



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID D'EL-TARF

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE  
ET DE LA VIE

DEPARTEMENT : SCIENCES DE LA MER

FILIERE : HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE

MEMOIRE PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU

DIPLOME DE MASTER

EN

« BIORESSOURCES MARINES »

## THÈME

**Valorisation des déjections émis par la carpe commune  
(*Cyprinus carpio*), par la culture des fraisiers en système  
d'aquaponie « eau profonde », sous serre.**

Présentée par :

**M<sup>lle</sup>. RAMOUL Yousra**

Devant le jury compose de:

**PRESIDENTE : M<sup>me</sup> DJABOURABI Aicha** (M.C.A – U.E.T).  
**PROMOTRICE: M<sup>me</sup> ZEGHDOUDI F** (M.C.B – U.E.T).  
**EXAMINATRICE : M<sup>me</sup> TAHRI Mardja** (M.C.A – U.E.T).

Année universitaire 2021-2022



## **"Remerciements"**

Avant tout je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir accordé la foi, le courage, la santé et les moyens de conception de ce modeste travail.

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer toute ma

Reconnaissance et mon encadreuse Dr Zeghdoudi Fadila(M.A.A-U.C.B.T)

Qui ma encadrée et conseillée tout au long de ce travail, pour sa patience, ses précieux conseils, la rigueur et l'orientation dont j'ai pu bénéficier.

Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury Mme Tahri. et Mme Djabourabi 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.

Je tiens, également, à exprimer notre sincère reconnaissance et notre profonde gratitude à tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce rapport de fin

D'étude, Ghozlene,salsabil , Mohamed, Abd el Djebar,



## " Dédicaces "

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

Mon adorable père « naouri » mon soutien moral et source de joie et de bonheur qui a supporté vaillamment pas à pas tout au long de ma vie.


A ma sœur (Taima) et mon frère (youcef)

A toute ma famille sans exception.

A l'être qui a toujours levé mon esprit et m'inspiré, l'être qui a ma donner leur encouragement permanent pour la continuation, mon cher fiancé (Abdel latife)

A mes très chères amies qui sont profondément dans mon cœur Lidia, Meryem, Imene.

Amira .Amina



## **Résumé**

La présente étude a pour objectif de suivre trois paramètres clés de la qualité de l'eau (température, l'oxygène dissous et pH) dont Chaque paramètre a un impact sur les trois organismes de notre système d'aquaponie (poissons, plantes et bactéries), et de comparer la croissance et le développement de 40 fraisiers *Fragaria vulgaris*, cultivées en deux modes (sol, aquaponie) et qui sont irriguées par l'eau d'élevage de la carpe commune, *Cyprinus carpio* (aquaponie) et par l'eau de robinet (sol), sous serre .

Cette étude a permis d'observer les effets de l'eau d'élevage (riche en sels nutritifs), l'adéquation des modes de culture et des paramètres physicochimiques de l'eau ( $15,91 < TC^{\circ} < 17,20$  ;  $7,44 < O_2 \text{ dissous mg/l} < 8,86$  ;  $6,99 < TC^{\circ} < 7,04$ ) la croissance et la survie de la carpe et le développement de l'appareil végétatif et reproducteur de la fraise. Les résultats obtenus de l'essai de 8 semaines, ont montré un bon développement foliaire, une fructification et une floraison précoces des fraisiers plantés dans l'eau d'élevage (aquaponie) comparant aux autres plantes cultivées dans le sol et qui sont irriguées par l'eau de robinet.

**Mots-clés** : Aquaponie; mode de culture ; fraise *Fragaria vulgaris*; carpe commune *Cyprinus carpio*; eau élevage; eau robinet.

## *Summary*

The objective of this study is to monitor three key parameters of water quality (temperature, dissolved oxygen and pH), each parameter of which has an impact on the three organisms of our aquaponics system (fish, plants and bacteria). ), and to compare the growth and development of 40 *Fragaria vulgaris* strawberry plants, cultivated in two modes (soil, aquaponics) and which are irrigated by the breeding water of the common carp, *Cyprinus carpio* (aquaponics) and by the tap water (soil), greenhouse

This study made it possible to observe the effects of the rearing water (rich in nutrient salts), the adequacy of the cultivation methods and the physicochemical parameters of the water ( $15.91 < TC^{\circ} < 17.20$ ;  $7.44 < O_2 \text{ dissolved mg/l} < 8.86$ ;  $6.99 < TC^{\circ} < 7.04$ ) the growth and survival of carp and the development of the vegetative and reproductive system of strawberries. The results obtained from the 8-week trial showed good leaf development, early fruiting and flowering of strawberries planted in water for breeding (aquaponics) compared to other plants grown in soil and irrigated by tap water.

Keywords: Aquaponics; method of cultivation; strawberry *Fragaria vulgaris*; common carp *Cyprinus carpio*; water breeding; tap water.

## المخلص

الهدف من هذه الدراسة هو مراقبة ثلاثة معايير رئيسية لنوعية المياه (درجة الحرارة ، والأوكسجين المذاب ، ودرجة الحموضة) ، ولكل معلمة تأثير على الكائنات الحية الثلاثة لنظام الأكوابونيك لدينا (الأسماك والنباتات والبكتيريا). قارنا بين نمو وتطور 40 من نباتات الفراولة *Fragaria vulgaris* المزروعة في وضعين (التربة ، aquaponics) والتي تروى بمياه تكاثر الكارب الشائع ، *Cyprinus carpio* (aquaponics) ومياه الصنبور (التربة) ، الدفيئة.

أتاحت هذه الدراسة ملاحظة تأثيرات مياه التربة (الغنية بالأملاح المغذية) ، ومدى كفاية طرق الزراعة والمعايير الفيزيائية والكيميائية للمياه ( $15.91 > TC > 17.20$ ؛  $7.44 > O_2 > 8.86$ ؛  $6.99 > TC > 7.04$ ) نمو وبقاء الكارب وتطور الجهاز الخضري والتكاثر للفراولة. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من التجربة التي استمرت 8 أسابيع تطورًا جيدًا للأوراق ، والإثمار المبكر ، وازدهار الفراولة المزروعة في الماء للتكاثر (aquaponics) مقارنة بالنباتات الأخرى المزروعة في التربة والمروية بمياه الصنبور.

الكلمات الرئيسية: Aquaponics؛ طريقة الزراعة الفراولة *Fragaria vulgaris* الكارب الشائع *Cyprinus carpio*؛ تربية المياه؛ ماء الصنبور.

# Table des matières

<b>I- Introduction</b> .....	1
<b>II- Généralités</b> .....	4
<b>1. Zone d'étude</b> .....	4
<b>2-Définition</b> .....	5
<b>2-1 L'aquaculture</b> .....	5
<b>2-2 L'hydroponie</b> .....	6
<b>3. Les Meilleurs systèmes aquaponiques selon FOA</b> .....	6
<b>3.1. Les systèmes de culture en eaux profondes (CEP)</b> .....	6
<b>3.2. Les systèmes de lits de culture (Media Bed)</b> .....	7
<b>3.3. La technique du film nutritif (NFT)</b> .....	8
<b>3.2.L'azote</b> .....	10
<b>4. Généralités sur les fraises</b> .....	13
<b>4.1. Culture de la fraise</b> .....	13
<b>4.2. Production de la fraise en Algérie</b> .....	13
<b>5. Généralités sur la carpe</b> .....	13
<b>5.1. La famille des cyprinidés</b> .....	13
<b>5.2. Caractéristiques</b> .....	14
<b>6. Importance de la consommation des poissons et les fruits pour la sante</b> .....	14
<b>III- Matériel et méthodes</b> .....	16
<b>1.1. Présentation de la station expérimentale</b> .....	16
<b>2.2. Matériel expérimental</b> .....	16
<b>2.2.1. Bassin d'élevage</b> .....	16
<b>2.2.2. Filtre mécanique</b> .....	17
<b>2.2.3. Biofiltre</b> .....	17
<b>2.2.4. Lits de culture</b> .....	18
<b>2.2.5. Plomberie d'un système aquaponique</b> .....	18
<b>2.3. Matériel biologique</b> .....	19
<b>2.3.1. La carpe commune <i>Cyprinus carpio</i></b> .....	19
<b>2.3.2. Matériel végétal</b> .....	21
<b>2.4. Mise en marche du système d'Aquaponie</b> .....	23
<b>2.5. Nourrissage des poissons</b> .....	24
<b>3. Méthodes d'analyses</b> .....	24
<b>3.1. Caractérisation physico-chimique de l'eau des cultures</b> .....	24
<b>3.1.1. Mesure du pH, T° et oxygène dissous</b> .....	24

3.2. Paramètres éco-physiologiques de la plante et de la carpe .....	24
4. Etudes statistiques .....	26
1. Paramètres physicochimiques de l'eau .....	27
1.1    Température .....	27
1.2    Oxygène dissous .....	27
1.3    pH .....	28
2. Résultats des paramètres végétatifs et de production .....	30
2.1. Analyses des paramètres végétatifs .....	30
2.1.1. Nombre des feuilles par plantes .....	30
2.1.2. Longueur de la tige .....	31
2.1.3. Longueur et largeur de la feuille .....	32
2.1.4. Taux de matière sèche (TMS) .....	32
2.1.5. La teneur en eau relative (TRE%) .....	33
2.2. Analyses des paramètres de reproduction .....	34
2.2.1 Nombre de fleurs .....	34
2.2.2. Fructification.....	35
3. Croissance relative.....	35
3.1. Relation taille-poids.....	35
4. Résultats de l'étude statistique (ANOVA) .....	36
4.1. Comparaison entre les 2 modes de culture (aquaponie, sol).....	36
Références .....	41
<i>Annexes</i> .....	

## Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude (Données cartographique Google 20103)	4
Figure 2 : Présentation d'un système aquaponique simple	5
Figure 3 : Culture en eau profond (Photo internet)	7
Figure 4 : Système de lit de culture (Photo internet)	7
Figure 5 : Exemple de la technique NFT (Eric et Kevin, 2016)	9
Figure 6 : Cycle de l'azote en Aquaponie (Photo internet)	11
Figure 7 : Vue générale de la serre aquaponique de la faculté SNV-université El-tarf (Ramoul.2022)	16
Figure 8 : Bac à poisson IBC de 1000L (Ramoul, 2022)	16
Figure 9 : Filtre à tourbillon (A : vue externe ; B : vue interne) (Ramoul, 2022)	17
Figure 10 : Filtre biologique avant (A) et après (B) la mise en marche du système (Ramoul, 2022)	17
Figure 11 : Bacs de culture et mise en eau (Ramoul, 2022)	18
Figure 12 : Pompe à eau émergente	18
Figure 13 : Siphon d'évacuation (Ramoul, 2022)	19
Figure 14 : La carpe commune <i>Cyprinus carpio</i> (Ramoul, 2022)	19
Figure 15 : Vue sur les plantules cultivées dans le sol (Ramoul, 2022)	22
Figure 16 : Vue sur les plantules cultivées dans le système d'aquaponie (Ramoul,)	23
Figure 17 : Mise en marche du système aquaponique (Ramoul, 2022)	23
Figure 18 : Multi-paramètres HANNA, HI 9829 de terrain (Ramoul, 2022)	24
Figure 19 : Variation de la température moyenne de l'eau en fonction du temps Dans les bassins (élevage, biofiltre et culture)	27
Figure 20 : Variation de l'oxygène dissous moyen de l'eau en fonction du temps Dans les bassins (élevage, biofiltre et culture)	27
Figure 21 : Variations des valeurs moyennes du pH de l'eau en fonction du temps Dans les bassins (élevage, biofiltre et culture)	28
Figure 22 : Effet des différents types de culture sur nombre des feuilles des fraisiers	31
Figure 23 : Effet des différents types de culture sur l'élongation de la tige des fraisiers	31
Figure 24 : Histogramme montrant la moyenne de la longueur et la largeur des feuilles des fraisiers pour les deux modes de culture	32
Figure 25 : Taux de matière sèche des fraisiers (sol, aquaponie)	33
Figure 26 : Taux en eau relative des fraisiers (sol, aquaponie)	33
Figure 27 : Nombre de fleurs du 40 plantes (sol, aquaponie)	34
Figure 28 : Nombre de fruits des plantes (sol, aquaponie)	35
Figure 29 : Tuyauterie du bac à poissons aux filtres mécanique et biologique	42
Figure 30 : Mesurer la longueur et la largeur de la tige de la plante	42
Figure 31 : Plantes des fraises irriguées par l'eau d'élevage.	42
Figure 32 : fleuriser	43
Figure 33 : Les fraises	43

## ***Liste des Tableaux***

Tableau 1 : Les valeurs idéales de l'eau pour la culture aquaponique (Harlaut. Pierre, <a href="http://www.aquaponie.biz">www.aquaponie.biz</a> )	11
Tableau 2 : Expressions mathématique de la relation taille-poids chez la carpe commune <i>Cyprinus carpio</i> durant la période d'étude	36
Tableau 3 : Résultats de l'AV2 appliquée sur les paramètres biométriques et de reproduction (longueur de la tige ; longueur et largeur de la feuille ; nombre de fleurs) dans les deux systèmes de culture appliqués	37

## ***I- Introduction***

Depuis la fin du XXe siècle, plusieurs travaux de recherche ont montré que l'humanité fait face à un grand défi démographique. La population mondiale devrait passer de 7 à 9,2 milliards d'individus d'ici 2050, dont plus de 90 % dans les pays en voie de développement (FAO, 2012), les études supposent ainsi que 70-80 % de cette population mondiale sera regroupée en zones urbaines (UN-Habitat, 2008). Cette croissance entraînera un plus grand besoin en ressources alimentaires et une plus importante production dans le monde entier.

Le fraisier est l'une des plantes horticoles les plus cultivées et les plus répandues partout à travers le monde, notamment en Europe et en Amérique. La production mondiale est en constante augmentation depuis 25 ans. En 1990, cette production se chiffrait à plus de deux millions de tonnes et a atteint plus de 8 millions de tonnes en 2014. Les 10 plus importants pays producteurs mondiaux représentent plus de 80 % de la production mondiale, les trois principaux pays producteurs en 2014 étant la Chine, les États-Unis et le Mexique avec respectivement une production de 3 801 865 tonnes, 1 420 570 tonnes et 468 248 tonnes de fraises (FAOSTAT, 2014). En Algérie, les principales wilayas productrices de la fraise sont Skikda, Jijel et Tipaza. Cette dernière a été le premier producteur de ce fruit en 2019 avec plus de 200 000 quintaux produits. La fraise est également cultivée à Alger, Boumerdes, Blida et Mostaganem.

À l'échelle internationale, l'agriculture conventionnelle ne répond plus aux attentes des citoyens. D'un côté, le cadre législatif de protection de l'environnement se durcit. Récemment, le développement de la technologie a rendu possible des avancées majeures dans le domaine de l'agriculture, ces avancées technologiques ont entraîné l'apparition de nombreuses techniques pour l'augmentation des produits agricoles innovantes telle que l'aquaponie (FAO, 2016).

L'aquaponie est une technique de production agricole qui combine l'élevage en aquaculture avec la culture en hydroponie. Ces deux systèmes sont les plus productifs dans leurs domaines respectifs (FAO, 2014). En les couplant, les déchets disparaissent en devenant les intrants du procédé suivant (Chapman, et *al.*, 2012). Les nutriments nécessaires à la croissance des plantes proviennent alors de la transformation en éléments assimilables par des populations bactériennes des déchets produits par les

macroorganismes aquatiques. Ce processus permet de créer un écosystème complet et équilibré où trois règnes d'organismes coexistent en symbiose. Finalement, les besoins en eau et en nutriments sont drastiquement réduits (FAO, 2014). A noter que la culture hors-sol des fraisiers permet d'atteindre un rendement élevé de fruits de bonne qualité (Tagliavini et coll., 2005 ; Retamales et coll., 2007 ; Palencia et coll., 2016), même dans les zones où les conditions de croissance sont défavorables (Grillas et coll., 2001 ; Cecatto et coll., 2013 ; Akhatou et Recamales, 2014 ; Murthy et coll., 2017).

En Algérie, il n'y a pas de grosse entreprise hydroponique, il n'y a que quelques expérimentations, comme la culture de cultivar d'orge pour nourrir les vaches à El Tarf et la culture de concombre à oued souf. En effet, le développement des systèmes d'Aquaponie recèlent un potentiel de production locale et durable de denrées alimentaires et peuvent contribuer, en combinant dans un système clos l'élevage de poissons d'eau douce et la culture de légumes, à réduire la consommation de ressources par rapport aux systèmes conventionnels.

L'élevage de précision s'est aussi développé afin de répondre aux besoins de l'agriculteur moderne. Celui-ci continue de faire ses preuves en facilitant le travail de l'éleveur, tout en améliorant la qualité de vie des animaux, très recherchée aujourd'hui (Hostiou, et al., 2014). Malgré ces avancées technologiques, un domaine de production réagit plus lentement que les autres, l'aquaculture. En 2013, la consommation mondiale de protéines animales était à 17% issue de poissons. La demande en protéines augmentant avec l'amélioration des niveaux de vie, la consommation mondiale de poissons ne cesse de croître. Cependant, la pêche totale de poissons sauvages stagne autour des 90 millions de tonnes par an depuis 1980. L'industrie de l'aquaculture a permis à l'offre de suivre la demande sans intensifier les pressions de la pêche sur les milieux naturels. En effet, alors qu'elle ne fournissait que 7% de la production en 1974, elle en fournissait 44,1% en 2014 (FAO, 2016).

Le principal objectif du présent travail est de mener une étude sur la culture des fraises sous abri « serre » en utilisant deux techniques de culture (Aquaponie, sol). Les objectifs spécifiques sont :

- -Suivre les paramètres physico-chimiques du système aquaponique ;
- Comparer la croissance et le développement du fraisier du système aquaponique avec celui du sol irrigués avec l'eau du robinet ;

- Suivre les mortalités et la survie des carpes ;
- Tester l'efficacité du filtre biologique de notre système dans la transformation de l'ammoniaque toxique pour les poissons en ions nitrites ensuite en ions nitrates assimilables par les plantes
- limiter l'utilisation de produits chimiques et avoir des fraisiers « Bio et sains » sans pesticides, herbicides et engrais synthétiques artificiel

## II- Généralités

### 1. Zone d'étude

Située à l'extrême Nord Est de l'Algérie, la wilaya d'El Tarf d'une superficie de 2908 Km<sup>2</sup> et abritant une population de l'ordre de 427109 habitant en 2011 et composée de 7 dairate (El Tarf, El Kala, Ben M'hidi, Besbes, Dréan, Bouhadjar et Bouteldja) et 24 communes.

Le territoire de cette wilaya est délimité comme suit :

- à l'Est par la frontière algéro-tunisienne,
- à l'Ouest par les wilayas de Annaba à l'ouest et au Nord-ouest et par la wilaya de Guelma à l'Ouest et au Sud-Ouest ,
- au sud par la wilaya de Souk Ahras,
- au nord par la mer Méditerranée. Soulignons, à cet effet, que le littoral de cette wilaya donne sur une large façade maritime orientée Est-Ouest, rectiligne en général, mais sinueuse localement avec un linéaire d'environ 90 kms



**Figure 1** : Situation géographique de la zone d'étude

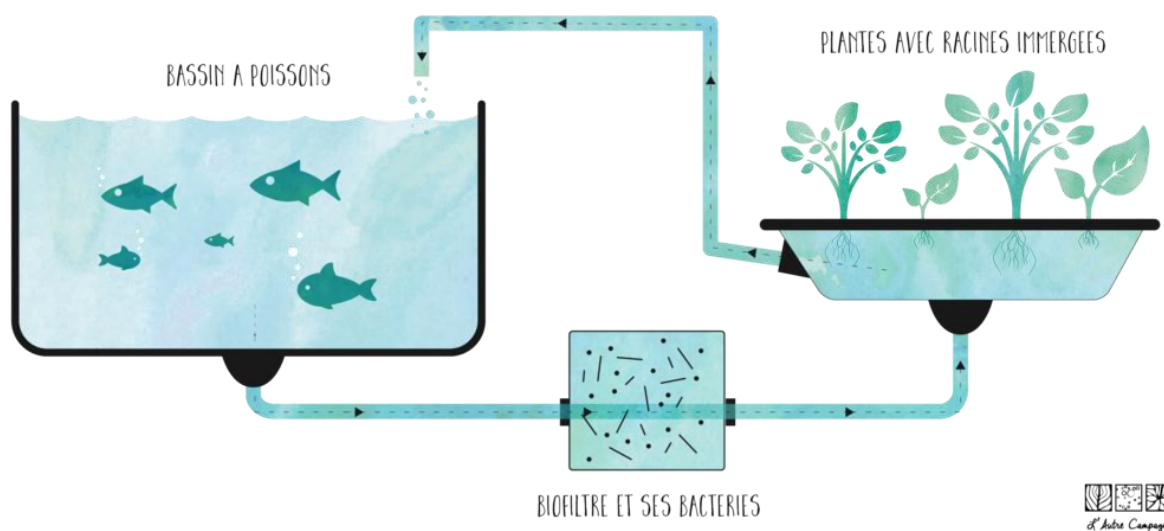
(Données cartographique - Google, 2010)

L'Aquaponie est une combinaison de deux noms : l'aquaculture qui est l'élevage de poissons et l'hydroponie qui est la culture de plantes avec une eau riche en substances minérales mais qu'il faut bien comprendre en Aquaponie, il est nécessaire de comprendre le principe de la nitrification (le cycle de l'azote), car les bactéries nitrifiantes présentes dans l'eau ont la capacité de convertir l'ammonium en nitrate puis en nitrate. Elles s'oxydent grâce à

la plante, l'anneau est donc fermé et c'est déjà un bon système d'échange entre les poissons et les plantes

Un système aquaponie Il existe de nombreuses configurations différentes de systèmes aquaponiques. Les composants communs à chaque système aquaponique sont l'aquarium et un lit de plantes sans sol. Les variables comprennent les composants de la filtration, les composants de la tuyauterie, le type de lit de la centrale et la quantité et la fréquence de la circulation de l'eau et de l'aération. En règle générale, les systèmes qui utilisent une certaine filtration pour éliminer les déchets de poisson solides auront une production plus élevée de poissons et de plantes que ceux qui n'utilisent pas la filtration. Il existe trois principales méthodes aquaponiques émergentes dans l'industrie : la technique de film nutritif, le radeau, et le système de lits remplis de médias. Chacune de ces méthodes est basée sur une conception de système hydroponique, avec des adaptations pour le poisson et la filtration

Technique de film nutritif (NFT) La technique du film nutritif est une méthode hydroponique couramment utilisée dans laquelle les plantes sont cultivées dans des canaux longs et étroits, mais elle n'est pas aussi courante dans les systèmes aquaponiques



**Figure 2 :** Présentation d'un système aquaponique simple

## 2-Définition

### 2-1 L'aquaculture

- L'aquaculture est l'élevage de poissons en captivité ou la production d'espèces d'animaux aquatiques et d'autres plantes dans des conditions contrôlées.
- Les systèmes aquacoles peuvent être classés en quatre catégories principales :

- Système en circuit ouvert (ex. cages ou enclos ouverts à l'environnement naturel).
- Système de culture en étang;
- Système en « raceway» (type de bassin allongé, généralement en béton, avec circulation de l'eau);
- Système à recirculation de l'eau (Recirculation Aquaculture System - RAS en abrégé).

### 2-2 L'hydroponie

- La culture hydroponique est la méthode la plus courante de production de cultures hors sol (agriculture sans terre), qui consiste à faire pousser des plantes sur un substrat, en contact avec une solution aqueuse.
- Le substrat agit comme un support pour la plante et aide à retenir l'humidité.
- 

Un système d'irrigation est incorporé dans le substrat pour fournir aux racines les nutriments nécessaires à la croissance des plantes

### 3. Les Meilleurs systèmes aquaponiques selon FOA

Il existe trois principaux types de systèmes d'Aquaponie :

#### 3.1. Les systèmes de culture en eaux profondes (CEP)

Ce système de culture encore appelé culture sur radeau, utilise une plateforme flottante ou suspendue avec des trous pour soutenir les plantes et permettre aux racines d'être submergées dans l'eau. Les isolants en polystyrène sont généralement utilisés comme radier et des pots en plastique pour soutenir les plantes. Les radeaux offrent de nombreux avantages, notamment la facilité d'utilisation, la mobilité, un nettoyage simple et un risque moins élevé de mortalité des plantes lors de pannes de courant. Les plantes d'une unité de culture en eau profonde peuvent survivre jusqu'à deux semaines sans écoulement d'eau ou aération, par rapport aux heures ou aux jours d'autres systèmes.

La culture sur radeau est la technique la plus utilisée dans le commerce en raison de sa simplicité et de sa fiabilité (Pattillo, 2017a)(Fig. 3).



**Figure 3 :** Culture en eau profond (Photo internet)

Cette méthode est la plus utilisée dans les grandes exploitations aquaponiques commerciales qui traitent d'une culture spécifique (de manière stéréotypée, la laitue, les feuilles de salade ou le basilic).

### 3.2. Les systèmes de lits de culture (Media Bed)

Les unités de lit de culture sont la conception la plus populaire pour l'Aquaponie à petite échelle car elles sont efficaces en termes d'espace, ont un coût relativement faible et conviennent aux débutants en raison de leur conception très simple. Dans les unités de lit de culture, le substrat utilisé pour soutenir les racines des plantes agit également comme moyen de filtration. Cette double fonction est la principale raison pour laquelle les unités de lit de culture sont les plus simples. (FAO, 2014 ; Somerville et al., 2014 ; Love, Uhl, & Genello, 2015 (Fig. 4).



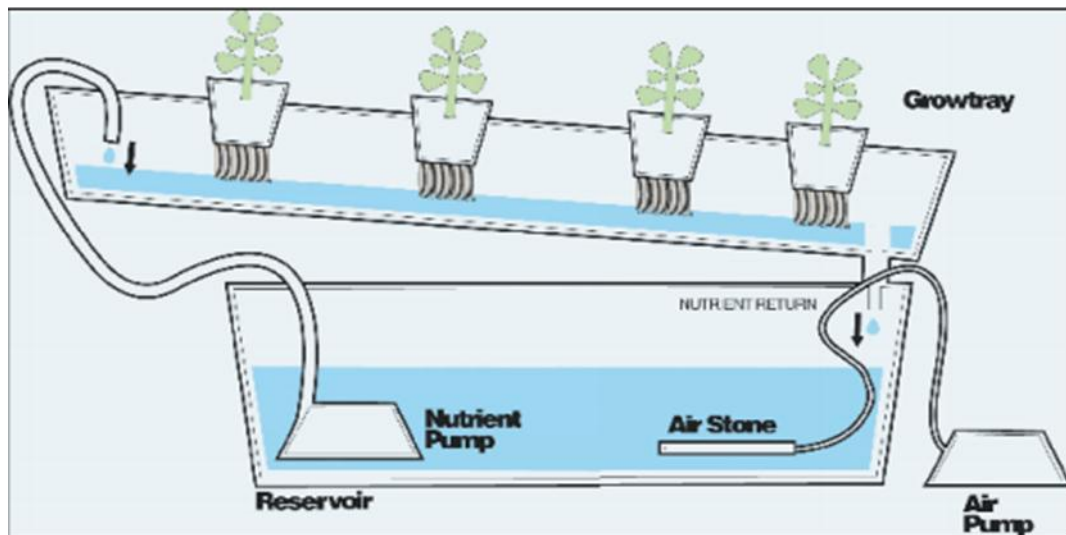
**Figure 4 :** Système de lit de culture (Photo internet)

### 3.3. La technique du film nutritif (NFT)

La technique de culture sur film nutritif est une méthode hydroponique qui consiste à planter les plants dans un tuyau légèrement incliné, dans lequel s'écoule en continu un filet d'eau riche en nutriment (film nutritif) ([magazine@backyardaquaponics.com](mailto:magazine@backyardaquaponics.com)). Les plantes sont placées dans des trous percés sur le haut des tuyaux, et leurs racines, protégées de la lumière, sont en mesure d'utiliser cette fine pellicule d'eau riche en éléments nutritifs.

Le principal avantage de la méthode NFT est que les racines des plantes sont exposées continuellement à des approvisionnements satisfaisants en eau potable, en oxygène et en vitamines et minéraux. « L'eau riche en nutriments est pompée dans de petites gouttières fermées, l'eau qui coule dans la gouttière n'est qu'un film très mince. Les plantes s'assoient dans de petites coupelles en plastique permettant à leurs racines d'accéder à l'eau et d'absorber les nutriments. Le NFT ne convient vraiment qu'à certains types de plantes, généralement les légumes verts à feuilles, les plantes plus grandes ont des systèmes racinaires trop gros et trop invasifs ou deviennent trop lourds pour les gouttières légères » ([magazine@backyardaquaponics.com](mailto:magazine@backyardaquaponics.com)). Le défaut de cette méthode réside dans la vérité qu'il a un tampon extrêmement faible contre les interruptions dans le mouvement puisque la plomberie utilisée dans un système de NFT hydroponique n'est généralement pas assez grande pour être utilisée en Aquaponie car la nature organique du système et l'eau «vivante» provoquera le colmatage des petits tuyaux et des tubes (Nelson and Pade, Inc.). La technique NFT est particulièrement adaptée à la culture de la mâche, la laitue, du persil, du basilic, des fraises... Car elle permet d'économiser de la place grâce à la culture verticale.

Mais attention, elle ne convient pas à la culture de certaines autres plantes comme par exemple les tomates car la rigole ne serait alors pas assez profonde pour permettre une bonne irrigation des racines ([aquaponique.fr](http://aquaponique.fr) Aquaponie) (Fig. 5).



**Figure 5 :** Exemple de la technique NFT (Eric et Kevin, 2016)

Le principal avantage de la méthode NFT est que les racines des plantes sont exposées continuellement à des approvisionnements satisfaisants en eau potable, en oxygène et en vitamines et minéraux. «L'eau riche en nutriments est pompée dans de petites gouttières fermées, l'eau qui coule dans la gouttière n'est qu'un film très mince. Les plantes s'assoient dans de petites coupelles en plastique permettant à leurs racines d'accéder à l'eau et d'absorber les nutriments. Le NFT ne convient vraiment qu'à certains types de plantes, généralement les légumes verts à feuilles, les plantes plus grandes ont des systèmes racinaires trop gros et trop invasifs ou deviennent trop lourds pour les gouttières légères » . Le défaut de cette méthode réside dans la vérité qu'il a un tampon extrêmement faible contre les interruptions dans le mouvement puisque la plomberie utilisée dans un système de NFT hydroponique n'est généralement pas assez grande pour être utilisée en aquaponie car la nature organique du système et l'eau « vivante » provoquera le colmatage des petits tuyaux et des tubes. La technique NFT est particulièrement adaptée à la culture de la mâche, la laitue, du persil, du basilic, des fraises Car elle permet d'économiser de la place grâce à la culture verticale. Mais attention, elle ne convient pas à la culture de certaines autres plantes comme par exemple les tomates car la rigole ne serait alors pas assez profonde pour permettre une bonne irrigation des racines

Pour cela nous allons donc mentionner l'importance de chacun de ces éléments et les conditions optimales que nous choisirons pour obtenir un meilleur résultat L'azote L aquaponie est une méthode de culture complexe qui a évolué comme une solution efficace pour le recyclage des déchets générés dans l'aquaculture. Les déchets azotés produits dans

L'aquaculture des poissons ou écrevisses sont utilisés comme engrais pour les plantes cultivées en hydroponie. L'aquaponie repose sur le cycle de l'azote présent dans la nature. Un système aquaponique est naturellement plein d'azote et des bactéries et vers aident à la dégradation des déchets des poissons en nitrates et nitrites qui peuvent être absorbés par les plantes. L'eau d'un système aquaponique est propre, n'est pas recyclée et tourne en circuit fermé. Pour cette raison, l'azote est l'élément le plus important du système d'aquaponie. L'importance de l'azote en système d'aquaponie. L'azote, est un des éléments constitutifs des protéines. Il est donc vital, pour tous les êtres vivants, aussi bien animaux que végétaux. Les engrais hydroponiques complets sont composés de 20% à 30% d'éléments azotés et sont responsables pour plus de 10% des coûts de production. En aquaculture seule, l'azote représente 50% à 70% des coûts de production et 70% de l'azote se retrouve dans les rejets, sous forme d'ammoniac.

### 3.2.L'azote

#### L'importance de l'azote en Aquaponie

L'azote, est l'un des éléments constitutifs des protéines. Il est donc vital, pour tous les êtres vivants, aussi bien animaux que végétaux (FAO, 2014; Zhen, et al.. 2015). Les engrais hydroponiques complets sont composés de 20% à 30% d'éléments azotés et sont responsables

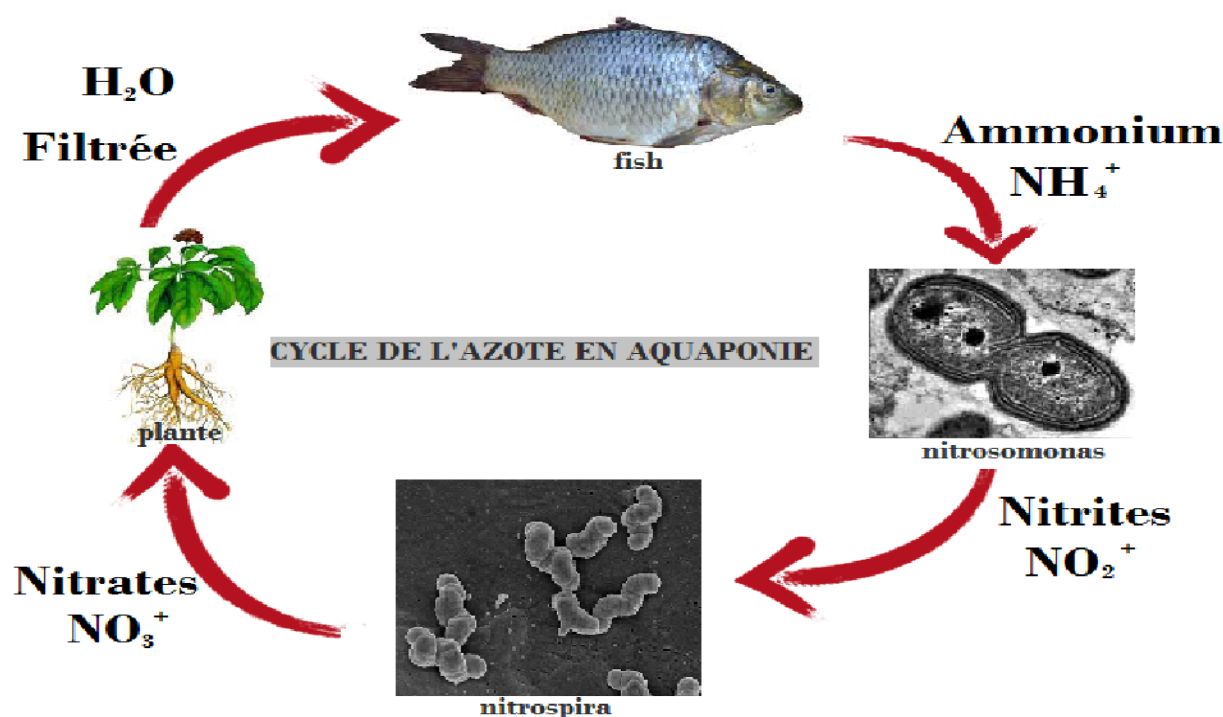
pour plus de 10% des coûts de production (Trefitz et Omaye, 2015). En aquaculture seule, l'azote représente 50% à 70% des coûts de production et 70% de l'azote se retrouve dans les rejets, sous forme d'ammoniac (Zhen, et al.. 2015). L'Aquaponie permet de récupérer les éléments nutritifs relâchés par les poissons afin de nourrir la croissance des plantes, tout en réduisant les coûts et les impacts environnementaux (Graber et Junge, 2009). L'azote peut, quant à lui, être utilisé comme indicateur de l'équilibre du système et de l'état des solutions nutritives (FAO, 2014).

#### B. Le cycle d'azote

Le cycle de l'azote d'un système aquaponique commence par le nourrissage des poissons. Au plus la nourriture est riche en protéines, au plus celle-ci contient de l'azote. Une partie des protéines consommées par les poissons est absorbée pour la croissance des poissons, le reste est rejeté par l'urine, sous forme d'ammonium (FAO, 2014). Cette forme de l'azote est ensuite consommée et transformée en nitrites par une première génération de bactéries, présente dans l'eau et concentrée dans le biofiltre. L'ammonium et les nitrites sont

hautement toxiques à partir de basses concentrations pour les poissons (Zhen, et al.. 2015). Ils doivent donc rapidement être dégradés.

Une seconde génération de bactéries transforme les nitrites en nitrates (Fig. 6). Cette dernière configuration chimique est toxique à des concentrations 100 fois plus élevées que les Deux précédentes et est la plus accessible pour les plantes (FAO, 2014).



**Figure 6.** Cycle de l'azote en Aquaponie (Photo internet)

### 3.2.1. L'eau du système

Voici les valeurs que nous devons viser pour avoir une eau idéale pour la culture aquaponique :

**Tableau 1 :** Les valeurs idéales de l'eau pour la culture aquaponique (Harlaut. Pierre, [www.aquaponie.biz](http://www.aquaponie.biz)).

Les éléments	Les valeurs idéales
PH	Entre 6 et 7
Température eau	Entre 18 et 30°C
Oxygène dissous	Entre 5 et 8 mg/litre (ou plus)
Ammoniac	0 mg/litre
Nitrites	0 mg/litre
Nitrate	Entre 5 et 150 mg/litre

### Alimentation d'un système aquaponique en eau

Les eaux sont très souvent polluées et pour cela, dans les systèmes aquaponiques, de nombreuses types d'eaux sont utilisées, Dans la suite nous le reconnaissons et les caractéristiques de chaque type (Bouhenni. K, Chabani. R. 2018):

**-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.

### La Lumière

La lumière est l'un des éléments essentiels de la vie végétale pour réaliser la photosynthèse. Et en termes de quantité d'énergie consommée, « la plupart des jardiniers utilisent au moins 25 W pour 30 cm<sup>2</sup> d'espaces de culture quel que soit le type de lumière. Nous pouvons diminuer cette puissance si nous pouvons compléter avec de la lumière naturelle ou que nous cultivons une plante qui ne nécessite pas beaucoup de lumière comme la laitue par exemple. Cependant, de nombreux jardiniers préfèrent doubler voire tripler la puissance recommandée pour atteindre des taux de croissance plus rapide. Il n'y a vraiment rien de mieux que d'utiliser trop de lumière mais il faut rester vigilant car dans de petits espaces cela génère énormément de chaleur qui peut être difficile à contrôler. La plupart des jardiniers d'intérieur utilisent un éclairage compris entre 12 et 18 heures par jour » (HARLAUT. Pierre, [www.aquaponie.biz](http://www.aquaponie.biz)).

### 4. Généralités sur les fraises

#### 4.1. Culture de la fraise

La culture du fraisier se fait sous grandes serres ou sous de petits tunnels. Cette dernière est plus économique. La culture sous serres a pour but la précocité et la protection par rapport à certains aléas climatiques. Plus un abri est large, plus la production est précoce (ainsi des fraisiers sous grandes serres seront toujours plus précoces que ceux sous petits tunnels) (CIDES, 2000).

#### 4.2. Production de la fraise en Algérie

Aujourd'hui, la production des fraises en Algérie est estimée à 700000 tonnes en 2017-2018 (CAW, 2018). Cependant, les rendements et les productions les plus faibles sont enregistrés à fin des années 1990 avec 2000 à 5000 tonnes (rendement de 90 Q/Ha dans la région de l'est). Cette production a connu des fluctuations au fil du temps (DSA, 2018). La production a considérablement augmenté au début des années 1990 pour stagner à partir de 1994 ; cette variation est fortement liée à celle des superficies cultivées (CAW, 2018).

La croissance de la production et la superficie ne sont remarquables qu'à partir de 2000. Suite à la mise en place de plan national de développement agricole « PNDA » (DSA, 2018).

### 5. Généralités sur la carpe

#### 5.1. La famille des cyprinidés

Les carpes (Cyprinidés) constituent la plus grande famille de poissons d'eau douce avec environ 3000 espèces réparties dans 370 1'2 genres. Cette espèce est d'une grande importance en raison de sa capture et de son élevage en pisciculture pour la consommation humaine et en aquarium. La famille des cyprinidés comprend les carpes, les silures, les petits poissons et leurs partenaires (barbus - comme les chardons - et barbillons, etc.), ainsi que les poissons rouges. Il est connu sous le nom de famille des carpes ou de la famille des vairons, et ses membres sont également connus sous le nom de carpes. La famille appartient à l'ordre des Cypriniformes, dont les familles et les genres comprennent plus des deux tiers des espèces de poissons connues.

Les cyprinidés sont originaires d'Amérique du Nord, d'Afrique et d'Eurasie : ils sont absents d'Amérique du Sud. La plus grande carpe cyprinidé connue est la carpe géante

Catlocarpio *siamensis*, qui peut atteindre 3 mètres de long et 300 kg de poids, Au contraire, de nombreuses espèces mesurent moins de 5 cm.

### 5.2. Caractéristiques

Les cyprinidés sont des poissons sans estomac avec des mâchoires édentées, sans dent. Une dent pharyngienne, ou plutôt ces dents pharyngiennes, permet au poisson de faire des mouvements de mastication contre une plaque à mâcher formée par un processus osseux du crâne. Des dents pharyngiennes fortes permettent aux poissons comme la carpe commune et l'ide de manger des invertébrés aussi durs que les escargots et les bivalves.

La plupart des carpes, omnivores à tendance herbivore, se nourrissent principalement d'invertébrés et de végétation, probablement à cause du manque de dents et d'un estomac solide, mais certaines espèces sont des prédateurs spécialisés dans les poissons, avec un régime omnivore. Même de petites espèces, ce sont des prédateurs opportunistes qui se nourrissent de larves de grenouilles rousses dans des conditions artificielles.

Certaines espèces de carpes, comme la carpe, sont des herbivores spécialisés ; D'autres se nourrissent d'algues et de biofilms, d'autres, comme la carpe noire, se spécialisent dans les escargots (limaces), et certains, comme la carpe argentée, sont des filtreurs spécialisés. Pour cette raison, les sulfates sont souvent présentés comme un outil de gestion pour contrôler divers facteurs du milieu aquatique, tels que les plantes aquatiques et les maladies transmises par les escargots.

## 6. Importance de la consommation des poissons et les fruits pour la sante

### *les bienfaits de fruits*

Les fruits sont une excellente source de vitamines, la plupart des vitamines du groupe B (sauf la B12), les vitamines antioxydants C et E et le bêta-carotène. Ce ne sont pas les seuls antioxydants, puisque les fruits regorgent de polyphénols, caroténoïdes et flavonoïdes qui luttent contre le stress oxydatif. Ils apportent également des minéraux, potassium, magnésium (on pense à la banane), manganèse, calcium ou fer. "Manger des fruits, c'est s'assurer un bon apport en fibres indispensables pour un transit régulier, le sentiment de satiété puisqu'elles régulent la vidange gastrique ; importantes également pour l'équilibre du taux de cholestérol sanguin ou encore dans la prévention du cancer du côlon.

### *Bienfaits des poissons*

- Il est riche en protéines

Les poissons sont une jolie source de protéines de haute qualité, ils en contiennent en moyenne autant que la viande. Manger du poisson serait donc une excellente façon de réduire sa consommation de viande (rouge surtout).

- CERTAINS ONT MOINS DE MATIÈRES GRASSES

De manière générale, les poissons contiennent moins de matières grasses que la viande (sauf les poissons gras). Ils en apportent entre 1% (pour les espèces les plus faibles en matières grasses comme : le merlan, brochet, roussette, cabillaud, lieu) jusqu'à 14 % pour les espèces grasses les plus grasses, comme le saumon et le maquereau (environ 12%) ou encore le thon (14%). Dans tous les cas, ces lipides sont qualitativement très intéressants,

Les poissons peuvent donc parfaitement s'intégrer au sein de notre alimentation : même dans le cadre d'un régime minceur ! On recommande de consommer 1 poisson gras et 1 poisson maigre par semaine.

- UNE BELLE SOURCE D'OMÉGA 3

Les poissons (en particulier les poissons "gras") sont une importante source d'oméga 3. Ces derniers sont très bénéfiques pour la santé car ils aident au développement du cerveau et favorisent la santé du cœur. Un déficit en oméga 3 favoriserait la survenue de maladies neuro dégénératives (maladie d'Alzheimer), de dépression ou encore de perte de la vue.

La couverture de nos besoins en oméga 3 est facilement atteinte par la seule consommation de poissons 2 fois par semaine, dont un gras.

- ILS SONT RICHES EN OLIGO-ÉLÉMENTS

Les poissons ont également l'avantage d'être riches en vitamines : vitamine A, bon pour la santé des yeux vitamines du groupe B comme les vitamines B12 (qui participe à la synthèse des globules rouges et des protéines), B3 (ou PP) (qui joue un rôle dans la production de l'énergie), B6 (indispensable pour le métabolisme des acides aminés) de la vitamine D (qui participe à la fixation du calcium sur les os) ; de la vitamine E (qui joue un rôle antioxydant).

## III- . Matériel et méthodes

### 1.1. Présentation de la station expérimentale

L'expérimentation, est menée au niveau de la faculté des Sciences de la Nature et de Vie (SNV), Université Chadli Bendjedid d'El-Tarf sur une période de 08 semaines sous serre contrôlée (Fig. 07).

La production de poissons n'est pas le but premier de cette installation ; mais c'est plutôt la mise en marche du système aquaponique et la production d'un cycle de culture d'un végétal « les fraisés » qui sont les principaux objectifs.



**Figure 07:** Vue générale de la serre aquaponique de la Faculté SNV-Université El-Tarf (Ramoul, 2022)

### 2.2. Matériel expérimental

#### 2.2.1. Bassin d'élevage

La taille dépendra de ce que nous désirons produire. Dans le présent travail, nous avons installé un système simple, qui consiste à utiliser une cuve IBC recyclée de forme rectangulaire de 1000L (images ci-dessous).



**Figure 08 :** Bac à poisson IBC de 1000L (Ramoul, 2022)

### 2.2.2. Filtre mécanique

Un baril de 200L de volume, utilisé comme un filtre mécanique pour faire la décantation des grosses particules sur le fond a été mis en place (Fig. 09).

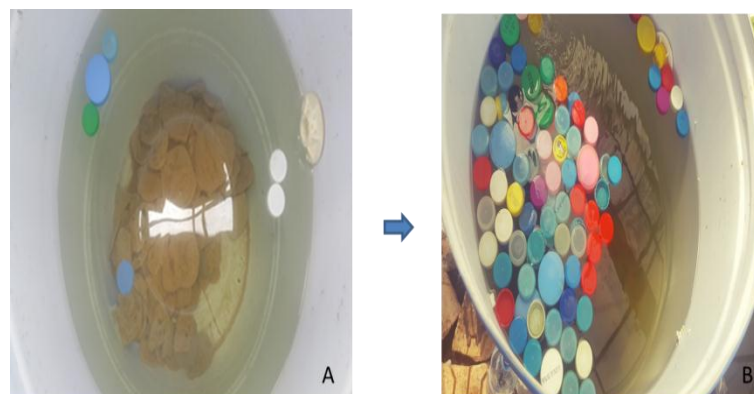


**Figure 09** : Filtre à tourbillon (A : vue externe ; B : vue interne) (Ramoul, 2022)

### 2.2.3. Biofiltre

Un baril de 200 L de volume, contenant des galets (récupéré à partir des plages) et des bouchons utilisé comme des bio-media pour fixer les bactéries nitrifiantes (*Nitrosomonas* et *Nitrobacter*) (Fig. 10).

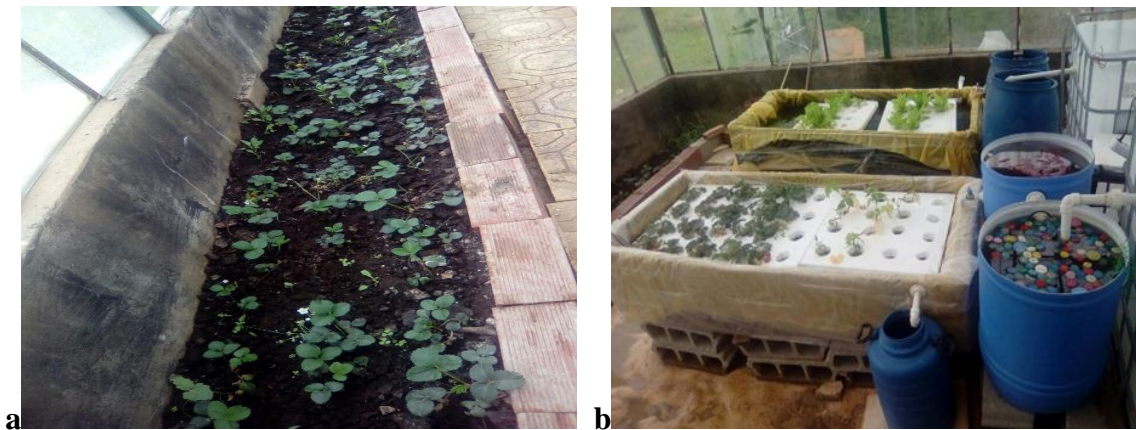
Ces bactéries sont utiles pour la décomposition de l'ammoniaque et de l'urée tout d'abord en nitrites, puis en nitrates qui sont alors directement assimilables pour la croissance des plantes.



**Figure 10** : Filtre biologique avant (A) et après (B) la mise en marche du système (Ramoul, 2022)

### 2.2.4. Lits de culture

Nous avons utilisé comme bac de culture des fraisiers, des armoires de bureau métalliques de dimensions (2m/0.8m). Pour le bâchage de ces derniers, nous avons appliqué une fibre imperméable en nylon sur toute la surface interne du lit (Figure 11). Cette étape est très délicate et était effectuée soigneusement pour éviter que la bâche ne se perce.



**Figure 1** : Bacs de culture et mise en eau (Ramoul, 2022)

### 2.2.5. Plomberie d'un système aquaponique

#### ✚ La pompe submersible

La pompe choisie pour la réalisation de ce travail est une pompe adaptée à notre volume d'eau utilisé d'une capacité de pompage de 3.75m<sup>3</sup>/h (modèle XKF-110P ; 220-240 V-50Hz-110W ; Hmax : 3.7m ; Max. 35C°).



**Figure 2** : Pompe à eau émergente

### + Tuyaux et outils nécessaires

– Un tuyau pour amener l'eau dans le ou les bacs de culture, des coudes, Tés, perceuse, la meuleuse d'angle, etc...

### + Un système d'évacuation

Lorsque l'eau arrive au niveau maximum dans le bac de culture, un siphon (fabriqué à l'aide de tuyaux PVC) permet à l'eau d'être évacuée pour retourner directement dans le bassin des poissons (Fig. 13).



**Figure 3 :** Siphon d'évacuation (Ramoul, 2022)

## 2.3. Matériel biologique

### 2.3.1. La carpe commune *Cyprinus carpio*

Tous les poissons d'eau douce peuvent convenir, à quelques exceptions près. Dans le présent travail, nous avons choisi des carpes communes *Cyprinus carpio*, poissons téléostéens de la famille des cyprinidés. La carpe a été sélectionnée, d'une part, pour sa disponibilité dans les lacs de la région d'El-Tarf, et d'autre part, en raison de sa bonne croissance et à cause de son régime relativement omnivore et acceptation précoce d'aliments artificiels. L'échantillonnage de cette espèce de poissons (différents âges et tailles) était aléatoire à l'aide d'un filet trémail.

Une fois le système d'aquaponie est installé et cyclé (cycle de l'azote opérationnel), le poisson est introduit après pesée (Fig. 14)



**Figure 4:** La carpe commune *Cyprinus carpio* (Ramoul, 2022)

### **Classification**

La classification adoptée est celle de NELSON (1994). La position systématique de la carpe est la suivante :

Phylum : Cordés

Sous classe : Actinoptérygiens

Infra-classe : Téléostéens

Ordre : Cypriniformes

Sous ordre : Cyprinoides

Famille : Cyprinidés<sup>21</sup>

Genre : *Cyprinus*

Espèce : *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1857)

### **Morphologie**

*Cyprinus carpio* a un dos relativement haut, un dos gris, noir ou brun, des ailes dorées ou rouges, un ventre jaune clair et des nageoires paires rouges pâles lors du frai. L'enveloppe est très variable selon l'habitat. En effet, les carpes seront plus claires dans les eaux oxygénées, peu profondes des fleuves et rivières. En revanche, dans les eaux stagnantes, sombres, boueuses, les carpes seront plus foncées (Spillman, 1961).

### **Reproduction**

La carpe tient son nom de sa grande fécondité. La période de reproduction a lieu durant le printemps et l'été à une température de l'eau supérieure à 18-20°C. La maturité sexuelle est atteinte au cours de la première année pour les mâles et la deuxième année pour les femelles. La fécondité moyenne est de 100.000 œufs/Kg, les œufs sont collés grâce à leur mucus sur la végétation aquatique (Hajlaoui, 2006).

### ✚ Régime alimentaire et niveau trophique :

Espèce omnivore. Alimentation dépendant de plusieurs facteurs (âge, saison, habitats) mais allant des micro-algues, aux larves d'insectes en passant par les mollusques ou encore les crustacés. Consommateur primaire.

### ✚ Habitats

Espèce limnophile des eaux tièdes à chaudes (de la zone à barbeau aux eaux saumâtres, étangs, bras morts,...). Affectionne les fonds vaseux et la végétation aquatique dense. Se tient généralement vers la surface en dehors des zones végétalisées.

### ✚ Tolérance

L'espèce est tolérante vis-à-vis des faibles concentrations en oxygène.

### ✚ Valeur nutritive :(Composition chimique)

La chair des poissons présente à peu près la même composition que les viandes. Elle renferme des protéines et la majorité des acides aminés indispensables (**Belaud, 1996**).

## 2.3.2. Matériel végétal

En culture aquaponique, les aliments le plus produit sont la tomate, la laitue et fraisier : celle de production industrielle est généralement cultivée hors-sol dans de vastes serres ou tunnels de plusieurs hectares, dans les régions méridionales françaises, en Bretagne et dans des pays septentrionaux comme les Pays-Bas et la Belgique (Shankara et *al.*, 2013).

Le fraisier (*Fragaria vulgaris*) est un légume-fruit pérenne de la famille des Rosacées exigeant en eau.

### ✚ Classification

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta

Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Rosales
Famille	Rosaceae
Genre	<i>Fragaria</i>
Espèce	<i>Fragaria vulgaris</i> (L., 1753)

### 2.3.2.1. Techniques de transplantation

Les dates de plantation de cette variété de fraisiers, dès que le sol peut être travaillé au printemps, fin avril et début mai. Cela donne aux fraisiers, le temps nécessaire au développement d'un bon système racinaire avant l'arrivée des températures chaudes et sèches. Les étapes de transplantation et de repiquage des plantules dans les deux systèmes étudiés sont les suivants :

- Les jeunes plants provenaient du marché local de la ville d'El-Tarf ;
- Vingt jeunes plants ont été transférés dans les pots de culture adaptés au système DWC, puis insérés dans les radeaux de polystyrène (Fig. 16). Afin de soutenir la plantule dans le pot de culture, il est nécessaire d'ajouter des billes d'argile expansée comme substrat;
- Vingt autres plants ont été cultivés dans le sol constitué essentiellement de la tourbe noire et des engrais du bétail. En pratique, nous avons préparé 3 rangs espacés de 30 cm dans une serre de 10 mètres de long. La densité recherchée est de 10 plants par mètre carré dans les deux systèmes (Fig. 15 et 16).



**Figure15** : Vue sur les plantules cultivées dans le sol (Ramoul, 2022)



**Figure 16.** Vue sur les plantules cultivées dans le système d'aquaponie (Ramoul, 2022)

### 2.4. Mise en marche du système d'Aquaponie

Toutes les parties du système sont en place (bassin de poisson, bacs de culture, filtre mécanique et filtre biologique). Après cela, nous avons rempli le réservoir de poissons ainsi que le lit de cultures avec de l'eau et on a fait fonctionner la pompe afin de vérifier toute fuite dans le système. Dès que nous avons fini l'installation de tout le système aquaponique, nous avons laissé tourner sans poissons et sans plantes pendant quelques jours pour favoriser l'apparition de bactéries participant à la nitrification de l'ammoniaque.

Enfin, une fois que toutes les fuites ont été écartées et que l'eau coule en douceur à travers tous les composants de l'unité, nous avons planté les futures plantiers dans le polystyrène (Fig. 17).

En effet, on a installé un système aquaponique sain et efficace sur le long terme et les bacs de culture jouent simplement un rôle idéal de filtre.



**Figure17 :** Mise en marche du système aquaponique (Ramoul, 2022)

### 2.5. Nourrissage des poissons

Après quelques jours d'adaptation, des individus de carpes d'un poids de 78g- 540 g sont placés dans le bassin d'élevage (Tab. 2). Le nombre de poisson remis dans le bac est calculé en fonction du volume d'eau du bassin d'élevage. Par sécurité, il ne faut pas dépasser 1 poisson de 500g par 25 à 30L d'eau en moyenne.

### 3. Méthodes d'analyses

#### 3.1. Caractérisation physico-chimique de l'eau des cultures

##### 3.1.1. Mesure du pH, T° et oxygène dissous

Par manque de matériels, seuls les paramètres physico-chimiques pH, T°C, O<sub>2</sub> dissous de l'eau ont fait l'objet d'un suivi journalier (voir annexes) à l'aide d'un multi paramètres de terrain (HANNA, HI 9829) (Fig. 18).

Malheureusement, nous n'avons pas dosé les sels nutritifs des telles l'ammoniaque NO<sub>4</sub><sup>+</sup>, les nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup> et les nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup> très toxiques pour les poissons à des concentrations plus aux moins élevées.



**Figure18:** Multi-paramètres HANNA, HI 9829 de terrain (Ramoul, 2022)

#### 3.2. Paramètres éco-physiologiques de la plante et de la carpe

a)- **Taux de matière sèche (MS%) de la courgette :** (Source : Jacquemin, 2012.) C'était :

- 3 plants arrachés avec leurs racines ; puis pesée (**PF**).
- après un passage de ces échantillons (plante entière : partie aérienne + racine) dans une étuve à une température de 80°C pendant 24 heures, dès leurs sortis ils seront pesés (**PS**).

- Le taux de matière sèche c'est le rapport du poids frais (**PF**) sur le poids sec (**PS**).

$$MS (\%) = (PS)/(PF) \times 100$$

### b)- La teneur en eau relative (TRE%) de la courgette

La méthode utilisée est celle de « Clarke et CAIS (1982) » ; selon la formule suivante :

$$TRE(\%) = [(Pfi - Ps)/(Ppt - Ps)] \times 100$$

- **Pfi** : poids frais initial (g) déterminé immédiatement après prélèvement des feuilles.
- **Ppt** : poids de pleine turgescence (g) obtenu après 24h de trempage des feuilles dans l'eau à l'obscurité
- **Ps** : poids sec (g) déterminé après séchage des feuilles à l'étuve à 80° c. (24h).

### c)- L'évolution de hauteur de plants (fraises)

Ce paramètre est mesuré en cm, hauteur des racines et de tiges et la longueur des feuilles. Cette mesure était commencée à partir du stade 2 feuilles au stade de floraison (après irrigation eau du robinet et eau d'élevage).

### d)- Relation Longueur totale – poids

Pour bien contrôler les paramètres de croissance des carpes, il est nécessaire d'établir la relation existante entre la taille et le poids du poisson, celle-ci est définie selon Le Cren (1951) par l'équation suivante :

$$W = a L^b$$

Avec : W : le poids du poisson en grammes ; L : la longueur du poisson (Lt) en centimètres ; a : constante correspondante au poids d'un individu de longueur égale à l'unité ; b : coefficient d'allométrie définie comme étant le coefficient de croissance relative en poids.

Trois cas peuvent se distinguer : si  $b=b$  théorique, il y a isométrie entre les deux caractères, si  $b < b$  théorique il y a une allométrie minorante, et si  $b > b$  théorique, l'allométrie est majorante (Mili et al., 2008).

### 4. Etudes statistiques

Les effets des eaux d'irrigation et les modes de culture sur de la croissance et la fructification ont été testé par une ANOVA 2. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel Minitab16 (version 1.1.0).

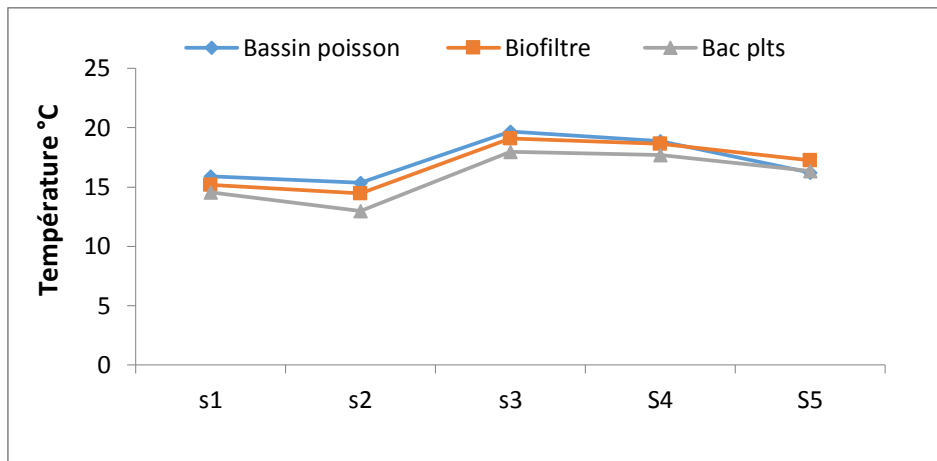
## VI. Résultats et discussion

### 1. Paramètres physicochimiques de l'eau

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées durant les mois février et mars 2022.

#### 1.1 Température

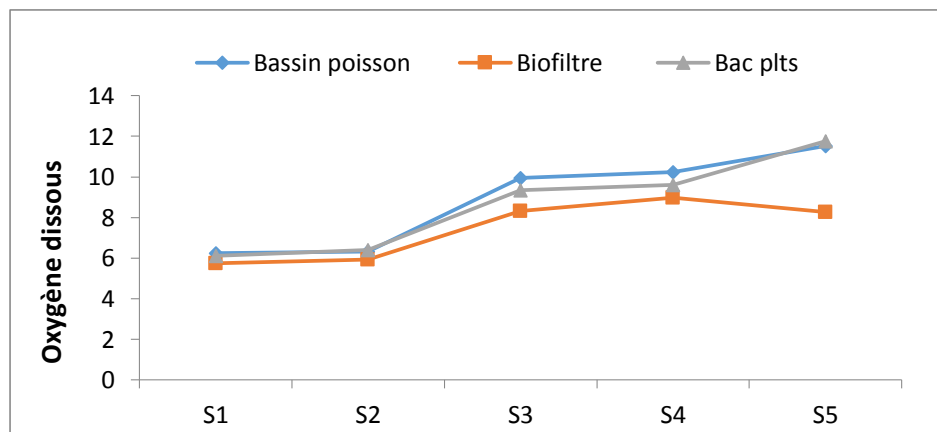
La température de l'eau présente des variations similaires dans les quatre bassins, et la valeur moyenne maximale est relevée durant la troisième semaine ( $19,67 \pm 1,61^\circ\text{C}$ ) dans le bassin d'élevage et la valeur moyenne minimale relevée durant la deuxième semaine ( $12,97 \pm 1,66^\circ\text{C}$ ) dans le bac de culture (Fig. 19).



**Figure 19 :** Variation de la température moyenne de l'eau en fonction du temps  
Dans les bassins (élevage, biofiltre et culture).

#### 1.2 Oxygène dissous

La valeur moyenne maximale d'O<sub>2</sub> dissous relevée en S5 dans le bac de culture et le bassin d'élevage avec ( $11,76 \pm 0,34$ ) mg/l et ( $11,53 \pm 0,80$ ) mg/l, respectivement. En revanche, la valeur moyenne minimale enregistrée en S1 dans le biofiltre ( $5,76 \pm 0,26$ ) mg/l et dans le bac de culture des fraisiers ( $6,13 \pm 0,14$ ) mg/l (Fig. 20).



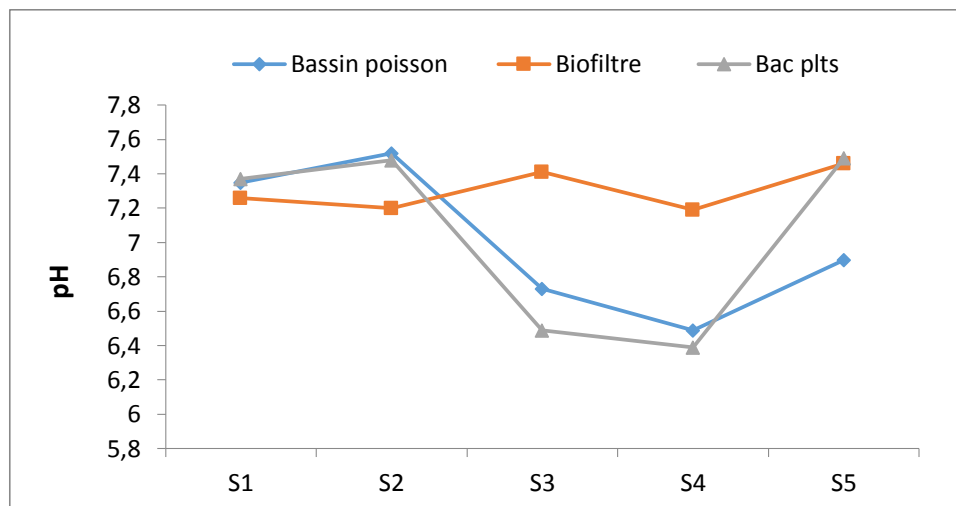
**Figure 20:** Variation de l'oxygène dissous moyen de l'eau en fonction du temps

Dans les bassins (élevage, biofiltre et culture).

### 1.3 pH

La figure 21 montre la variation du pH de l'eau en fonction du temps. Le pH moyen relevé dans les différents bassins est neutre à légèrement acide, il fluctue en entre 7,2 et 6,39.

. En effet, le pH semble affecter par le type d'eau. Les valeurs maximales du pH relevées en S2 dans le bassin de poissons avec une moyenne mensuelle (7,52). En revanche, les valeurs minimales relevées en S4 dans le bac de culture avec une moyenne mensuelle (6,39).



**Figure 21** : Variations des valeurs moyennes du pH de l'eau en fonction du temps

Dans les bassins (élevage, biofiltre et culture).

Trois paramètres clés de la qualité de l'eau sont discutés : la température, l'oxygène dissous et le pH. Chaque paramètre a un impact sur les trois organismes de l'unité (poissons, plantes et bactéries), et il est crucial de comprendre les effets de chaque paramètre. Globalement, les eaux de notre système d'aquaponie sont de bonne qualité : pH entre 6 et 7 ; température de l'eau entre 18 et 30 °C ; oxygène dissous entre 5-8 mg/litre (Harlaut. Pierre, [www.aquaponie.biz](http://www.aquaponie.biz)).

Les températures moyennes de l'eau relevées durant la présente étude sont comprises entre 16 et 17,02 °C et elles sont optimales pour la croissance et la survie des organismes aquatiques étudiés. En effet, le spectre écologique de la carpe est grand ; la carpe commune qui a une grande résistance thermique, supporte des températures d'eau allant de (4 à 40°C). La meilleure croissance est obtenue quand la température de l'eau oscille entre 23 et 30 °C et elle se reproduit quand la température de l'eau est supérieure à 18°C (FAO, 2021).

La température dans l'eau régit les types de vie aquatique qui y vivent et elle régule la concentration maximale d'oxygène dissous dans l'eau et influence le taux de réactions chimiques et biologiques. Les valeurs de la température de l'eau sont liées également aux conditions météorologiques ; car la couche superficielle est soumise à l'influence directe du climat régional.

Les faibles concentrations en O<sub>2</sub> dissous de l'eau dans le biofiltre pourraient s'expliquer par l'activité bactérienne et par la réaction de nitrification. La nitrification se fait en deux étapes : la transformation de l'ammoniac en nitrite par oxydation. Puis l'évolution du nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) en nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Nitrobacter joue un rôle essentiel, elle convertit le nitrite en nitrate, qui est prêt à être absorbé par les plantes.

Une baisse du taux d'oxygène peut aussi provenir d'une forte concentration en plancton et d'autres organismes du bassin respirant pendant la nuit. Les conditions de faibles teneurs en oxygène dissous peuvent provenir d'autres causes naturelles, notamment les détritiques qui subissent la décomposition aérobie par des bactéries, une partie de l'oxygène est consommée, engendrant aussi un déficit plus ou moins prononcé de ce composant pourtant essentiel (Gordon et al., 1992).

L'oxygène est un élément essentiel à la vie des organismes aquatiques, conditionnant à la fois leur abondance et des phénomènes biologiques comme la croissance. *Cyprinus carpio* peut survivre à des faibles concentrations d'oxygène (0,3-0,5 mg/litre) aussi bien qu'à une sursaturation (FAO, 2021). En effet, les eaux du bassin de poisson étaient bien oxygénées (10 et 11 mg/l).

Le pH est un paramètre important dans l'étude des milieux aquatiques et est fortement dépendant des mécanismes chimiques et biologiques. Le pH de l'eau détermine la quantité d'ammoniac total sous forme toxique (NH<sub>3</sub>) et non toxique (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). L'augmentation du pH transforme l'ion ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) en gaz ammoniac (NH<sub>3</sub>), ce qui augmente la concentration d'ammoniac toxique dans l'eau. Le pH est donc un facteur déterminant du risque d'intoxication des poissons par l'ammoniac toxique pour la vie aquatique. (Lisec 2004). Nos résultats du pH de l'eau de notre système aquaponique est en moyenne neutre

(6,99 et 7,04), il est idéal pour la prolifération des bactéries et favorable, la croissance de la fraise et la survie de la carpe. Selon (John G. H et David H, 1993 ; Grundmann et *al.*, 2000), nitrobacter semble croître de façon optimale pour un pH allant de 7,6 à 7,8.

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, la carpe commune *Cyprinus carpio* s'adapte à des conditions environnementales extrêmes, elle peut vivre dans une gamme de pH oscillant entre 6,5 et 9 (FAO, 2021). Selon Peterson (1999) les pH des eaux utilisées pour des cultures devrait se situer entre 6 et 7.

Nos résultats des paramètres physico-chimique (T°C, pH et O<sub>2</sub> dissous) sont similaires avec ceux de (Beggui et Zaidi, 2018 ; Bensoltane, 2020 ; Boustila, 2021).

Par manque de matériels, nous n'avons pas suivi la concentration de l'azote total. Bien entendu, en aquaponie, il faut trouver le bon compromis entre le bon taux de nitrates pour les plantes et le bon taux de nitrates pour les poissons, c'est pour cela qu'on doit toujours avoir un taux de nitrates compris entre 40 et 120 mg/l et un taux de nitrites inférieur à 3mg/l et des problèmes apparaissent à partir d'une concentration de 0,1 mg NH<sub>3</sub>/l (Lisec 2004).

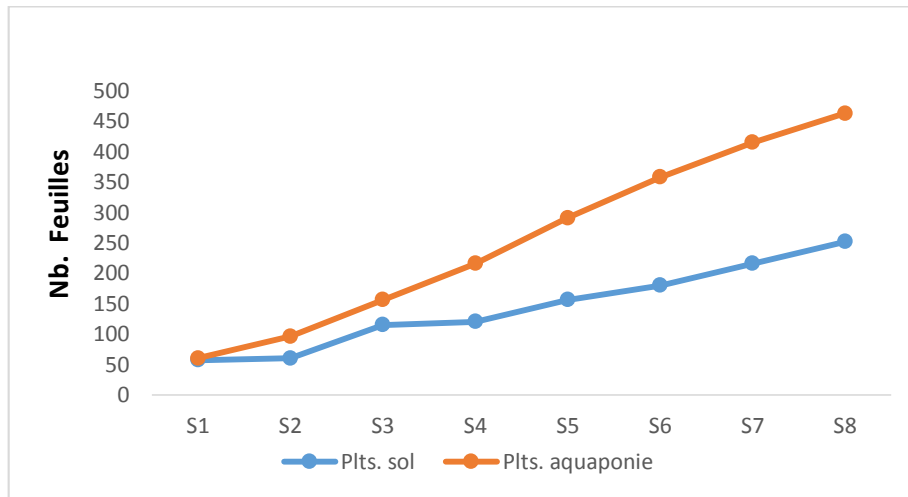
En effet, le principal produit de l'excrétion azotée chez les poissons est l'ammoniaque (Fivelstad et *al.*... 1990, in Kelly et *al.* 1994), dont la forme non ionisée (NH<sub>3</sub>) et la forme ionisée (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) est hautement toxique pour les poissons (Poxton et Allouse, 1981). L'ammonium en lui-même n'est pas nuisible.

## 2. Résultats des paramètres végétatifs et de production

### 2.1. Analyses des paramètres végétatifs

#### 2.1.1. Nombre des feuilles par plantes

Les résultats du paramètre «nombre des feuilles» pour l'ensemble des cultures utilisées sont montrés par la figure 22. Le nombre hebdomadaire moyen des feuilles des fraisiers (20 plantes) de chaque système de culture varie entre 57 et 463 feuilles. En effet, c'est les plantes du système aquaponique irriguées avec l'eau de l'élevage de la carpe commune *Cyprinus carpio* qui montrent le nombre de feuilles le plus élevé. Par ailleurs, le nombre le plus faible est noté chez les plantes du sol irriguées avec l'eau de robinet durant toute la période d'étude.



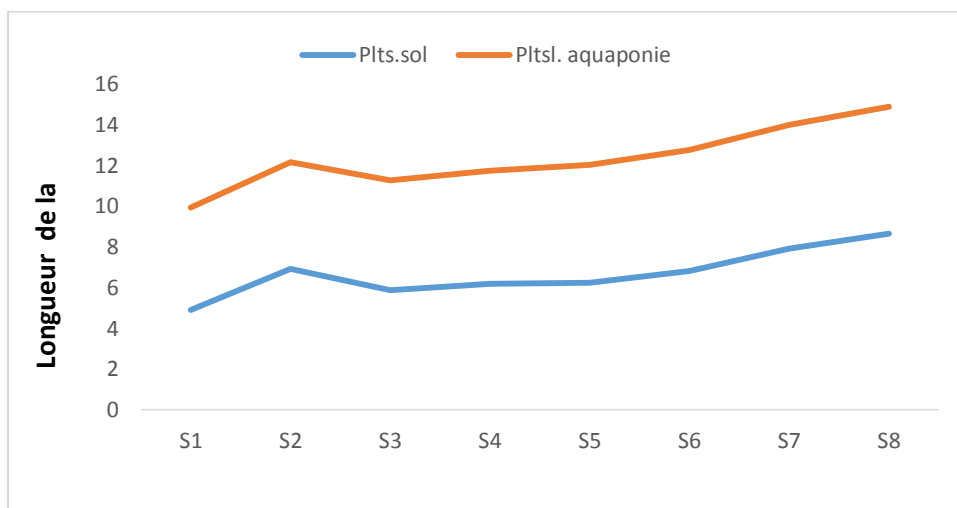
**Figure 5** : Effet des différents types de culture sur nombre des feuilles des fraisiers

Il semble que le développement foliaire (nombre de feuilles), est d'une part, dépendant de l'origine de l'eau (élevage, robinet) ainsi que la technique de culture (Aquaponie, sol). D'autre part, le facteur temps paraît avoir un effet positif sur l'augmentation du nombre de feuilles des fraisiers.

Pour la fraise, la croissance dure de la levée jusqu'au stade 6 feuilles, où la plante assure la formation de racines fonctionnelles qui vont assurer l'alimentation à la plante en eau et éléments nutritifs. (Aures, 2010)

### 2.1.2. Longueur de la tige

Les résultats obtenus (figure 23) montrent que la longueur moyenne de la tige relevées jusqu'à la fin de l'essai, varie entre 4,9 et 8,66 Cm (plantes aquaponie) et entre 5,02 et 6,23 Cm (plantes sol).

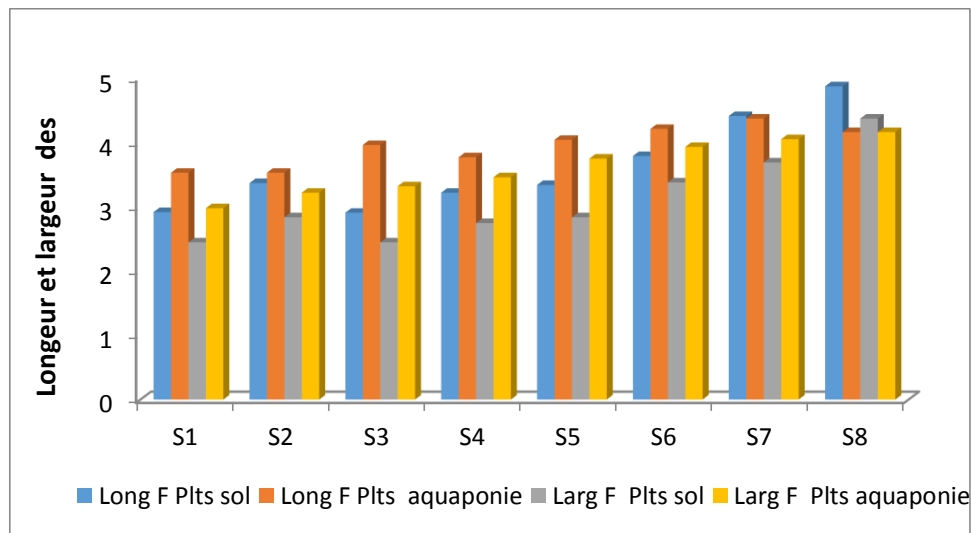


**Figure 23:** Effet des différents types de culture sur l'élongation de la tige des fraisiers

### 2.1.3. Longueur et largeur de la feuille

A l'exception de la huitième semaine S8, les plantes irriguées à l'eau d'élevage (Aquaponie), ont donné les longueurs et les largeurs de feuilles les plus élevées durant toute la période d'étude avec une moyenne de (3,53 ; 4.37) Cm et (2.98 ; 4,16) Cm, respectivement.

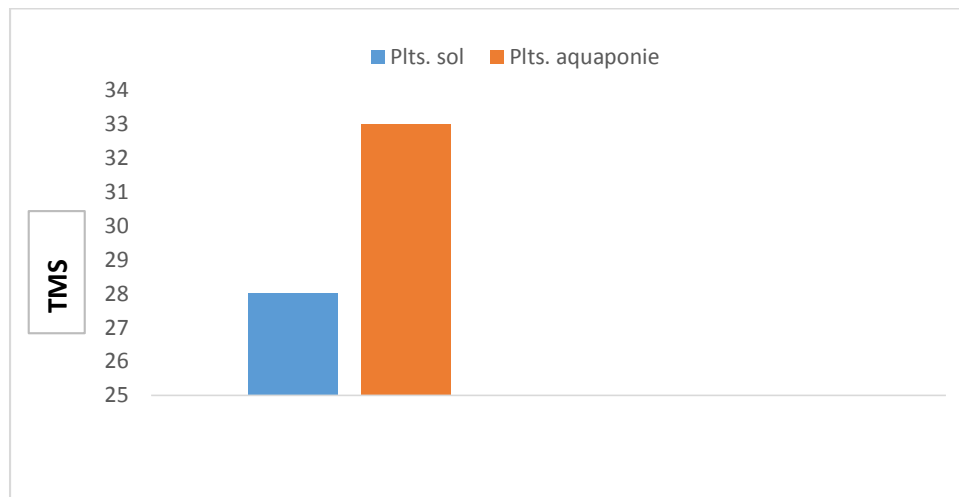
Par ailleurs, les longueurs et les largeurs les plus faibles sont notées chez les échantillons de la fraise du sol arrosés avec l'eau de robinet avec respectivement 2,92 Cm et 4,87 Cm (Fig. 24).



**Figure 24 :** Histogramme montrant la moyenne de la longueur et la largeur des feuilles des fraisières pour les deux modes de culture.

### 2.1.4. Taux de matière sèche (TMS)

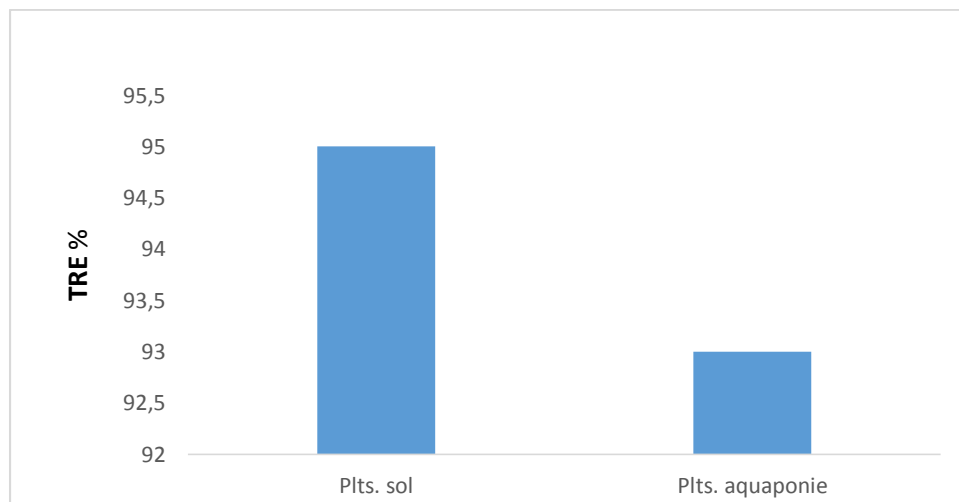
D'après les résultats représentés dans le graphe au-dessous (Figure 25), les fraisières cultivées dans le bac de culture montrent TMS le plus élevée (33 %) et en moindre mesure les plantes du sol avec un taux de (28%).



**Figure 25 :** Taux de matière sèche des fraisières (sol, aquaponie)

### 2.1.5. La teneur en eau relative (TRE%)

L'histogramme ci-dessus nous a montré la teneur en eau relative des plantes après deux mois de semis chez les plantes dans les deux modes de culture. En effet, les résultats ont montré que le pourcentage de TRE est plus au moins important chez les plantes du sol (95%) en comparaison avec celles du bac de l'aquaponie (93%) (Fig. 26).



**Figure 26 :** Taux en eau relative des fraisières (sol, aquaponie)

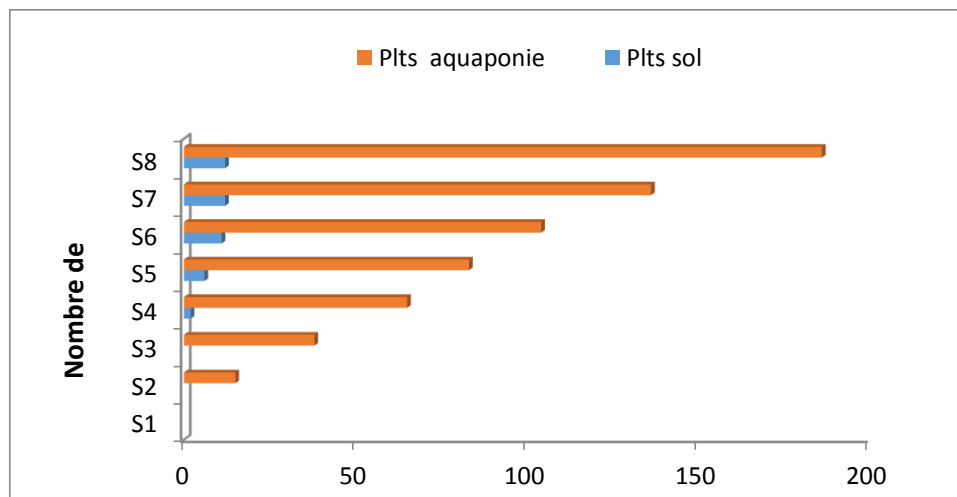
Il en résulte que les fraisières arrosées avec l'eau d'élevage du système aquaponique ont donné de nombre de feuilles élevé par rapport aux fraisières cultivées dans le sol et irriguées avec l'eau de robinet. Cette variation pourrait également s'expliquer par la quantité des sels nutritifs organiques dont contenues dans les eaux d'élevage au moment de leur application, ainsi qu'à la mise à disposition des plants des éléments nutritifs tels l'azote et le carbone qui au lieu de participer à leurs développement.

### 2.2. Analyses des paramètres de reproduction

#### 2.2.1 Nombre de fleurs

D'après les résultats représentés dans le graphe au-dessous (Fig. 27), les plantes du bac de culture présentent le nombre de fleurs le plus important entre (15 et 186 de fleurs/ plante) et entre 2 et 12 fleurs/ plante) pour les plantes cultivées dans le sol.

En effet, le développement floral des fraisiers était précoce (2<sup>ème</sup> semaine) chez les plantes du système d'aquaponie et tardif pour les plantes du sol (4<sup>ème</sup> semaine).



**Figure 27:** Nombre de fleurs du 40 plantes (sol, aquaponie)

Le degré de supériorité entre les nombres de fleurs par plante selon le mode de culture (sol, aquaponie), montre en outre l'importance de l'utilisation des eaux d'élevage de la carpe pour l'irrigation des fraisiers et aussi cette supériorité est due à l'absorption et l'assimilation des eaux riche en azote provient des excréments des poissons. En effet, l'azote est un élément important pour la production des fleurs et de fruits (FAO, 2000). Chowdhury et al. (2014) et Chowdhury et Anshu (2015), confirment l'augmentation du nombre de feuilles sur la culture du fraisier et d'autres espèces.

Les fleurs étant les principaux organes de la biologie reproductive, leur développement influence considérablement la production. Pour les variétés les plus répandues de la fraise, la différenciation florale a lieu en automne, lorsque les jours sont courts D'autres, peuvent différencier les branches à fleurs même au printemps, lorsque les journées sont encore courtes, mais où la température est suffisamment élevée, le cas de notre variété *Fragaria vulgaris*. Pendant la fructification commence le grossissement du réceptacle qui aboutit à la

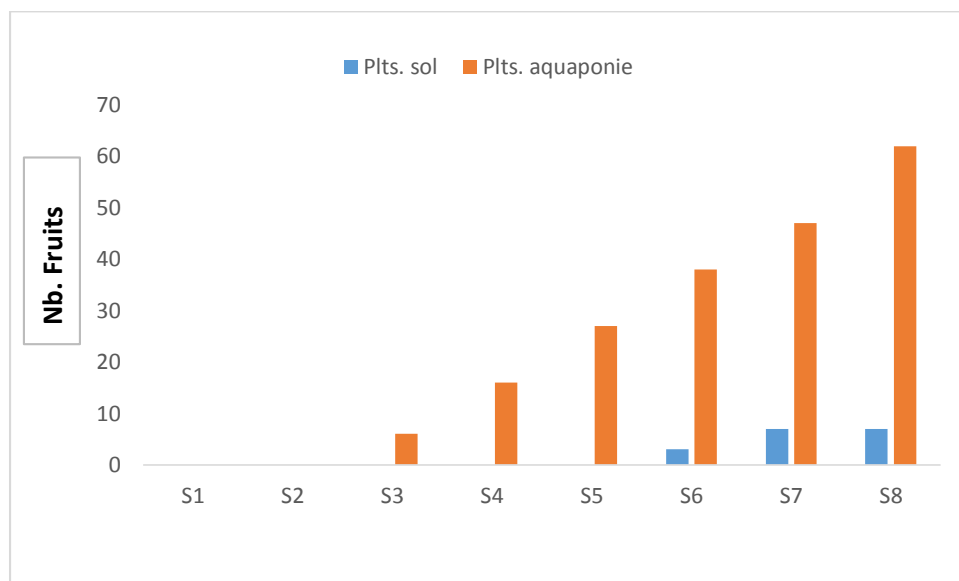
formation du fruit (Aures, 2010). Après avoir fructifié, La plante commence sa phase de production de stolons (Aures, 2010).

### 2.2.2. Fructification

De manière générale, le système de culture hors sol (aquaponie) permet de produire des fruits significativement plus élevé en quantité qu'en sol.

Dans les deux modes de culture et pour 40 plantes (20 plantes dans chaque système), Les pics de production les plus précoces (S3) sont réalisés par les fraisiers plantés dans le bac de culture en aquaponie

En revanche, une plantation dans le sol ne semble pas présenter d'intérêt dans la mesure où le pic de production ne se distingue ni par sa précocité (S6), ni par son rendement de 7 fruits, seulement (Fig. 27).



**Figure 28:** Nombre de fruits des plantes (sol, aquaponie)

## 3. Croissance relative

### 3.1. Relation taille-poids

Le tableau 2 donne les expressions mathématiques de la relation taille-poids indiquée globalement puis séparément pour les mois février et mars 2022 pour 83 individus. La longueur et le poids total des poissons sont respectivement exprimés en centimètre et en grammes.

**Tableau 2 :** Expressions mathématique de la relation taille-poids chez la carpe commune, *Cyprinus carpio* durant la période d'étude.

Effectifs	Relation taille-poids	R	t <sub>obs</sub>	t <sub>1-α/2</sub>	Type d'allométrie	Valeurs limites
83	$W = -1,34 * L_t^{2,64}$	0,73	11,10	1,96	Minorante (t <sub>obs</sub> > t théo)	18 (cm) < L <sub>t</sub> < 35 (cm) 78(gr) < P <sub>t</sub> < 540(gr)

Nous avons calculé les paramètres des relations taille-poids sans distinction de sexe ni d'état physiologique. L'existence d'une allométrie minorante significative entre le développement pondéral des poissons et leur évolution métrique, signifie que le poids croît moins vite que la longueur. Les carpes ne bénéficient pas donc d'une bonne condition du milieu d'élevage (aliment industriel dont le taux des protéines ne dépasse pas 37%).

En revanche, chez les cyprinidés, le régime alimentaire est extrêmement diversifié, les poissons s'alimentant à tous les niveaux trophiques : végétaux supérieurs, phytoplancton, zooplancton, zoobenthos, bactéries fixées sur des détritux divers (Billard, 1995).

Les mortalités enregistrées du premier lot après un mois d'adaptation, sont dues principalement à l'électricité.

#### 4. Résultats de l'étude statistique (ANOVA)

##### 4.1. Comparaison entre les 2 modes de culture (aquaponie, sol)

Les résultats de l'analyse statistique ANOVA à deux critères de classification montrent la présence d'une différence très hautement significative (\*\*\*)  $p \leq 0.001$  entre la longueur de la tige et le largeur de la feuille et le nombre de fruits ; hautement significative (\*\*)  $p \leq 0.01$  entre la longueur de la feuille dans les deux systèmes de culture (aquaponie, sol) (Tab. 3).

**Tableau 3:** Résultats de l'AV2 appliquée sur les paramètres biométriques et de reproduction (longueur de la tige ; longueur et largeur de la feuille ; nombre de fleurs) dans les deux systèmes de culture appliqués.

Aquaponie Sol	Longueur de la tige	Longueur de la feuille	Largeur de la feuille	Nombre de fleurs
Longueur de la tige	***			
Longueur de la feuille		**		
Largeur de la feuille			***	
Nombre de fruits				***

Valeurs significatives : (\*\*\*)  $p \leq 0,001$ ; (\*\*) $\leq 0,01$ ; (\*)  $p \leq 0,05$ ;  $p > 0.05$ : ns)

Pour la même variété de fraise, les différences de croissance foliaire et de fructification observées entre les cultures en sol et en aquaponie sont significatives. Le facteur mode de culture influence alors le développement foliaire et floral.

### V. Conclusion et perspectives

*Il ressort alors de cette étude que:*

- La température moyenne des eaux fluctue entre ( $15,91 < TC^{\circ} < 17,20$ ). En effet, les fluctuations de ce paramètre abiotique sont liées aux conditions météorologiques car la couche superficielle est soumise à l'influence directe du climat régional. Les températures enregistrées dans les bacs de culture semblent être favorables à la croissance et au développement de la carpe commune, *Cyprinus carpio* et de la fraise *Fragaria vulgaris*
- Pour l'oxygène dissous, des pics 11,76 et 11,53 mg/l sont notés dans le bassin de poisson et le bac de culture, respectivement. La bonne oxygénation des eaux, pourrait s'expliquer par l'efficacité de notre système aquaponique dont les eaux sont purifiées suite à la transformation des déjections des poissons en matières assimilables par les plantes.
- Le pH de l'eau est neutre, serait satisfaisant pour le développement normal du poisson et de la plante.
- Les taux de la matière sèche TMS de toutes les plantes (aquaponie, sol) est faible le plus élevée (inférieur à 50%).
- La teneur en eau relative dans les plantes plantées dans les deux systèmes de culture est importante (supérieur à 90%).
- Floraison précoce chez les plantes (Aquaponie) plantées dans l'eau d'élevage de la carpe *Cyprinus carpio* et apparition des premières ébauches de fleurs après la 2<sup>ème</sup> semaine de semis.
- Les résultats de l'analyse statistique AV2, font apparaître la présence d'une différence très hautement significative (\*\*\*)  $p \leq 0.001$  entre les deux modes de culture adoptés dans la présente étude.
- On peut retenir que les modalités de conduites culturales telles que le mode de culture (sol et/ou aquaponie), l'origine de l'eau d'irrigation peut être expliquée les différences

## Conclusion et perspectives

---

de résultat observées. Ils influencent donc beaucoup des critères tels le développement de l'appareil végétatif (nombre de fleurs, longueur des tiges et des feuilles, largeur des feuille) et reproducteur (nombre de leurs et de fruits).

- Durant 02 mois d'expérimentation, les poissons de notre système d'aquaponie, montrent une allométrie minorante, signifie que les carpes ne bénéficient pas donc d'une bonne condition du milieu d'élevage.
- Les mortalités enregistrées ont été dues sur des problèmes techniques (coupures de l'électricité).

### *En perspectives,*

Les résultats préliminaires obtenus du présent travail sont encourageants pour l'adoption de l'Aquaponie en eau profonde comme modèle alternative à la culture dans le sol de la fraise *Fragaria vulgaris*. Mais il serait judicieux de :

- Tester l'effet de l'eau d'élevage de différentes classes de taille de la carpe commune, *Cyprinus carpio* et d'autres espèces Cyprinidés sur la culture de la fraise *Fragaria vulgaris* ;
- Tester l'effet de l'eau d'élevage des autres espèces de poisson d'eau douce d'intérêt commerciales (Tilapia, Carassin, poisson chat,...) sur la croissance et le développement la fraise *Fragaria vulgaris* et sur d'autres légumes et plantes flottantes (salade, tomate,...)
- L'élargissement de la liste des légumes verts adéquats pour ce genre de système (culture sur radeau) tels que d'autres légumes (salade, tomate, ...) ; fruits (fraises,...) et même les plantes de décoration.
- Diversifier la nourriture ; plus la nourriture que nous donnerons à nos poissons sera diversifiée, plus les nutriments seront diversifiés.
- En cas d'une alimentation non diversifié, il serait judicieux d'ajouter compléments nécessaires (Phosphore et Potassium,...) pour garantir le bon équilibre et la bonne croissance des plantes. Avec un système aquaponique, nous voulons des plantes saines, en bonne santé, cultivées naturellement et résistantes (le plus possible) aux attaques et maladies avec le moins de traitements possibles.

## Conclusion et perspectives

---

- Compléter cette étude par la réalisation des élevages annexes (culture du phytoplancton, élevage des rotifères, artémias) afin d'assurer et résoudre le problème de l'alimentation des stades larvaires en aquaculture ainsi que diminuer le cout du projet.

Compléter cette étude par le suivi de la croissance de la carpe en mesurant la taille et le poids sur une longue période.

### Références

- 1 -Adzman, N., Samsudin, S.A., Alam, M.N.H.Z., Othman, N.S.I.A. et Kamaruddin, M.J., 2021. Fonctionnement intermittent de la pompe à eau pour réduire la consommation d'énergie du système aquaponique. *Chemical Engineering Transactions*, 89, pp.283-288..
- 2 - Abada, A., Abbrescia, M., AbdusSalam, S.S., Abdyukhanov, I., Fernandez, J.A., Abramov, A., Aburaia, M., Acar, A.O., Adzic, P.R., Agrawal, P. et Aguilar-Saavedra, J.A., 2019. Les opportunités de la physique des FAC. *The European Physical Journal C*, 79(6), pp.1-161.
- 3 - Ashrafi, A. et Maslov, D.L., 2012. Ondes de spin chirales dans les liquides de fermi avec couplage spin-orbite. *Physical review letters*, 109(22), p.227201.
- 4 - Benyoucef, T.A.I.B.O.U.N.I. and Cherif, M.M., 2021. Study and realization of a mini aquaponics system based on a Raspberry Pi..
- 5 - Abrams, P., Cardozo, L., Fall, M., Griffiths, D., Rosier, P., Ulmsten, U., Van Kerrebroeck, P., Victor, A. et Wein, A., 2003. The standardisation of terminology in lower urinary tract function : report from the standardisation sub-committee of the International Continence Society. *Urology*, 61(1), pp.37-49.
- 6 - Brisson, N., Gary, C., Justes, E., Roche, R., Mary, B., Ripoche, D., Zimmer, D., Sierra, J., Bertuzzi, P., Burger, P. et Bussièrre, F., 2003. An overview of the crop model STICS. *European Journal of agronomy*, 18(3-4), pp.309-332..
- 7 - Ciurea, S.O. et Andersson, B.S., 2009. Le busulfan dans la transplantation de cellules souches hématopoïétiques. *Biologie de la transplantation de sang et de moelle*, 15(5), pp.523-536.
- 8 - Chapman, B.B., Hulthén, K., Brodersen, J., Nilsson, P.A., Skov, C., Hansson, L.A. et Brönmark, C., 2012. La migration partielle chez les poissons : causes et conséquences. *Journal of fish biology*, 81(2), pp.456-478.
- 9 - Cheng, Y. et Church, G.M., 2000, août. Biclustering of expression data. Dans *Ismb* (Vol. 8, No. 2000, pp. 93-103).
- 10 - Chowdhury, A.R. et Gupta, A., 2015. Effet de la musique sur les plantes - un aperçu. *International journal of integrative sciences, innovation and technology*, 4(6), pp.30-34.
- 11- Griswold, M.G., Fullman, N., Hawley, C., Arian, N., Zimsen, S.R., Tymeson, H.D., Venkateswaran, V., Tapp, A.D., Forouzanfar, M.H., Salama, J.S. et Abate, K.H., 2018. Consommation d'alcool et charge pour 195 pays et territoires, 1990-2016 : une analyse systématique pour l'étude Global Burden of Disease 2016. *The Lancet*, 392(10152), p.1015-1035.
- 12 - Voglmayr, H., Mayer, V., Maschwitz, U., Moog, J., Djieto-Lordon, C. et Blatrix, R., 2011. La diversité des levures noires associées aux fourmis : aperçu d'un monde d'interactions symbiotiques nouvellement découvert. *Fungal Biology*, 115(10), pp.1077-1091
- 13 - Étude d'un concept novateur de culture du fraisier en buttes semi-permanentes : évaluation d'un substrat adapté

- 14 - Finney, Alexandra C., et al. "La signalisation des intégrines dans l'athérosclérose". *Sciences de la vie cellulaires et moléculaires* 74.12 (2017) : 2263-2282.
- 15 - Garcia, Herncin E., et Louis I. Gordon. "Solubilité de l'oxygène dans l'eau de mer : Better fitting equations". *Limnology and oceanography* 37.6 (1992) : 1307-1312
- 16 -Graber, Andreas, Robert Skvarc, et Ranka Junge-Berberović. "Élimination des phénols, de l'ammoniac et du cyanure dans les eaux de lavage de la gazéification de la biomasse, et recyclage de l'azote à l'aide de filtres plantés à ruissellement." *Science et technologie de l'eau* 60.12 (2009) : 3253-3259.
- 17 - Gray, Nora E., et al. "Centella asiatica atténue le dysfonctionnement mitochondrial hippocampique et améliore la mémoire et la fonction exécutive chez les souris surexprimant la  $\beta$ -amyloïde." *Neurosciences moléculaires et cellulaires* 93 (2018) : 1-9.
- 18 - Haddaoui, Olfa. "Étude d'un concept novateur de culture du fraisier en buttes semi-permanentes: évaluation d'un substrat adapté." (2020)-
- 19 - Hajlaoui, K., et al. "Shear delocalization and crack blunting of a metallic glass containing nanoparticles : In situ de déformation en analyse TEM". *Scripta Materialia* 54.11 (2006) : 1829-1834.
- 20 - Hostiou, Nathalie, et al. "L'élevage de précision: quelles conséquences pour le travail des éleveurs." *INRA Prod. Anim* 27.2 (2014): 113-122.
- 21 - Hunter, Mitchell C., et al. " L'agriculture en 2050 : recalibrer les objectifs d'intensification durable. " *Bioscience* 67.4 (2017) : 386-391.
- 22 - Jacquemin, Leslie, Pierre-Yves Pontalier, et Caroline Sablayrolles. "L'analyse du cycle de vie (ACV) appliquée à l'industrie des procédés : une revue". *The International Journal of Life Cycle Assessment* 17.8 (2012) : 1028-1041.
- 23 -Joliveau, Thierry. "La géographie et la géomatique au crible de la néogéographie." *Tracés. Revue de sciences humaines* 10 (2010): 227-239.
- 24 - Kelly, L. A., A. Bergheim, et M. M. Hennessy. "Predicting output of ammonium from fish farms". *Water Research* 28.6 (1994) : 1403-1405.
- 25 - Kohavi, Ron, et al. "MLC++ : A machine learning library in C++". Actes de la sixième conférence internationale sur les outils d'intelligence artificielle. TAI 94. IEEE, 1994.
- 26 - Krishna, P. Murali, B. S. Shankara, et N. Shashidhar Reddy. " Synthèse, caractérisation et études biologiques de complexes binucléaires de cuivre (II) de (2E)-2-(2-Hydroxy-3-Méthoxybenzylidène)-4N-substitué hydrazinecarbothioamides. " *International Journal of Inorganic Chemistry* 2013 (2013).
- 27 - Lazarev, M. A. "Structure des sous-espèces de brachyta interrogationis (Linnaeus, 1857) en Russie européenne". *Гуманитарное пространство* 5.2 (2016) : 192-203.
- 28 - Liu, Junguo, et al. "Les défis de l'opérationnalisation du lien eau-énergie-alimentation". *Journal des sciences hydrologiques* 62.11 (2017) : 1714-1720.

- 29 - Maghnia, D., et al. "Caractérisation et identification des bactéries dégradant le phénol isolées des eaux usées industrielles à Oran (Algérie)." *South Asian Journal of Experimental Biology* 10.2 (2020) : 70-76.
- 30 - Mastrotillo, S., F. Dauba, and A. Belaud. "Utilisation des microhabitats par le vairon, le goujon et la loche franche dans trois rivières du sud-ouest de la France." *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*. Vol. 32. No. 3. EDP Sciences, 1996.
- 31 - Mesquita, M., R. Testezlaf, et JC Salcedo Ramirez. "L'effet des caractéristiques du lit de média et des éléments auxiliaires internes sur la perte de charge des filtres à sable". *Gestion de l'eau agricole* 115 (2012) : 178-185
- 32 - Naia, L., Carmo, C., Campesan, S., Fao, L., Cotton, V. E., Valero, J., ... & Rego, A. C. (2021). La Mitochondrial SIRT3 confère une neuroprotection dans la maladie de Huntington par la régulation des défis oxydatifs et de la dynamique mitochondriale. *Free Radical Biology and Medicine*, 163, 163-179.
- 33 - Nelson, Rebecca L. "Aquaponie". *Le tilapia en co-culture intensive* (2017) : 246-260.
- 34 - Oka, Yuji, et al. "Nematicidal activity of essential oils and their components against the root-knot nematode". *Phytopathologie* 90.7 (2000) : 710-715.
- 35 - Poxton, M. G., et S. B. Allouse. "Water quality criteria for marine fisheries". *Aquacultural Engineering* 1.3 (1982) : 153-191.
- 36 - Randhawa, Sukanya, Sandeep S. Sandha, et Biplav Srivastava. "Un processus multi-capteurs pour la surveillance in-situ de la pollution de l'eau dans les rivières ou les lacs pour des données quantitatives et qualitatives de haute résolution sur la qualité de l'eau." 2016 IEEE Intl Conference on Computational Science and Engineering (CSE) et IEEE Intl Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC) et 15th Intl Symposium on Distributed Computing and Applications for Business Engineering (DCABES). IEEE, 2016.
- 37 - Rogers, G. B., et al. "Divergence fonctionnelle du microbiote gastro-intestinal chez des souris génétiquement identiques physiquement séparées." *Rapports scientifiques* 4.1 (2014) : 1-5.
- 38 - Royse, Daniel J. "A global perspective on the high five : Agaricus, Pleurotus, Lentinula, Auricularia & Flammulina". *Actes de la 8e Conférence internationale sur la biologie des champignons et les produits à base de champignons (ICMBMP8)*. Vol. 1. 2014.
- 39 - Spillman, C.-J., 1961. *Faune de France: Poissons d'eau douce*. Fédération Française des Sociétés Naturelles, Tome 65. Paris. 303 p.
- 40 - Streetz, Konrad, et al. "Le facteur  $\alpha$  de nécrose tumorale dans la pathogenèse de l'insuffisance hépatique fulminante humaine et murine". *Gastroenterology* 119.2 (2000) : 446-460.
- 41 - Treftz, C. and Omaye, S.T. (2015) Nutrient Analysis of Soil and Soilless Strawberries and Raspberries Grown in A Greenhouse. *Food and Nutrition Sciences*, 6, 805-815.

42 - XI, RD. "Mise Au Point Et Évaluation D'un Système Aquaponique Domestique Dans La Ville Province De Kinshasa (République Démocratique Du Congo)."

## *Annexes*

### **Annexes 1**



Figure 29 : Tuyauterie du bac à poissons aux filtres mécanique et biologique

### **Annexes 2**



Figure 30 : Mesurer la longueur et la largeur de la tige de la plante

### **Annexes 3**



Figure 31 : Plantes des fraises irriguées par l'eau d'élevage.

---

Annexes 4



Figure 32 : fleuriser

Annexes 5



Figure 33 : Les fraises