Fraisier <i>Fragaria vesca</i> .....	19
<b>Figure 15</b> : Les épinards rouges <i>Spinacia oleracea</i> .....	20
<b>Figure 16</b> : Les deux types de substrats (Billes d'argile, le gravier).....	20
<b>Figure 17</b> : Modèle 3D du bassin d'élevage de poisson.....	21
<b>Figure 18</b> : L'installation d'un accordeur-citerne et le robinet d'évacuation.....	21
<b>Figure 19</b> : Modèle 3D représente le système de filtration.....	22
<b>Figure 20</b> : Filtre tourbillon (A, Les coudes PVC du filtre. B, Robinet de vidange au fond du filter).....	23
<b>Figure 21</b> : Filtre biologique (A, Les bouchons du filtre. B, Robinet de vidange au fond du filtre).....	24
<b>Figure 22</b> : Modèle 3D représente les composants d'un bac de culture.....	24
<b>Figure 23</b> : Préparation des radeaux en polystyrène pour les bacs de culture.....	25
<b>Figure 24</b> : Modèle 3D représente le bac de récupération de notre système.....	25
<b>Figure 25</b> : L'emplacement de tuyaux flexible du bac de poisson vers le filtre à tourbillon .....	27
<b>Figure 26</b> : Le raccordement du système de filtration.....	28
<b>Figure 27</b> : La tuyauterie entre le bio filtre est les bacs de culture.....	28
<b>Figure 28</b> : Les trois robinets en PVC.....	29

<b>Figure 29</b> : le raccordement des bacs de culture et le bac de recuperation.....	29
<b>Figure 30</b> : tuyau souple attaché à une pompe submersible.....	30
<b>Figure 31</b> : Modèle 3D représente notre système raft conçu par SketchUp Pro 2022.....	30
<b>Figure 32</b> : Remplissage du système.....	31
<b>Figure 33</b> : L'emplacement de la laitue dans les radeaux.....	32
<b>Figure 34</b> : Prélèvement des données de croissance cas de la laitue.....	32
<b>Figure 35</b> : Prélèvement des données de croissance cas d'épinard rouge.....	32
<b>Figure 36</b> : Prélèvement des données de croissance cas des fraisiers.....	32
<b>Figure 37</b> : Prélèvement des données biologique de tilapia.....	33
<b>Figure 38</b> : Appareils (A, Oxymètre. B, pH mètre).....	34
<b>Figure 39</b> : l'appareil SKALAR San Plus (SKALAR 1996).....	34
<b>Figure 40</b> : Circulation d'eau dans notre système aquaponique.....	35
<b>Figure 41</b> : Circulation d'eau dans notre système aquaponique.....	35
<b>Figure 42</b> : Variation de la longueur moyenne des poissons durant le 2 <sup>ème</sup> cycle.....	41
<b>Figure 43</b> : Variation de poids de poisson durant le 2 <sup>ème</sup> cycle.....	41
<b>Figure 44</b> : Variation de taille de laitue entre le début et la fin d'étude (A, Partie supérieure. B, Partie racinaire).....	43
<b>Figure 45</b> : Croissance de la laitue.....	43
<b>Figure 46</b> : Dénombrement des feuilles, fleurs, et fruits des fraisiers .....	44
<b>Figure 47</b> : Dénombrement des feuilles, fleurs, fruits de fraisier à la récolte .....	44
<b>Figure 48</b> : Photographie représente les différentes phases de fructification .....	45
<b>Figure 49</b> : Variation de la croissance entre la partie supérieure et la partie racinaire de la laitue	46
<b>Figure 50</b> : les variations de la longueur de la partie racinaire de la laitue par l'utilisation des billes d'argile et le gravier.....	46
<b>Figure 51</b> : Variation de poids de la laitue dans deux substrats différents (A, substrat billes d'argiles. B, substrat gravier).....	47
<b>Figure 52</b> : Différence entre les deux laitues des deux substrats.....	47
<b>Figure 53</b> : Variation de taille d'épinard entre le début et la fin d'étude (A, Partie supérieure. B, Partie racinaire).....	48
<b>Figure 54</b> : Photographie représente le prélèvement des paramètres biologiques d'épinard...	49
<b>Figure 55</b> : Variation de poids des épinards rouges .....	49

## Liste des Tableaux

<b>Tableau 01</b> : Quelques espèces de poissons adapté à l'aquaponie .....	07
<b>Tableau 02</b> : Les conditions favorable pour certain plantes aquaponique .....	09
<b>Tableau 03</b> : Paramètres idéaux pour l'aquaponie compromis entre les trois organismes du système aquaponique (Somerville, et al., 2014).....	12
<b>Tableau 04</b> : Matériel utilisé pour la conception de système aquaponique.....	17
<b>Tableau 05</b> : Le tableau représente les exigences écologiques chez le poisson chat et le Tilapia précisé par (Viveen et al., 1985). et (FAO ,2009).....	19
<b>Tableau 06</b> : Accessoires de la plomberie.....	26
<b>Tableau 07</b> : Récapitulatif de la capacité des différents appareils utilisé et l'énergie consommé par Kwh mensuellement.....	36
<b>Tableau 08</b> : Les valeurs des paramètres physico-chimique durant le premier et le deuxième cycle dans le système aquaponique.....	38
<b>Tableau 09</b> : Les valeurs optimales des paramètres physico-chimique du système de Soumerville (Soumerville et al.,2014).....	38
<b>Tableau 10</b> : La concentration des sels nutritifs dans le bac à poisson et le bac de culture durant le 1 <sup>er</sup> cycle.....	39
<b>Tableau 11</b> : La concentration des sels nutritifs dans le bassin de poisson et de culture durant le 2 <sup>ème</sup> cycle.....	39
<b>Tableau 12</b> : Les valeurs optimales des sels nutritifs de Somerville (Soumerville et al.,2014).....	40
<b>Tableau 13</b> : Représente l'ensemble des avantages et inconvénients de notre installation aquaponique (rafts).....	50

## **Abréviations**

- $\Sigma$  : la somme
- Ca : Calcium
- CO<sub>2</sub> dioxyde de carbone
- DO : L'oxygène dissout
- DWC : Deep Water Culture
- FAO : Food and agriculture organization
- Fe : Fer
- H : Hauteur
- IAA : Intégration Aquaculture Agriculture
- IAVS Integrated Aqua Vegiculture System
- K : Potassium
- L<sub>o</sub> : Longueur
- La : Largeur
- MFG :Media Filled Growbed
- NFT : Nutrient Film Technique .
- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> : L'ion ammonium
- NO<sub>2</sub><sup>-</sup> : Nitrite
- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : Nitrate
- pH : potentiel hydrogène
- PVC : Polyvinyl-chlorite
- T° : Température

## **Résumé :**

La production agricole et aquacole est affectée par plusieurs facteurs tels que la dégradation des sols, le changement climatique, ressources limitées en eau. L'aquaponie assure une source d'approvisionnement en aliment durable et productive sur le plan animal et végétal.

L'objectif de notre travail est la conception d'un système aquaponique (rafts), en circuit fermé, cela est assuré par le déplacement d'eau par gravitation et par pompage.

Pour étudier la performance de notre installation nous avons réalisé deux cycles le 1er par l'utilisation du poisson chat (*Clarias gariepinus*), la laitue (*Lactuca sativa*) et Le Fraisier (*Fragaria vesca*), durant le 2<sup>ème</sup> ; nous avons introduit le tilapia rouge (*Oreochromis niloticus*), (*Lactuca sativa*) et Les épinards rouges *Spinacia*.

**Mots clés :** Aquaponie, conception, système rafts, circuit fermé.

## **Abstract :**

Agricultural and aquaculture production is affected by several factors such as soil degradation, climate change, limited water resources. Aquaponics provides a sustainable and productive source of food for animals and plants.

The objective of our work is the design of an aquaponic system (rafts), in closed circuit, which is ensured by the displacement of water by gravitation and by pumping.

To study the performance of our installation, we realized two cycles the 1st by the use of the catfish (*Clarias gariepinus*), the lettuce (*Lactuca sativa*) and The Strawberry (*Fragaria vesca*), during the 2nd; we introduced the red tilapia (*Oreochromis niloticus*), (*Lactuca sativa*) and The red spinach *Spinacia*.

**Key words :** Aquaponics, design, rafts system, closed circuit

## **المخلص:**

يتأثر الإنتاج الزراعي وتربية الأحياء المائية بعدة عوامل مثل تدهور الأراضي وتغير المناخ ومحدودية الموارد المائية، يوفر نظام الاستزراع النباتي والسمكي مصدرًا مستدامًا ومنتجًا للغذاء من الناحية الحيوانية والنباتية. الهدف من تجربتنا هو تصميم نظام للاستزراع النباتي والسمكي مغلق (أكوابونيك) من خلال دوران المياه في النظام عن طريق الجاذبية وعن طريق الضخ.

لدراسة أداء التصميم الخاص بنا، أجرينا دورتين في الأولى استخدمنا سمك السلور، الخس والفراولة. وفي الدورة الثانية، أدخلنا البلطي الأحمر، الخس والسبانخ.

**الكلمات المفتاحية:** نظام الاستزراع النباتي والسمكي، التصميم، مغلق.

L'agriculture, la pêche et l'aquaculture comptent parmi les principales sources de nourriture. D'autre part, la production alimentaire de ces secteurs est impactée par plusieurs facteurs tels que la croissance démographique, la rareté des sources d'eau, le réchauffement climatique et la dégradation des terres.

Selon la FAO (2019). D'ici 2030, l'aquaculture fournira près des deux tiers de la production mondiale de poisson de consommation.

Selon Dabbadie (2017). L'aquaculture est une énorme opportunité économique. Actuellement, la moitié du poisson consommé par l'homme est d'élevage et près de 40 % de la production mondiale est commercialisée à l'international. Cette activité aquacole utilise une grande quantité d'aliments pour poissons, qui sont rejetés sous forme de matières organiques solides (excréments et restes) et d'éléments inorganiques dissous (principalement des nitrates et des phosphates). Ces émissions peuvent polluer l'exploitation elle-même. Cela dépend aussi de la qualité et de la quantité d'eau disponible.

L'industrie mondiale de l'aquaculture cherche maintenant à réduire les déchets aquacoles afin de se conformer aux normes environnementales et d'assurer la durabilité de l'approvisionnement en produits aquacoles (Meybeck; Laval; Levesque; Parent, 2017).

L'aquaponie est une autre source de sécurité alimentaire qui répond aux problèmes liés à la durabilité de la production agricole et aquacole. Vise à recycler l'eau de l'aquaculture par l'aquaculture sans sol afin de minimiser et d'augmenter l'utilisation et les pertes d'eau et élimine le rejet des eaux usées de la pisciculture dans l'environnement.

L'aquaponie, généralement appelée Intégration Aquaculture Agriculture (IAA), la FAO, signale que L'IAA est devenue tendance en citant certains pays qui ont déjà tenté cette expérience tels l'Algérie, l'Egypte et Oman.

Dans cette optique, notre objectif est de réaliser une installation aquaponique entièrement fonctionnelle. Notre travail se divise en 3 parties :

- ✓ **La 1<sup>ère</sup> partie :** Une recherche bibliographique a été menée sur plusieurs sources dont des articles, des mémoires, des guides et des sites internet. Cela m'a permis de comprendre certains termes de base liés à l'aquaponie, les modèles de culture hors-sol et les échelles d'application de l'aquaponie..
  
- ✓ **La 2<sup>ème</sup> partie :** Différentes procédures pour construire un système aquaponique de type : raft.
  
- ✓ **La 3<sup>ème</sup> partie :** Supervision du fonctionnement des installations par le suivi des paramètres physico-chimiques et la mesure de la productivité végétale et animale.

## **CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'AQUAPONIE**

### **I.1. Définitions et généralité**

#### **I.1.1. L'Aquaculture**

L'aquaculture est l'élevage des poissons et d'autres espèces animales et végétales en milieu aquatique (Somerville et al. 2014).

Elle regroupe la pisciculture (Elevage de poissons), la conchyliculture (Elevage de coquillages marins : huîtres, moules, praires, coques, etc.), l'algoculture (Culture d'algues) et la carcinoculture (Elevage de crustacés, essentiellement crevettes et écrevisses).

#### **I.1.2. L'hydroponie**

C'est la culture des végétaux hors-sol, consiste à apporter aux plantes une solution nutritive (un lit d'eau enrichie en éléments nutritifs), contenant tous les éléments nécessaire à la croissance et le développement normaux des plantes.

#### **I.1.3. L'aquaponie**

L'aquaponie est l'association de l'aquaculture et la culture hors sol (Hydroponie). Elle permet de créer un écosystème complet contrôler et bien équilibré (Gunning et al,2016 ; Laramee et Nollet, 2018 ;Somerville et al, 2014).

L'aquaponie est un système en circuit fermé, la déjection des poissons issue de l'aquaculture est redirigée vers les plantes cultivées.

### **I.2. Historique de l'aquaponie**

Le principe d'utilisation des déjections et des effluents aquacole comme un engrais pour fertiliser les plantes cultivées existe depuis les milliers d'années en Asie et en Amérique du sud (Somerville et al., 2014).

Les Indiens Aztèques installés dans le centre de Mexico, des jardins flottant appelés «Chinamps». Ils rassemblent à des radeaux et des joncs, recouverts en surface par des boues (Turcois, 2014). Ils plantaient ensuite leurs plantes sur ces radeaux irrigués par des eaux enrichies en nutriments issue de la déjection des poissons et les débris organiques déjà présents dans les lacs.

Il y a environ 1700 ans un système de culture de riz est apparu dans la Chine, la Thaïlande et l'Indonésie (Renkui et al .,1995).

Ils ont fabriqué leurs systèmes basés sur les déjections de différents animaux pour alimenter les poissons dans les étangs, par la suite l'eau est dirigée à travers des canaux vers les champs de riz, cette méthode de culture s'appelle la rizipisciculture.

D'après Diver le terme «aquaponie» est inventé dans les années 1970-1980 par le New Alchemy Institute en Caroline du Nord (Spécialisé dans l'agriculture et l'aquaculture) (Diver, 2006).

Au cours de l'année 1980, le professeur Doug Sanders et son étudiant Mark McMurtry ont utilisé des effluents des aquariums de tilapia pour irriguer les lits de végétaux cultivé sur sable situé au niveau du sol (Diver, 2006).

La modernisation de l'aquaponie est bien améliorée grâce à la technologie actuelle, pour but de répondre aux besoins humanitaires et les problématiques écologiques.

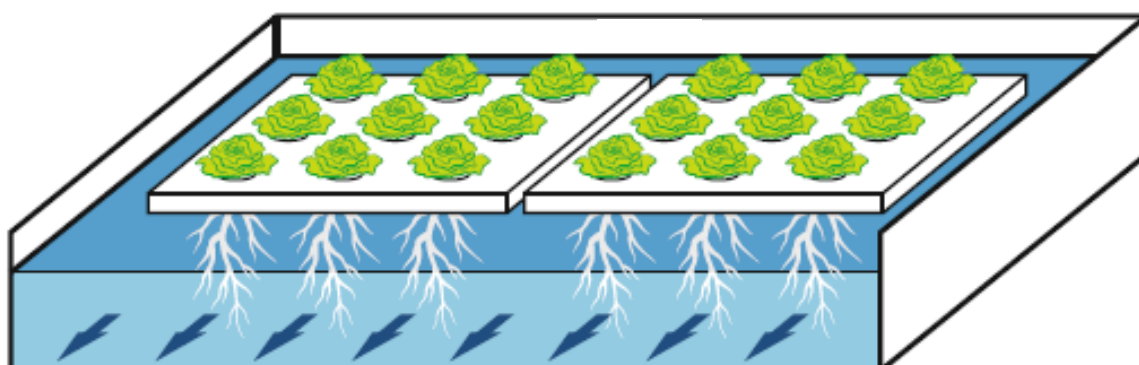
### **I.3. Les techniques de culture en aquaponie**

Il y a trois principales techniques qui sont la culture sur raft, la culture NFT (horizontale ou verticale) et la culture sur lit de substrats inertes. Ils ont tous des bassins de poissons et les lits de plantes et un système de filtration et de plomberie.

#### **I.3.1. La culture aquaponique sur radeaux flottants (rafts ou DWC)**

Le principe de la technique du raft ou le DWC (Deep Water Culture) (Figure01), est l'utilisation des plaques flottantes généralement en polystyrène extrudé d'une épaisseur de 30 à 50 mm. Ces plaques sont directement posées sur l'eau avec une profondeur entre 15 et 30 centimètres. Les végétaux sont plantés dans des pots contient du substrat inerte emboîté dans les trous faits sur les rafts.

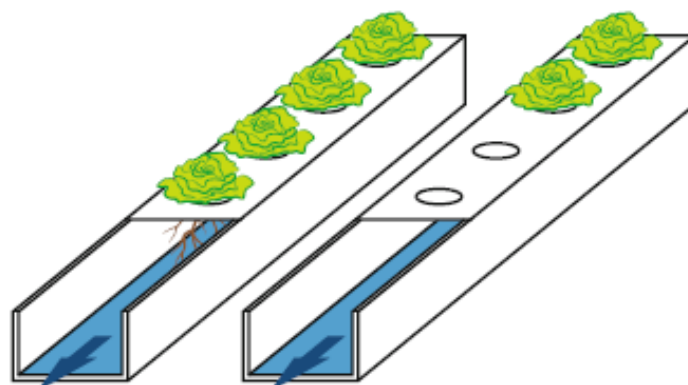
La partie racinaire est irriguée dans une eau parfaitement oxygénée. Ce qui va permettre un bon développement des racines et une croissance rapide.



**Figure 01 :** Illustration d'un système raft (Van Os et al. 2008).

### I.3.2. La technique du film nutritif (NFT : Nutrient Film Technique)

Nécessite l'utilisation de tuyaux en plastique (Polyéthylène, PVC, ect) disposés horizontalement, sur le dessus le tube est percé d'un certain nombre de trous ou les plante se cultivé. L'eau est pompée dans chacun des tuyaux depuis le filtre biologique, en débit constant pour créer un flux d'eau riche en nutriments et qui ruisselle au fond du bassin. (Figure 02)



**Figure 02:** Illustration d'un système NFT (Van Os et al. 2008).

### I.3.3. Lits de substrats inertes (MFG : Media Filled Growbed).

Ce système nécessite un bac contenant un substrat neutre et inerte comme les billes d'argile expansée et le gravier pour les végétaux. Les plantes sont irriguées en permanence ou en discontinu à l'aide d'une solution nutritive apportant les sels minéraux nécessaires à la croissance des racines. On utilise ce système de deux manières différentes : soit l'eau a un débit continu comme le type raft ou NFT, ou bien en discontinu par inondations et drainages successifs, à l'aide d'un siphon-cloche. (Figure 03)



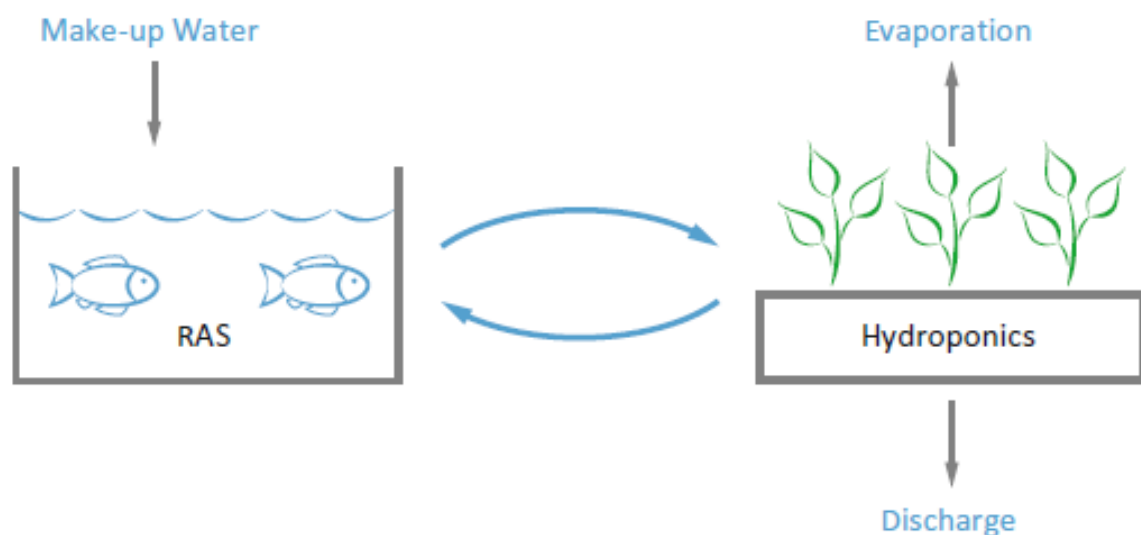
**Figure 03:** Exemple de culture MFG à petite échelle de type « Backyards » (FAO 2014).

#### I.4. Les différents modèles de conception en aquaponie

Il existe deux modèles de conception : le système couplé et le système découplé. La différence entre les deux est la dépendance ou non entre le compartiment piscicole et végétal.

**Le système couplé :** basé sur la dépendance des deux compartiments, c'est à dire l'eau piscicole approvisionne les bacs de culture des plantes afin de retourner aux bassins d'élevage.

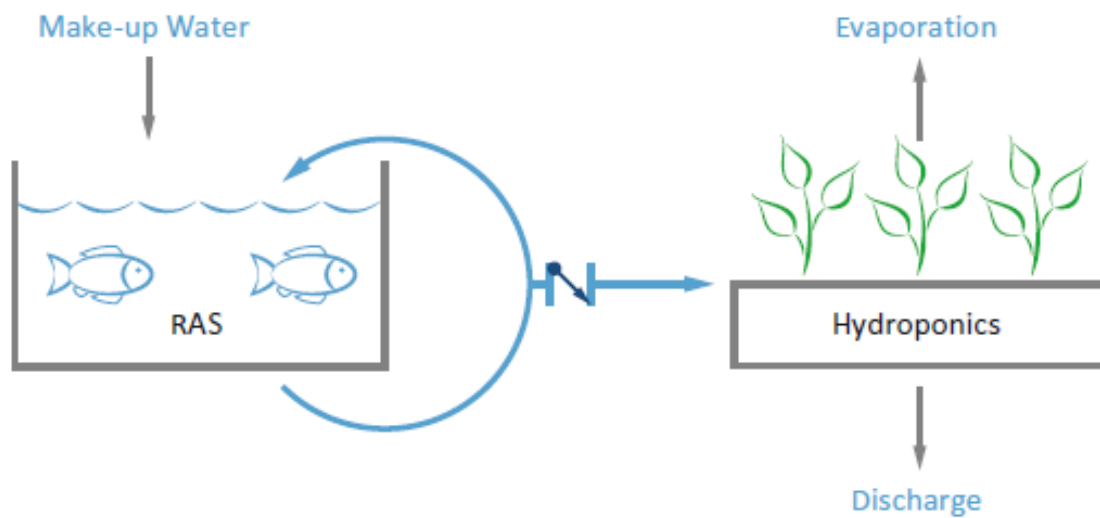
Ce modèle classique est largement utilisé pour la production à petite échelle grâce à son aspect écologique et à la qualité des végétaux et des animaux issue de ce système ou l'utilisation des antibiotiques, les antiparasitaires pour traité les poissons ou l'addition des substances fertilisant en cas de carence dans le compartiment végétal est quasiment impossible à cause de l'influence négatifs de ces substances sur l'un des deux compartiments.



**Figure 04:** Le système couplé (ADAPTED FROM PETERHANS 2015).

**Le système découplé:** les deux compartiments sont indépendantes; l'eau circule dans un seul sens, de la fosse de reprise piscicole vers une fosse de reprise végétal par une valve unidirectionnelle (l'eau piscicole est simplement fournie selon les besoins de l'unité hydroponique). Par contre l'eau circule seulement dans le compartiment hydroponique; de la fosse de reprise végétale vers les bacs de culture et l'inverse.

Ce model est plus sécurisant pour une production commerciale puisque en cas de problèmes dans l'unité piscicole (des poissons sous traitement par des antibiotiques ou des anti parasites, électriques ou de filtration) il est possible de désolidariser les deux unités ce qu'il permette de bien contrôler et soigner ces problèmes.



**Figure 05 :** Le système découplé (Adapted From Peterhans 2015).

## I.5. Les éléments consécutifs d'un système aquaponique :

### I.5.1 Les poissons

#### a. Poissons adaptés à l'aquaponie

Les poissons sont la centrale électrique d'un système aquaponique, ils fournissent des protéines, des vitamines et des huiles d'origine animale pour la consommation humaine.

En aquaponie la section des poissons pour l'élevage est basée sur plusieurs critères dont les plus importants sont :

- Adaptation facile aux différentes conditions environnementales (Espèces peu exigeante).
- Espèces comestible (Propre à la consommation).
- Un cycle de reproduction rapide et court.
- Taux de croissance rapide.
- Facile à manipuler.

Le tableau ce dessous représente une liste des poissons adapté à l'aquaponie et leurs caractéristiques approuvées par aquaponics.com.

**Tableau 01** : Quelques espèces de poissons adaptés à l'aquaponie :

Nom commun du poisson	Nom scientifique	Les caractéristiques
<b>Le tilapia</b>	<i>Oreochromis niloticus</i> / <i>Oreochromis mossambicus</i> .	Consommable Peut résister à des différentes conditions d'eau
<b>Le Poisson rouge</b>		Non consommable
<b>La carpe commune</b>	<i>Cyprinus carpio</i>	Consommable Bonne capacité de reproduction Bonne adaptation
<b>La Carpe koi</b>	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	Nom comestible Longue durée de vie Grande résistance contre les parasites communs
<b>Le poisson chat</b>	<i>Ictalurus punctatus</i>	Consommable Croissance rapide

### b. Nourriture et alimentation des poissons

La composition des aliments doit évidemment permettre de répondre aux besoins nutritionnels de l'espèce élevée. Elle doit également être compatible avec les autres compartiments du système. Des ajustements peuvent donc être nécessaires sur certaines formulations d'aliment.

La suralimentation des poissons cause une augmentation des coûts, un risque d'avoir une mauvaise consommation des aliments ce qui entraîne une diminution de l'efficacité alimentaire et une santé réduite des poissons (Riche et Garling, 2003).

### I.5.2. Les plantes

De nombreuses plantes peuvent être cultivées dans un système aquaponique. Prenant le cas du centre CDC de Brooks en Alberta, j'ai cultivé plus de 60 cultures vivrières différentes dans leurs essais aquaponiques (Nelson, 2015).

#### a. Plantes adaptées à l'aquaponie

La laitue, les herbes, le jommo et en particulier les légumes-feuilles sont peu gourmands en nutriment et bien adaptés pour la culture aquaponique. Les plantes produisant des fruits comme la tomate, les poivrons et le concombre, ont des besoins nutritionnels élevés et donc nécessitent un

système aquaponique fortement approvisionné en nutriments et bien établi (Harlaut ,2015; Salam, et al. 2013).

Le tableau suivant représente les plantes et les conditions favorables pour la culture aquaponique (Harlaut, 2015).

**Tableau 02** : Les conditions favorables pour certaines plantes aquaponique :

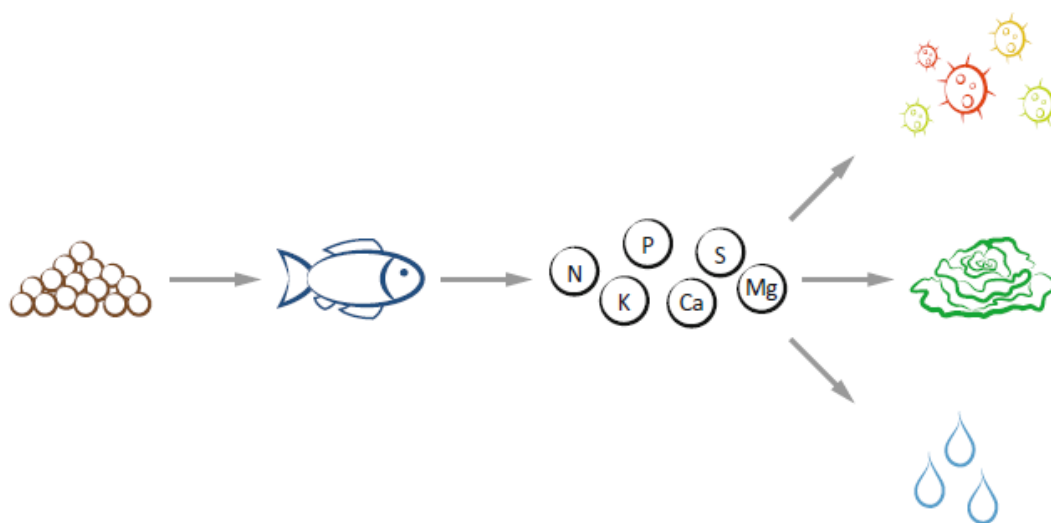
Les plantes	Les conditions favorables
<b>Le basilic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>pH conseillé:</b> 5 à 6.5</li> <li>• <b>Temps de croissance :</b> 5-6 semaines</li> <li>• <b>Température :</b> 18-30 °C, optimale 20-25 °C</li> <li>• <b>Exposition à la lumière :</b> Ensoleillé ou légèrement abrité</li> <li>• <b>Méthode aquaponique recommandée:</b> lits des cultures, NFT ou DWC</li> </ul>
<b>Les concombres</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>pH conseillé:</b> 5 à 6.5</li> <li>• <b>Temps de croissance :</b> 55-65 jours</li> <li>• <b>Température :</b> 22-28 °C le jour, 18-20 °C la nuit ; très sensibles au gel.</li> <li>• <b>Exposition à la lumière :</b> plein soleil</li> <li>• <b>Méthode aquaponique recommandée:</b>lits de culture ; DWC</li> </ul>
<b>Les poivrons</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>pH conseillé:</b> 5 à 6.5</li> <li>• <b>Temps de la croissance:</b> 60-95 jours</li> <li>• <b>Température :</b> 14-16 °C de nuit, 22-30 °C la journée</li> <li>• <b>Exposition à la lumière :</b> plein soleil</li> <li>• <b>Méthode aquaponique recommandée:</b> lits de culture</li> </ul>
<b>Les tomates</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>pH conseillé:</b> 5.5 à 6.5</li> <li>• <b>Temps de la croissance :</b> 50-70 jours jusqu'à la première récolte ; fructification 90-120 jours jusqu'à 8-10 mois (Variétés indéterminées)</li> <li>• <b>Les températures optimales :</b> 13-16 °C la nuit, le jour de 22-26 °C</li> <li>• <b>Exposition à la lumière :</b> plein soleil</li> <li>• <b>Méthode aquaponique recommandée :</b> lits de culture et DWC</li> </ul>
<b>La laitue</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>pH conseillé:</b> 0 à 7.0</li> <li>• <b>Temps de croissance :</b> 24-32 jours (plus pour certaines variétés)</li> <li>• <b>Température :</b> 15-22 °C (floraison plus de 24 °C)</li> <li>• <b>Exposition à la lumière :</b> plein soleil (léger ombrage à des températures chaudes)</li> </ul>

### b. Les besoins des plantes en nutriments

Les plantes ont besoins de 16 élément nutritifs essentiels, treize entre eux sont minéraux et trois non minéraux.

En aquaponie les déjections de poisson fournissent généralement 10 des 13 nutriments non minéraux en quantité suffisante, seuls Ca, k et Fe (Rakocy, et al. 2006).

La compensation des carences est via des ajouts d'aliments pour poissons puisque sont les seuls entrant dans le système aquaponique (Rakocy, et al. 2006).



**Figure 06 :** schéma représente les flux de nutriments dans un système aquaponique (Lennard; 2017)

### c. Les supports de culture

Dans la culture hors sols les plantes ont besoins des supports pour développer leurs racines et pour se maintenir en équilibre, les supports ne servent pas à la nutrition des plantes mais seulement à l'aider à garder un port dressé.

D'après MOREL un substrat de culture doit être stable physiquement, indéformable, facile à recycler, ne contient pas des germes pathogènes ou des substances toxiques (Morel et al, 2000). La laine de roche, les billes d'argile, le gravier fin, le sable, la perlite et la fibre de coco, sont les types de substrats les plus utilisés en aquaponie.

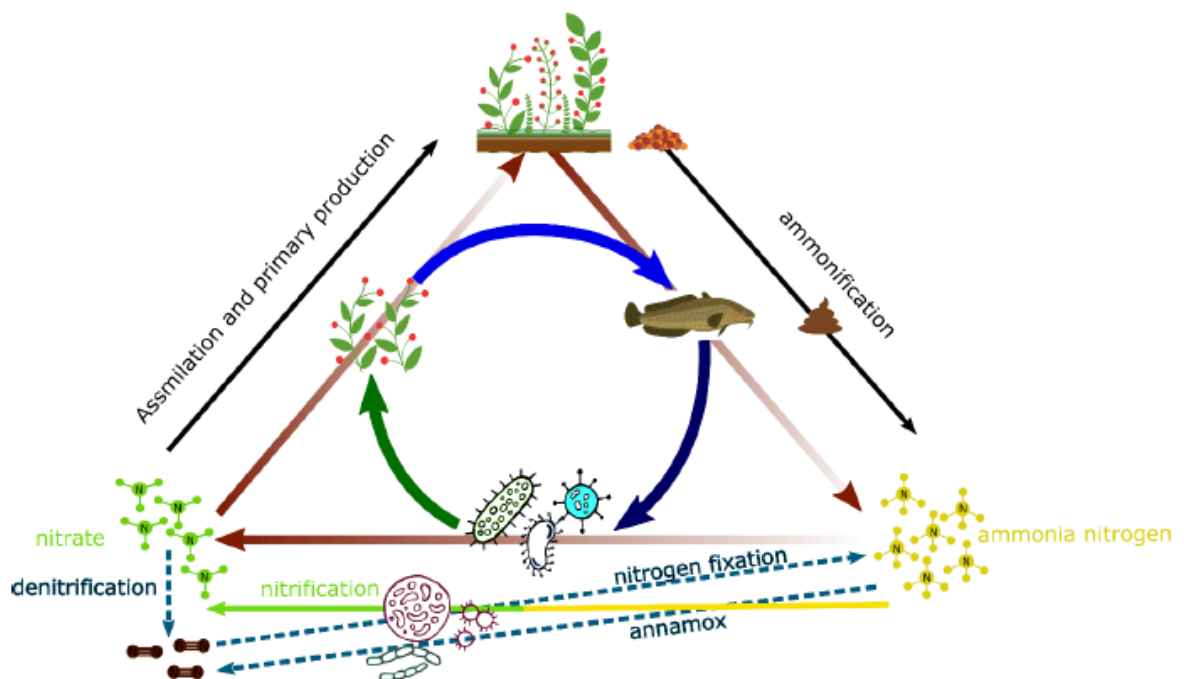


**Figure 07 :** Photographies de substrats d'une unité aquaponique (FAO,2016).

#### d. Le cycle d'azote et les bactéries nitrifiantes

Chez les végétaux l'azote est indispensable à la fertilisation, la croissance et au développement des organes végétatifs et reproducteurs (Hirel et Krapp, 2020).

Dans un système aquaponique les bactéries assurent l'élimination de la toxicité d'ammoniaque provenant de la déjection des poissons, par la transformation de l'azote ammoniacale ( $\text{NH}_3$ ) en nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) puis en nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ). La forme assimilable d'azote par les plante est sous forme d'ion nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) et d'ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), mais les nitrates sont plus facilement absorbable par les racines (Hirel et Krapp,2020 ;Maucieri et al.,2019 ;Tremblay, et al .,2004). On appelle ce processus la nitrification (Biton, 2017 ;Pinho,et al.,2018).



**Figure 08 :** le cycle d'azote en aquaponie (Wongkiew et al. 2017)

La nitrification comprend deux phases principales :

La première est la transformation de l'ammonium en nitrite par les bactéries « *Nitroso bacteries* » (Somerville, et al., 2014).



*Nitroso bacteries*

La deuxième est la transformation du nitrite en nitrate par les « *Nitro bacteries* » (Rurangwa et Verdegem 2015; Timmons et Ebeling, 2013 ; Wongkiew, et al., 2017) (Somerville, et al., 2014).



*Nitro bacteries*

Le processus de colonisation des bactéries nitrifiantes est relativement lent, il prend des jours à des semaines. Par conséquent il est recommandé de cycler le système aquaponique sans poissons et sans plantes, pour attirer et accélérer le développement des bactéries (Timmons et Ebeling, 2013; Wongkiew et al., 2017).

### **I.5.3. L'eau**

Le choix de l'eau en aquaponie c'est le principal objectif pour maintenir un équilibre et un environnement sain et productif, ce choix est basé sur deux facteurs :

La source d'approvisionnement en eau et les paramètres de la qualité d'eau.

#### **a. Les paramètres de la qualité de l'eau**

Les paramètres à surveiller dans un système aquaponique comprennent principalement : le pH, la température, l'oxygène dissous (O<sub>2</sub>), le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), l'ammoniac, le nitrite, le nitrate et la dureté de l'eau (Bernstein, 2011; Diver, 2006 ; Lennard et Goddek, 2019; Yildiz, et al., 2017).

**Tableau 03** : Paramètres idéaux pour l'aquaponie compromis entre les trois organismes (les poissons, les bactéries nitrifiantes et les végétaux) du système aquaponique (Somerville, et al., 2014).

Système	T (C°)	pH	Oxygene dissous (mg/l)	Ammoniac (mg/l)	Nitrite (mg/l)	Nitrate (mg/l)
Aquaponie	18 – 30	6 -7	>5	<1	<1	50 -150

#### b. La source d'eau utilisée

Pour éviter la contamination de l'eau par les différents types des polluants le choix de la source d'eau utilisé est une première considération en aquaponie (Harlaut, 2015)

- ✓ **Eau de robinet** : L'utilisation de l'eau du robinet est plus facile que d'autres sources d'eau mais il reste cependant des inconvénients majeurs, lié à l'ajout de nombreux suppléments. Un autre problème majeur avec l'eau du robinet est qu'elle est souvent calcaire et absorption par les plantes.
- ✓ **Eau de pluie** : La meilleure eau est évidemment l'eau de pluie, l'eau de pluie doit être correctement récoltée et stockée. Elle restera la source d'eau la plus saine et naturelle qui convient à notre système aquaponique. Cette méthode fait de belles économies d'eau et en plus elle est de bien meilleure qualité que l'eau du robinet.
- ✓ **Eau de puits** : L'eau peut être tirée d'un puits. Cependant, l'eau que nous extrairons du puits doit être testée car elle peut être polluée et l'eau est sélectionnée en testant la proportion des matériaux dont nous avons parlé plus tôt.

#### I.6. L'importance de la lumière

La lumière est considérée un élément nécessaire à la photosynthèse effectuée par les végétaux (Pramanik et al. 2000). Une transmission maximale de la lumière, en quantité et qualité appropriées est cruciale pour une photosynthèse, une croissance et un rendement optimaux (Rorabaugh 2015). La lumière artificielle peut améliorer la situation et prolonger la saison de croissance hivernale (Davis 2015).

- ✓ La luminosité dans les bassins d'élevage doit être réduite pour empêcher la prolifération algale, Donc il est préférable d'utiliser la lumière naturelle indirectement (Somerville, et al., 2014).

### **I.7. Les échelles d'application de l'aquaponie**

Les projets en aquaponie visent à atteindre une bonne production animale et végétale à un court temps, soit pour la consommation personnelle ou pour la commercialisation à grande et à petite échelle. Ils existent des formes très différentes de l'aquaponie, voici trois types d'application :

#### **✓ L'aquaponie personnelle**

Ce type d'application de l'aquaponie se développe pour les particuliers pour satisfaire leurs besoins alimentaires, ou pour un usage récréatif social dans les villes et sur les toits, les parcs et les terres des autorités locales dans les zones bâties, les parcs et les écoles. Avec une conception basique, par l'association d'un petit bac d'élevage et une petite surface de culture généralement sur substrat ou NFT.

#### **✓ L'aquaponie commerciale**

Est un système à grand échelle qui vise la rentabilité dans le but d'atteindre et d'augmenter les bénéfices ce type d'application nécessite une étude préalable et un bon maitrise du marché.

#### **✓ 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.

## **CHAPITRE II: Matériel et méthodes**

### **II.1. Présentation de la station expérimentale**

Nous avons réalisé notre stage au niveau de la station expérimentale aquacole de l'école nationale supérieure des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral «ENSSMAL» située Campus universitaire, Bois des cars, DELY Ibrahim Alger, du mois de février jusqu'au mois de juin 2022.

La station expérimentale (Figure 9) regroupe plusieurs divisions de l'Aquaculture, parmi eux la division aquaponique (Figure 10) au niveau de laquelle nous avons effectué notre projet de fin d'étude. Autres travaux sont réalisés au sein de la station: l'élevage des espèces marines telles que la seiche et le concombre de mer, la culture de la spiruline et l'élevage des poissons d'ornement.



**Figure 09 :** Station aquacole expérimentale de l'ENSSMAL



**Figure 10 :** L'unité aquaponique au niveau de la station

**II.2. Matériel nécessaire pour la conception**

**Tableau 04 :** Matériel utilisé pour la conception de système aquaponique.

	<b>Matériaux</b>	<b>Dimensions (Lo. La. h) (m)</b>	<b>Quantité</b>
<b>Unité de poisson</b>	Bassin de poisson	(1x0.5)	1
	Poisson	36 à 174g pour chaque individu	15
	Nourriture de poisson	/	/
	Pompe à air	/	1
	Résistance	/	1
	Support pour le bassin	/	3
<b>Unité des plantes</b>	Bac de culture en plastique	(2.18x0.64x0.3)	3
	Feuilles de polystyrène	(2x1x0.05)	2
	Verts en plastique	/	87
	Gravier	/	900 g
	Billes d'argiles	/	550 g
	La laitue	/	122
	Les fraisières	/	30
	Les épinards	/	45
<b>Unité des filtres</b>	Tonneau (55 dm <sup>3</sup> )	h = 0.58 Ø= 0.35	1
	Tonneau (33 dm <sup>3</sup> )	h = 0.47 Ø= 0.3	1
	Des bouchons de bouteilles en plastique	Ø= 2cm	/
<b>Unité de récupération</b>	Bac de récupération	(1x1x0.5)	1
	Pompe à eau submersible	/	1

## II.2.1. Choix du matériel végétal et animal

### II.2.1.1. Choix du type de poisson

Nous avons choisi deux types de poissons d'eau douce pour deux cycles différents en système raft.

**Le premier cycle :** nous avons sélectionné le poisson chat « *Clarias gariepinus* » (Figure 11), pour sa facilité d'adaptation aux facteurs abiotiques, sa croissance rapide et sa qualité de sa chaire. Au cours de l'expérience le poisson chat consomme la majeure partie de sa nourriture et sa taille augmente. L'évolution des plantes n'est pas remarquable, en particulier la salade qui jaunissait.

Une supposition à été mise que le poisson chat utilise la plus part de se nourriture pour sa croissance et n'excrète pas beaucoup de déchet, qui ne sont pas suffisants pour les plantes. Afin de prouver la validité de notre supposition on a passé au **deuxième cycle** en remplaçant le poisson chat par le tilapia rouge.

**Position systématique de :**

Classement	Poisson chat	Tilapia
<b>Règne</b>	Animal	Animal
<b>Embranchement</b>	Cordé	Chordatés
<b>Classe</b>	Ostéichtyens	Gnathostomes
<b>Ordre</b>	Suliriformes	Perciformes
<b>Famille</b>	Clariidae	Cichlidés
<b>Genre</b>	<i>Clarias</i>	<i>Oreochromis</i>
<b>Espèce</b>	<i>Clarias gariepinus</i> (BURCHELL, 1822)	<i>Oreochromis niloticus</i> (LINNAEUS, 1758)



**Figure 11 :** Poisson chat *Clarias gariepinus*    **Figure 12 :** Tilapia *Oreochromis niloticus*

➤ **Les exigences écologiques :**

**Tableau 05 :** Le tableau représente les exigences écologiques chez le poisson chat et le Tilapia précisé par (Viveen et al., 1985). et (FAO ,2009).

Paramètres physico-chimique	Poisson chat	Tilapia
T (C °)	8- 35 ° C	13.5 – 33 °C (Dans le milieu naturel)
O <sub>2</sub> (mg/l)	> 3.0 ± 0.7	> 3.0 ± 0.7
Ph	5-9	5-11
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0.05 mg/l	0.05 mg/l
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	< 250 mg /l	< 250 mg /l

➤ **Alimentation de poisson :**

L'aliment de poisson utilisé dans expérience est : l'Aliment commercial (ALLER TIL-PRO SANA, 2 mm) avec une quantité de 40 g par jour calculer selon la formule suivante :

$$RA (g/j) = P_{moy}(g) * T_n (%) * N$$

RA : ration alimentaire journalière ; P<sub>moy</sub> : poids moyen des poissons

T<sub>n</sub> : taux de nourris N : nombre total d'individus

**II.2.1.2. Choix des plantes à cultiver**

Nous avons choisi de cultiver trois espèces végétales : la laitue, les fraisiers et les épinards rouges.

**Le premier cycle :** notre expérience a duré 51 jours, de Mars à Mai. La plantation de la laitue «*lactuca sativa*» a débuté le 09 mars 2022, les fraisiers «*Fragaria vesca*» : le 27 mars 2022.

**Le deuxième cycle :** notre expérience a duré 01 mois. La plantation des épinards «*Spinacia oleracea*» est débuté le 11 mai 2022, la laitue «*Lactuca sativa*» : le 23 mai 2022.

✓ **Position systématique des végétaux cultivés :**

• **La Laitue:**

- Règne : Végétal
- Classe : Equisetopsida
- Ordre : Asterales
- Famille : Asteraceae
- Genre : *Lactuca*
- Espèce : *Lactuca sativa* (L., 1753)



**Figure 13 :** Laitue *Lactuca sativa*

- **Le Fraisier :**

- Règne : Végétal
- Embranchement : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Ordre : Rosales
- Famille : Rosaceae
- Genre : *Fragaria*
- Espèce : *Fragaria vesca* (L., 1753)



**Figure 14 :** Le Fraisier *Fragaria vesca*

- **Les épinards rouges :**

- Règne : Végétal
- Classe : Magnoliopsida
- Ordre : Caryophyllales
- Famille : Chenopodiaceae
- Genre : *Spinacia*
- Espèce : *Spinacia oleracea* (L., 1753)



**Figure 15 :** Les épinards rouges *Spinacia*

### II.2.2. Choix des substrats

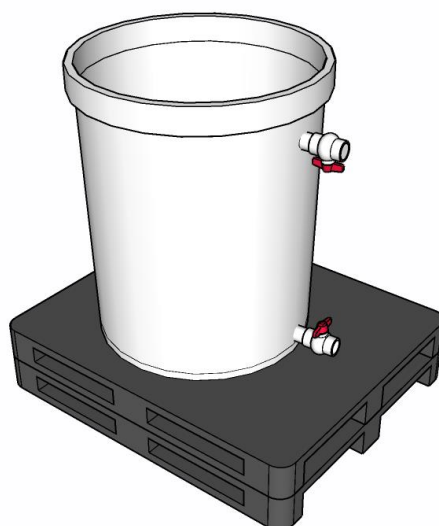
Nous avons utilisé deux types de substrats : 500 g de billes d'argiles et 1kg de graviers moyen non calcaire. (Figure16)



**Figure 16** : les deux types de substrats (Billes d'argile, le gravier)

### **II.2.3. Choix et préparation du bac de poisson**

Nous avons choisi un bassin de poisson circulaire avec un fond plat de 750 L (Figure 17).



**Figure 17** : modèle 3D du bassin d'élevage de poisson

#### **✓ Préparation du bac de poisson**

À l'aide d'une scie cloche nous avons percé un trou de 32mm pour installer d'abord un accordeur-citerne à 20cm du haut et fixé un tuyau flexible munis d'un robinet en PVC qui sert à faire circuler l'eau vers le système de filtration. Un robinet de vidange est essentiel dans un bassin pour faciliter la vidange en cas de nettoyage ou des problèmes dans le système. (Figure18)

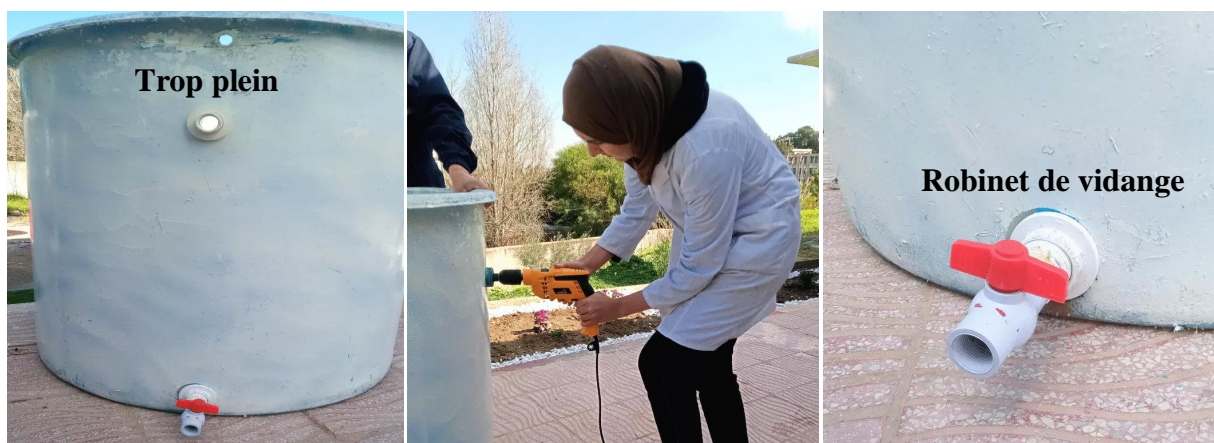


Figure 18 : L'installation d'un accordeur-citerne et le robinet d'évacuation

#### II.2.4. Choix et préparation des filtres

Notre système de filtration est composé d'un filtre tourbillon et un simple filtre biologique avec des bouchons en plastique. (Figure 19)

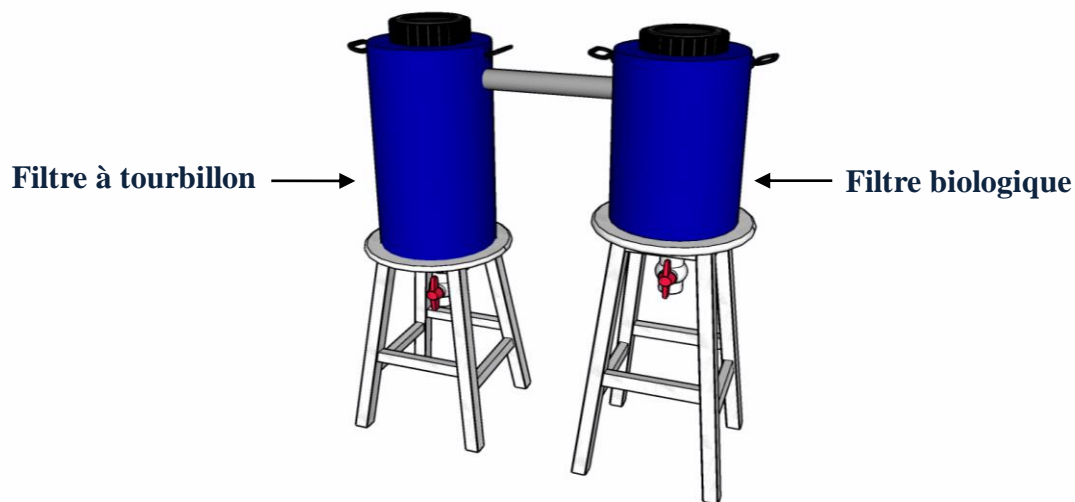


Figure 19 : Modèle 3D représente le système de filtration

#### ✓ Préparation du filtre tourbillon

Un filtre tourbillon permet de décanter les sédiments grossiers au fond du filtre grâce à un courant tournant en continu (Pierre et al Yahoubi, 2015)

Nous avons choisi un tonneau de 55 litres, à l'aide d'une scie cloche nous avons percé trois trous de 32 mm :

Le premier est situé à 37 cm du fond du tonneau, Un coude en PVC de 32 mm (90°) est fixé et pointé sur le côté, là où l'eau s'écoule du bac de poisson. Pour créer un écoulement d'eau, créant ainsi une circulation tangentielle. (Figure A, 20)

Le deuxième trou agit comme un orifice de trop-plein, délivrant l'eau du filtre tourbillon au biofiltre. On a percé un trou de 32 mm à l'opposé et au-dessus du premier trou (à 55 cm du bas) et fixez un coude 90° en PVC de 32 mm vers le haut .pour maintenir le même niveau d'eau dans le seau.

Le troisième pour fixer un robinet de vidange en PVC au fond du filtre. (Figure B, 20)



**Figure 20** : Filtre tourbillon (A, Les coudes PVC du filtre.  
B, Robinet de vidange au fond du filtre)

### ✓ Préparation du filtre biologique

Le biofiltre est constitué de bouchons de bouteilles en plastique. Ces derniers vont constituer les supports pour les bactéries qui transforment l'ammoniac et l'urée de déchets de poisson en nitrate pour les plantes.

L'arrivée d'eau dans le filtre (tuyau PVC diamètre 32 mm) est à 35 cm du fond. L'eau passe ensuite dans un tuyau en PVC de 40 cm de long qui se termine par un système de deux coudes en PVC à 90° orientés dans deux directions opposées près du fond. (Figure A, 21)

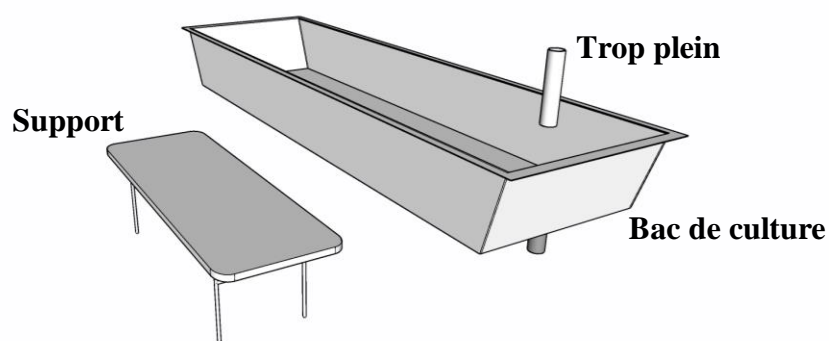
De l'autre côté du tonneau, à 18 cm du fond du baril, un deuxième trou de 32 mm est percé pour permettre à l'eau de s'écouler vers le système hydroponique .Une vanne de vidange est située au fond du filtre. (Figure B, 21)



**Figure 21** : Filtre biologique (A, Les bouchons du filtre.  
B, Robinet de vidange au fond du filtre)

### II.2.5. Choix et préparation des bacs de culture

Nous avons utilisé trois bacs de cultures rectangulaires posées sur des supports pour préparer des rafts de culture, chacun d'entre eux a un volume de  $0,42 \text{ m}^3$ . Au fond des bacs rectangulaire nous avons percé un trou de 32 mm afin de placer un trop-plein de 30 cm. (Figure 22)



**Figure 22** : Modèle 3D représente les composants d'un bac de culture

✓ **Préparation des radeaux en polystyrène :**

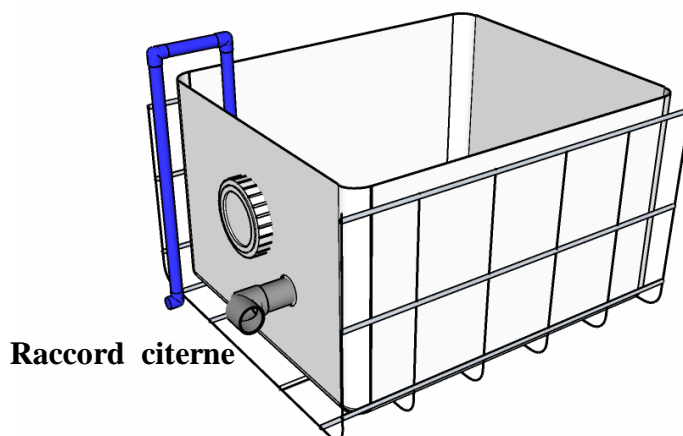
Nous avons préparé deux plaques de polystyrène de taille (1\*0,5 m), pour chaque cuve de culture, chaque plaque a 15 puits (32 mm de diamètre), et la distance entre les puits est de 15 cm, qui seront prêtes après pour la mise en place dans les bacs de culture: deux plaques par bac. 87 gobelets pour chaque cycle, ont été préparés et placé dans les trous des plaques de polystyrènes.



**Figure 23 :** Préparation des radeaux en polystyrène pour les bacs de culture

**II.2.6. Choix du bac de récupération**

Nous avons préparé un bac IBC avec un volume de  $0.55 \text{ m}^3$  (1x1x0.55m), dans le but de collecter et recycler l'eau filtrée, nous avons fixé un raccord citerne à 40 cm du fond.





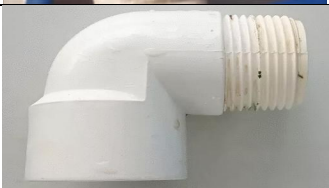




**Figure 24 :** Modèle 3D représente le bac de récupération de notre système

### II.3. Mise en place et fonctionnement de système

#### II.3.1. Matériaux de la plomberie

Tableau 06 : Accessoires de la plomberie.

Accessoires du système		
<p><b>Tuyaux flexibles</b> Quantité : 1 Dimension : <math>\text{Ø}=32 \text{ mm}</math></p>		
<p><b>Raccord d'évacuation en PVC</b> Quantité : Dimension : <math>\text{Ø}= (40 \text{ mm et } 32\text{mm})</math></p>		
<p><b>Robinet en PVC</b> Quantité : 7 Dimension : <math>\text{Ø}= (32 \text{ mm et } 26\text{mm})</math></p>		
<p><b>Coude (90°) en PVC</b> Quantité : Dimension : <math>\text{Ø}=32 \text{ mm}</math></p>		
<p><b>Coude (45°) en PVC</b> Quantité : Dimension : <math>\text{Ø}=32 \text{ mm}</math></p>		
<p><b>Tuyaux PVC</b> Dimension : <math>\text{Ø}= (32 \text{ mm et } 40\text{mm})</math></p>		
<p><b>Raccord PVC en forme de T</b> Quantité : Dimension : <math>\text{Ø}=32 \text{ mm}</math></p>		

✓ **Matériaux supplémentaires :**

- Pince
- Marqueur
- Scie cloche
- Clé anglaise
- Cutter
- Tournevis
- Une règle d'un mètre

**II.3.2. Assemblages des unités de système**

Le principe d'assemblage des différents composants de notre système est assuré par l'ajustement des hauteurs de chaque composant par rapport à l'autre (du plus haut vers le plus bas). Ainsi par le choix adéquat des diamètres et longueurs de la tuyauterie, afin d'assurer la circulation d'eau dans le système.

**a. Du bassin de poissons vers le filtre tourbillon :**

Tout d'abord nous avons mis le bac du poisson sur un support, et raccorder le bout libre du flexible à le raccord citerne du filtre tournillions.



**Figure 25 :** L'emplacement de tuyaux flexible du bac de poisson vers le filtre à tourbillon

**b. Du filtre tourbillon vers le bio filtre :**

Les deux filtres sont raccordés à l'aide d'un coude en PVC de 90°



**Figure 26 :** Le raccordement du système de filtration

**c. Du bio filtre vers les bacs de culture :**

Un PVC U de 32 mm de diamètre et une longueur de 45 cm est raccordé à le 2ème raccord citerne du bio filtre avec un coude de 90°, l'autre bout est liée à deux différents coude en PVC de 45°, et de 90° respectivement. (Figure 27)

Ce dernier est lié à un PVC U (32 mm) et 2.50 m de longueur, où on a fixé deux coudes T en PVC) et un troisième coude 90° PVC U. Les trois coudes sont munis avec des robinets en PVC de (32mm) de diamètre. (Figure 28)



**Figure 27 :** La tuyauterie entre le bio filtre et les bacs de culture

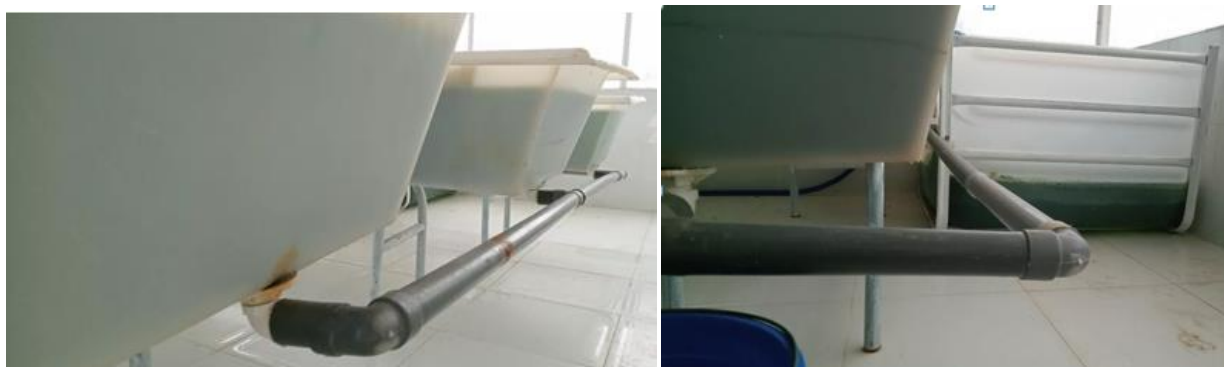


**Figure 28 :** Les trois robinets en PVC

**d. Tuyauterie des bacs de cultures au bac de récupération :**

Le trop plein de chaque bac de culture est attaché à un tuyau en PVC (40mm) et de 2.50 m de longueur avec un coude de 45° et deux coude en T.

L'autre extrémité du tuyau est liée à un PVC U (40mm) et de 45 cm de longueur. Ceci est lié au canal de distribution de bac de récupération avec un coude de 45°. (Figure 29)



**Figure 29 :** le raccordement des bacs de culture et le bac de récupération

**e. Du bac de récupération vers le bac à poisson**

Les deux bacs sont liées grâce un tuyau souple de 4.60m, attaché à une pompe à eau submersible situé au font du bac de récupération, l'autre bout est fixé sur le bassin de poissons.



**Figure 30** : tuyau souple attaché à une pompe submersible

#### **II.4. Modélisation tridimensionnelle du système**

Nous avons fait une modélisation tridimensionnelle (3D) à l'aide de SketchUp Pro 2022, pour avoir une idée visuelle sur la conception de notre installation (Figure 31)

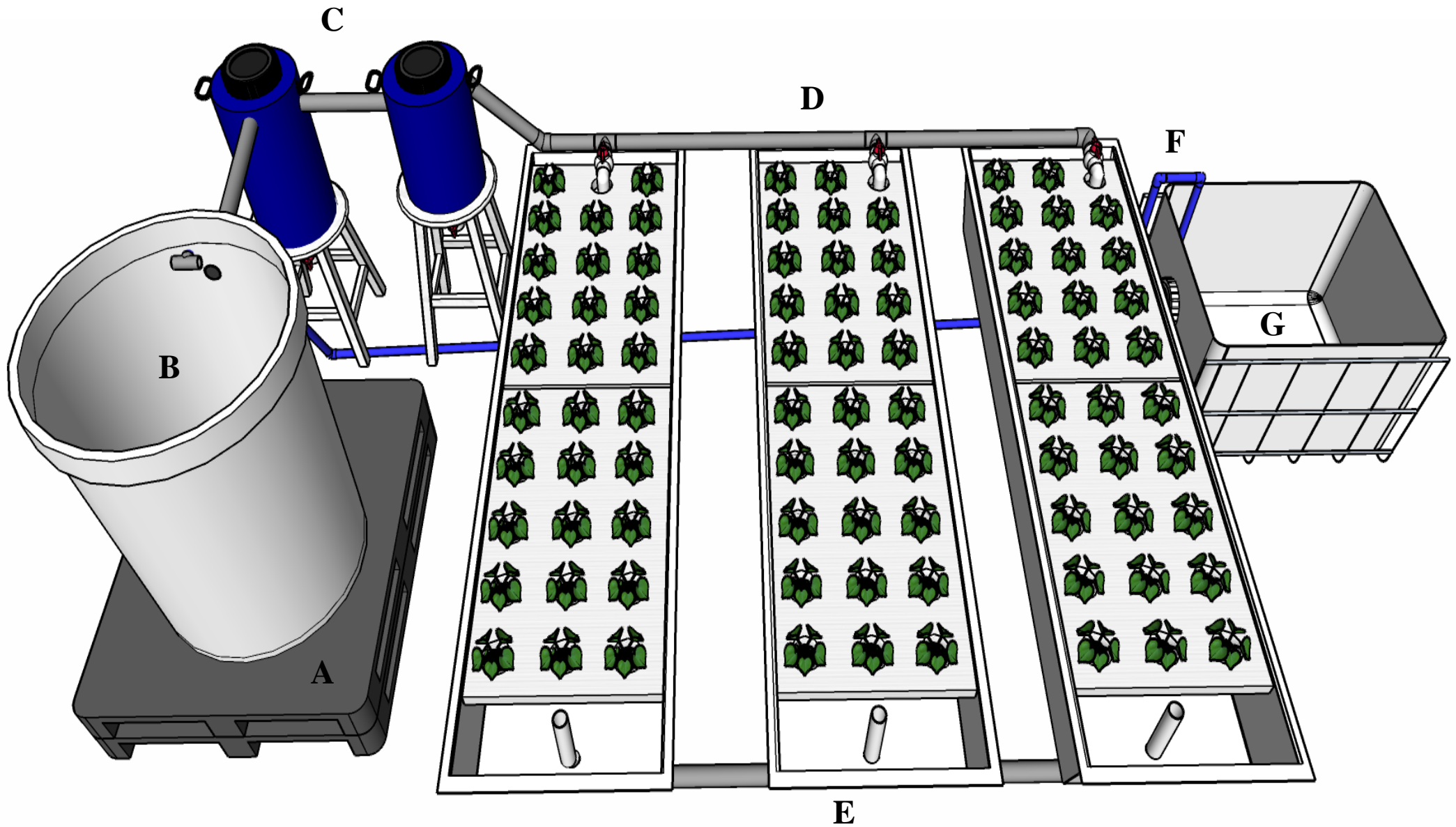


Figure 31 : Modèle 3D représente notre système raft conçu par SketchUp Pro 2022

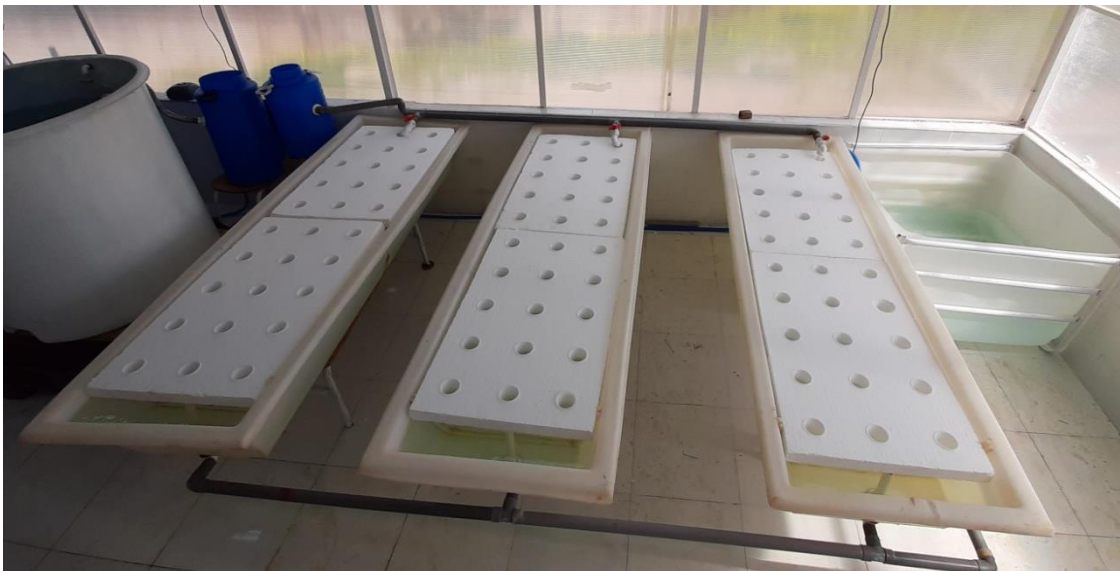
(A : support en plastique. B : bac de poissons. C : système de filtration. D : tuyau en PVC. E : bac de culture. F : tuyau souple. G : bac de récupération)

## **II.5. La mise en marche du système**

### **a. Remplissage du système :**

Cette phase a duré 2 semaines.

- Le 08/03/2022, Nous avons lancé notre système rafts par le remplissage des unités de notre installation avec de l'eau de robinet, afin de vérifier le bon emplacement de différentes unités qui composent notre système. D'ajuster le débit d'eau sortant et entrant du bac de poisson et le niveau nécessaire d'eau dans les bacs de culture.
- Nous avons ensuite démarré les pompes, testé les trop-pleins et réparé la fuite.
- Pour activer la prolifération bactérienne du bio filtre nous avons ajouté de l'aliment de poissons dans le bac d'élevage.



**Figure 32 : Remplissage du système**

### **b. L'emplacement des plantes sur les radeaux :**

Avant de placer les plantes sur les radeaux, à l'aide d'une règle et une balance, nous avons mesuré la taille des laitues et des épinards, Pour les fraisiers, nous avons compté le nombre de fleurs et de fruits.

Après nous avons placé les plantes sur les rafts tout en assurant que la partie racinaire est immergée dans l'eau.

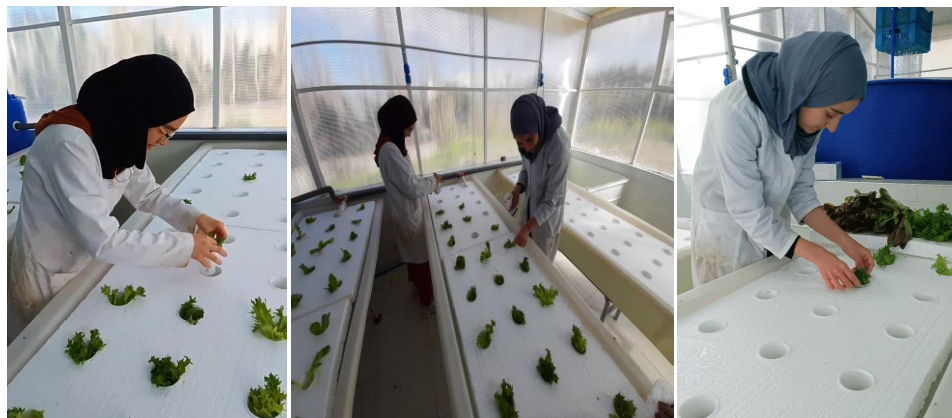


Figure 33 : L'emplacement de la laitue dans les radeaux



Figure 34 : Prélèvement des données de croissance cas de la laitue



Figure 35 : Prélèvement des données de croissance cas d'épinard rouge



Figure 36 : Prélèvement des données de croissance cas des fraisières

**c. Mesure de la taille des poissons avant les mettre dans le bassin**



**Figure 37 :** Prélèvement des données biologique de tilapia

**II.6. La maintenance et le suivi du système**

Pendant l'expérience, les tâches de suivi comprennent :

- ✓ l'alimentation des poissons, la vérification du fonctionnement normal de la pompe à eau et de la pompe à air, le siphonage des fond de bacs, l'observation des changements de niveau d'eau, le nettoyage de filtre tourbillon, la vérification et l'ajustement de niveau d'eau dans le système, la vérification de l'état des poissons et des plantes et le remplacement d'une partie de l'eau en cas de besoin.
- ✓ Le suivi de la qualité d'eau :

Le pH et la oxygène dissout (DO) ont été mesurés 2 fois par jour (10het 16h) durant la période d'expérience, afin de réguler ces dernières dans le cas de changement en dehors des valeurs recommandées.

Des échantillons sont prélevés de système une fois par semaine, destiné aux analyses des sels nutritifs: Ammonium, Nitrite, Nitrate, par l'utilisant de la méthode colorimétrique en flux continu avec l'appareil SKALAR San Plus (SKALAR 1996) à l'aide de protocole du laboratoire de l'ENSSMAL à sidi Fradj.



Figure 38 : Appareils (A, Oxymètre. B, pH mètre)

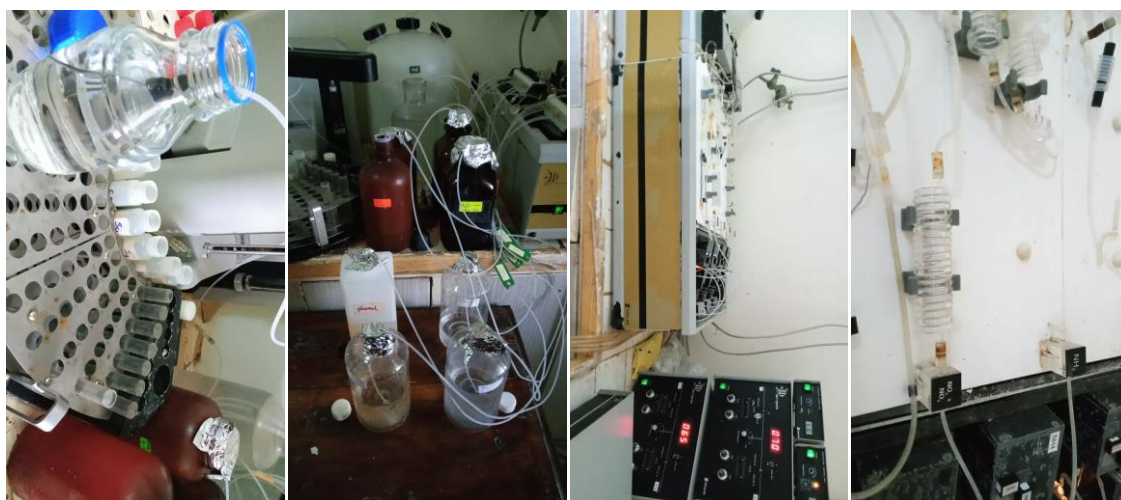


Figure 39 : l'appareil SKALAR San Plus (SKALAR 1996)

## II.7. Consommation en eau

La consommation d'eau est mesurée lorsque l'eau est ajoutée au système : Le bac de poisson, les filtres les bacs de culture et le bac de récupération. Nous avons enregistré la quantité d'eau au début et durant l'expérience, et aussi nous avons calculé les pertes d'eau qui vient de différentes sources : l'évaporation, l'évapotranspiration, les fuites et les changements d'eau.

## II.8. Consommation d'énergie électrique

Pendant la période de l'essai la consommation électrique est celle de la pompe à eau et à air et de la résistance. Nous avons calculé la consommation électrique pour chaque appareil selon la formule suivante :

$$\text{Consommation électrique} = \frac{\text{Puissance} * \text{Duré d'utilisation}}{1000}$$

Dans le but de minimiser les charges liées à la conception, nous avons utilisé une seule pompe submersible, un diffuseur d'oxygène, une résistance seulement dans les périodes froides, et aucune utilisation de la lumière artificielle pendant toute la période d'essai. Notre expérience s'est étalée sur une période de 4 mois, les calculs de l'énergie consommée estimé pour un mois sont récapitulés dans le tableau 07.

**Tableau 07:** récapitulatif de la capacité des différents appareils utilisé et l'énergie consommé par Kwh mensuellement :

	Capacité (W)	Energie consommé (Kwh)
<b>Pompe à eau</b>	85	61.2
<b>Diffuseur d'oxygène</b>	60	43.2
<b>Resistance</b>	300	216

Selon la tarification de l'électricité en Algérie nous avons pu calculer le coût d'énergie de notre installation sachant que :

Le prix unitaire (hors taxe) pour une consommation inférieure à 125 Kwh , le prix unitaire est de 1.779 DA.

Une consommation supérieure à 125 kwh à un prix unitaire de 4.179 DA, ce qui représente le deuxième tranchant additionnée au premier.

Dans notre cas l'énergie consommée est de 320.4 Kwh ( $\Sigma$  de l'énergie consommée en Kwh), donc le prix estimé se calcule sur deux tranchants :

- Prix (mensuelle) = 1038.95 DA ( $125 \times 1.779 + 195.4 \times 4.179$ )
  - Prix (durant quatre mois) : durant le mois juin on a débranché la résistance, donc on a enregistré une diminution du prix de la consommation d'énergie. (853.24DA)
  - Le prix estimée pendant toute la période d'expérimental est de : 3299.7 DA ( $1038 \times 3 + 185.7$ ).
- Au cours des quatre mois de notre expérimentation nous avons enregistré une seule coupure d'électricité pendant une heure.

## CHAPITRE III : résultats et discussions

### III.1. Conception du système

#### III.1.1. Le circuit d'eau

##### a. Le déplacement d'eau

Nous avons assuré une bonne circulation d'eau dans le système, l'eau se déplace depuis le bassin de poissons grâce au trop plein situé à 80 cm du fond du bassin, vers les filtres tourbillon et biologique, ensuite vers les trois bacs de culture et à la fin le bac de récupération. (Figure 40)  
L'eau entrant au bassin de poissons est pompée depuis le bac de récupération grâce à une pompe submersible. (Figure 41)

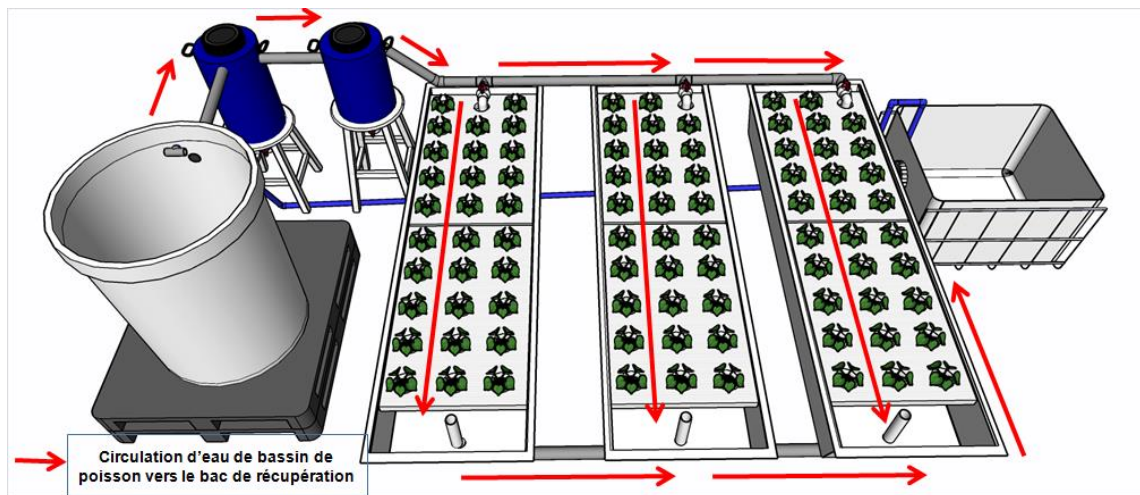


Figure 40: Circulation d'eau dans notre système aquaponique

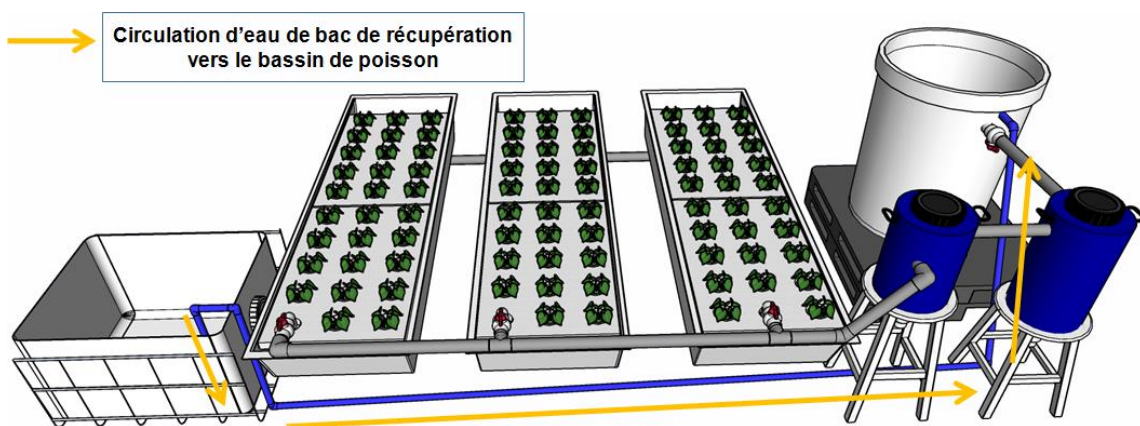


Figure 41 : Circulation d'eau dans notre système aquaponique

### **b. Le débit d'eau**

Grâce aux robinets installés, on a pu régler le flux d'eau sortant du bassin de poisson vers le filtre tourbillon pour empêcher l'inondation de ce dernier. Par la suite nous avons ajusté le débit d'eau sortant du bio filtre vers les trois bacs de culture pour une distribution momentanée, pour chaque bac.

Un équilibre entre le volume d'eau qui se déplace par gravité et le volume d'eau pompé, est primordiale afin d'éviter la vidange ou le débordement de l'eau de bassins à poissons ou de bac de récupération. L'équilibre a été assuré non seulement par le réglage du débit mais aussi par le choix d'une pompe avec un débit de 4000 L/min et une puissance de 85 W.

#### **III.1.2. La consommation en eau**

Au début, nous avons mis en marche le système avec un volume d'eau de 2250 L. La baisse du niveau d'eau dû à l'absorption d'eau par le compartiment végétal et l'évaporation pendant la période d'été, a été compensée par l'ajout d'eau dans le bac de récupération, au total une moyenne de 150 L durant la semaine.

Un volume d'eau de 750 L a été ajouté pour lancer le deuxième cycle. On a évité de ne pas faire un renouvellement d'eau total pour ne pas empêcher l'activité des bactéries nitrifiantes dans le bio-filtre, et pour garder une légère quantité des nutriments dans les bacs de culture .

### **III.2. La qualité d'eau**

#### **III.2. 1. Les paramètres physico-chimiques**

Les tableaux ci-dessous, représentent les résultats des mesures de certains paramètres physico-chimiques dans les deux cycles.

**Tableau 08 :** Les valeurs des paramètres physico-chimique durant le premier et le deuxième cycle dans le système aquaponique.

Le 1 <sup>er</sup> cycle			
Les jours de mesures	Les paramètres physico-chimiques		
	T (C°)	pH	DO (mg /litre)
09/03/2022	18.9	8–8.6	7.5
16/04/2022	19.2	8.4–8.5	7.3
Le 2 <sup>ème</sup> cycle			
29/05/2022	23.8	8.2	5.4–6.8
23/06/2022	25.1	7.9– 8.3	4.9–5.1

**Tableau 09 :** Les valeurs optimales des paramètres physico-chimique du système de Soumerville (Soumerville et al.,2014)

Paramètres	T(C°)	pH	DO (mg/litre)
Valeur	18– 30	6–7	>5

Si on compare nos résultats avec celle de Somerville représenté dans le tableau ci dessus, On peut dire que :

- a. Nos valeurs de la température et de l’oxygène dissous appartiennent à l’intervalle des valeurs optimales. Une légère variation de la température et de l’oxygène dissous pendant la fin du deuxième cycle dû à l’augmentation de la température au niveau de la ferme pendant la période chaude ce qui explique la diminution négligeable de la concentration en oxygène (4.9 mg/litre).
- ✓ L’augmentation de la température au sein de la ferme affecte la culture de la laitue et des épinards, à la fin du 2<sup>ème</sup> cycle nous avons observé un sèche ment des feuilles des épinards et la montée en graine de la laitue. On peut éviter ces anomalies par le choix des variétés végétales tolérantes à des hautes températures.

- b.** Le pH est élevé de (8-8.5) durant les deux cycles par rapport à la valeur de référence (6-7), ce là est expliqué par le fait que notre système est encore jeune. (Activité limité du biofiltre ) , ou à la manipulation .
- ✓ Une baisse légère du pH est observée durant la fin du deuxième cycle (7.9). peut dû à l'augmentation de la capacité du biofiltre et à l'introduction de nombreuses espèces végétales (La laitues et les épinards).
  - ✓ Selon Pambrun,(2005) ; Rakocy et al ., (2006), l'activité nitrifiante des bactéries est maximale pour un pH basique de (7.5 -9) , ainsi il n'a pas d'influence sur la santé des espaces de poissons que nous avons choisies (tilapia , le poisson chat ) . En revanche le pH affecte l'absorption et la solubilité des nutriments nécessaires aux plantes cultivées.

### **III.2. 2. Les substances azotées**

Les tableaux (09 et 10) ci-dessous représentent les résultats d'analyses des échantillons prélevés au niveau du bac à poisson et les bacs de cultures durant les deux cycles.

**Tableau 10 :** la concentration des substances azotées dans le bac à poisson et le bac de culture durant le 1<sup>er</sup> cycle.

<b>Le 1<sup>er</sup> cycle</b>	<b>Bac à poisson (mg/l)</b>	<b>Bac de culture (mg/l)</b>
<b>Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</b>	1.4	1.2
<b>Nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)</b>	2.5	1.68
<b>Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	30.5	33.7

**Tableau 11 :** la concentration des sels nutritifs dans le bassin de poisson et de culture durant le 2<sup>ème</sup> cycle.

<b>Le 2<sup>ème</sup> cycle</b>	<b>Bac à poisson (mg/l)</b>	<b>Bac de culture (mg/l)</b>
<b>Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</b>	0.8	0.78
<b>Nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)</b>	2.1	1.98
<b>Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	48.5	57.3

En comparant nos résultats avec celle obtenue par (Soumerville et al.,) présenté dans le tableau (11) suivant :

**Tableau 12** : Les valeurs optimales des sels nutritifs de Somerville (Soumerville et al.,2014).

Les sels nutritifs (mg/l)	Ammonium	Nitrite	Nitrate
Seuil critique	<1	<1	5- 150

Pendant le 1<sup>er</sup> cycle, la concentration de l'ammonium et du nitrite au niveau du bassin de poisson et le bac de culture est supérieure aux valeurs optimales de 1 mg/L. La concentration du nitrate appartient à l'intervalle précisé par Soumerville ;2014.

Durant le 2<sup>ème</sup> cycle nous avons obtenue des résultats dans les limites indiquées, concentration inférieure à 1 mg/L d'ammonium et de nitrite, ainsi une concentration élevée de nitrate par rapport à celle obtenue durant le 1<sup>er</sup> cycle.

La différence de concentrations des sels nutritifs entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> cycle est expliqué par :

- ✓ L'activité du bio-filtre est limitée quant le système aquaponique est jeune.
- ✓ Le type de poissons élevé et la densité affecte la concentration des sels nutritifs dans le bassin d'élevage.
- ✓ L'introduction de différentes plantes à feuilles et à fleurs aide à transformer l'ammonium et le nitrite et d'assimiler le nitrate.

Selon Foucard, un pH élevé entraine une augmentation des sels nutritifs l'ammonium essentiellement dans le milieu (Foucard et al ,2018).

### **III.3. Le poisson**

On a procédé à la pesée toute la population de tilapia représentée par 15 poissons On obtenu une biomasse totale initiale de 800,53g. Après un mois d'expérimentation, la biomasse totale a atteint 1172,88 g, on observe une variation proportionnelle ce qui signifie une augmentation du poids durant la période d'essai.

On a confirmé notre hypothèse après le lancement du deuxième cycle avec de tilapia, que le poisson chat décret peu de déchet qui n'est plus suffisant pour les plante dans le système aquaponique.

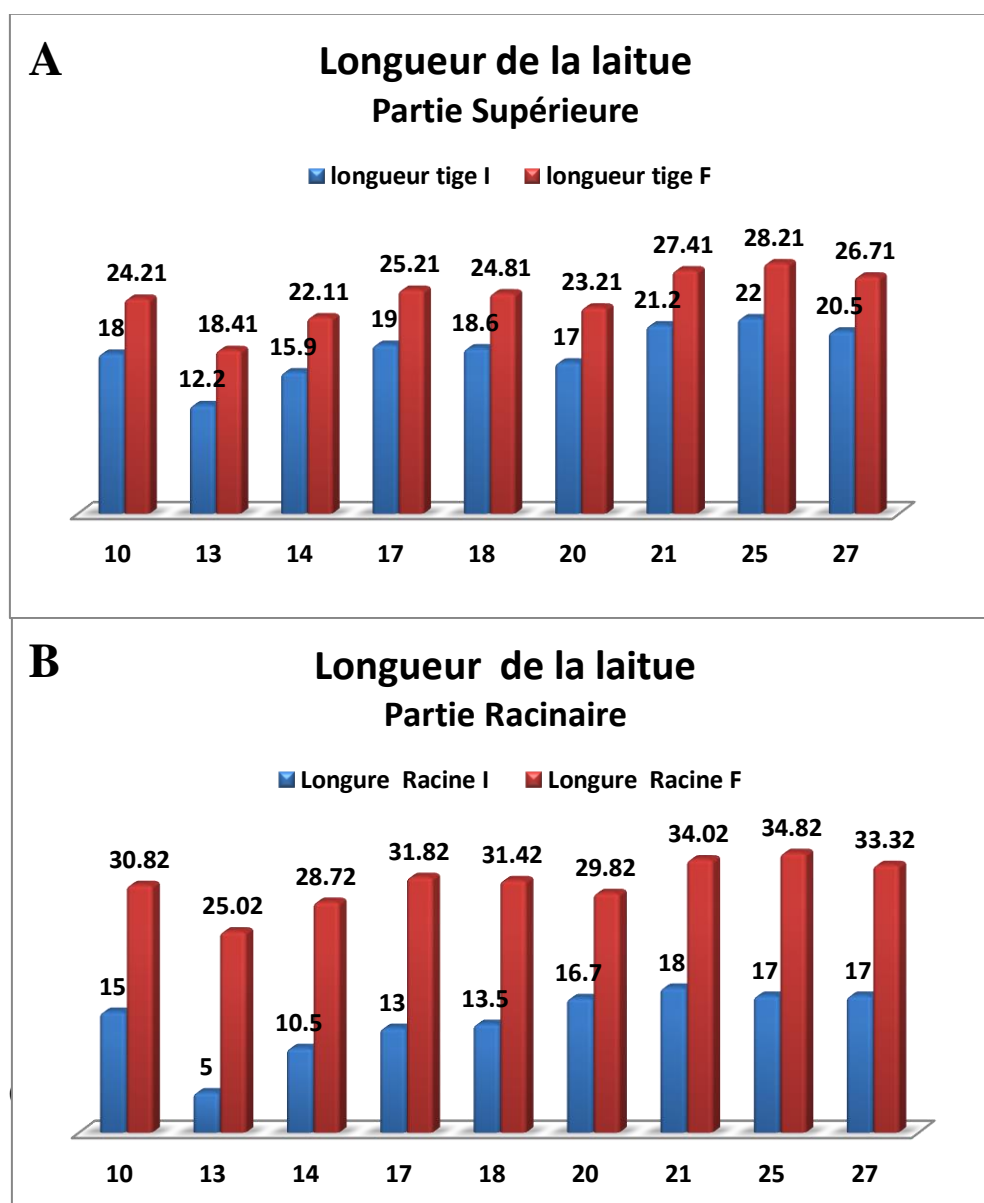
### III.4. Les plante

1<sup>er</sup> cycle :

- La laitue
- ✓ La taille :

D'après les graphiques (Figure 44) on remarque qu'il y a une variation entre la taille initiale et la taille finale des deux parties de laitue qui est dû a une croissance progressive durant la période d'étude.

Selon la (Figure 44), on note qu'il y a une croissance remarquable de longueur des racines et de la partie supérieure de laitue.



**Figure 44** : Variation de taille de laitue entre le début et la fin d'étude (A, Partie supérieure. B, Partie racinaire)

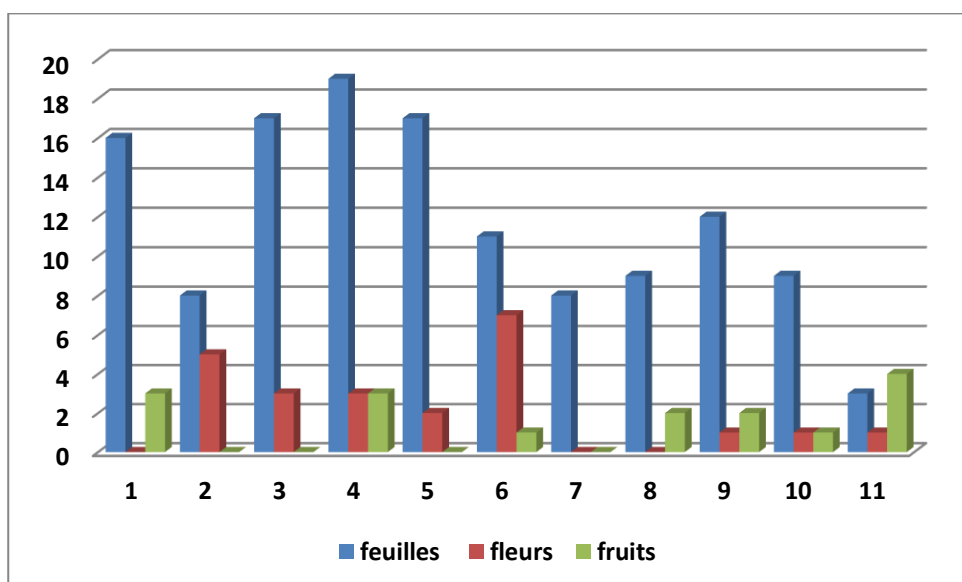


**Figure 45 :** Croissance de la laitue

Concernant la Figure 45, nous remarquons que la croissance des plantes qui trouvent près de l'entrée d'eau au niveau des bacs de culture est plus rapide que celle qui se trouve près de la sortie. Ceci s'explique par le fait que l'eau entrante est riche en nutriments et lorsqu'elle arrive à la sortie elle sera moins riche à cause de l'assimilation des nutriments par les plantes.

- **Le fraisier**

Nous avons calculé le nombre de feuille, fleurs et fruit du fraisier dès la transplantation jusqu'à la récolte. (Figure 46 et 47)



**Figure 46 :** Dénombrement des feuilles, fleurs, et fruits des fraisiers

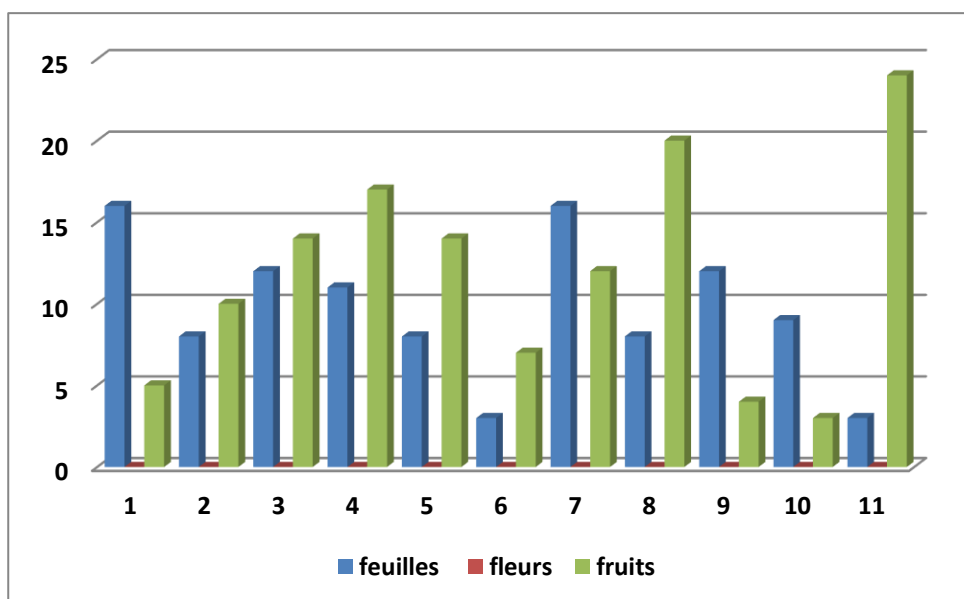


Figure 47: Dénombrement des feuilles, fleurs, fruits de fraisier à la récolte



Figure 48 : Photographie représente les différentes phases de fructification

Nous avons transplanté les jeunes fraisiers le 27/03/ 2022. La première récolte a été le 03/05/2022. Durant cette période nous avons observé les différentes étapes de formation des fruits jusqu'à la phase de maturité (Figure 48).

La fructification a été continue nous avons réalisé une deuxième récolte après 25 jours de la première récolte.

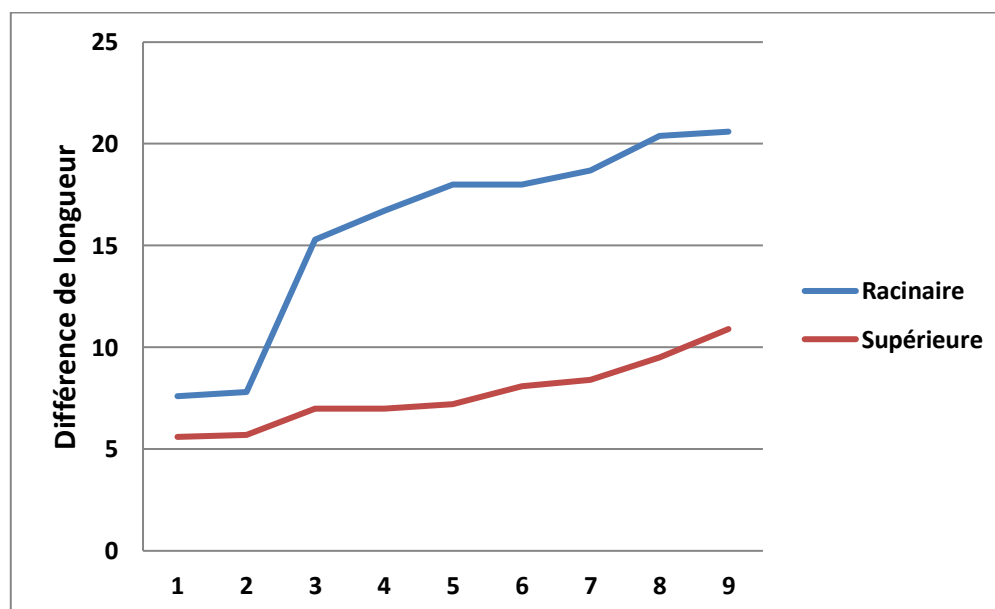
Nous avons remarqué une bonne croissance et une production rapide des fruits avec une couleur rouge vive ce qui explique la bonne qualité des fraises produites et l'enrichissement de l'eau par les nutriments nécessaires à la fructification.

### 2<sup>ème</sup> cycle :

- **La laitue**

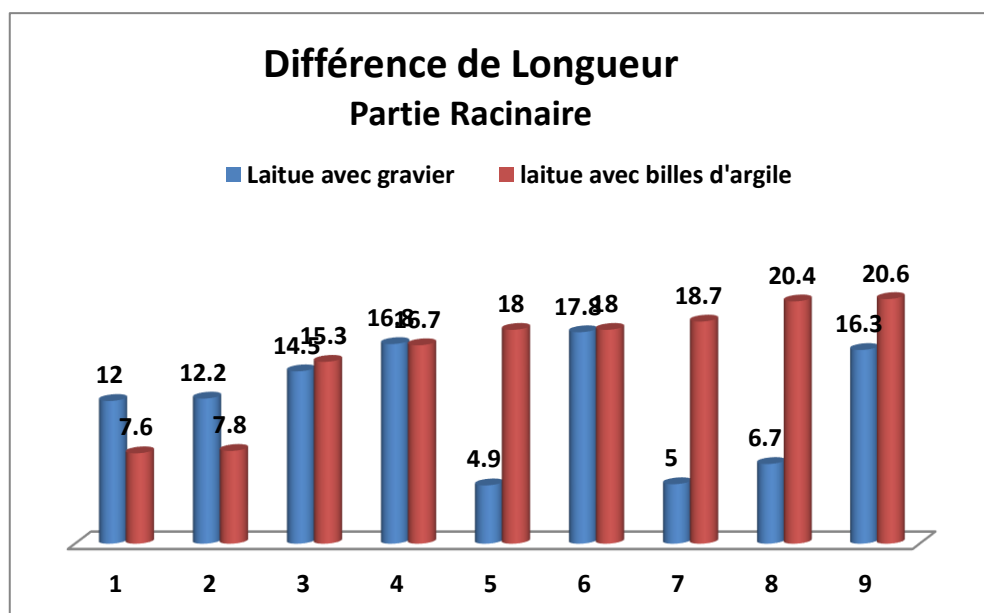
- ✓ **La taille :**

D'après le graphique (Figure 49) on remarque qu'il y a une variation entre la taille initiale et la taille finale des deux parties de laitue qui ont une croissance progressive durant la période d'étude.



**Figure 49 :** Variation de la croissance entre la partie supérieure et la partie racinaire de la laitue

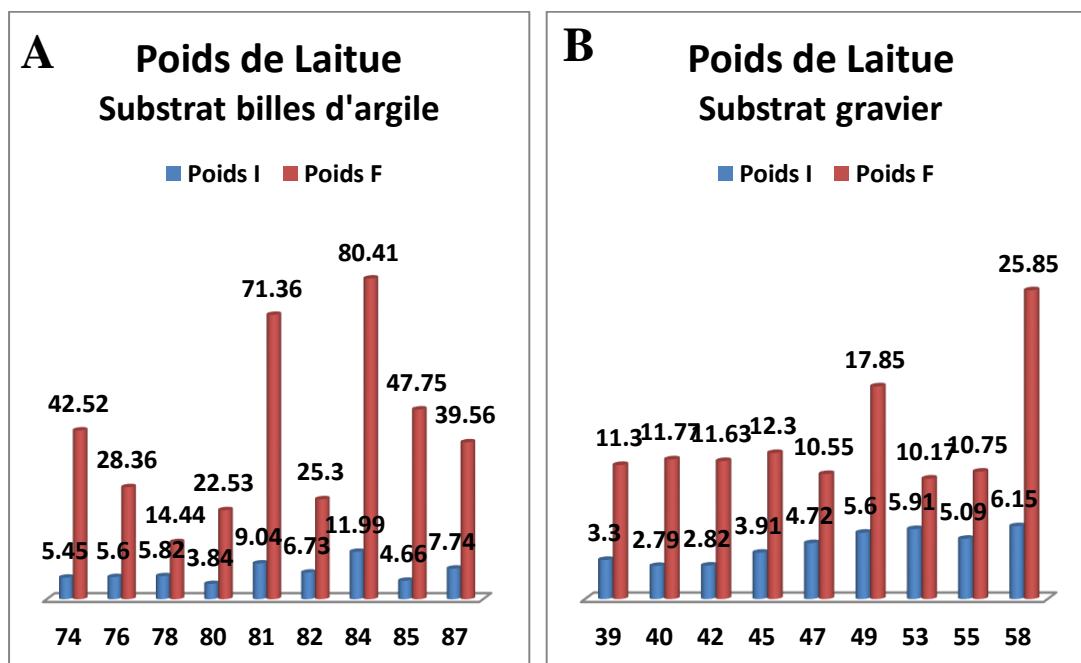
On a remarqué que la partie racinaire se développe rapidement par rapport à la partie supérieure.



**Figure 50** : les variations de la longueur de la partie racinaire de la laitue par l'utilisation des billes d'argile et le gravier.

✓ **Le poids :**

Les diagrammes représentent les résultats de poids des laitues par l'utilisation de deux différents substrats. (Figure 51)



**Figure 51** : Variation de poids de la laitue dans deux substrats différents (A, substrat billes d'argiles. B, substrat gravier)



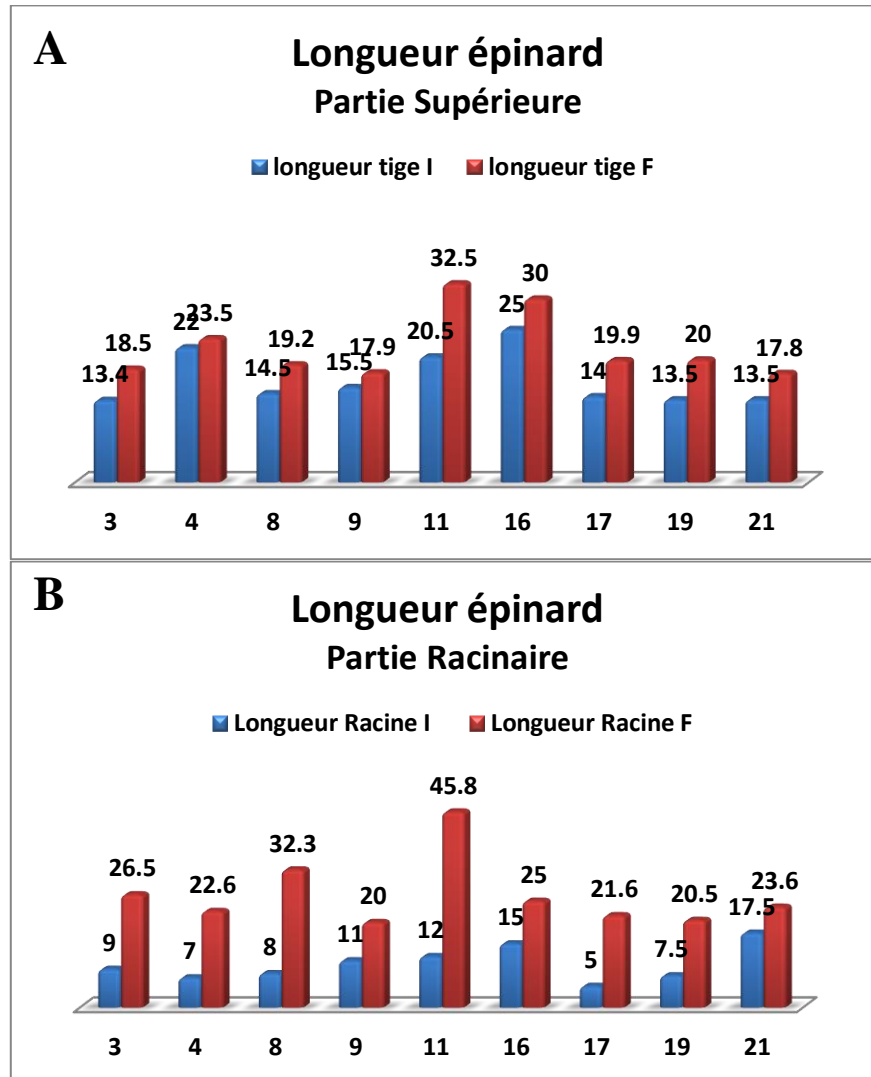
**Figure 52 :** Différence entre les deux laitues des deux substrats

Nous avons mesuré les paramètres biologiques de la laitue transplantée dans les billes d'argiles et celle avec gravier afin de comparer et déterminer le type du substrat le plus adéquat.

Selon les résultats présentés dans la Figure 52, on peut dire que il y'a une différence significative entre les laitues transplanté dans les billes d'argile et celle du gravier.

- **L'épinard rouge :**

- ✓ **La taille :**



**Figure 53 :** Variation de taille d'épinard entre le début et la fin d'étude (A, Partie supérieure. B, Partie racinaire)

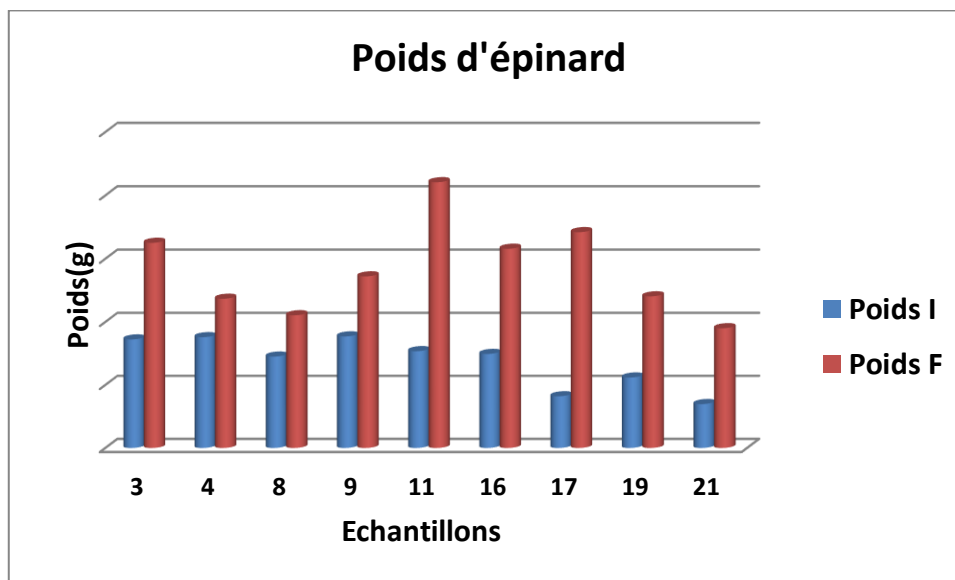
Selon le diagramme (Figure 53), on note qu'il y a une croissance en longueur de la partie racinaire et de la partie supérieure, on a remarqué que la partie racinaire développe rapidement par rapport à l'autre partie.



**Figure 54 :** Photographie représente le prélèvement des paramètres biologiques d'épinard

✓ **Le poids :**

D'après les graphiques (Figure 55) on remarque qu'il y a une variation entre le poids en début et à la fin de la période d'étude.



**Figure 55 :** Variation de poids des épinards rouges

On observe une variation proportionnelle entre le poids initial et final des épinards avec une différence de poids moyen de 14.18 g pour chaque plante et une variation de taille avec une différence taille moyenne de 16.21 cm pour la partie racinaire et 5.26 cm pour la partie supérieure.

### III.5. Les avantages et les inconvénients du système

**Tableau 13** : représente l'ensemble des avantages et inconvénients de notre installation aquaponique (rafts).

Récapitulatif des avantages de la culture aquaponique	Récapitulatif des inconvénients et les anomalies rencontrés
Une culture hors sol	Il faut trouver le bon compromis entre le pH des différents compartiments
Economie d'eau car le déplacement d'eau est en circuit fermé	Le compartiment végétal nécessite une bonne aération, surtout pendant les périodes chaudes ce qui est n'est le cas au sein de la ferme
Le seul intrant nécessaire est la nourriture des poissons	Risque des fuites ou des défaillances mécanique ou électrique
Les produits issus de notre installation sont organiques	
Une double production, végétal et animal en même temps dans un peu de temps	
Nécessite pas beaucoup de matériel ou de mains d'ouvres	
Possibilité d'installer le système dans des petits espaces	

## CONCLUSION

Notre étude a porté sur la conception d'un système aquaponique rafts couplé avec un circuit fermé, simple, performant, facile à installer, durable et rentable.

Au cours de cette étude nous pouvons conclure que l'installation d'un système aquaponique rafts est réalisable avec du matériel disponible localement, ainsi la construction du système ne nécessite pas de grandes compétences techniques.

L'aquaponie ouvre les portes d'exploitation de petite et à grande échelle tout dépend les objectifs ciblés.

Notre travail a conduit à la mise en place d'un système rafts composé d'un bassin de poissons qui alimente trois bacs de cultures. Ces derniers sont liés à un bac de récupération. Grâce à une pompe submersible située au fond du bac de récupération l'eau est pompée vers le bassin de poissons.

Nous avons réalisé deux cycles de production pour améliorer les performances de notre installation. Le poisson chat, les fraiser, la laitue sont les espèces utilisés durant le 1<sup>er</sup> cycle. Dans le deuxième, nous avons introduit le tilapia rouge, la laitue, et les épinards rouges.

La suivie des paramètres physico-chimique, nous a permis de donner une aide sur la qualité d'eau dans le système.

A la fin nous avons obtenu des résultats satisfaisantes en terme de croissance et de productivité, sans oublier les anomalies qu'on a rencontrés durant l'expérience. Ces défis nous ont permis d'apprendre plus, de corriger et d'améliorer le système.

Vu l'emplacement de l'Algérie dans une zone à fort stress hydrique, nous recommandons en perspectives l'encouragement de la mise en place d'installations aquaponiques d'intérêt économique afin de produire des végétaux à moindre coût hydrique et contribuer à la sécurité alimentaire dans notre pays.

## **ANNEXES**

**Tableau 01:** Poids et longueur de tilapia initial et final.

N° Tilapia	Poids I	Poids F	Longeurs I	longeurs F
1	174	235,5	20	23,5
2	133,81	158,63	16,5	19,32
3	78,75	94,5	14,6	18,7
4	74,18	99	15	17,82
5	59,6	79,5	16,8	19,62
6	55,16	71,5	17,2	20,02
7	38,74	60	13,3	15,9
8	36,7	55	12,8	14,3
9	36,2	54	10,5	14
10	25,72	50	13,6	15,6
11	21,34	49,5	11,7	14,8
12	19,04	44	11	13,3
13	18,88	43,7	10,3	13,12
14	18,46	43,28	9	11,82
15	9,95	34,77	11,3	14,12

**Tableau 02:** Poids et longueur de laitue initial et final.

N° Laitue	Poids I	Poids F	Longure Racine I	Longure Racine F	longueur tige I	longueur tige F
39	3,3	11,3	6,5	18,5	8,8	13,1
40	2,79	11,77	5	17,2	8	14,3
41	3,17	14,1	5	15	6,7	14,5
42	2,82	11,63	6	20,5	9	14,8
43	3,32	9,04	9,5	17,3	10	13,2
44	2,77	15,45	6,5	23,5	7	14,6
45	3,91	12,3	5,5	22,3	8	15,1
46	4,18	13,1	6,5	13,4	10,5	15,6
47	4,72	10,55	7,5	12,4	7	13,3
48	7,18	6,09	6,5	14,2	9	15,4
49	5,6	17,85	4,5	22,3	7,5	13,2
50	6,97	9,51	5,5	15	6,5	10,2
51	5,38	13,1	3,5	13	7,5	13,6
52	5,54	13,92	3,5	12,9	7,5	13,2
53	5,91	10,17	6	11	8	11,5
54	4,81	10,36	4,5	14	8,3	12
55	5,09	10,75	4,5	11,2	8	11
56	3,46	8,08	7	17,8	7,1	10,6
57	4,16	8,22	6,5	19	6,3	13,2
58	6,15	25,85	9	25,3	6,7	13,1

**Tableau 03:** Poids et longueurs de laitue initial et final.

N° Laitue	Poids I	Poids F	Longure Racine I	Longure Racine F	longueur tige I	longueur tige F
10	17,35	33,59	15	30,82	18	24,21
11	17,5	33,74	13,5	32,92	20,1	26,31
12	11,94	28,18	8	30,12	17,3	23,51
13	7,06	23,3	5	25,02	12,2	18,41
14	9,44	25,68	10,5	28,72	15,9	22,11
15	4,64	20,88	13	27,32	14,5	20,71
16	15,42	31,66	11	34,82	22	28,21
17	24,13	40,37	13	31,82	19	25,21
18	31,14	47,38	13,5	31,42	18,6	24,81
19	20,3	36,54	12	30,12	17,3	23,51
20	17,66	33,9	16,7	29,82	17	23,21
21	32,45	48,69	18	34,02	21,2	27,41
22	12,57	28,81	17	29,32	16,5	22,71
23	23,22	39,46	21	30,82	18	24,21
24	34,37	50,61	18	34,32	21,5	27,71
25	18,06	34,3	17	34,82	22	28,21
26	55,27	71,51	27	38,82	26	32,21
27	30,82	47,06	17	33,32	20,5	26,71
28	49,66	65,9	22	35,32	22,5	28,71
29	77,54	93,78	15	36,82	24	30,21

**Tableau 04:** Poids et longueurs d'épinard initial et final.

N° épinard	Poids I	Poids F	Longure Racine I	Longure Racine F	longueur tige I	longueur tige F
1	6,04	13,69	12	28,6	18,5	23,8
2	16,7	24,35	10	26,6	24,5	29,8
3	8,61	16,26	9	26,5	13,4	18,5
4	8,79	11,84	7	22,6	22	23,5
5	4,11	11,91	8,5	25,1	20	25,2
6	16,65	24,45	14	30,6	22,5	27,7
7	11,63	19,43	6	22,6	26	31,2
8	7,25	10,53	8	32,3	14,5	19,2
9	8,85	13,61	11	20	15,5	17,9
10	9,53	17,43	10	26,6	15	20,3
11	7,68	21,04	12	45,8	20,5	32,5
12	6,44	14,09	8	24,6	14,5	19,5
13	7,85	15,5	6	22,6	13,5	18,5
14	6,76	14,41	15,5	32,1	16,5	21,5
15	3,59	11,24	5	21,6	17	22
16	7,46	15,79	15	25	25	30
17	4,1	17,1	5	21,6	14	19,9
18	4,89	12,84	7	23,6	13,5	18,6

**Tableau 05:** Nombre des composants des fraisiers.

<b>N° Fraise</b>	<b>feuilles</b>	<b>fleurs</b>	<b>fruits</b>
1	16	0	3
2	8	5	0
3	12	2	1
4	16	0	6
5	19	4	0
6	17	5	1
7	10	6	1
8	14	1	5
9	24	0	6
10	4	2	0
31	18	2	3
32	12	0	4
33	17	3	0
34	19	3	3
35	17	2	0
36	11	7	1
37	8	0	0
38	3	0	2
39	16	3	0
40	8	4	2
41	12	0	3
42	16	2	0
43	19	2	0
44	17	5	3
45	10	2	3
46	14	4	1
47	24	0	4
48	6	3	3
49	6	1	0
50	30	4	0
51	20	2	3
52	6	4	1
53	27	1	0
54	12	2	3
55	9	0	2
56	12	1	2
57	9	1	1
58	3	1	4

## Bibliographie

**Bernstein,S. (2011).** Aquaponic Gardening : A Step by Step Guide to Raising Vegetables and fish Together (1<sup>ère</sup> éd). Gabriola Island, Canada : New Society Publishers.p, 296.

**Bouhenni K-I., Chabani R (2017).** Réalisation d'une micro-ferme aquaponique et développement d'une application de gestion commerciale pour les projets d'aquaponie. *Mémoire de Master, Univ .tech .Tlemcen* : 25-26 p.

**Carvalho, R., Bastos, R. et Souza, C. (2018).** Influence of the use of wastewater on nutrient absorption and production of lettuce grown in a hydroponic system. *Agricultural Water Management*, 203, 311-321. <http://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.03.028>.

**Connolly,K. et Trebic, T.(2010).** Optimization of a Backyard Aquaponic Food Production System (BREE 495 Design 3).Canada : McGill University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences.

**Davis, P.( 2015).** Lighting: The Principles. Agriculture and Horticulture Development Board Technical Guide

**Delong, D.P., Losordo, T, M, et Rakocy, J, E, (2009, Juin).** *Tank Culture of Tilapia (SRAC Publication No, 282)*. US, Southern Regional Aquaculture Center.

**Diver S., (2006).** Aquaponics – Integration hydroponics with aquaculture. A publication of ATTRA\_ National Sustainable Agriculture Information Service, [en ligne], 28 p <http://attra.ncat.org/attr-pub/download.php?id=56> (consulter le 10/06/2022).

**FAO. (2015).** Aquaculture : École pratiques d'agriculture et de vie pour jeune (JFFLS)- guide de l'animateur, Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

**FAO. (2018).** La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous, [en ligne], Rome, 254 p ., <http://www.fao.org/3/i9540fr/i9540fr.pdf> (consulté le 23/06/2022).

**Faucard P., Tocqueville A., Gaume M., Labbe L., Baroiller J.F., Lejolivet C., Lepage S., D. B. (2015).** *Innovations Agronomiques* 45 (2015), 125-139, 45, 125–139.

**Fortier J-F. (Page consultée le 03/06/2022).** hydroponie : définition, explications. [*En ligne*]Adresse URL : Hydroponie : définition, explications culture hydroponique (aquaportal.com).

**Gunning,D., Maguire, J, et Burnell, G. (2016,16 Décembre).** The development of sustainable saltwater-based food production systems ; A review of established and novel concepts. *Water Journal*, 8(12) ,598 <http://doi.org/10.3390/w8120598>.

**Harlaut, P. (2015).** Tout savoir sur l'aquaponie : L'aquaponie expliquée de A à Z Disponible sur <https://www.aquaponie.fr/formation-aquaponie/#ebook>.

**Hirel B et Krapp A (2000,22 Février).** Nitrogen utilization in plants :Biological and agronomic importance. Reference Module in life Sciences <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.21265-X>

**Hu, Z., Lee, J.W., Chandarn, K., Kim,S., Brotto, A. C. et Khanal, S.K.(2015,Juillet).** Effet of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. *Bioresource Technology*, 188,92-98. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.01.013>.

**Lacroix, E. (2004,Avril).** Pisciculture en Zone Tropical. Hamburg, Allemagne : GFA Terra Systems.

**Laramee, B. (Dir) et Nollet, E. (2018).** L'aquaponie,une technologie de production alimentaire qui répond aux défis environnementaux et sociaux .Dans A. Meybeck,E. Laval, R .

**Lennard W., Leonard B., (2006).** Chapter 5 : Aquaponics- The basics. Dans S Goddek,A. Joyce,B,Kotzen,& G.M. Burnell (Eds) *Aquaponics Food Production Systems :Combined Aquaculture and hydroponic Production technologies for the future* (1<sup>ère</sup> éd). (pp.113-143). Charm,Suisse ;Springer Nature Sweeterland AG <http://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6>.

**Morel P.,Poncet L.,Riviere M., (2000).** Un point sur les support de culture horticoles,Intra éditions,Paris,90 p.

**Pramanik M. H. R.,Nagi M., Asao T.,Matsui Y., (2000).** Effects of temperature and photoperiod on phytotoxic root exudates of cucumber (*Cucumis sativus*) in hydroponic culture . *Journal of Chemical Ecology*, 26 (8), 1953-1967.

**Renkui C., Dashu N.,Jianguo W., (1995) .** *Rice-fish culture in China*, IDRC/ CRDI, Ottawa, 276p

**Riche, M. et Garling,D. (2003,Août).** *Feeding Tilapia in intensive Recirculating Systems*.North Central Regional Aquaculture Center.

**Rorabaugh, P.A. (2015).** Introduction to Controlled Environment Agriculture and Hydroponics. Controlled Environment Agriculture Center, University of Arizona, Tucson.

**Salam, M. A., Asadujjaman, M. et Rahman, M.S. (2013).** Aquaponics for improving high density fish pond water quality through raft and rack vegetable production. *World Journal of ish and Marine Sciences*, 5(3), 251- 256 <http://doi.org/10.5829/idosi.wjfms2013.05.03.7274>.

**Somerville,C., Cohen, M.,Pantanella,E.,Stankus, A, et Lovatelli, A, (2014) .** Small-scaleAquaponic food production : Integrated fish and plant farming. Rome : FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No 589. <http://doi.org/14021E/1/08.14>.

**Timmons M., et Ebeling J-M (2013).** Recirculating aquaculture (3ème éd), New York : Ithaca Publishing Campany.

**Turcios A.E., Papenbrock J., (2014).**Sustainable treatment of aquaculture effluents – what can we learn from the past for the future ? *Sustainability*, 6,836-856.

**Van Os Ea, Gieling Th, Lieth Jh (2008)** Technical equipment in soilless production systems. In: Raviv, Lieth (eds) *Soilless culture, theory and practice*. Elsevier, Amsterdam, pp 157–207.

**Yildiz,H-Y., Robaina L., Pirhonen J., Mente E.,Domingue.,Paris G., (2017).** Fish welfare in aquaponic systems ;Its relation to water quality with an emphasis on feed and facces,a review,*Journal of water* ,9(1),13 <http://doi.org/10.3390/w9010013>.