

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : Aquaculture

Thème :

Mise en place d'un élevage en aquaponie.

Présenté par :

-MAROUF Ihab Abd El Kader.

Soutenu le 14/09/2017 devant le jury suivant :

Mr. REFES.	Maître-conférence A	ENSSMAL	Président.
Mme. MESLEM.	Maître-assistante A	ENSSMAL	Examinatrice.
Mr. DAHMANI.	Doctorant	ENSSMAL	Examineur.
Mr. LOURGUIOUI.	Maître-assistant A	ENSSMAL	Promoteur.

Promotion : 2016/2017.

Remerciements

Tout d'abord, je remercie Dieu le tout puissant pour me avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.

Je tiens à remercier Mr le président (Mr REFES) d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.

Mme MESLEM et Mr. DAHMANI. De nous avoir honorés de leur présence, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

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.

Tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à l'élaboration de ce travail et dont je peux citer les noms qu'ils trouvent nos sincères remerciements.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Mr BOUDJELLAL et Mr HENECHÉ pour leurs aides et leurs soutient.

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail

*A mon père et ma chère mère et Ma tante Razika pour
tous ce qu'ils ont faits pour moi durant mes études*

A mes frères et sœur en particulier

*A tous mes chers amis(es), et toute la promotion aquaculture
2016-2017 ...*

Mes professeurs de l'ENSSMAL

Et à toutes les personnes qui m'ont connu...

M.ihé

Listes des figures

I. Principe d'un système aquaponique

Figure I.1 : les trois acteurs majeurs pour un système aquaponique (FAO 2017)	3
Figure I.2 : Représentation d'une unité aquaponique constituée de culture sur raft et de Deux filtres (mécanique et biologique) (FAO, 2017)	7
Figure I.3 : Représentation d'une unité aquaponique constituée d'un lit de culture à substrat inertes (FAO, 2017).....	8
Figure I.4 : Représentation d'une unité aquaponique constituée de cultures sur film nutritif (FAO, 2017).....	8

II. Matériels et méthodes

Figure II.1 : Bacs de culture en plastique	12
Figure II.2 : Bassin en résine pour les poissons.....	12
Figure II.3 : Tonneau de volume (55 cm ³).....	12
Figure II.4 : Réservoir IBC	12
Figure II.5 : Tonneau (33 cm ³).....	12
Figure II.6 : Boite en plastique (47 cm ³).....	12
Figure II.7 : Trop-plein pour le bassin à poissons	14
Figure II.8 : Tuyau flexible du bassin à poissons vers le filtre à tourbillon	14
Figure II.9 : Trop-plein de sécurité	14
Figure II.10 : Robinet d'évacuation	15
Figure II.11 : Positionnement de trou sur le bas du bassin	15
Figure II.12 : Tonneau de 55 litres utilise comme un filtre a tourbillon.....	15
Figure II.13 : L'entrée d'eau par un coude PVC 90°	15
Figure II.14 : Accordement du bassin d'élevage des poissons avec le filtre à tourbillon	15
Figure II.15 : Trou de 32 mm pour la sortie d'eau.....	16
Figure II.16 : Le trop-plein par un coude PVC 90°.....	16
Figure II.17 : Robinet d'évacuation au fond du filtre	17
Figure II.18 : Trou d'évacuation sur le fond.....	17
Figure II.19 : L'emplacement du filtre mécanique	17

Figure II.20 : La boîte utilisée pour le filtre mécanique	18
Figure II.21 : L'entrée et la sortie d'eau dans la boîte	18
Figure II.22 : L'entrée d'eau vers le bio-filtre	18
Figure II.23 : Emplacement du bio- filtre avec le filtre mécanique.....	18
Figure II.24 : La sortie d'eau vers le système hydroponique.....	19
Figure II.25 : Robinet de vidange du bio-filtre	19
Figure II.26 : Trois bacs de culture en plastique.....	20
Figure II.27 : Trois cuves IBC	20
Figure II.28 : Traçage des deux linges de découpage	20
Figure II.29 : Découpage du bassin en deux cuves Symétrique	20
Figure II.30 : Séchage des bacs de culture a l'air libre	21
Figure II.31 : Traçage des limites de chaque bacs sur le réservoir IBC	21
Figure II.32 : Bac de culture sur raft.....	22
Figure II.33 : Bac de récupération	22
Figure II.34 : Bac de culture avec un support métallique et une palette en plastique	22
Figure II.35 : Schéma représentatif du principe de fonctionnement d'un trop-plein.....	23
Figure II.36 : Trop-plein de 30 cm à l'extrémité du fond.....	24
Figure II.37 : Placement d'accordeur-citerne dans le trou du trop-plein	24
Figure II.38 : Trop-plein (30 cm) de forme (L)	24
Figure II.39 : Trou du trop-plein pour les bacs IBC	24
Figure II.40 : La sortie d'eau vers e système Hydroponique.....	25
Figure II.41 : Les tuyaux de distribution d'eau pour les bacs de culture.....	25
Figure II.42 : Les robinets de distribution pour chaque bac de culture	25
Figure II.43 : Raccordement du canal d'évacuation avec le bac de récupération.....	26
Figure II.44 :L'évacuation des bacs de culture vers le bac de récupération	26
Figure II.45 : Tuyau de récupération vers le bac à poisson	26
Figure II.46 : Pompe submersible au fond du bac	26
Figure II.47 : Pompe à air de marque ATMAN	27
Figure II.48 : Préparation des radeaux en polystyrène avec 15 trous	28
Figure II.49 : Placement des radeaux dans les bacs rectangulaires	28
Figure II.50 : Préparation des radeaux en polystyrène avec 30 trous pour les bacs IBC.....	29
Figure II.51 : Placement de la laitue dans des Goblet en plastique	29
Figure II.52 : Plantation des goblet sure les radeaux en polystyrène	29

III. Résultats Et Discussion

Figure III.1 : Schéma descriptive de circuit d'eau dans le système aquaponique	34
Figure III.2 : Positionnement des radeaux par apport à leur bac	38
Figure III.3 : Schéma des radeaux en polystyrène pour les bacs rectangulaire.....	39
Figure III.4 : Schéma des radeaux en polystyrène pour les bacs carré.....	39
Figure III.5 : numérotation et position des plantes	40
Figure III.6 : Tuyau fixable de 26 mm relié le filtre à tourbillon avec le filtre mécanique.....	41
Figure III.7 : Tuyaux PVC de 32 mm de diamètre	41
Figure III.8 : Tuyau PVC qui relie le système hydroponique avec le bac de récupération	42
Figure III.9 : Démonstration 3D du système (Google SketchUpMake-fr-x64).....	44

Liste des tableaux

I. Principe d'un système aquaponique

Tableau I-1 : Les poissons les plus utilisés dans les systèmes aquaponiques avec leur nom scientifique	3
Tableau I-2 : Le seuil critique des paramètres idéaux pour l'eau de l'aquaponie	8

II. Matériels et méthodes

Tableau II-1 : liste de matériels utilisés.....	11
Tableau II-2 : Description des tuyaux et accessoires utilisés pour l'installation aquaponique ...	13

III-Résultats Et Discussion

Tableau III-1 : Valeur des paramètres physico-chimiques (T°, pH, DO) dans le système aquaponique	35
Tableau III-2 : Paramètres idéaux des paramètres physico-chimiques (T°, pH, DO) (SOMERVILLE <i>et al.</i> , 2014).....	35
Tableau III-3 : Constatation des nitrites et nitrates dans l'entrée et la sortie du	35
Tableau III-4 : Le seuil critique pour les nitrates et les nitrites dans un système aquaponique (SOMERVILLE <i>et al.</i> , 2014).....	36
Tableau III-5 : Constatation des nitrites et nitrates dans l'entrée et la sortie du bio-filtre après l'augmentation de nombre des bouchons	36
Tableau III-6 : Résultats de comptage et tri des alevins transportés	37
Tableau III-7 : Surfaces des radeaux par apport à leur bac de culture	38
Tableau III-8 : La différence du poids et taille des laitues plantées dans le système	42
Tableau III-9 : Avantages et inconvénients du système	43

Liste des acronymes

- **DO:** Oxygène dissous.
- **DWC:** Deep Water Culture.
- **FAO:** Food and agriculture organization.
- **H:** Hauteur.
- **Lo:** Longueur.
- **La:** Largeure.
- **Lr:** Longueur de la racine.
- **Lt:** Longueur totale.
- **MBT:** Media Bed Technique.
- **NFT:** Nutrient Film Technique.
- **NH₃:** Ammoniac.
- **NH₄⁺:** Ammonium.
- **NO₂⁻:** Dioxide d'azote.
- **NO₃⁻:** Nitrate.
- **PVC:** Polyvinyl-chlorite.
- **RAS:** Recirculating Aquaculture System.
- **T°:** Temperature.

SOMMAIRE

Sommaire

LISTE DES FIGURES :	v
LISTE DES TABLEAUX :	vi
LISTE DES ACRONYMES :	vii
TABLE DES MATIERES :	viii
Introduction :	2
I. Principe d'un système aquaponique :	3
I.1. Définition :	3
I.1.1. Hydroponie :	3
I.1.2. Aquaponie :	3
I.2. Les acteurs d'un système aquaponique :	3
I.2.1. Les poissons :	4
I.2.2. Les plantes :	5
I.2.3. Les bactéries nitrificatrices :	5
I.3. Les différentes Techniques de culture en aquaponie :	6
I.3.1. Technique de culture sur raft (DWC) :	6
I.3.2. Technique de culture sur lit de substrats inertes (MBT) :	7
I.3.3. Technique de culture sur film nutritif (NFT) :	8
I.4. Les paramètres idéaux de l'eau d'un système aquaponique :	8
II. Matériels et méthodes :	
II.1. Matériels utilisés :	11
II.1.1. Les matériaux nécessaires pour l'installation du système.....	11
II.1.2. Tuyauteries du système et accessoires :	13
II.1.3. Matériaux de la plomberie.....	13
II.2. Méthodes :	13
II.2.1. Préparation des bassins à poissons :	13
II.2.1.1. Installation du trop-plein :	14
II.2.1.2. Installation du robinet d'évacuation :	14

Sommaire

II.2.2. Conception des filtres (mécaniques et biologiques) :.....	15
II.2.2.1. Filtre à tourbillon :	15
II.2.2.2. Filtre mécanique :	17
II.2.2.3. Filtre biologiques:.....	18
II.2.3. Préparation du système hydroponique:	19
II.2.3.1. Conception des deux bacs de culture avec une cuve IBC	20
II.2.3.2. Conception du bassin de récupérations et un bac de culture avec une cuve IBC :	21
II.2.3.3. Conception des Supports en métal pour les bacs de culture :.....	22
II.2.4. Conception du trop-plein :.....	23
II.2.4.1. Principe de fonctionnement du trop-plein :	23
II.2.4.2. Trop-plein pour les bacs rectangulaires :.....	23
II.2.4.3. Trop-plein pour les cuves IBC :	24
II.2.5. Montage de la tuyauterie de distribution d'eau vers les bacs hydroponiques	25
II.2.6. Montage de la tuyauterai de recyclage d'eau vers le bac de récupération.....	25
II.2.7. Le routeur d'eau du bac de récupération vers le bassin a poisson.....	26
II.2.8.Le poisson :	26
II.2.8. Aération du système :	27
II.2.9. La mise en place des plantes dans les rafts :	27
II.2.9.1.Prapartion des radeaux en polystyrène :	27
II.2.9.2. Plantation de la laitue sure les radeaux flottantes :.....	29
II.2.10.Caractéristiques du milieu d'élevage :	30
II.2.10.1. Les paramètres physico-chimiques :.....	30
II.2.10.2. Les sels nutritifs :.....	30
III. Résultats et Discussion :	32
III.1. Le circuit d'eau :.....	32
III.1.1. Le déplacement d'eau dans le système de filtration :	32

Sommaire

III.1.2. Le circuit d'eau de bio-filtre vers le système hydroponique :.....	32
III.1.3. Le retour d'eau vers le bac a poisson :.....	33
III.2. Qualité d'eau :	35
III.2.1. Les paramètres physico-chimiques :.....	35
III.2.2.. Les sels nutritifs :	35
III.3. Le poisson :.....	37
III.4. Les plante :.....	37
III.4.1. La surface cultivable :	37
III.4.2.Plantation sur les radeaux :	38
III.4.3. Placement des radeaux et numérotation des plantes :.....	40
III.4.Les difficultés rencontre :	40
III.4.1. Les fuites :.....	40
III.4.2. Le problème de dépit :	41
III.4.3. Le problème du niveau :.....	41
III.4.4. La taille des plantes utilisées :	42
III.5. Les avantages et les inconvénients du système :	43
III.6. Démonstration en 3D du système :.....	44
Conclusion :	46
IV.Bibliographie:	48
V. Annexe:	50
VI. Résumé :	56

INTRODUCTION

Introduction

Introduction

L'aquaponie est un concept peu connu dans notre pays, alors qu'elle est pratiquée, à différentes échelles, de manière plus ou moins empirique ou scientifique, en bien d'autres régions du monde.

Il est estimé que d'ici à 2050, nous ferons face à une insuffisance d'eau potable (**GUNNING, 2016 ; König, 2016**). Les régions du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord sont les zones où la disponibilité en eau est la plus faible, 95% de la demande en eau mondiale est destinée à l'agriculture (**FAO, 2017**). Face à la croissance de la population mondiale et à celle de ses besoins d'eau potable et des produits alimentaires, il ne sera possible de répondre à cette demande qu'en trouvant d'autres solutions plus économique et durable.

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**).

L'objectif de cette étude est la réalisation d'un système aquaponique fonctionnel, en donnant les paramètres idéals de la qualité d'eau, avec la description et le suivi de circuit d'eau dans chaque composant du système. Aussi établir des schémas explicatifs pour les surfaces cultivables et les radeaux plantés, en finira par une démonstration 3D pour l'installation.

Cette étude fournit un guide pratique, qui explique en détail comment installer un système aquaponique en circuit fermé menu d'un système de filtration mécanique et biologique, par l'utilisation du tilapia rouge (*Oreochromis nilotique*) et laitue beurre (*Lactuca sativa*), aussi la méthode de mis en place des radeaux en polystyrène, utilisé comme raft de culture hors-sols (DWC).

I-Principe d'un système aquaponique

I. Principe d'un système aquaponique :

I. Principe d'un système aquaponique :

I.1. Définition :

I.1.1. Hydroponie :

Hydroponie est une technique moderne intensive qui consiste à cultiver les végétaux hors sol (BITON, 2017). La culture des plantes se fait directement dans une solution nutritive à base d'eau contenant tous les éléments nutritifs. Elle permet de produire avec une grande efficacité des fruits et légumes dans un espace réduit, pendant une grande partie de l'année (FAO, 2017). Les végétaux sont également beaucoup plus faciles à tailler, surveiller et récolter.

Les plantes poussent dans des supports ou substrats inertes (billes d'argile ou des cailloux), donne l'avantage à réduire la compétition des exogènes, et des prédateurs traditionnellement hébergés par le sol (FAO, 2017).

I.1.2. Aquaponie :

C'est une technique de culture des végétaux avec l'élevage des poissons. Il s'agit d'un système en circuit fermé (JIJAKLI, 2014), en utilisant des cycles bactériens naturels de transformation des déchets de poissons en nutriments pour les plantes (FOUCARD, 2015). C'est une façon écologique et naturelle de produire de la nourriture qui réunit à la fois les meilleures qualités de l'aquaculture et de l'hydroponie, sans avoir besoin de rejeter l'eau ou d'utiliser des fertilisants chimiques (FAO, 2017).

I.2. Les acteurs d'un système aquaponique :

Le système fonctionne autour de trois acteurs majeurs (Fig. 1).

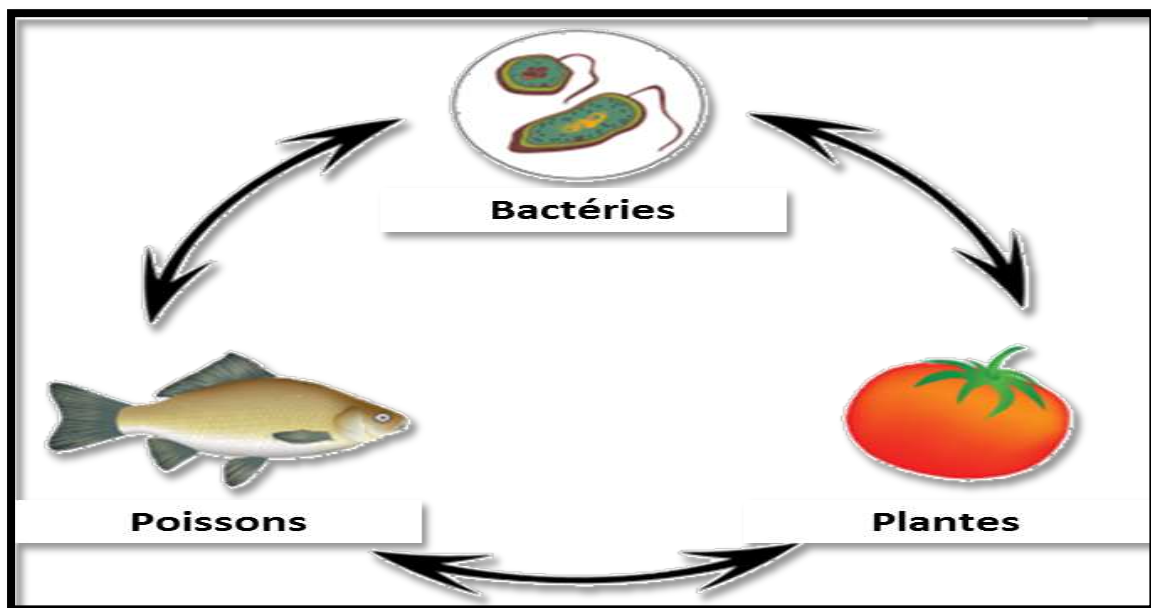


Figure 1 : les trois acteurs majeurs pour un système aquaponique (FAO 2017)

I. Principe d'un système aquaponique :

I.2.1. Les poissons :

Les poissons sont le moteur des systèmes aquaponiques, ils fournissent des nutriments pour les plantes et également une source de protéines pour l'homme si les poissons élevés sont comestibles (JIAKLI, 2014).

D'après Grégory Biton (2017), il est important d'adapter les espèces à la température moyenne du système. Il existe de nombreux poissons qui peuvent être utilisés dans un système aquaponique, selon les zones climatiques, car il est important de les choisir conformément à notre climat (BITON, 2017).

Le tableau ci-dessous liste les poissons utilisables dans l'aquaponie sur la base des expériences précédente (RAKOCY *et al.*, 2006)

Tableau 1 : Les poissons les plus utilisés dans les systèmes aquaponiques avec leur nom scientifique

Poisson	Nom scientifique
Le tilapia	<i>Oreochromis niloticus</i> ou <i>Oreochromis mossambicus</i>
Truite arc-en-ciel	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
La perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>
la carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>
La carpe Koï	<i>Cyprinus carpio carpio</i>
Le black-bass	<i>Micropterus salmoides</i>
La brème (mulet)	<i>Abramis brama</i>
Le poisson-chat	<i>Clarias gariepinus</i>
Le barramundi	<i>Lates calcarifer</i>
La perchaude	<i>Perca flavescens</i>

I. Principe d'un système aquaponique :

I.2.2. Les plantes :

De nombreux types de plantes peuvent être cultivés dans un système aquaponique tel que les salades, choux, bettes, pak choi, cresson, haricots, fèves, tomates, poivrons, melons, concombres, fraises... (GOODMAN, 2011).

Les plantes se nourrissent des déjections de poissons comme une source d'azote, elles vont assurer leur croissance et ainsi purifier l'eau pour les poissons (CHAKRAVARTTY *et al.*, 2017).

I.2.3. Les bactéries nitrificatrices :

Les bactéries sont un élément clé dans un système aquaponique. Elles assurent le rôle essentiel de transformer successivement l'ammoniac (NH_3) en nitrites (NO_2^-) puis en nitrates (NO_3^-) (BITON, 2017).

I.2.3.1. Le cycle de l'azote :

L'azote organique des déjections des poissons se dégrade grâce à des micro-organismes et à l'oxygène (BITON, 2017). Il se transforme en ammoniac ou en ammonium, cela dépend de l'acidité de l'eau du système, si il est acide, l'azote organique se transformera en ammonium (NH_4^+), tandis qu'en eau basique, il se transformera en ammoniac (NH_3) (BLIDARIU *et al.*, 2011). Cette transformation se décrit par l'équation suivante selon (CHAKRAVARTTY, *et al.*, 2017)



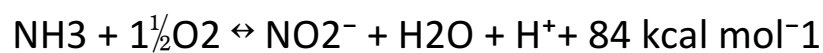
Au-delà d'une certaine concentration, l'ammoniac excrétée par les poissons sera toxique et provoquera le gonflement des branchies ce qui peut provoquer une asphyxie. (HARLAUT, 2015).

I.2.3.1.1. La nitrification :

Durant cette phase les bactéries nitrifiantes vont transformer l'ammoniac (NH_3) et l'ammonium (NH_4^+) en nitrates (NO_3^-) suivant deux étapes (KIRÁLY, 2013) :

- ✚ La nitrosation : transforme l'ammonium (NH_4^+) et l'ammoniac (NH_3) en nitrites (NO_2^-) grâce à des bactéries *nitrosomonas*.

L'équation de la nitrosation selon (CHAKRAVARTTY *et al.*, 2017)

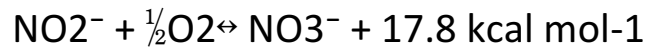


I. Principe d'un système aquaponique :

Les nitrites sont toxiques et ne permettent pas au sens de véhiculer correctement l'oxygène. (HARLAUT, 2015).

✚ La nitratisation : intervient sur la transformation des nitrites (NO_2^-) en nitrates (NO_3^-) par des bactéries *nitrobacter*.

L'équation de La nitratisation selon (CHAKRAVARTTY *et al.*, 2017).



Les nitrates (NO_3^-) sont peu toxiques pour les poissons et assimilables par les plantes (HARLAUT, 2015).

I.3. Les différentes Techniques de culture en aquaponie :

Il existe trois principaux types de systèmes aquaponiques, issues des principales méthodes de cultures hydroponiques plus couramment utilisées dans l'industrie alimentaire à travers le monde entier. Les trois techniques sont la culture sur raft, la culture sur lit de substrats inertes et la culture NFT (CHAKRAVARTTY *et al.*, 2017).

I.3.1. Technique de culture sur raft (Deep Water Culture) :

Aussi appelée la culture en eau profonde (Fig. 2). C'est la technique la plus utilisée en aquaponie à but commercial (SOMERVILLE *et al.*, 2014)

Les plantes sont cultivées sur des plaques de polystyrène (radeaux) qui flottent au-dessus de l'eau avec leurs racines pendant dans l'eau qui circule en dessous des plaques, Le système offre une exposition maximale des racines à l'eau de culture à cause de l'importante quantité de nitrification qui se produit sur le dessous des radeaux, qui est une caractéristique bénéfique pour les plantes (CHAKRAVARTTY *et al.*, 2017).

C'est une technique qui fonctionne en flux continu avec un niveau d'eau constant à partir du réservoir de poissons à des composants de filtration (mécanique et biologique) et en suite au réservoir de radeau où les plantes sont cultivées et en fin de nouveau a le réservoir de poissons (SOMERVILLE *et al.*, 2014)

I. Principe d'un système aquaponique :

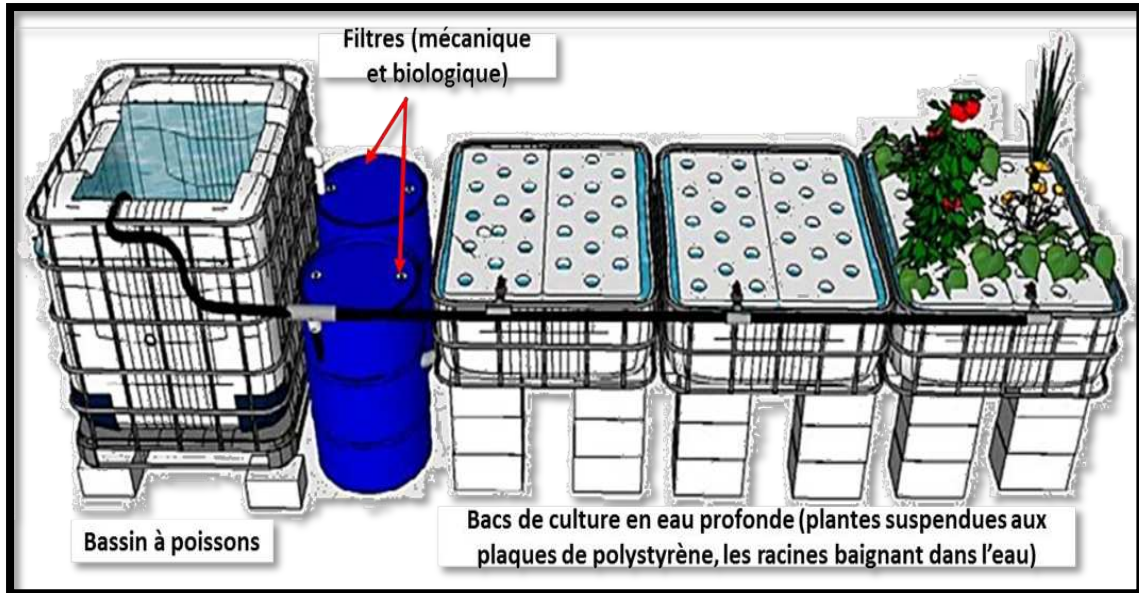


Figure 2 : Représentation d'une unité aquaponique constituée de culture sur raft et de Deux filtres (mécanique et biologique) (FAO, 2017)

I.3.2. Technique de culture sur lit de substrats inertes (Media Bed Technique, MBT) :

Les lits de culture représentent la forme la plus simple d'aquaponie, en utilisant des bacs de culture remplis de substrat (billes d'argile ou schiste expansé, gravier) dans lequel les plantes pousseront (Fig. 3).

Le substrat inerte est colonisé par des bactéries qui participent au processus de transformation de l'ammoniac (déchets des poissons) en nitrates dans le système (SOMERVILLE *et al.*, 2014).

L'eau est donc pompée du bassin des poissons pour être déversée dans les bacs de culture, Ce style de système peut être utilisé en deux manières différentes, avec un débit continu de l'eau sur les billes ou par les inondations et drainage du lit (SOKOLOWSKA *et al.*, 2011).

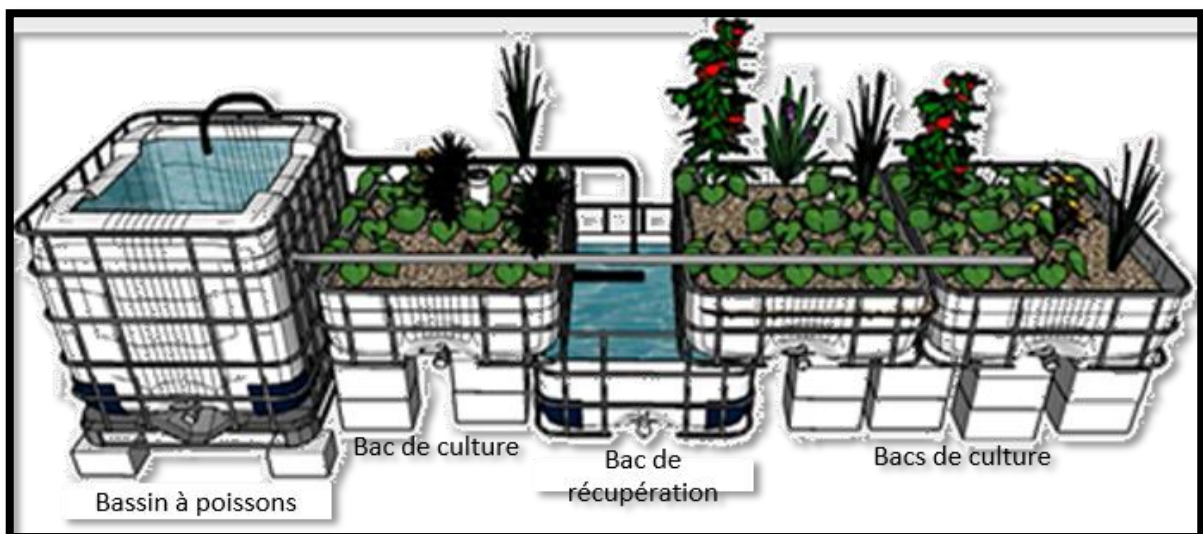


Figure 3: Représentation d'une unité aquaponique constituée d'un lit de culture à substrat inertes (FAO, 2017)

I. Principe d'un système aquaponique :

I.3.3. Technique de culture sur film nutritif (NFT) :

Le NFT est une méthode couramment utilisée dans l'hydroponique, mais n'est pas aussi fréquente dans les systèmes aquaponique, car elle n'est pas vraiment adaptée à tous les types de plantes (les grandes plantes ont des systèmes racines trop volumineux qui deviennent trop lourds pour le système) (SOKOLOWSKA *et al.*, 2011).

Les plantes sont dans des petits pots qui sont ensuite coincés par des ouvertures de tuyaux pvc légèrement inclinés (figure 3). L'eau riche en nutriments est pompée dans les rigoles fermées où il va s'écouler en flux permanent dans le système (SOMERVILLE *et al.*, 2014).

L'installation de filtres mécaniques et biologiques est indispensable pour éviter le colmatage des tuyaux de culture par les matières solides en suspension et aussi pour la nitrification des déchets dissous toxiques des poissons (SOMERVILLE *et al.*, 2014).

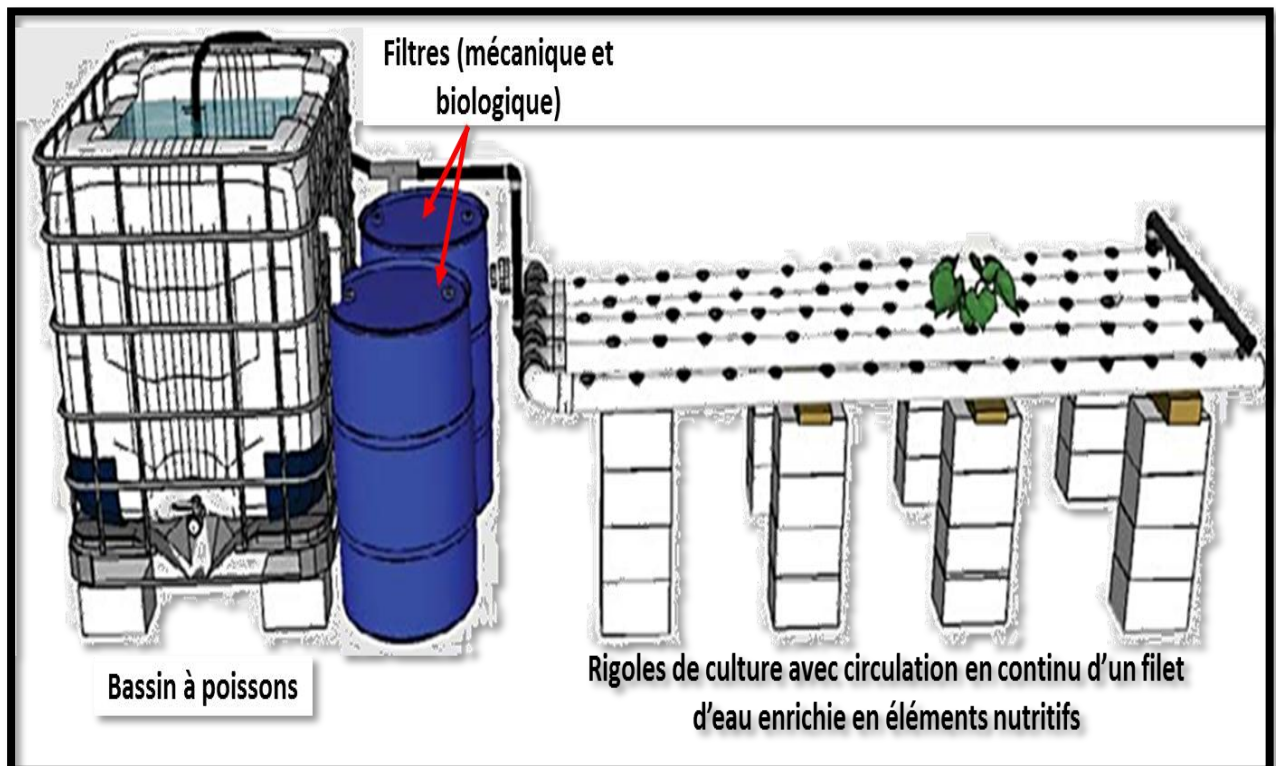


Figure 4: Représentation d'une unité aquaponique constituée de cultures sur film nutritif (FAO, 2017)

I.4. Les paramètres idéaux de l'eau d'un système aquaponique :

Selon Somerville et al (2014), l'eau injectée dans le système doit être suivie par les paramètres cités dans le tableau ci-dessous (SOMERVILLE *et al.*, 2014)

I. Principe d'un système aquaponique :

Tableau 2 : Le seuil critique des paramètres idéaux pour l'eau de l'aquaponie

Paramètres	seuil critique
Température de l'eau	18–30° C
pH	6–7
Taux d'ammoniaque (NH ₃)	< 1 mg/litre
Taux de nitrite (NO ₂ ⁻)	< 1 mg/litre
Taux de nitrate (NO ₃ ⁻)	5–150 mg/litre
Oxygène dissous	5 mg/litre

II- MATERIELS ET METHODES

II. Matériels et méthodes :

II. Matériels et méthodes :

II.1. Matériels utilisés :

II.1.1. Les matériaux nécessaires pour l'installation du système

Tableau 1 : liste de matériels utilisés.

Matériaux	Dimension (Lo, La, h) (m)	quantité
Bassins à poisson en résine ($\approx 2 \text{ m}^3$)	(1,8×1×1 ,1)	1
Bacs de culture en plastique (420 dm ³)	(2,18×0,64×0 ,3)	3
Réservoir IBC (1m ³)	(1×1×1)	2
Feuille de polystyrène	(2×1×0,05)	3
Tonneau (55 dm ³)	h = 0,58 $\Theta = 0,35$	1
Tonneau (33dm ³)	h = 0,47 $\Theta = 0,3$	1
Boite en plastique (47dm ³)	(0, 51×0,28×0,33)	1
des bouchons de bouteilles en plastique	$\Theta = 2 \text{ cm}$	900
Pompe à eau submersible	/	1
pompe à air (Atman) 70L/min	/	1
tilapia rouge (<i>Oreochromis niloticus</i>)	/	1549 alevins
La laitue beurre (<i>Lactuca sativa</i>).	/	162 laitues

II. Matériels et méthodes :



Figure 2 : Bassin en résine pour les poissons



Figure 1 : Bacs de culture en plastique



Figure 4 : Réservoir IBC



Figure 3 : Tonneau de volume (55 cm³)



Figure 5 : Tonneau de volume (33 cm³)



Figure 6 : Boite en plastique (47 cm³)

II. Matériels et méthodes :

II.1.2. Tuyauteries du système et accessoires :

Tableau 2 : Description des tuyaux et accessoires utilisés pour l'installation aquaponique

Nom de l'article	quantité	Dimension
Raccord d'évacuation en PVC	18	$\Theta = (40 \text{ mm et } 32 \text{ mm})$
tuyaux flexibles	2	$\Theta = 32 \text{ mm}$
Robinet en PVC	11	$\Theta = (32 \text{ mm et } 26 \text{ mm})$
Coude (90°) en PVC	12	$\Theta = 32 \text{ mm}$
Coude (45°) en PVC	3	$\Theta = 32 \text{ mm}$
Tuyau PVC	/	$\Theta = (32 \text{ mm et } 40 \text{ mm})$
Raccord PVC en forme de T	4	$\Theta = 32 \text{ mm}$

II.1.3. Matériaux de la plomberie

- Pince
- Marqueur
- Scie cloche
- Clé anglaise
- Cutter
- Marteau
- Pince
- Tournevis
- Filet en plastique
- Une règle d'un mètre

II.2. Méthodes :

Notre travail consiste à installer un système aquaponique, par l'utilisation de tilapia rouge (*Oreochromis niloticus*), (poissons d'élevage de la ferme EL ASILE à SI-MOSTAPHA wilaya de BOUMERDES), avec laitue beurre (*Lactuca sativa*).

Pour le système hydroponique nous avons installé trois bassins rectangulaires en plastique, et trois bacs IBC de forme carrée ce qui fait un total de six bacs de cultures sur raft (DWC).

II.2.1. Préparation du bassin à poissons :

Après avoir nettoyer les bassins, 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.

II. Matériels et méthodes :

II.2.1.1. Installation du trop-plein :

Sur le côté du bassin, nous avons marqué un point situé à 20 cm du haut et 40 cm du côté du réservoir, Percé un trou de 32 mm à l'aide d'une scie cloche, et fixé un accordeur-citerne dans le trou (Fig. 7).

Insérez un tuyau flexible munis d'un robinet en PVC à l'intérieur de ce trou, pour permettre à l'eau de sortir vers le filtre a tourbillon (Fig. 8).

Sur l'autre côté du bassin à 10 cm du haut, nous avons installé un autre trop-plein de sécurité (en cas de remontée du niveau d'eau) (Fig. 9).



Figure 7 : Trop-plein pour le bassin à poissons



Figure 8 : Tuyau flexible du bassin à poissons vers le filtre à tourbillon



Figure 9 : Trop-plein de sécurité

II.2.1.2. Installation du robinet d'évacuation :

Après le marquage de position de robinet sur le bas du bassin, à l'aide d'une scie cloche nous avons percé un trou de 32 mm (Fig. 10). Un robinet en PVC est fixé pour contrôler, en cas de besoin, l'évacuation d'eau du bassin d'élevage (Fig. 11).

II. Matériels et méthodes :



Figure 11 : Positionnement de trou sur le bas du bassin



Figure 10 : Robinet d'évacuation du bassin

II.2.2. Conception des filtres (mécaniques et biologiques) :

Il existe différents types de filtration, ils ont tous leurs avantages et inconvénients (**RAKOCY et al., 2006**).

Pour notre système on a utilisé principalement trois filtres simultanément, selon la méthode de (**KOTZEN, 2010**). Les deux premiers sont des filtres mécaniques (filtre à tourbillon et un autre avec de la ouate), Le troisième est un simple filtre biologique avec des bouchons de bouteilles en plastique.

II.2.2.1. Filtre à tourbillon :

Il permet de faire décanter les grosses particules dans le fond du filtre grâce au courant tournant en continu. (**SOMERVILLE, et al., 2014**).

Sur le tonneau de 55 litres (Fig. 13), trois (3) trous de 32 mm sont fait à l'aide d'une scie cloche :



Figure 12 : Tonneau de 55 litres utilise comme un filtre a tourbillon

II. Matériels et méthodes :

Le premier se situe à 37 cm du fond du baril par lequel l'eau arrive à partir du bassin d'élevage des poissons (Fig. 13).

Un coude PVC (90°) de 32 mm est fixé et dirigé sur un coté (à gauche ou à droite) (Fig. 14) pour créer le flux d'eau qui engendre une circulation tangentielle.



Figure 14 : L'entrée d'eau par un coude PVC 90°



Figure 13 : Accordement du bassin d'élevage des poissons avec le filtre à tourbillon

Le deuxième trou fonctionne comme un trop-plein, pour transférer l'eau du filtre à tourbillon au deuxième filtre mécanique.

En face et au-dessus du premier trou (55 cm du fond), un autre creux de 32 mm (Fig. 15) est percé, sur lequel est fixé un coude PVC (90°) de 32 mm dirigé vers le haut pour garder le même niveau d'eau dans le baril (Fig. 16).



Figure 16 : Trou de 32 mm pour la sortie d'eau



Figure 15 : Le trop-plein par un coude PVC 90°

II. Matériels et méthodes :

Le troisième pour le robinet de vidange en PVC sur le fond du tonneau, qui permet de commander l'évacuation du filtre (Fig. 18), (Fig. 19).

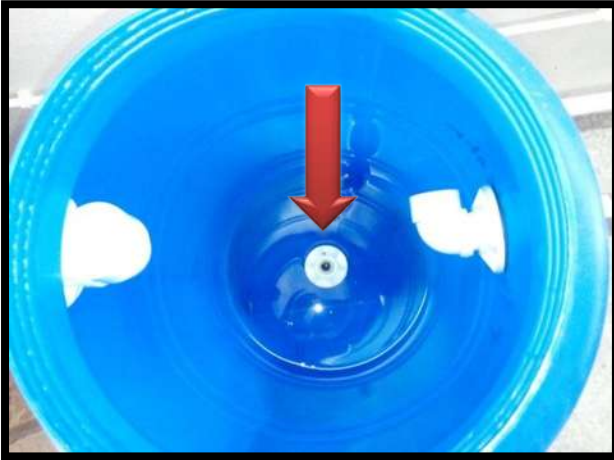


Figure 17 : Trou d'évacuation sur le fond



Figure 18 : Robinet d'évacuation au fond du filtre

II.2.2.2. Filtre mécanique :

Le deuxième filtre mécanique est très simple, il est composé de plusieurs couches de ouate qui a une capacité de filtration. Ce dernier est placé en sortie du filtre à tourbillon et permet de retenir les particules de petites tailles (Fig. 19).



Figure 19 : L'emplacement du filtre mécanique

Sur la boîte en plastique de 47 litres (Fig. 21), on perce deux trous de 32 mm à l'aide d'une scie cloche le 1^{er} (21 cm du fond de la boîte) pour l'entrée d'eau qui arrive du filtre à tourbillon et le deuxième (5 cm du fond) pour la sortie vers le bio-filtre (Fig. 22).

II. Matériels et méthodes :



Figure 20 : La boîte utilisée pour le filtre mécanique

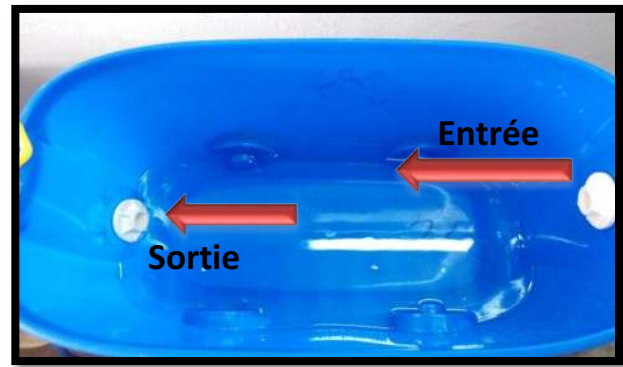


Figure 21 : L'entrée et la sortie d'eau dans la boîte

II.2.2.3. Filtre biologiques:

Ce type de filtration aide le système à mieux boucler le cycle d'azote par l'accélération d'opération de nitrification (SOMERVILLE, *et al.*, 2014).

L'arrivée d'eau (tuyau PVC $\Theta=32$ mm), se fait à 35 cm du fond. En suite l'eau passe à travers un tuyau PVC de 40 cm de longueur qui se termine d'un système composée de deux coudes PVC 90° dirigé en deux sens opposé près du fond (Fig. 23).



Figure 22 : Emplacement du bio- filtre avec le filtre mécanique



Figure 23 : L'entrée d'eau vers le bio-filtre

Sur l'autre bord du baril à 18 cm du fond de Tonneau, nous avons percé le deuxième trou de 32 mm, qui permet à l'eau de sortir vers le système hydroponique (Fig. 25).

II. Matériels et méthodes :



Figure 24 : La sortie d'eau vers le système hydroponique

Le Robinet de vidange est placé au fond du baril. Un diamètre de 32 mm est suffisant pour l'évacuation (Fig. 26).



Figure 25 : Robinet de vidange du bio-filtre

II.2.3. Préparation du système hydroponique:

Pour préparer six rafts de culture nous avons utilisé trois bacs de culture (rectangulaire), de volume 0,42 m³ (Fig. 26) pour chaque bac, et trois cuves IBC (carré) de volume 0,45 m³ (1×1×0,45, m) pour chaque réservoir (Fig. 27),

II. Matériels et méthodes :



Figure 26 : Trois bacs de culture en plastique



Figure 27 : Trois cuves IBC

II.2.3.1. Conception des deux bacs de culture avec une cuve IBC

Tout d'abord, on place la cuve IBC de manière verticale, en utilisant une règle d'un mètre et un marqueur, on marque deux lignes bissectrices de 45 cm des deux côtés de la cuve (Fig. 28).

Ensuite à l'aide d'une tronçonneuse on découpe soigneusement le long des deux lignes afin de créer deux bacs uniformes avec une profondeur de 45 cm (Fig. 29).

Enfin on prend les deux bacs pour les laver et on les laisse sécher à l'air libre (Fig. 30).

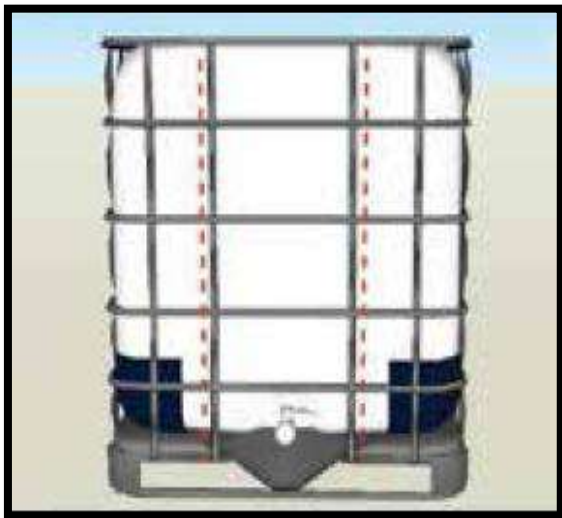


Figure 29 : Traçage des deux lignes de découpage

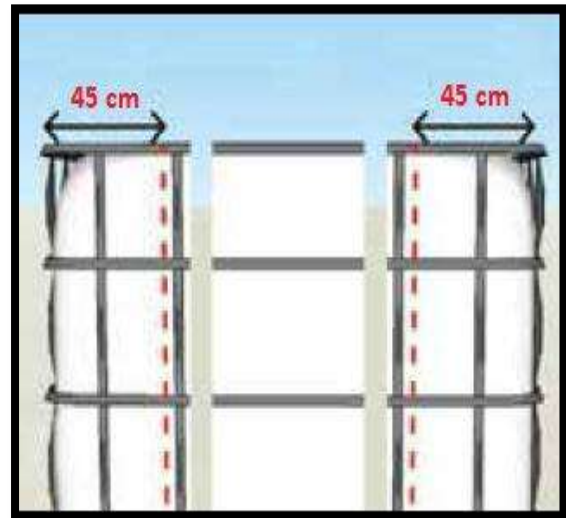


Figure 28 : Découpage du bassin en deux cuves Symétrique

II. Matériels et méthodes :



Figure 30 : Séchage des bacs de culture a l'air libre

II.2.3.2. Conception des deux bacs de culture avec une cuve IBC :

La cuve IBC qui reste nous a servi à la conception de deux bacs :

- Le 1^{er} a un volume de $0,55 \text{ m}^3$ ($1 \times 1 \times 0,55$, m), utilisé comme un bac de récupération.
- Le 2^{eme}, il est considéré comme un troisième bac de culture a un volume de $0,45 \text{ m}^3$ ($1 \times 1 \times 0,45$, m).

On trace des lignes bissectrices de 45 cm sur un côté de la cuve avant le découpage pour assurer la forme unique des deux bacs (Fig. 32).

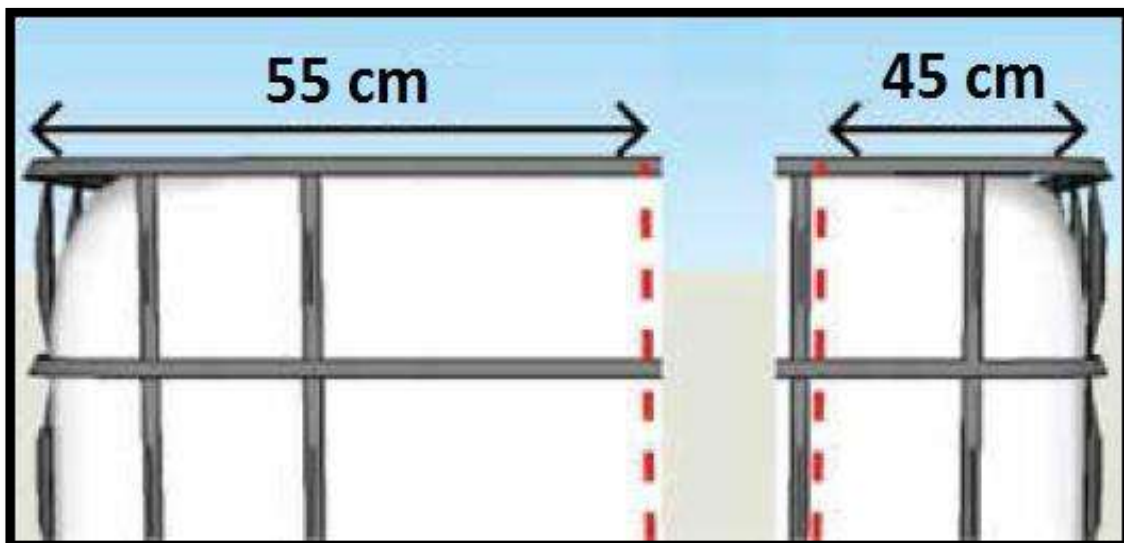


Figure 31 : Traçage des limites de chaque bacs sur le réservoir IBC

II. Matériels et méthodes :

Ensuite nous avons découpé la cuve en deux parties à l'aide d'une tronçonneuse (Fig. 32). (Fig. 33).



Figure 33 : Bac de récupération



Figure 32 : Bac de culture sur raft

II.2.3.3 Conception des Supports en métal pour les bacs de culture :

Il faut un support pour chaque bac de culture car ils offrent un excellent soutien sur les côtés une fois qu'ils sont remplis d'eau (Fig. 35).

- Le cadre (support métallique) IBC est découpé avec une tronçonneuse en deux partis suivant les mêmes lignes bissectrices tracé au début.
- Placé des palettes en plastique au-dessous des bacs pour donner une infrastructure solide pour les lits de culture.
- Comme les bacs de culture, le réservoir de récupération a besoin d'être renforcé donc on utilise les supports en métal de la cuve IBC.



Figure 34 : Bac de culture avec un support métallique et une palette en plastique

II. Matériels et méthodes :

II.2.4. Conception du trop-plein:

II.2.4.1. Principe de fonctionnement du trop-plein :

Pour chaque bac de culture, nous avons placé un trop-plein à but d'éviter le débordement d'eau, Le schéma ci-dessous montre le contrôle du niveau d'eau par le trop-plein (Fig. 35).

Le débit continue d'eau qui arrive dans les bacs hydroponiques provoque une remontée maximale du niveau d'eau, qui est marqué par le trou du trop-plein (30 cm), ensuite tout l'eau qui dépasse le niveau de ce dernier va être aspiré et envoyer vers le bac de récupération à l'aide d'un canal d'évacuation.

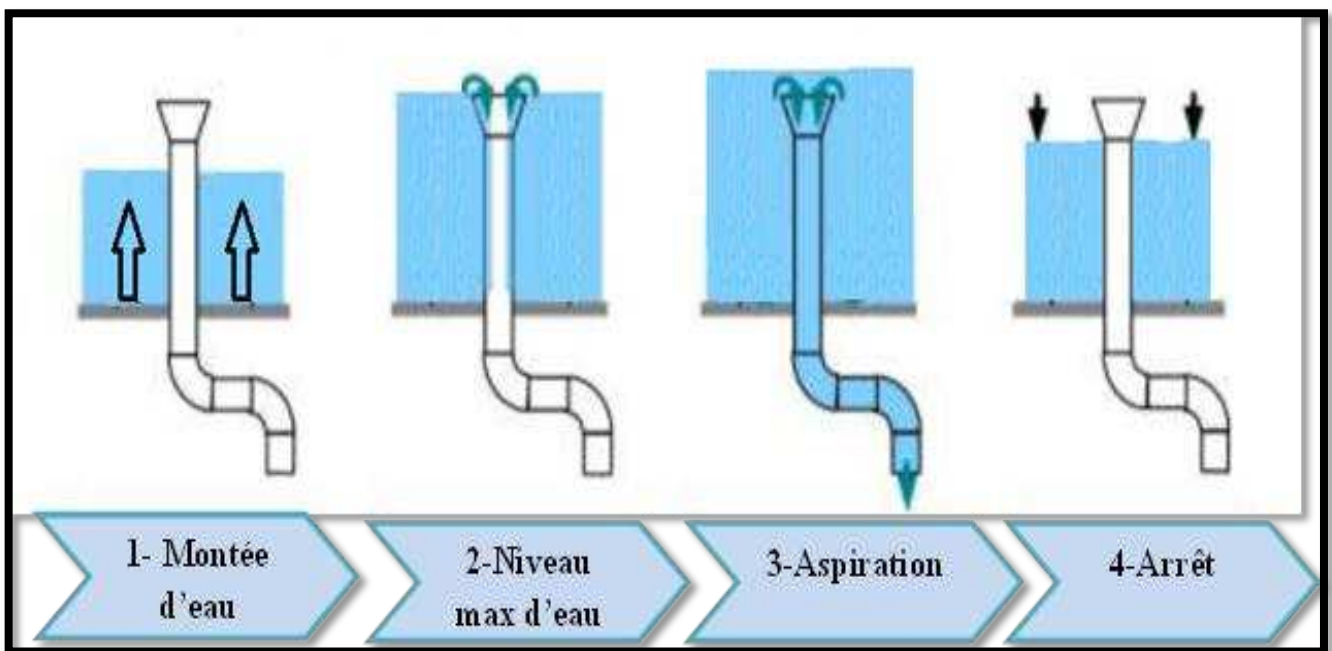


Figure 35 : Schéma représentatif du principe de fonctionnement d'un trop-plein

II.2.4.2. Trop-plein pour les bacs rectangulaires :

Au fond, un trou de 32 mm est percé (Fig. 36) afin de placé un tube de 30 cm considéré comme un trop-plein (Fig. 37), gardant ainsi un niveau d'eau constant, tout en évitant le débordement d'eau dans le bac.

II. Matériels et méthodes :

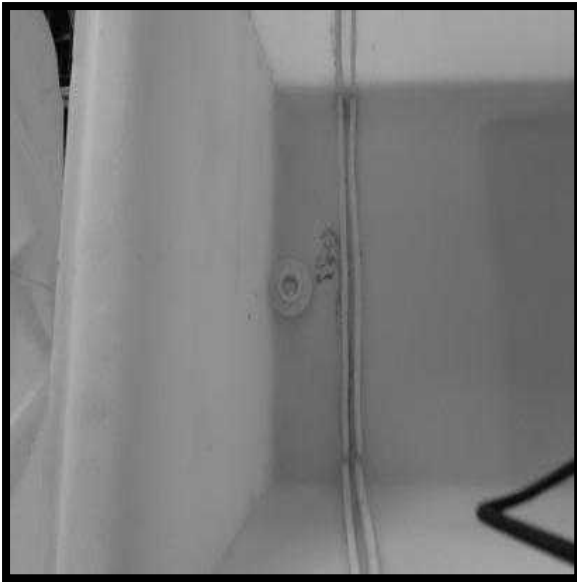


Figure 36 : Placement d'accordeur-citerne dans le trou du trop-plein



Figure 37 : Trop-plein de 30 cm à l'extrémité du fond

II.2.4.3. Trop-plein pour les cuves IBC :

Dans les bacs de culture a une hauteur 5 cm du fond, et à l'aide d'une scie cloche, nous avons percé un trou de 32 mm de diamètre (Fig. 38), afin de raccorder un trop plein de forme (L) diriger vers l'intérieur, qui va nous procurer un niveau d'eau de 30 cm (Fig. 39).



Figure 38 : Trou du trop-plein pour les bacs IBC



Figure 39 : Trop-plein (30 cm) de forme (L)

II.2.5. Montage de la tuyauterie de distribution d'eau vers les bacs hydroponiques :

Après la nitrification d'eau dans le bio-filtre, il est ensuite dirigé vers le système hydroponique grâce à un tuyau PVC, relié par un raccord PVC de forme (T) (Fig.40). Ce dernier divisé donc le

II. Matériels et méthodes :

débit sur deux tuyaux PVC (Fig.41), chacun étant en contact direct avec trois bacs par trois robinets différents (Fig. 42),



Figure 40 : La sortie d'eau vers le système Hydroponique



Figure 41 : Les tuyaux de distribution d'eau pour les bacs de culture

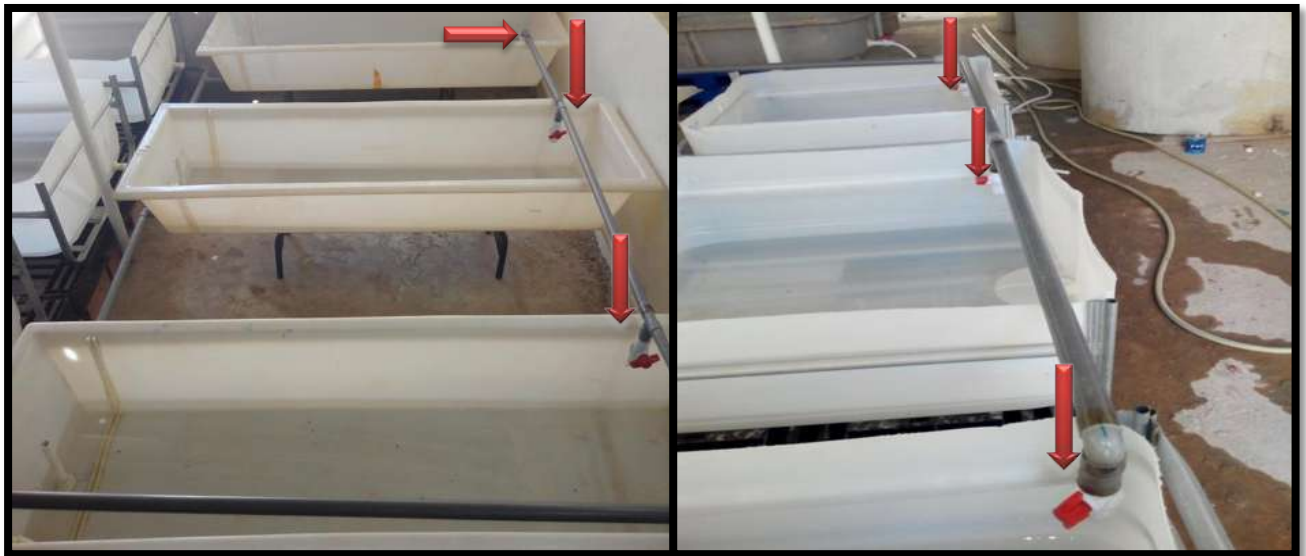


Figure 42 : Les robinets de distribution pour chaque bac de culture

II.2.6. Montage de la tuyauterie de recyclage d'eau vers le bac de récupération :

Enfin, tout l'eau évacuée par les trop-pleins va suivre un canal des tuyaux en PVC (40 mm) (Fig. 43), reliée directement avec le bac de récupération (Fig. 44),

II. Matériels et méthodes :



Figure 43 : L'évacuation des bacs de culture vers le bac de récupération



Figure 44: Raccordement du canal d'évacuation avec le bac de récupération

II.2.7. Le retour d'eau du bac de récupération vers le bassin a poisson

A l'aide d'une pompe submersible positionné au fond du bac de récupération (Fig. 45), on récupère l'eau issue des bacs de culture vers le bac à poisson par un tuyau en PVC de 32 mm pour fermer notre circuit d'eau (Fig. 46).



Figure 46 : Pompe submersible au fond du bac



Figure 45 : Tuyau de récupération vers le bac à poisson

II.2.8. Le poisson :

Le 25 / 07/ 2017, une sortie a été programmé au niveau de la ferme agro-piscicole « AL ASSIL », située dans la commune de si Mustafa la wilaya de BOUMERDES, dans le but

II. Matériels et méthodes :

d'acheté des alevins de tilapia rouge (*Oreochromis niloticus*). Après le comptage de 1549 alevins, nous avons transporté ces derniers à SIDI FREDJ dans une cuve IBC remplie par 0,6 m³ d'eau.

Arrivé à destination, nous avons effectué un autre comptage et tri par taille, pour les introduisent dans le système aquaponique, et aussi déterminé le taux de mortalité causé par le transport.

II.2.8. Aération du système :

L'eau du système doit être très bien oxygénée et avoir une circulation idéale afin que les poissons, les bactéries et les plantes restent en bonne condition (Delaide, 2016). Nous avons utilisé une pompe à air (atman de capacité 70L/ min) (Fig. 47) pour bien oxygéner les bacs et le bassin du poisson.



Figure 47 : Pompe à air de marque ATMAN (70L/min)

Cette dernière alimente tout le système, deux diffuseurs pour le bac à poisson, deux autres pour chaque bac de culture rectangulaire et un diffuseur pour chaque bac de culture carré.

II.2.9. Mise en place des plantes dans les rafts :

Selon les travaux effectués par (RAKOCY *et al.*, 2006 ; LENNARD, 2012 ; DELAIDE, 2016), nous avons travaillé avec une densité de 30 plantes par m² de raft.

II.2.9.1. Préparation des radeaux en polystyrène :

Pour chaque bac de culture rectangulaire, on a préparé deux planches de polystyrène de dimension (1×0,5, m), chaque planche contient 15 trous (diamètre 32 mm) avec une distance de 15 cm entre eux (Fig. 48).

II. Matériels et méthodes :



Figure 48 : Préparation des radeaux en polystyrène avec 15 trous

On fait l'emplacement des radeaux préparé dans les bacs rectangulaire (deux planche pour chaque bac) (Fig. 49).



Figure 49 : Placement des radeaux dans les bacs rectangulaires

Pour les bacs de culture carrée (1 m²), nous avons utilisé une planche en polystyrène de surface 0,8 m² afin d'évité l'occupation de toute la surface du bac cette dernière permettons d'évité le problème de colmatage du trop-plein.

Avec une surface de 0,8 m² de la planche et pour une valeur de 30 plantes par m² (LENNARD, 2012), on a préparé trois radeaux de 24 trous avec une distance de 15 cm entre eux (Fig. 50).

II. Matériels et méthodes :



Figure 50 : Préparation des radeaux en polystyrène avec 24 trous pour les bacs IBC

II.2.9.2. Plantation de la laitue sur les radeaux flottants :

Après la mise en place de tous les radeaux dans les bacs, nous avons planté chaque laitue dans un gobelet perforé, qui permet le contact direct des racines avec l'eau (Fig. 51), ensuite on les met dans les radeaux en polystyrène qui sont déjà placé dans les bacs de culture (Fig. 52).



Figure 52 : Placement de la laitue dans des gobelet en plastique



Figure 51 : Plantation des Goblet sure les radeaux en polystyrène

II. Matériels et méthodes :

II.2.10. Caractéristiques du milieu d'élevage :

En effet, de nombreux travaux (MCGUIRE, 2015 ; GODDEK, 2015 ; MCEACHERN, 2016) ont montré l'influence de ces facteurs physico-chimiques, sur la qualité de l'eau d'élevage, et plus particulièrement sur la production des végétaux.

II.2.10.1. Les paramètres physico-chimiques :

Des mesures des caractéristiques physico-chimiques (Température, pH, oxygène dissous), de l'eau du système, ont été relevées le (31/7/2017), à l'aide d'une sonde multi-paramètres (Multi 340i/SET), afin de réguler ces dernières dans le cas d'un éventuel changement, en dehors de la marge recommandée.

II.2.10.2. Les sels nutritifs :

Un prélèvement de deux échantillons, à partir de l'entrée et la sortie du filtre biologique, destiné aux analyses des sels nutritifs (ammonium, nitrite, nitrates,) a été également effectué dans le but de maintenir un milieu d'élevage favorable pour les deux espèces (le tilapia et la laitue).

Concernant les sels nutritifs, ils ont été analysés à l'aide d'un spectrophotomètre (Jasco V-630 spectrophotomètre). Les analyses ont été faites suivant le protocole du laboratoire de l'ENSSMAL à sidi Fredj.

III- RÉSULTATS ET DISCUSSION

III. Résultats et Discussion

III. Résultats et Discussion :

III.1. Le circuit d'eau :

Le système a été mis en marche le 19-07-2017. La circulation d'eau se fait à travers un simple circuit fermé en utilisant une seule pompe fixée dans le bac de récupération afin de récupérer l'eau vers le bac à poisson (fig.1).

Le point de départ du circuit commence du bac à poisson. La remonté d'eau au-dessus du niveau du trop-plein située à 0,9 m du fond du bassin provoquera une pression sur ce dernier. Après l'ouverture du robinet qui est à l'extérieur du bassin, l'eau sortira vers le filtre à tourbillon par gravité (différentiation du niveau entre la sortie du bassin et l'entrée du filtre).

III.1.1. Le déplacement d'eau dans le système de filtration :

L'eau rentre dans le filtre à tourbillon avec un débit de 16 L/min, le tuyau coudé va créer le courant tournant en continu (tourbillon), les plus lourdes particules telles que les déjections de poissons et l'aliment non consommé suivent le courant et se déposent au fond du filtre. L'eau s'échappe du filtre par un trop-plein positionné au-dessus de l'entrée du filtre, et au-dessous de la sortie du bassin à poisson, pour garder la stabilité du niveau d'eau dans le filtre.

Dans le deuxième filtre mécanique l'eau passe par plusieurs couches de la ouate qui empêche le passage des particules fines. La sortie de ce filtre se situe à 5 cm du fond de la boîte, relié directement au bio-filtre.

Le bio-filtre est composé d'un baril dans lequel on fait circuler l'eau issue du filtre mécanique, pour but de nitrifier l'eau en utilisant des supports bactérien, ce dernier sort vers le système hydroponique chargé en nitrates.

III.1.2. Le circuit d'eau de bio-filtre vers le système hydroponique :

Comme il est indiqué ci-dessous (fig. 1), par la couleur bleu qui représente le trajet d'eau pour l'irrigation de tous les bacs de culture. Nous avons réglé les ouvertures de chaque robinet afin de garder un débit de 5 L/min dans chaque bac.

Le niveau d'eau dans les bacs hydroponiques est commandé par un trop-plein de 30 cm de hauteur, toute l'eau qui dépasse ce seuil est évacuée vers le bac de récupération par un canal en PVC, cette dernière est marquée par une couleur rouge sur le schéma (fig.1).

III. Résultats et Discussion

III.1.3. Le retour d'eau vers le bac a poisson :

En utilisant une pompe submersible positionnée au fond du réservoir de récupération, afin de pomper l'eau vers le bac du poisson avec un débit de 16 L/min pour fermer le cycle. Cette étape est marquée par une couleur orange dans le schéma ci-dessous (fig. 1).

III. Résultats et Discussion

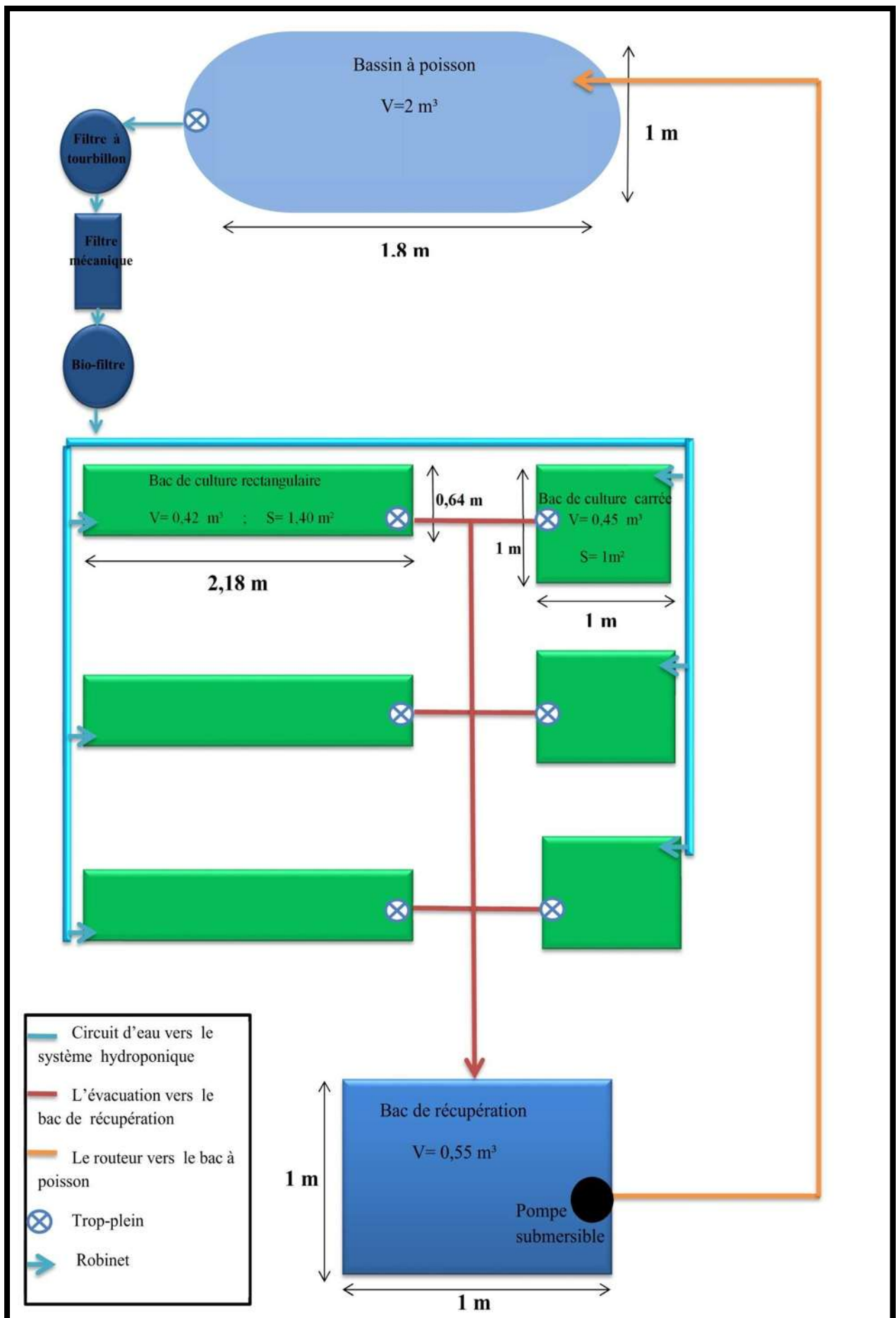


Figure 1 : Schéma descriptif du circuit d'eau dans le système aquaponique

III. Résultats et Discussion

III.2. Qualité d'eau :

III.2.1. Les paramètres physico-chimiques :

Le tableau ci-dessous (Tab, 1), représente les résultats des mesures de certains paramètres physico-chimiques effectuées le 31/7/2017 au niveau du bac à poisson.

Tableau 1 : Valeurs des paramètres physico-chimiques (T°, pH, DO) dans le système aquaponique

Paramètres	Température (C°)	pH	DO (mg/litre)
valeur prise	27,5 – 28	7	4,8

On compare ces résultats avec celles obtenu par **GODDEK *et al.*, 2015 ; SHAFEENA 2016 ; RAKOCY *et al.*, 2003; OLIVER 2015 ; SOMERVILLE *et al.*, 2014**, qui ont déterminé les valeurs optimales de ces paramètre (T°, pH, DO), afin d'obtenir une production maximale. On peut dire que les valeurs obtenue dans notre système sont presque identiques à celle des auteurs cités.

Comme exemple, on prend les résultats du système de Somerville, (Tab, 2).

Tableau 2 : les valeurs idéales des paramètres physico-chimiques (T°, pH, DO), (SOMERVILLE *et al.*, 2014)

	Temp (°C)	pH	DO (mg/litre)
Aquaponie	18–30	6–7	> 5

III.2.2. Les sels nutritifs :

Pour les sels nutritifs, les résultats des analyses des échantillons d'eau prélevés en date du 10/08/2017 au niveau de l'entrée et de la sortie du bio-filtre sont représentés dans le tableau 3 (Tab, 3).

Tableau 3 : Constatation des nitrites nitrates et l'ammonium dans l'entrée et la sortie du bio-filtre.

	Entré du bio-filtre (mg/litre)	Sortie du bio-filtre (mg/litre)
Ammonium (NH ₄ ⁺)	1,33	1,22
Nitrite (NO ₂ ⁻)	2,36	2,09
Nitrate (NO ₃ ⁻)	30,62	30,84

III. Résultats et Discussion

Des travaux effectués par (SOMERVILLE *et al.*, 2014), qui ont montré les concentrations idéales des nitrites (NO_2^-), nitrate (NO_3^-) et l'ammonium (NH_4^+) pour un système aquaponique, sont représentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Le seuil critique des sels nutritifs dans un système aquaponique (SOMERVILLE *et al.*, 2014).

	Ammonia (mg/litre)	Nitrite (mg/litre)	Nitrate (mg/litre)
Seuil critique	< 1	< 1	5–150

En comparant notre expérience (Tab. 3) avec celle de SOMERVILLE (Tab. 4), il est apparu que ce dernier a trouvé une concentration de nitrate limité entre 5 et 150 mg/l, avec une concentration de l'ammonium et le nitrite inférieur à 1 mg/l, étant optimale pour une bonne croissance du poisson et les plantes, Les résultats obtenus de notre part diffèrent de celles de Somerville (2014).

Donc la bio-filtration appliquée indique une nitrification insuffisante dans le système. La concentration de (NO_2^-) et de (NH_4^+) reste élevée avec une valeur de 2,09 mg/l pour le nitrite et 1,22 mg/l pour l'ammonium, tandis que le (NO_3^-) s'est accumulé à une concentration d'environ 30 mg/l.

Comme solution effectuée, nous avons doublé la capacité du bio-filtre avec l'augmentation du nombre des bouchons en plastique utilisé comme des supports bactérien, de 500 au début à 900 supports. Les résultats obtenus après cette modification sont représenté dans le tableau 5.

Tableau 5 : Constatation des sels nutritifs dans l'entrée et la sortie du bio-filtre après l'augmentation de nombre des supports bactérien

	Entré du bio-filtre (mg/litre)	Sortie du bio-filtre (mg/litre)
Ammonium (NH_4^+)	1.52	1,1
Nitrite (NO_2^-)	1.59	1,57
Nitrate (NO_3^-)	19,21	21,57

III. Résultats et Discussion

Après quand on a doublé la capacité du bio-filtre, avec l'augmentation de 400 support bactérien, nous remarquons une diminution dans la concentration des nitrites 1,57 mg/l et de l'ammonium 1,1 mg/l, avec une accumulation de 21,57 mg/l pour les nitrates. On compare ces résultats avec celle de tableau numéro quatre, nous trouvons que les valeurs des nitrites et de l'ammonium sont proches de 1 mg/l, les concentrations de ces dernier n'a pas diminué au-dessous de 1 mg/l comme il est recommandé par (SOMERVILLE *et al.*, 2014), en raison du manque des plantes qui vont l'assimiler. Et qui concernant les nitrates sont dans les limites indiquées entre 5 et 150 mg/l avec une concentration de 21,57 mg/l.

III.3. Le poisson :

Les poissons sont achetés à l'état d'alevins de 2 à 4 cm, avec quelques individus de différentes tailles. Ces derniers sont déplacés dans un bac différent de celui qui ont une taille homogène. Le transport à causer de nombreuses mortalités des alevins, les résultats sont résumé dans le tableau numéro 1, (Tab. 6).

Tableau 6 : Résultats du comptage et tri des alevins transportés

	Nombre des alevins
Alevins sélectionnés pour le système	1097
Alevins de différente taille	4
Mortalité	448 (28,93%)
Totale	1549

III.4. les plantes :

III.4.1. la surface cultivable :

Sur un total de surface de 7 m² des bacs de cultures, seulement une surface de 5,4 m² a été planté, cette diminution est causée par l'emplacement des trop-pleins et les robinets de distribution (Fig. 2), ce qui conduit à la réduction de la surface des radeaux pour les placer facilement dans les bacs de culture (Tab. 7).

III. Résultats et Discussion

Tableau 7 : Surfaces des radeaux par apport à leur bac de culture

	Bacs rectangulaire	Bacs carré
Surface du bac (m ²)	1,4	1
Surface du radeau en polystyrène (m ²)	1	0,8
Surface Totale perdue (m ²)	1,2	0,4

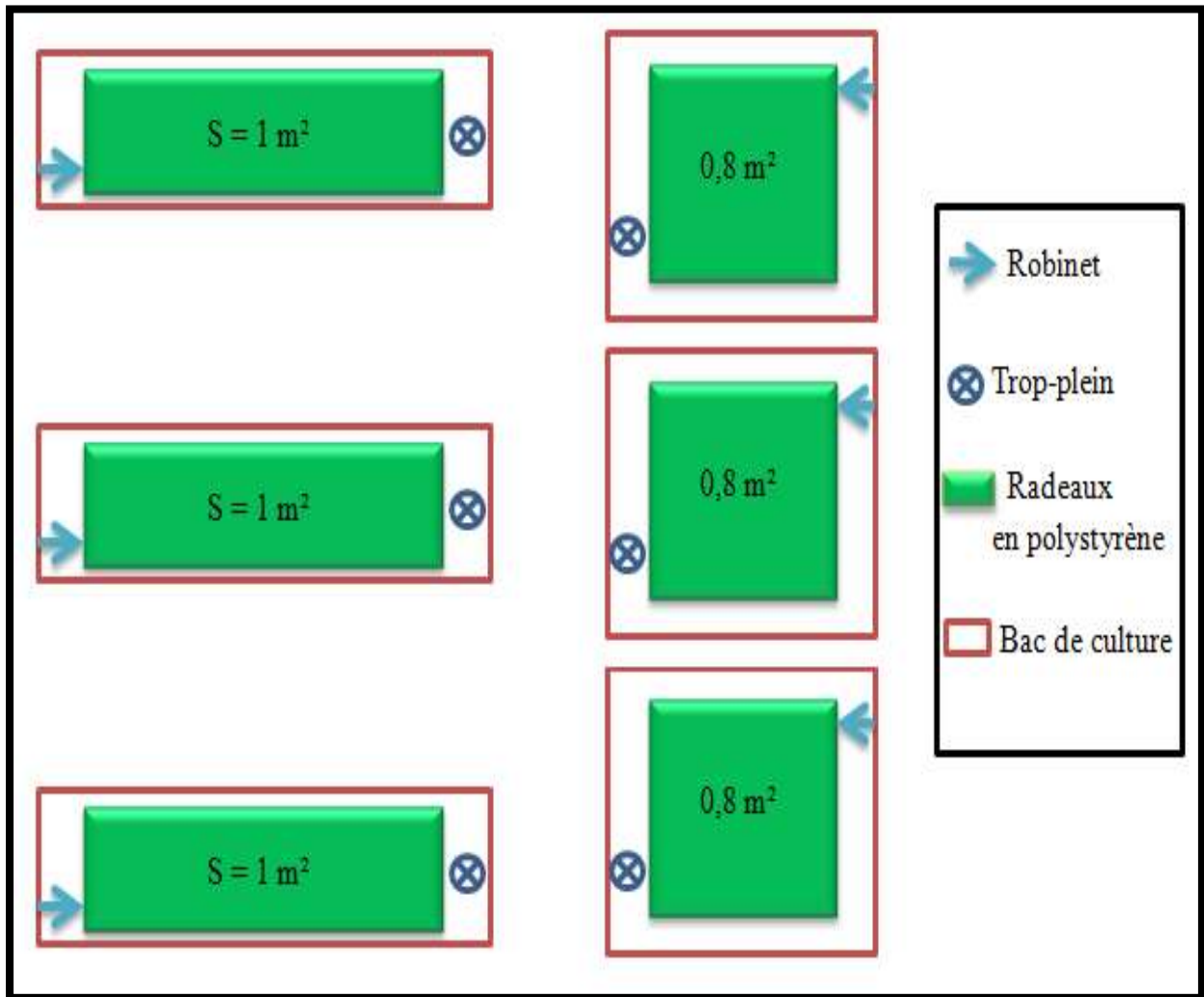


Figure 2 : Positionnement des radeaux par apport à leur bac

III.4.2. Plantation sur les radeaux :

Nous avons planté 162 plantes de laitue dans des radeaux en polystyrène, divisé sur six bacs de culture hydroponique, 30 plantes dans chaque bac rectangulaire (Fig. 3), et 24 dans chaque bac carré (Fig. 4).

Une distance de 15 cm entre une plante et l'autre a été respectée, pour éviter la surpopulation et le colmatage racinaire.

III. Résultats et Discussion

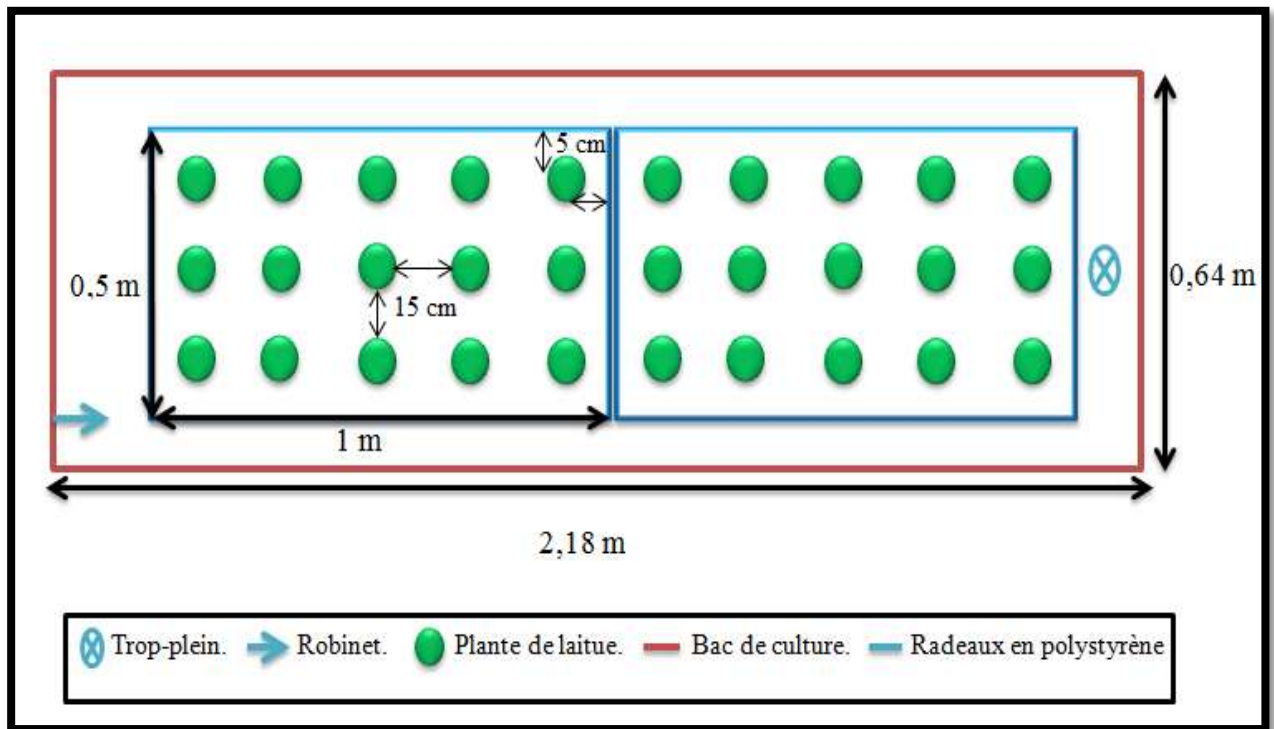


Figure 3 : Schéma des radeaux en polystyrène pour les bacs rectangulaire

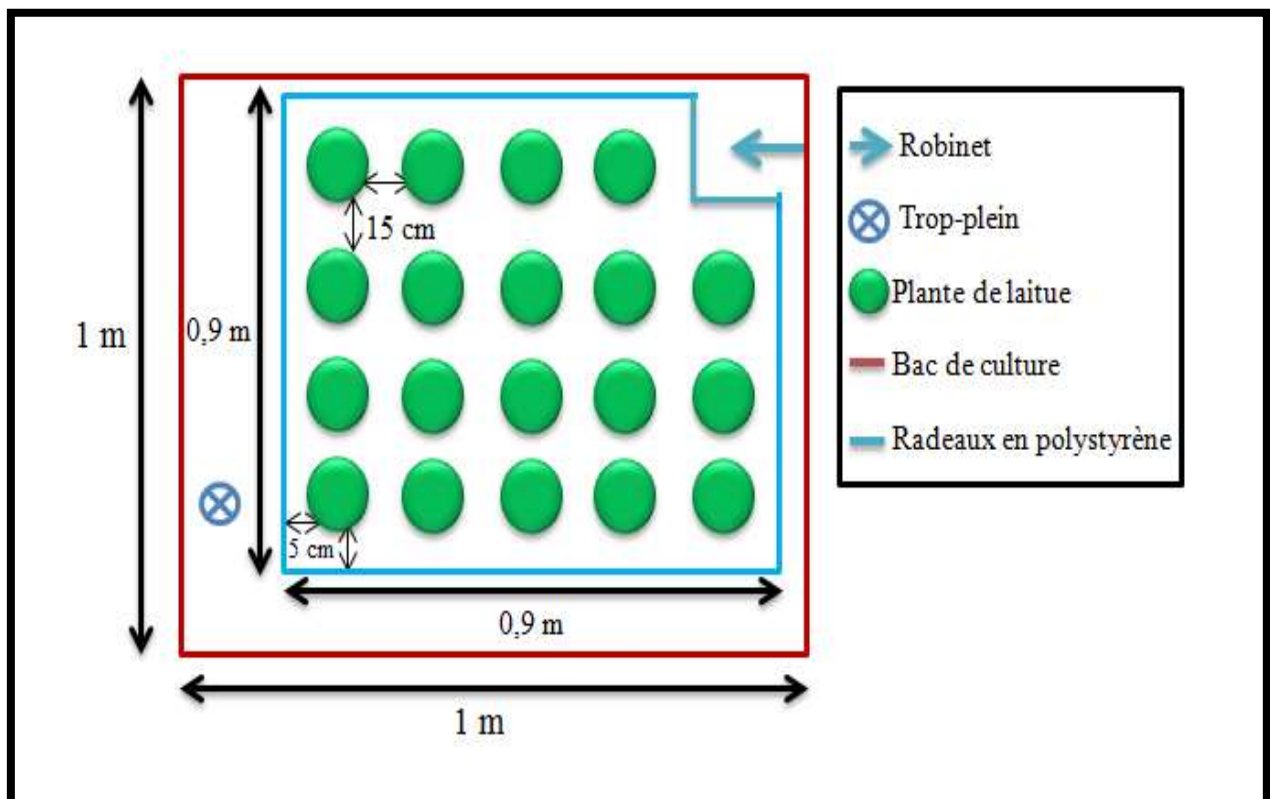


Figure 4 : Schéma des radeaux en polystyrène pour les bacs carré

III. Résultats et Discussion

III.4.3. placement des radeaux et numérotation des plantes :

Pour faciliter la manipulation, les plantes sont numérotées de 1 à 162 en chiffre arabe, et les six bacs en chiffre romain. On obtient 90 plantes dans les trois bacs rectangulaire et 72 dans les trois bacs carrés (Fig. 5)

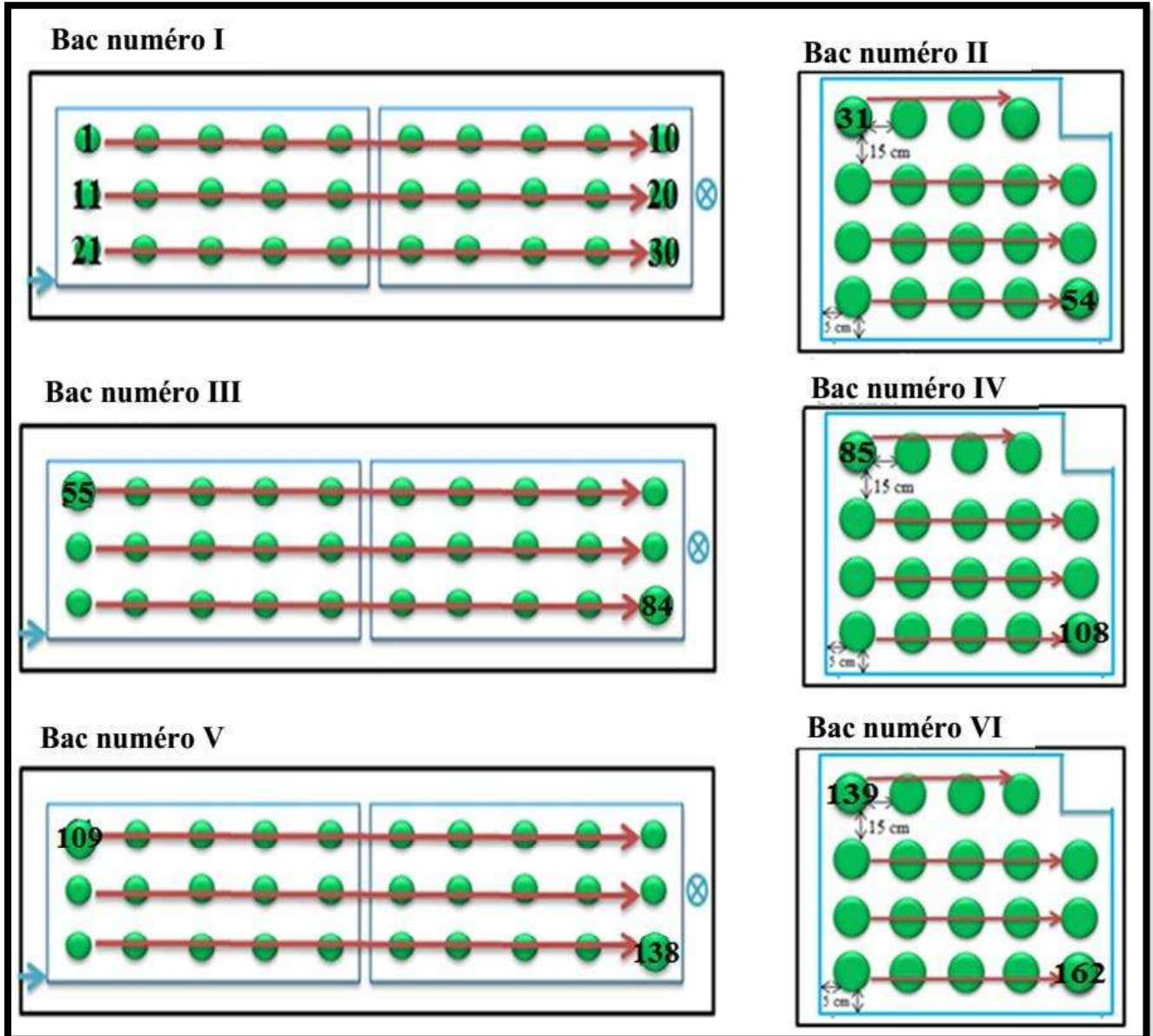


Figure 5 : Numérotation et position des plantes des plantes

III.4. Les difficultés rencontrées :

III.4.1. les fuites :

Après le lancement du système, deux fuites d'eau sont remarquées aux niveaux du bassin à poisson et le canal d'évacuation vers le bac de récupération, nous avons essayé de réparer le bassin avec une colle spéciale, mais cela n'a pas abouti à un bon résultat, On a donc procéder au

III. Résultats et Discussion

changement du bassin par un autre. Concernant la fuite du tuyau d'évacuation, l'application d'une colle PVC nous permet de stopper la fuite immédiatement.

III.4.2. Le problème du débit :

Au début, le circuit d'eau dans le système de filtration est relié avec des tuyaux flexibles de 26 mm de diamètre (Fig. 6), cela a provoqué un débordement d'eau dans le filtre à tourbillon due à la différence de diamètre, entre l'entrée (32 mm) et la sortie (26 mm) du filtre (Fig. 7), pour régler ce problème on a remplacé ces derniers avec des tuyaux en PVC (32 mm), a but de garder le même diamètre d'entrée et de sortie d'eau. Après ce changement de tuyauterie l'eau circule avec un débit constant sans aucun problème dans tout le système de filtration.



Figure 6 : Tuyau fixable de 26 mm relié le filtre à tourbillon avec le filtre mécanique



Figure 7 : Tuyaux PVC de 32 mm de diamètre

Afin d'éviter ce genre de problème, on recommande d'utiliser le même diamètre de la tuyauterie, pour garder un mouvement d'eau stable et éliminer la possibilité de débordement des filtres durant la période d'élevage aquaponique.

III.4.3. le problème du niveau :

Le bassin d'élevage des poissons est positionné à une hauteur de 40 cm, par deux palettes en plastique, tous les autres bacs doivent être placés au-dessous de ce niveau pour garder la stabilité de débit et éviter le retour d'eau. A but de gagner le maximum de niveau plus bas que celle du bac d'élevage des poissons et les bacs de culture, on a placé le bac de récupération sur une distance de 1,6 m par rapport aux bacs de culture hydroponique (Fig. 8).

III. Résultats et Discussion

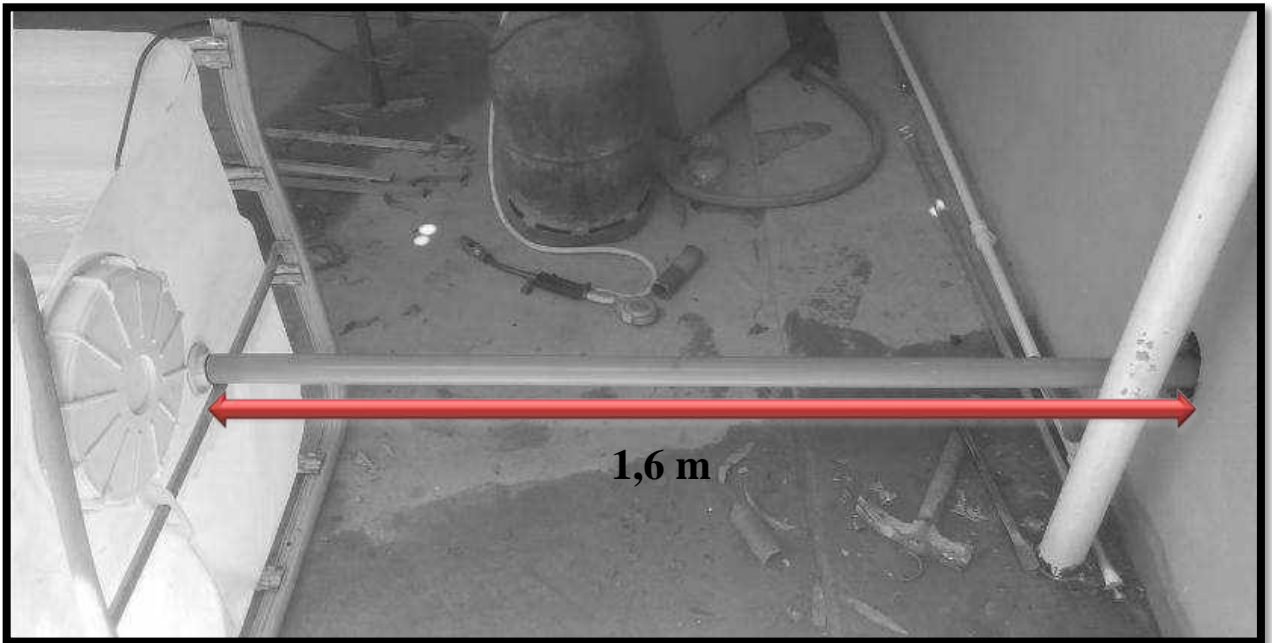


Figure 8 : Tuyau PVC qui relie le système hydroponique avec le bac de récupération

Le système est installé sur une surface de 32 m², mais si on peut élever le niveau du bassin à poisson au-delà de ce niveau, de 40 cm, ça nous permettra d'éliminer la distance entre le système hydroponique et le bac de récupération, et réduire la surface totale jusqu'à 25,6 m².

III.4.4. la taille des plantes utilisées :

Durant la plantation des laitues, nous avons remarqué la différence de tailles et de poids des plantes achetées (Tab. 8), qui varient d'une plante à une autre.

Tableau 8 : La différence de poids et de taille des laitues plantées dans le système

	Max	min
Longueur	20 cm	9,5 cm
Poids	11 g	1,5 g

Si on arrive à planter des laitues de taille homogène, ça nous permettra de mieux suivre leur croissance et d'avoir une meilleure précision des résultats, le tableau au-dessus marque la grande différence entre les plantes du système.

III. Résultats et Discussion

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

Comme chaque système aquaponique installé, on remarque quelques avantages et inconvénients sur notre installation, car aucun système mécanique n'est infaillible. Ces derniers ont présenté dans le tableau 9 (Tab, 9).

Tableau 9 : Avantages et inconvénients du système.

Avantages du système	Inconvénients du système
<p>Aucun sol n'est nécessaire pour la culture des plants.</p> <p>L'écosystème aquaponique est stable et équilibré (pH, T°, DO, (NO₂⁻), (NO₃⁻)).</p> <p>Un avantage environnemental, Il n'y a pas de rejets d'eau car il est en circuit totalement fermé.</p> <p>90 à 95% d'économies d'eau comparé à la culture classique et 10 à 15% comparé à l'hydroponie (MCEACHERN, 2016).</p> <p>Permettre une production végétale et animale en même temps.</p> <p>La possibilité d'installé le système dans des petits espaces et en zones urbaines.</p> <p>Un produit 100 % naturel (pas d'utilisation des pesticides et les produits chimiques dans notre installation).</p>	<p>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).</p> <p>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.</p> <p>Manque de lumière due à la nature de plafond de la ferme qui est totalement opaque.</p>

III. Résultats et Discussion

III.6. démonstration en 3D du système :

A l'aide du programme Google SketchUpMake-fr-x64, nous avons réalisé un schéma en 3D pour tous le système aquaponique, qui est installé au niveau de la ferme expérimentale de SIDI FREDJ.

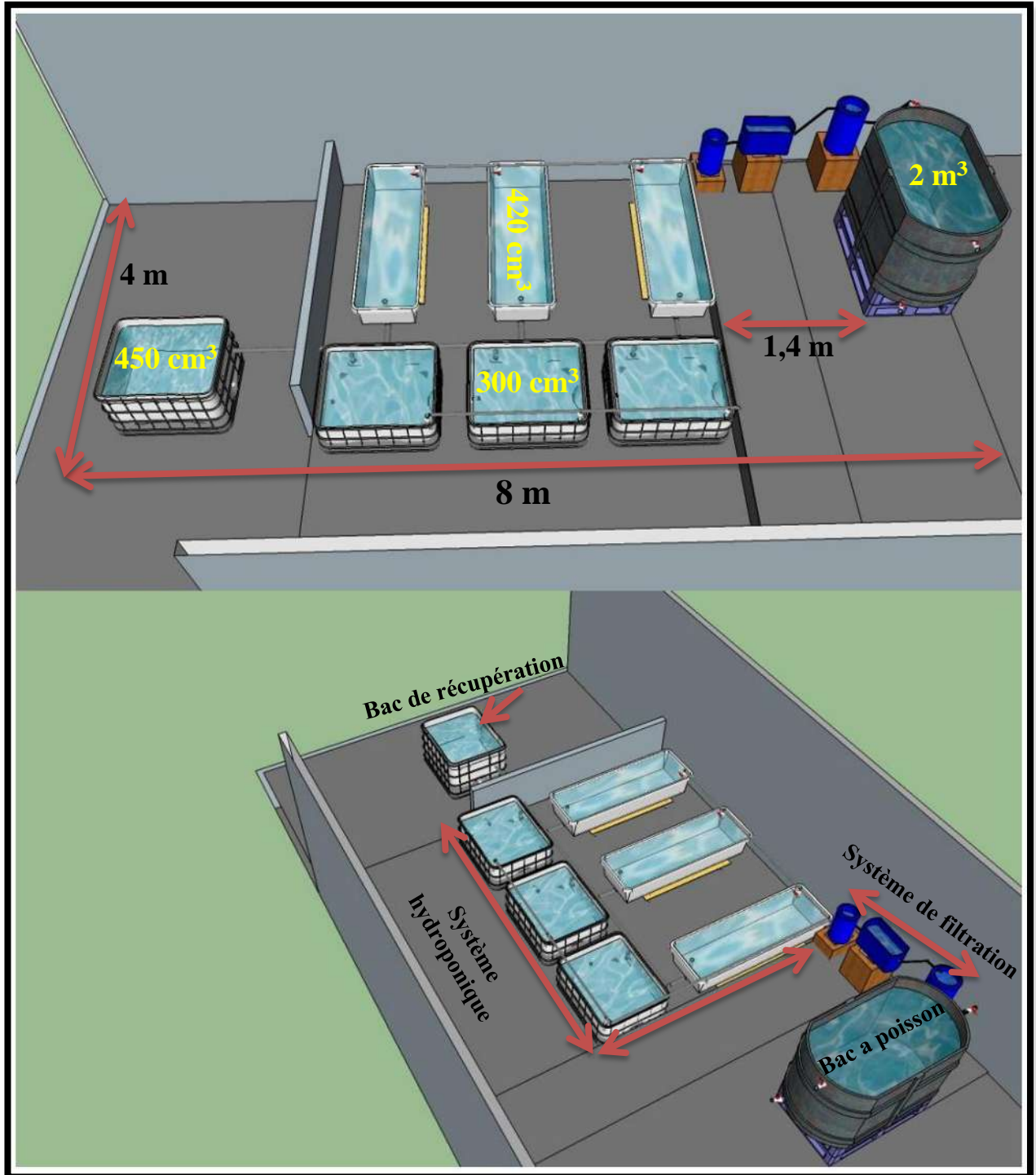


Figure 9 : Démonstration 3D du système (Google SketchUpMake-fr-x64).

CONCLUSION

Conclusion

Il n'y a vraiment pas de limites à la façon dont nous pouvons concevoir un système aquaponique. Cependant, un certain nombre de critères sont à prendre en considération : les moyens disponibles, l'espace libre, le budget et le objectif ciblé, but commercial au expérimental.

Notre travail a conduit à l'installation d'un système aquaponique expérimental fonctionnel en circuit ferme, en utilisant un bac à poisson qui contenait au départ 1097 individus de tilapia rouge (*Oreochromis niloticus*). Ce bac alimente un système hydroponique composé de six bacs de culture sur raft (DWC), contenant 162 plantes de laitue beurre (ANTHEM). Le système occupe une superficie de 32 m² avec un volume totale d'eau de 4,7 m³.

Le RAS est équipé d'un système de filtration mécanique et biologique, ainsi qu'un dispositif d'aération d'eau, ces derniers nous ont permis de stabiliser les paramètres physicochimiques des milieux (pH, DO, (NH₄⁺) (NO₂⁻) (NO₃⁻)), pour donner un écosystème favorable et stable. Nous avons comparé nos résultats avec de nombreux travaux tel que : (**GODDEK et al., 2015 ; SHAFEENA 2016 ; RAKOCY et al., 2003; OLIVER 2015 ; SOMERVILLE et al., 2014**), afin d'avoir des orientations sur les valeurs idéales de ces paramètres pour les deux élevages (animal et végétal).

À partir de ces résultats, nous pouvons conclure que l'application du RAS en aquaponie, pourrait être une solution pour une production agricole rentable et durable. Dans l'avenir avec l'augmentation de la population mondiale, l'aquaponie peut contribuer à la durabilité environnementale et l'amélioration de la santé personnelle.

En fin, nous recommandons d'essayer l'installation d'autres méthodes de production aquaponiques tel que le NFT et MBD, avec d'autres espèces des plantes et de poissons, afin d'améliorer les pratiques aquaponiques pour une meilleure conception, et servir de base pour explorer les tendances futures de l'aquaponie.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

BITON, G. (2017). Produire ensemble légumes et poissons - Construire sa propre installation. In : *Guide pratique de l'aquaponie*. p. 3-17.

BLIDARIU, F. et al. (2011). Animal Science and Biotechnologies : Rapport scientifique. Document non publié. Romania: University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Faculty of Animal Science and Biotechnologies.

CHAKRAVARTTY, D. et al. (2017). Role of aquaponics in the sustenance of coastal India—Aquaponics is a solution for modern agriculture in ecologically sensitive Indian mangrove Sundarbans: A review. Document non publié. India : International Journal of Fisheries and Aquatic Studies .

DELAIDE, B. et al. (2016). Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Sucrine) Growth Performance in Complemented Aquaponic Solution Outperforms Hydroponics. Creative Commons Attribution (CC-BY) license. Vol. 8, n° 467, p. 11.

FAO. (2017). *FAO fisheries and aquaculture technical paper* [en ligne]. italy: FAO. [Consulté le 19/5/2017]. Disponible à l'adresse: < <http://www.fao.org/3/a-i4021e/> > .

FOUCARD, P. et al. (2015). présentation et regard critique sur cette voie de développement alternative pour les productions piscicoles et horticoles. In : *Innovations Agronomique*. p. 125-139.

GODDEK, S. et al. (2015). Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics. Sustainability. Vol. 7, n° 167, p. 419-422.

GOODMAN, E. (2011). Aquaponics: community and economic development. Thèse de doctorat. Genie-aquacole. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, p. 7-25.

GUNNING, D. et al. (2016). The Development of Sustainable Saltwater-Based Food Production Systems. Established and novel concepts. Vol.8, n° 598, p. 2-5.

HARLAUT, P. (2015). *Tout savoir sur l'aquaponie* [en ligne]. France : aquaponiebiz. [Consulté le 23/6/2017]. Disponible à l'adresse: < <http://www.aquaponie.biz/aquaponie/formation-aquaponie/> > .

JIJAKLI, H. (2014). Comment se nourrira-t-on en 2050. In: LE SOIR. [En ligne]. France, [Consulté le 19/6/2017]. p. 26. Disponible à l'adresse :<www.lesoir.be/demainlaterrewww.facebook.com/DemainTerretwitter.com/Demain_La_Terre > .

KÖNIG, B . et al. (2016). On the sustainability of aquaponics. In : *scientific journal of the European ecocycles society*. p. 26-32.

KIRÁLY, K. (2013). Importance of ammonia detoxification by plants in phytoremediation and aquaponics. *Növénytermelés*. Vol: 62, n°12, p. 99-102.

LENNARD, W. (2012). Aquaponic systeme design parametres : Rapport scientifique. Document non publié. Australia : RMIT university.

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

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: Department of Biology Bellarmine University. p. 9-33.

MCGUIRE, F. (2015). "Comparative Analysis of Aquaponic Grow Beds. Thèse de master. Environmental Studies Undergraduate. USA: University of Nebraska-Lincoln: The Environmental Studies Program, p. 119-122.

OLIVER, L. (2015). Comparison of four artificial lighting technologies for indoor aquaponic productions of Swisschard (*Beta vulgaris*) and Kale (*Brassica loeracea*). Thèse de master. Genie-aquacole.USA: Graduate Faculty of Kentucky State University, p. 70-95.

RAKOCY, J. et al. (2003). Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. *SRAC publication*. Vol: 12, n°684, p. 63-69.

RAKOCY, J. et al. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. *SRAC publication*. Vol. 8, n°124, p. 1-16.

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

SHAFEENA, T. (2016). Aquaponics system: Challenges and opportunities. [En ligne]. Paris: European Journal of Advances in Engineering and Technology. [Consulté le 12/07/2017]. Disponible à l'adresse : <<http://www.ejaet.com/PDF/3-2/EJAET-3-2-52-55.pdf>>.

SOKOLOWSKA, N. et al. (2014). *Aquaponics System* [en ligne]. Porto : European Project Semester at ISEP - EPS. [Consulté le 12/5/2017]. Disponible à l'adresse : <<http://www.eps2014-wiki5.dee.isep.ipp.pt/doku.php?id=report>>.

SOMERVILLE, C. et al. (2014). Small-scale aquaponic food production. Practical Hydroponics and Greenhouses. Vol. 9, n° 152, p. 42.

ANNEXES

Annexe

Annexe 1

Tableau : Longueur totale et racinaire et poids des laitue plante dans le système aquaponique

Numéro	Lt (cm)	Lr (cm)	Poids(g)	Numéro	Lt (cm)	Lr (cm)	Poids(g)
1	11,5	5,5	5	44	16,5	8	5
2	22,5	14,5	4	45	16,3	6,5	7
3	17	9	4	46	15	5,5	5
4	14	7	4	47	15,2	5,5	6
5	16,5	6,5	8	48	15	6,9	6
6	17	5,5	7	49	19,2	8,5	7
7	15,5	5	7	50	18	8,5	6
8	17	6	5	51	16,4	6,5	4
9	15	8	6	52	16,2	6	6
10	14	7	5	53	19,2	9,2	8
11	17	5	8	54	19,3	10	6
12	16,5	7	8	55	16,5	7	6
13	18,5	6,5	7	56	16	7,5	4
14	19	5	11	57	17,3	8	4
15	19,5	7	10	58	16	6,5	5
16	15,5	5	9	59	15	6,4	3
17	16	6	9	60	16	6	10
18	20	6	10	61	16,8	6,5	7
19	19	7,5	8	62	17	7,5	8
20	13,7	6	6	63	16,5	6,7	9
21	19,5	5,8	6	64	16	7,5	6
22	17	5,5	11	65	17,2	8	6
23	15,5	7	4	66	17	6,5	8
24	14,5	7,5	6	67	17,6	9,7	6
25	14,5	6,5	5	68	13,5	7	5
26	20,5	7	7	69	16,5	7,5	5
27	19	6	11	70	19,3	8,5	7
28	18,5	8,3	9	71	13	5,5	5
29	17,5	6,5	10	72	15,6	7,1	7
30	14	5,7	6	73	15,2	7,5	6
31	17	7	7	74	15,9	8	6
32	15,5	5,8	7	75	16,9	9	8
33	17	7	6	76	16,4	6	8
34	15	5,9	5	77	16,4	6	5
35	17,4	8	4	78	18	7,5	6
36	14,5	5,5	7	79	16	5,8	8
37	15,5	5,8	3	80	16,2	7	6
38	15,5	5,2	7	81	16	7	8
39	15	5,7	7	82	17,7	7,4	7
40	14,3	5,4	6	83	14,2	6,5	6
41	15,9	6	8	84	16,3	7	8
42	14,1	5,8	4	85	15,5	6	6
43	17,5	7	6	86	13,7	6,1	4

Annexe

Numéro	Lt (cm)	Lr (cm)	Poids(g)	Numéro	Lt (cm)	Lr (cm)	Poids(g)
87	17,6	5,8	7	130	11	5	5
88	14,4	6	4	131	11,7	5	6
89	14,1	6,8	4	132	12	5,3	6
90	17	6,5	6	133	12,6	5,4	7
91	7,9	8	7	134	12,5	4,4	4
92	15,6	6,8	6	135	12,8	5,3	4
93	15	6,4	5	136	10,7	4,9	5
94	19	9,2	7	137	10,5	5	3
95	17,6	8	9	138	10,7	5,3	5
96	14	5	6	139	13,6	5,8	5
97	16	5,2	7	140	12	5,3	5
98	13,7	5,5	7	141	11	5,2	1,5
99	15	5,7	7	142	15	5,2	1,5
100	17,7	6,1	10	143	10,9	5,2	1,5
101	18	5,8	10	144	12,9	6	1,5
102	16,5	5,7	4	145	10,5	4,4	1,5
103	17	6	5	146	9,5	2,5	1,5
104	17,9	5,9	9	147	16	5,2	5
105	20	5,7	9	148	18	5	4
106	14,5	5	9	149	14	5,2	5
107	20	6,5	9	150	12	5,4	3
108	17	5,5	8	151	17	5,5	4
109	18,5	5,5	10	152	17,5	5	4
110	17,5	5,8	9	153	16	5	6
111	14	5,2	5	154	18,5	6,7	9
112	17,6	5	6	156	18	5,4	9
113	17,3	5,2	8	157	15,5	6	12
114	12	5,4	4	158	16	5	8
115	11,3	5	4	159	14,2	5,5	4
116	11	4,5	4	160	20,5	5,5	4
117	10,5	5	6	161	20	5	4
118	10,8	5	6	162	13,5	5,5	1,5
119	12,3	5,3	8				
120	12	5	6				
121	13,3	5,3	4				
122	14	5,4	6				
123	11,2	4,5	3				
124	13	5,7	6				
125	11,4	4,7	7				
126	11,2	5	4				
127	11,5	5	5				
128	11,5	5	6				
129	12	5	6				

Annexe 2

Photos des accessoires de la plomberie utilisée dans le système :



Raccord d'évacuation en plastique



Robinet en PVC (32 mm)



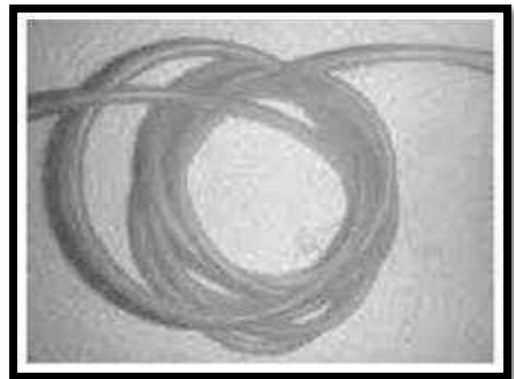
Tuyaux PVC (32 mm)



Coude PVC 90° (32 mm)



T en PVC (32 mm)



Tuyaux de distribution d'air

Annexe 3

Aménagement de la ferme

Nous avons aménagé la ferme aquacole de sidi Fredj qui est abandonné depuis le 2005, les travaux de nettoyage et l'Equipment de la ferme sont commencé pendant le stage master avec la promotion 5eme année aquaculture 2016-2017, les figure ci-dessous explique le changement de l'état de la ferme, d'une cite abandonné a une ferme aquacole expérimental.



L'état de la ferme le 24-02-2017



L'état de la ferme le 19-07-2017

Annexe

Le transport des bassins du poisson et les bacs de culture de l'ENSSMAL à Sidi Fredj



Résumé :

Aquaponie, c'est la combinaison entre la pisciculture et la culture hydroponique, c'est une méthode importante et potentiellement plus durable et productive sur les deux plans, (végétales et animale). L'objectif de cette étude était de réaliser un système aquaponique fonctionnel, en circuit fermé, par l'utilisation de 1097 alevins du tilapia rouge (*Oreochromis niloticus*) et 162 plants de laitue beurre (*Lactuca sativa*), planté sur six bacs de culture sur raft (DWC). On établit des schémas explicatifs pour le circuit d'eau, les surfaces cultivables et les radeaux plantés.

Mots clé : Aquaponie, hydroponique, circuit fermé.

Abstract :

Aquaponics, a combination of fish farming and hydroponics, it is an important and potentially more sustainable and productive method on both planes (plant and animal). The aim of this study was, the realization of a functional aquaponic system by using 1097 red tilapia (*Oreochromis nilotic*) and 162 butter lettuce (*Lactuca sativa*), planted on six raft culture tanks (DWC). Explanatory diagrams for the water circuit, cultivable areas and the rafts planted.

Key words: Aquaponics, hydroponics, water circuit.

ملخص :

الزراعة الحيوانية هي مزيج بين تربية المائيات و الزراعة المائية. وهي طريقة هامة وربما أكثر استدامة و إنتاجية على الصعيدين (النباتي و الحيواني), الهدف من هذه الدراسة هو تركيب نظام مغلق للزراعة الحيوانية باستخدام 1097 سمكة بلطي أحمر (*Oreochromis niloticus*) و 162 نبتة من الخس الزبادي (*Lactuca sativa*), مزروعة في ستة خزانات استزراع (DWC), مع تصميم مخططات توضيحية لنظام المياه و المناطق المزروعة.

الكلمات المفتاحية : الزراعة الحيوانية, الزراعة المائية, نظام مغلق.