

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA  
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : TECHNOLOGIE

Département : ELECTRONIQUE

Domaine : SCIENCES ET TECHNIQUES

Filière : Automatique.

Spécialité : Automatique et informatique industrielle.

## Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème :

**Contrôle d'un système à recirculation d'eau**

Présenté par : *Chelabi Badr\_eddine*

Encadrant : *Bekaik Mounir*

MCB

Université Badji Mokhtar-Annaba

## Jury de Soutenance :

Ramdani Mesaoud	Prof	Université Badji Mokhtar Annaba	Président
Bekaik Mounir	MCB	Université Badji Mokhtar Annaba	Encadrant
Khaldouna Zahia	Prof	Université Badji Mokhtar Annaba	Examineur

Année Universitaire : 2021/2022

# REMERCIEMENT

Je tien tout d'abord à remercier **Dieu** le tout puissant et miséricordieux, qui donné la force et la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En second lieu, je tiens remercier mon encadreur **M<sup>r</sup>, Bekaik Mounir**, pour ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'évaluation et l'intérêt qu'ils ont porté à ce mémoire.

Enfin, sans oublier mes amis **Sebti Heithem, Hamana Sami** qui m'ont aidé durant la période de ce travail.

Merci à vous tous....

# DÉDICACE

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Avant tout à Dieu qui donner la capacité de savoir et de réussir.*

*A la plus merveilleuse :*

*Maman, qui ma toujours sur être présenté, ma supporté, conseillé, et dirigé.*

*A mon père :*

*Je profite cette occasion pour le remercie pour tout ce qu'il a fait pour moi.*

*A mes sœurs :*

*Asma, Romaiïssa ; je le remercier leurs soutiens et de me motiver.*

*Puis, je le dédie à mes amis avec lesquels j'ai partagé mes moments de joie : Riad, Zaki, Imad, Zidane, Salah, Fares, Jakob, Haïthem, Ilyes, Younes, Akram, Amir, Achraf, Anis, Aymen.S, Aymen.B, Housseem.DJ, Housseem.H.*

*Enfin, je le dédie à tous ceux que je connais ...*

# Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Résumé

## Chapitre I : L'Aquaponie

---

Chapitre I : L'Aquaponie .....	1
I.1 L'Aquaculture : .....	4
I.2 L'Aquaponie : .....	4
I.2.1 Le cycle de l'Aquaponie : .....	5
I.2.2 Le principe de fonctionnement : .....	6
I.2.3 Processus du contrôle de l'eau (RAS) : .....	6
I.2.4 Le cycle bactérien en Aquaponie : .....	9
I.2.5 La filtration en aquaponie.....	12

## Chapitre II

---

II.1 Choix des éléments de l'aquaponie : plante-poisson : .....	17
II.1.1 Choix de plante : La Laitue : .....	17
II.1.2 Choix de poisson : Tilapia : .....	19
II.2 Les carences et les paramètres d'eau dans un système aquaponique : .....	23
II.2.1 Les carences : .....	23
II.2.2 Les paramètres importants de la qualité de l'eau à suivre : .....	25
II.3 Méthodes de contrôle de PH : .....	26
II.3.1 Comment baisser le PH en aquaponie : .....	26
II.3.2 Comment augmenter le ph en aquaponie : .....	29
II.4 Contrôle de température : .....	34

## Chapitre III

---

III.1	Notre système aquaponique et son fonctionnement : .....	38
III.2	Le matérielles et leurs branchement et programmation : .....	40
III.2.1	Les caractéristiques de chaque élément : .....	40
III.2.2	Le branchement et la programmation : .....	45

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Coefficient alimentaire moyen pour les légumes-feuilles et légumes-fruits (en g d'aliment pour poisson à donner par jour et par m <sup>2</sup> de surface cultivée, g/jour/m <sup>2</sup> ) .....	19
<b>Tableau 2:</b> Densités moyennes préconisées pour la plantation de légumes-feuilles et légumes-fruit dans un système aquaponique (nombre de plants par m <sup>2</sup> de surface cultivée, plantes/m <sup>2</sup> ) .....	19
<b>Tableau 3:</b> Taux d'alimentation moyen des poissons d'élevage (pour cent du poids corporel des poissons par jour).....	21
<b>Tableau 4:</b> Densité d'élevage moyenne pour l'élevage des poissons (kg de poisson par m <sup>3</sup> d'eau contenue dans le bassin d'élevage).....	22

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Le cycle Aquaponique .....	5
<b>Figure 2:</b> Processus de traitement de l'eau nécessaires dans un système d'aquaculture en recirculation. .....	6
<b>Figure 3:</b> Un biofiltre et un dégazeur de CO <sub>2</sub> sur un système d'aquaculture à recirculation extérieur utilisé pour cultiver l'achigan à grande bouche.....	7
<b>Figure 4:</b> les différents états d'eau dans l'aquaponique .....	9
<b>Figure 5:</b> Schéma du cycle du nitrogène dans un système aquaponique.....	10
<b>Figure 6:</b> Le processus de nitrification ayant lieu dans un système aquaponique .....	10
<b>Figure 7:</b> Teneurs en ammoniacque, nitrite et nitrate de l'eau circulant dans un système aquaponique lors des premières semaines de sa mise en fonctionnement.....	12
<b>Figure 8:</b> Exemple de filtres mécaniques faits maison mais terriblement efficaces aussi .....	14
<b>Figure 9:</b> Exemple de filtre mécanique à brosses DIY réalisé par Sébastien Ladrage – Aquaponie Réunion.....	14
<b>Figure 10:</b> Exemple de filtre mécanique à mousses DIY réalisé par Sébastien Ladrage – Aquaponie Réunion.....	14
<b>Figure 11:</b> Exemple de filtre biologique sur lit fluidisé DIY réalisé par Sébastien Ladrage – Aquaponie Réunion.....	15
<b>Figure 12:</b> la plante Laitue dans le système aquaponique.....	17
<b>Figure 13:</b> Le tilapia.....	20
<b>Figure 14 :</b> (a) vieilles feuilles pales : carence en nitrogène(N) ; (b) Taches brunes sur le bout des vieilles feuilles : carence en potassium(K) ; (c) Feuilles recourbées et jaunâtres : carence en soufre ; (d) Feuilles toutes pales et de couleur vert clair : caren.....	24
<b>Figure 15:</b> Tronc d'arbre trempé dans le bassin .....	27
<b>Figure 16:</b> La tourbe.....	27
<b>Figure 17:</b> Les feuilles d'amande .....	28
<b>Figure 18:</b> Un osmoseur inversée .....	28
<b>Figure 19:</b> Le corail concassé.....	29
<b>Figure 20:</b> les éclats de dolomite et un modèle d'un filtre .....	30
<b>Figure 21:</b> Une roche de calcaire.....	30
<b>Figure 22:</b> Des algues.....	31
<b>Figure 23:</b> le cycle de la nitrification.....	32
<b>Figure 24:</b> La méthode de la minéralisation .....	33
<b>Figure 25:</b> Les zones importantes de la table à marées.....	34
<b>Figure 26:</b> Le produit du PH up (PH+).....	34
<b>Figure 27:</b> Chauffage pour aquarium.....	35
<b>Figure 28:</b> Les étapes de fonctionnement du notre système aquaponie .....	39
<b>Figure 29:</b> Carte Arduino méga 2560.....	40
<b>Figure 30:</b> Ecran LCD 4*20 avec I2C .....	41

<b>Figure 31:</b> Capteur (Sonde) PH .....	41
<b>Figure 32:</b> Capteur température DS18B20 « modèle Sonde » .....	42
<b>Figure 33:</b> Capteur niveau d'eau .....	42
<b>Figure 34 :</b> Une pompe à eau et filtre mécanique intégré : (pompe aquarium) : 220 V .....	43
<b>Figure 35:</b> pompe à eau 12 V .....	43
<b>Figure 36:</b> Pompe aire .....	43
<b>Figure 37:</b> Mini électrovanne .....	43
<b>Figure 38:</b> Relai à 4 canaux .....	44
<b>Figure 39 :</b> Une résistance (chauffage pour aquarium).....	44
<b>Figure 40:</b> Branchement écran lcd-i2c avec arduino .....	45
<b>Figure 41:</b> Branchement sonde PH.....	45
<b>Figure 42:</b> Code Arduino du capteur PH .....	46
<b>Figure 43:</b> Branchement capteur de température DS18B20.....	46
<b>Figure 44:</b> Code Arduino capteur de température DS18B20 .....	47
<b>Figure 45:</b> Branchement capteur niveau d'eau .....	47
<b>Figure 46:</b> Code Arduino du capteur niveau d'eau.....	48
<b>Figure 47:</b> Branchement d'une pompe 12V .....	48
<b>Figure 48:</b> code Arduino pour tous les actionneurs .....	49
<b>Figure 49:</b> Branchement générale du notre système aquaponique .....	49
<b>Figure 50:</b> Le montage générale du notre système à recirculation d'eau.....	50

## Liste des abréviations

**Ca** : Calcium

**CaCo<sub>3</sub>** : Le Calcaire

**Co<sub>2</sub>** : Dioxyde de charbon

**FCR** : Feed conversion ratio

**Fe** : Fer

**MBT** : Unité à lits de culture à substrat

**MES** : Matière en suspension

**NaOH** : Hydroxyde de sodium

**NFT** : Nutrient Film Technique (Technique du Film Nutritif)

**NH<sub>3</sub>**: Ammoniac

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**: Ammonium

**NO<sub>2</sub>**: Dioxyde d'azote

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Nitrate

**O<sub>3</sub>** : Ozone

**PH** : Potentiel Hydrogène

**RAS** : Recirculation Aquaculture System

**RFS** : Responsible seafood advocate

**UV** : Ultraviolet.

**DWC** : Deep Water Culture

## **Résumé :**

Avec la croissance continue de la population mondiale, trouver de nouvelles façons et de nouvelles sources pour nourrir tout le monde est l'un des plus grands défis à la lumière des changements climatiques et du manque de ressources environnementales, telles que la pêche en particulier et les ressources alimentaires végétales, et la distorsion de la qualité de production de ces ressources.

C'est pourquoi la culture de l'aquaculture s'est répandue ces dernières années, ce qui permet de couvrir une grande partie du déficit alimentaire, et par conséquent, les systèmes de production de ces fermes se sont fortement développés grâce à une bonne maîtrise dès la fourniture de caractéristiques de base afin d'augmenter la production et d'améliorer la qualité des cultures.

Et à cet effet, nous avons utilisé la carte électronique Arduino qui sert à contrôler différents paramètres physiques tels que la température, pH et le niveau d'eau afin de contrôler la qualité de l'eau dans un système aquaponique. Ce control permet d'augmenter la durée de vie des poissons et améliorer les conditions de croissances de certaines plantes

**Mots clés :** Aquaculture, Aquaponie, hydroponie, NFT, pH, température, contrôle et surveillance ; micro-contrôleur, Arduino.

**Abstract:**

With the continued growth of the world's population, finding new ways and new sources to feed everyone is one of the greatest challenges in light of climate change and the lack of environmental resources, such as fishing in particular and plant food resources, and the distortion of the production quality of these resources.

This is why the cultivation of aquaculture has spread in recent years, which makes it possible to cover a large part of the food deficit, and therefore the production systems of these farms have developed strongly thanks to a good command of the supply of basic characteristics in order to increase production and improve crop quality.

The main objective is to control physical parameters such as temperature, pH, water level in a recirculation aquaponic system. To achieve this result; we used Arduino electronic card to have the different informations of the sensors to maintain the growth conditions of fish and plants

**Keywords:** Aquaculture, Aquaponics, hydroponics, NFT, pH, temperature, control; Arduino.

## ملخص:

مع النمو المستمر لسكان العالم، فإن إيجاد طرق جديدة ومصادر جديدة لإطعام الجميع يعد من أكبر التحديات في ظل تغير المناخ ونقص الموارد البيئية، مثل صيد الأسماك على وجه الخصوص والموارد الغذائية النباتية، وتشويه جودة إنتاج هذه الموارد.

هذا هو سبب انتشار الاستزراع المائي في السنوات الأخيرة، مما يجعل من الممكن تغطية جزء كبير من العجز الغذائي، وبالتالي تطورت أنظمة الإنتاج في هذه المزارع بقوة بفضل التحكم الجيد في الإمداد الخصائص الأساسية من أجل زيادة الإنتاج وتحسين جودة المحاصيل.

ولهذا الغرض استخدمنا لوحة Arduino الإلكترونية التي تستخدم للتحكم في الحقول الغذائية المختلفة، لبساطتها وسهولة استخدامها، واستخدمنا حساسات خاصة لنظامنا مثل مستشعر الحموضة ومستشعر درجة الحرارة،

**الكلمات المفتاحية:** نظام الاستزراع المائي النباتي، تربية المائيات، الزراعة المائية، تقنية المغذيات، نظام إعادة التدوير، الأس الهيدروجيني، درجة الحرارة، التحكم والمراقبة، الأردوينو .

## Introduction Générale :

Selon les estimations de l'Organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture de la **FAO**, la population mondiale atteindra 9.7 milliards d'ici 2050, cela signifie que la production alimentaire mondiale devra augmenter de 70% pour répondre à la demande de la population mondiale.

De nombreuses recherches ont montré que le monde s'enrichit d'un déficit environnemental, car dans certains pays, les ressources naturelles sont consommées à un rythme plus rapide que l'environnement ne peut fournir de manière durable, car le système alimentaire est affecté par les changements environnementaux causés par le réchauffement et le changement climatique et d'autres facteurs ... qui ont conduit à la rareté des ressources en eau et au manque de rendements végétaux et animaux, en particulier de poisson, et à la distorsion de la qualité de la production.

Où depuis quelques années, une nouvelle technique d'élevage est apparue : **l'Aquaponie** ; Ce système associe **l'élevage** de poisson, et la culture hors-sol de végétaux : **l'hydroponie**.

Le principe général est d'avoir un circuit d'eau fermé qui demande peu d'eau neuve ; L'eau passe alors plusieurs fois dans les compartiments d'élevage et de culture : on parle alors de **Recirculation**.

Le gouessant **Aquaculture** travaille sur des aliments qui répondent non seulement à la bonne croissance des poissons mais également à l'apport de **nutriments** pour les plantes tout en minimisant les rejets solides pour conserver une bonne qualité d'eau dans l'ensemble du système.

L'aquaponie est un système qui unit la culture de plante et élevage de poissons ; les plantes sont parfois cultivées sur des billes d'argile, pouvant être irriguées en circuit fermé par de l'eau provenant d'aquarium où sont élevés les poissons. Des bactéries aérobies issues du substrat transforment l'ammoniaque contenu dans

Les urines et déchets des poissons en nutriments (nitrate notamment), directement assimilable par la végétation. L'eau purifiée retourne ensuite dans l'aquarium.

De nombreux facteurs affectent le rendement du système aquaponique, notamment **la température** et le **PH** de l'eau, qui affectent la vie et la croissance saine des poissons. Chaque type a un milieu approprié dans lequel il vit, ainsi que les éléments importants pour la croissance des plantes.

Par conséquent, notre projet consiste à mettre en place un système de surveillance et de commande automatique des éléments importants du système aquaponique, comme nous l'avons indiqué les étapes de travail dans ce qui suit :

Au début, nous nous sommes familiarisés avec tous les termes généraux du système aquaponique, ses types et composants, leur principe de fonctionnement.

Dans le deuxième chapitre, nous avons travaillé sur les méthodes de surveillance et de contrôle de deux éléments de base dans le système, à savoir le PH et la méthode de filtration de l'eau et ses types. Et aussi, nous avons déterminé les types de plantes et de poissons considérées dans un système aquaponique, et leurs conditions de croissances. Puis, nous nous sommes intéressés par les étapes du **cycle bactérien** qui se produit au milieu du système.

Enfin, après avoir collecté toutes les informations pour démarrer le travail du système et ses éléments de base, nous avons réalisé un système aquaponique contrôlé par un Arduino, dans lequel nous avons expliqué dans cette dernière partie tous les outils et les capteurs utilisés, et la méthode de son branchement (câblage), et sa programmation.

Nous terminons par une conclusion générale montrant l'importance du suivi du système aquaponique et de ses évolutions.

# CHAPITRE I

# L'AQUAPONIE

# **Chapitre I : L'Aquaponie**

---

## **I.1 L'Aquaculture :**

L'Aquaculture et la pisciculture sont tous deux des élevages d'organismes aquatiques pour la reproduction et l'élevage. On la pratique surtout à des fins commerciales tant pour la culture d'organismes d'eau douce que d'eau salée. En effet, il s'effectue dans des conditions contrôlées pour créer un environnement idéal de survie et croissance des animaux aquatiques.

La pisciculture est la principale forme d'aquaculture connue. C'est la méthode pour élever les poissons artificiellement pour la reproduction et le transport. Habituellement, on utilise de grands réservoirs pour élever le poisson sur une base commerciale. [1]

## **I.2 L'Aquaponie :**

La combinaison de plantes et de poissons dans un RAS est appelée aquaponie. Dans ce type de système, l'ammoniac produit par les poissons n'est pas seulement converti en nitrate, mais également éliminé par les plantes de l'eau. Dans un système aquaponique, les poissons fertilisent efficacement les plantes, ce qui crée un système en boucle fermée où très peu de déchets sont générés et les intrants sont minimisés. L'aquaponie offre l'avantage de pouvoir récolter et vendre plusieurs cultures. Des points de vue contradictoires existent sur la pertinence et la sécurité des effluents RAS pour soutenir la croissance des plantes dans des conditions aquaponiques. Les conversions futures, plutôt des « mises à niveau », des fermes RAS opérationnelles en entreprises aquaponiques semi-commerciales ne devraient pas être découragées par une insuffisance en nutriments ou des arguments relatifs à la sécurité des nutriments. L'encouragement des déchets agricoles RAS par l'aquaponie semi-commerciale est encouragé. Les nutriments emprisonnés dans les eaux usées et les boues du RAS contiennent des nutriments suffisants et sûrs pour soutenir la croissance des plantes dans des conditions aquaponiques [2].

# Chapitre I : L'Aquaponie

## I.2.1 Le cycle de l'Aquaponie :

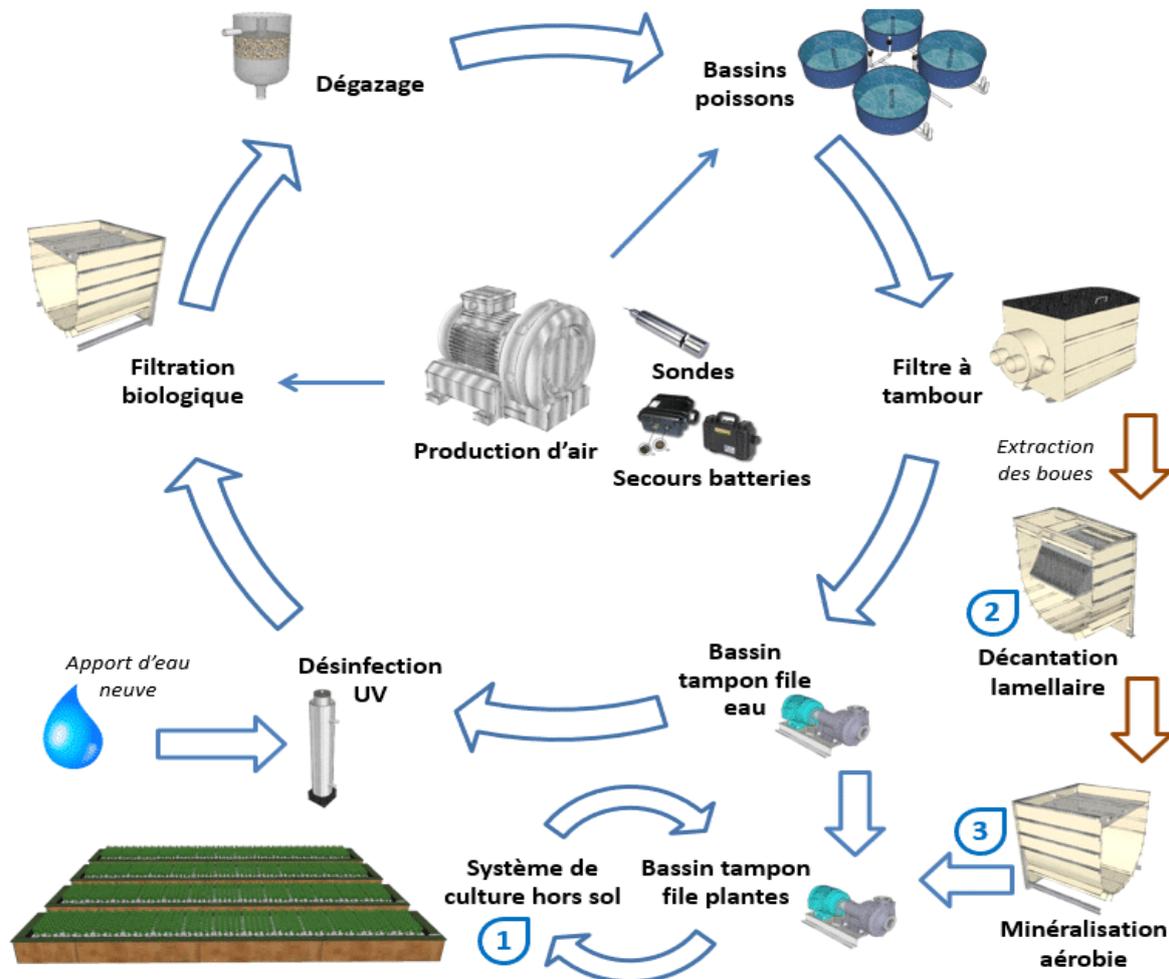


Figure 1: Le cycle Aquaponique

**Bassins d'élevage de poissons** : dans l'eau, les poissons sont nourris. Ils produisent des déjections riches en ammoniac.

**Filtration mécanique** : l'eau des bassins d'élevage contient des déchets particuliers et dissous. Un filtre à tambour élimine ces déchets.

**Bassin tampon file eau** : l'eau s'achemine vers un premier bassin de stockage intermédiaire, le bassin tampon file eau.

**Désinfection UV** : un traitement ultra-violet permet de détruire les bactéries et virus contenus dans l'eau provenant des bassins d'élevage.

**Filtration biologique** : un filtre biologique sert de support à des bactéries spécifiques. Ils transforment l'ammoniac en nitrate non toxique.

## Chapitre I : L'Aquaponie

**Dégazage** : l'élimination des gaz d'azote est ensuite assurée par dégazage. L'eau nettoyée est à présent chargée en éléments nutritifs. Elle est remise en circulation pour un retour dans le bassin des poissons.

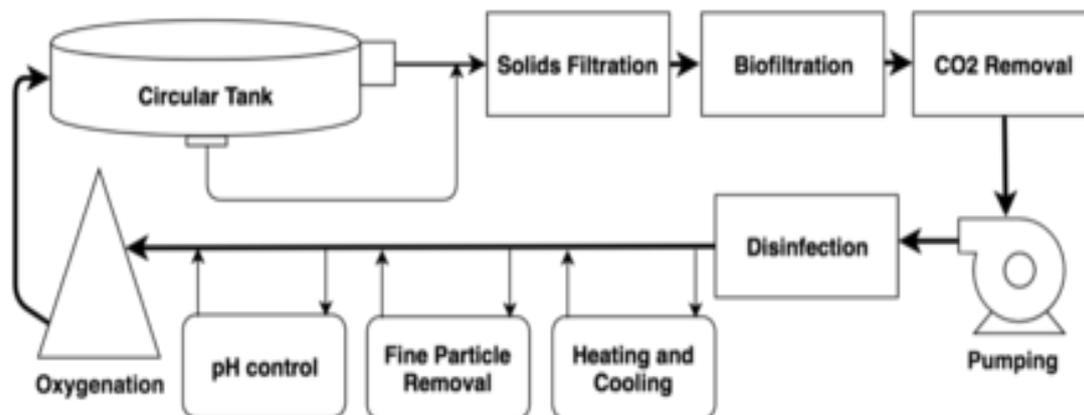
**Bassin tampon file plantes** : un second bassin tampon se connecte au premier. Une vanne permet de dissocier leur fonctionnement.

**Système de culture hors-sol** : l'eau contenue dans ce second bassin s'achemine vers le système de culture hors sol. Les plantes assimilent le nitrate, nécessaire à leur croissance. Elles purifient ainsi l'eau, avant qu'elle ne soit renvoyée dans le bassin tampon file plantes. [2]

### I.2.2 Le principe de fonctionnement :

L'aquaponie respecte dans une certaine mesure le fonctionnement du jardinage maraîcher. Habituellement, on plante et arrose les graines. On ajoute parfois de l'engrais et désherbe le jardin. On enlève les insectes envahissants, puis commence l'attente de voir si la plante va pousser ou non.

### I.2.3 Processus du contrôle de l'eau (RAS) :



**Figure 2:** Processus de traitement de l'eau nécessaires dans un système d'aquaculture en recirculation.

Une série de procédés de traitement est utilisée pour maintenir la qualité de l'eau dans les opérations de pisciculture intensive. Ces étapes sont souvent effectuées dans l'ordre ou parfois en tandem. Après avoir quitté le récipient contenant les poissons, l'eau est d'abord traitée pour les solides avant d'entrer dans un biofiltre pour convertir l'ammoniac, puis un dégazage et une oxygénation se produisent, souvent suivis d'un chauffage / refroidissement et d'une stérilisation. Chacun de ces processus peut être complété en utilisant une variété de méthodes et d'équipements différents, mais quoi qu'il en soit, tout doit avoir lieu pour assurer un environnement sain qui maximise la croissance et la santé des poissons. [3]

# Chapitre I : L'Aquaponie

---

## Biofiltration :

Tous les RAS reposent sur la biofiltration pour convertir l'ammoniac ( $\text{NH}_4^+$  et  $\text{NH}_3$ ) excrété par les poissons en nitrate. L'ammoniac est un déchet du métabolisme des poissons et des concentrations élevées ( $> 0,02 \text{ mg / L}$ ) sont toxiques pour la plupart des poissons. Les bactéries nitrifiantes sont des chimioautotrophes qui transforment l'ammoniac en nitrite puis en nitrate.

Un biofiltre fournit un substrat pour la communauté bactérienne, ce qui entraîne la croissance d'un biofilm épais à l'intérieur du filtre. L'eau est pompée à travers le filtre et l'ammoniac est utilisé par les bactéries pour produire de l'énergie. Le nitrate est moins toxique que l'ammoniac ( $> 100 \text{ mg / L}$ ) et peut être éliminé par un biofiltre dénitrifiant ou par remplacement de l'eau. Des conditions environnementales stables et un entretien régulier sont nécessaires pour garantir que le biofiltre fonctionne efficacement. [3]



**Figure 3:** Un biofiltre et un dégazeur de  $\text{CO}_2$  sur un système d'aquaculture à recirculation extérieur utilisé pour cultiver l'achigan à grande bouche.

## Élimination des solides :

En plus du traitement des déchets liquides excrétés par les poissons, les déchets solides doivent également être traités, cela se fait en concentrant et en éliminant les solides du système. L'élimination des solides réduit la croissance des bactéries, la demande en oxygène et la prolifération des maladies. La méthode la plus simple pour éliminer les solides est la création d'un bassin de décantation où la vitesse relative de l'eau est lente et les particules peuvent se déposer au fond du réservoir où elles sont soit rincées, soit aspirées manuellement à l'aide d'un siphon. Cependant, cette méthode n'est pas viable pour les opérations RAS où un faible encombrement est souhaité. L'élimination typique des solides RAS implique un filtre à sable ou un filtre à particules où les solides se logent et peuvent être périodiquement rincés hors du

## Chapitre I : L'Aquaponie

---

filtre. Une autre méthode courante consiste à utiliser un filtre à tambour mécanique dans lequel l'eau passe sur un tamis à tambour rotatif qui est périodiquement nettoyé par des buses de pulvérisation sous pression, et la suspension résultante est traitée ou envoyée dans le drain. Afin d'éliminer les particules extrêmement fines ou les solides colloïdaux, un fractionneur de protéines peut être utilisé avec ou sans addition d'ozone ( $O_3$ ).

### **Oxygénation :**

La réoxygénation de l'eau du système est un élément crucial pour obtenir des densités de production élevées. Les poissons ont besoin d'oxygène pour métaboliser les aliments et se développer, tout comme les communautés bactériennes dans le biofiltre. Les niveaux d'oxygène dissous peuvent être augmentés par deux méthodes, l'aération et l'oxygénation. Lors de l'aération, l'air est pompé à travers une pierre à air ou un dispositif similaire qui crée de petites bulles dans la colonne d'eau, ce qui se traduit par une surface élevée où l'oxygène peut se dissoudre dans l'eau. En général, en raison de la lenteur des taux de dissolution du gaz et de la pression d'air élevée nécessaire pour créer de petites bulles, cette méthode est considérée comme inefficace et l'eau est plutôt oxygénée par pompage d'oxygène pur. Diverses méthodes sont utilisées pour s'assurer que pendant l'oxygénation, tout l'oxygène se dissout dans la colonne d'eau. Un calcul et une considération soigneux doivent être accordés à la demande en oxygène d'un système donné, et cette demande doit être satisfaite avec un équipement d'oxygénation ou d'aération. [3]

# Chapitre I : L'Aquaponie

## I.2.4 Le cycle bactérien en Aquaponie :

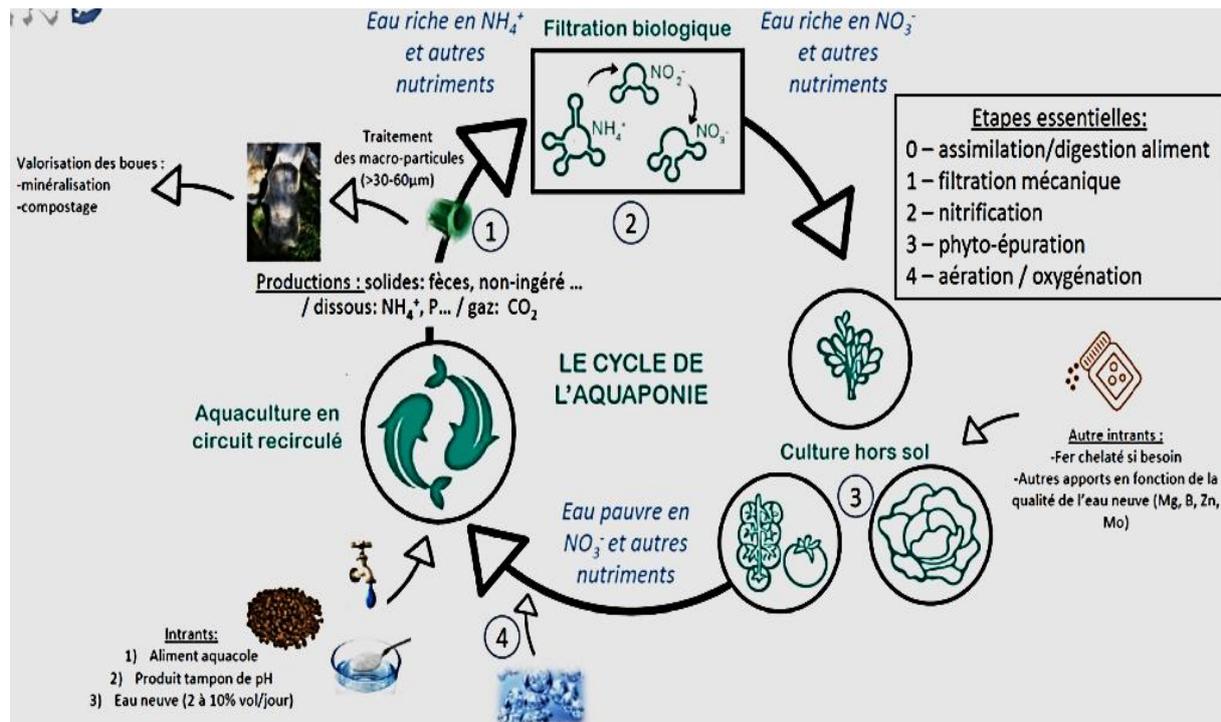


Figure 4: les différents états d'eau dans l'aquaponie

Lorsqu'on démarre un système aquaponique, il faut établir le cycle de l'azote. C'est la base de votre écosystème aquaponique. Pour se faire il faut respecter une démarche ascendante. C'est-à-dire qu'il faut partir du plus bas de la chaîne comme les bactéries pour doucement grimper les échelons jusqu'à introduire les poissons dans l'écosystème.

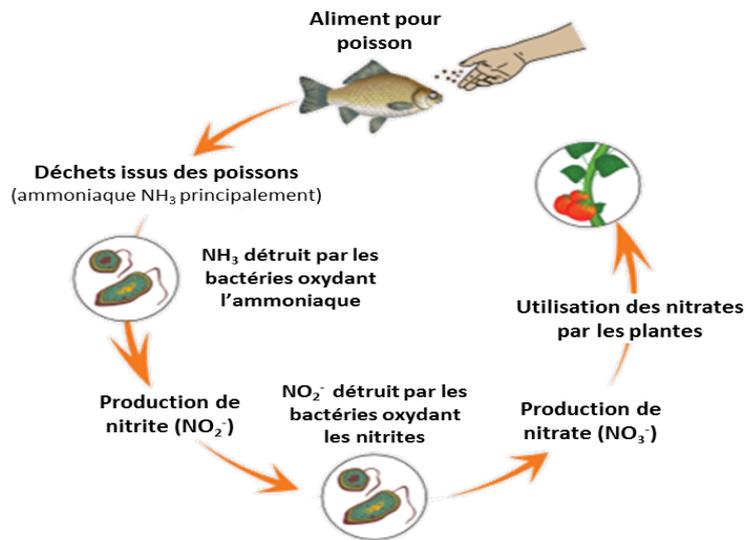
Les déjections de poissons sont toxiques pour eux-mêmes car riches en ammoniac, c'est pour cela qu'on doit convertir cet ammoniac en nitrates (non toxiques à moyenne dose) pour les poissons via le procédé de nitrification. Ce procédé est rendu possible par certaines bactéries nitrifiantes naturellement présentes dans la nature. Un système cyclé et équilibré sera ainsi bénéfique pour les poissons et pour vos plantes. A noter qu'en aquaponie, le PH étant généralement inférieur à 7, l'ammoniac prend la forme d'ammonium ( $\text{NH}_3 + (\text{H}^+) \rightarrow \text{NH}_4^+$ ). L'ammonium n'est pas considéré comme dangereux pour les animaux aquatiques tandis que l'ammoniac. [4]

### I.2.4.1 Le rôle des bactéries dans le système aquaponique :

Les bactéries sont essentielles et indispensables au bon fonctionnement d'un système aquaponique, car ce sont elles qui permettent de convertir les déchets issus de l'élevage de poisson en nutriments disponibles pour les plantes. Les bactéries nitrifiantes convertissent les

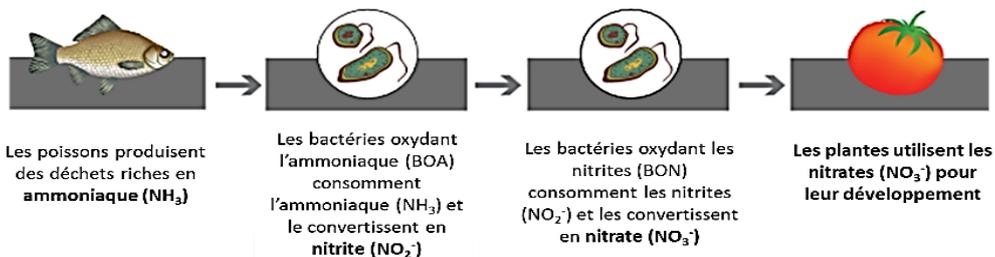
# Chapitre I : L'Aquaponie

déchets entrant dans le système principalement nous forme d'ammoniac, en nitrite puis en nitrate, qui est alors absorbé par les racines végétales. [5]



**Figure 5:** Schéma du cycle du nitrogène dans un système aquaponique

Le processus de conversion se déroule en deux étapes, chacune impliquant un groupe de bactéries spécifiques.



**Figure 6:** Le processus de nitrification ayant lieu dans un système aquaponique

Par conséquent un bon établissement de ces deux types de colonies bactériennes est crucial pour la réussite de la production aquaponique. [5]

## I.2.4.2 Les phases du cycle de l'azote :

**Etape 1 :** Des bactéries nitrifiantes (Nitrosomonas) transforment l'ammoniac en nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) qui est un élément extrêmement toxique pour les organismes. Cette opération nécessite une forte consommation d'oxygène.

**Etape 2 :** Ensuite, des bactéries nitrifiantes (Nitrobacter) transforment le nitrite en nitrate. Cette réaction s'accompagne aussi d'une consommation d'oxygène importante.

## **Chapitre I : L'Aquaponie**

---

Des bactéries appartenant à d'autres genres interviennent aussi dans ces processus mais Nitrosomonas et Nitrobacter sont les genres principaux. [4]

### **I.2.4.3 Tester le cycle de l'azote**

Pour tester le niveau de bactéries dans l'eau, il faudra vous munir d'un simple kit de test d'eau pour aquarium. Ces kits de test de l'eau vous permettront de mesurer entre autres la concentration de nitrates, nitrites et d'ammoniac. C'est la seule façon de détecter leur quantité dissoute dans l'eau puisque les bactéries sont microscopiques et invisibles à l'œil nu. Afin de créer des conditions propices au développement des bactéries.

### **I.2.4.4 Les étapes de démarrage du cycle bactérien grâce au cycle de l'azote :**

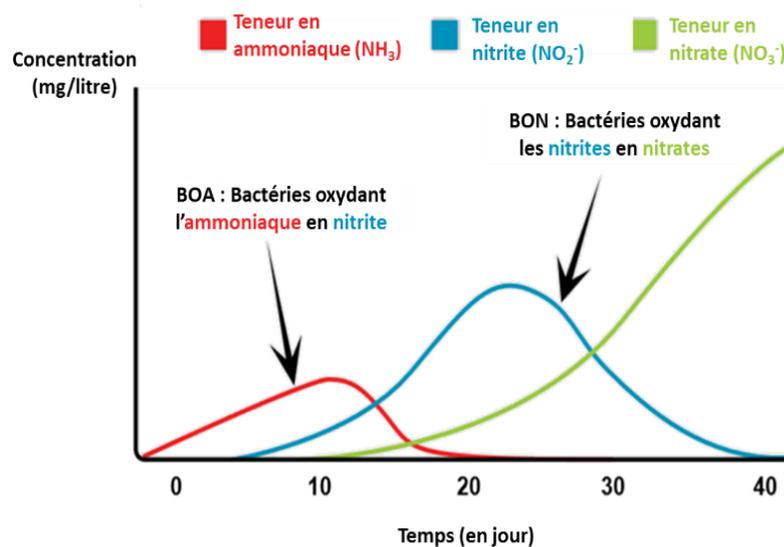
- Le démarrage du cycle de toute unité aquaponique commence par le développement des colonies bactériennes. Généralement, cette étape initiale prend 3-5 semaines.
- Réussir à établir le cycle de l'azote (c'est-à-dire à établir est à faire vivre les bactéries de nitrification) est une étape lente qui exige de la patience.
- Ce démarrage du cycle consiste à constamment introduire une source d'ammoniac dans l'unité aquaponique ce qui permet la création de colonies bactériennes qui vont préférentiellement s'installer sur le substrat prévu à cet effet, et donc créer le filtre biologique.
- La progression de la mise en place du cycle peut être évaluée grâce à la mesure régulière des teneurs en ammoniac par rapport aux teneurs en nitrates dans l'eau du système (utilisation d'un kit d'analyse).
- Une fois introduit dans l'unité, l'ammoniac devient une source initiale de nourriture pour les bactéries oxydant l'ammoniac (BOA), dont quelques-unes sont déjà présentes naturellement dans l'environnement. Ces bactéries BOA peuvent se trouver dans le sol, dans l'eau et dans l'air. Dans les 5 à 7 jours suivants la première injection d'ammoniac dans le système, les bactéries ont alors formé une importante colonie et commencent à oxyder l'ammoniac en nitrite.
- L'ammoniac doit être injecté en continu et en petite quantité, afin de nourrir suffisamment les bactéries sans devenir toxique pour elles.
- Au bout de 10 à 14 jours, les teneurs en nitrite dans l'eau sont plutôt importantes, ce qui a pour effet d'attirer les bactéries oxydant les nitrites (BON) qui vont alors oxyder les nitrites en nitrates. Au fur et à mesure que la colonie de BON se développe, la

## Chapitre I : L'Aquaponie

concentration en nitrite dans l'eau diminue et donc la concentration en nitrate augmente. On évalue que le cycle de l'azote est définitivement établi lorsque la teneur en nitrate ne cesse d'augmenter, que la teneur en nitrites est de 0 mg/L et que la teneur en ammoniacque est inférieure à 1mg/L. dans de bonnes condition, l'établissement du cycle prend entre 25 et 40 jours, mais si la température de l'eau est vraiment fraîche, le cycle peut prendre jusqu'à deux mois pour se stabiliser.

- Le démarrage du cycle de l'azote est assez car les bactéries nitrifiantes ont une croissance relativement lente, et nécessitent 10 à 15 heures pour doubler leur population.

[4]



**Figure 7:** Teneurs en ammoniacque, nitrite et nitrate de l'eau circulant dans un système aquaponique lors des premières semaines de sa mise en fonctionnement

### I.2.4.5 Importance du calcium dans le processus de cyclage :

Si l'eau de votre système n'est pas naturellement pourvue de calcium, vous aurez besoin d'en ajouter pour le bon développement des colonies bactériennes. En effet, les bactéries ont besoin de calcium pour fonctionner et si le taux de calcium de votre eau est inférieur à 40mg/L, il faudra penser à compléter en calcium pour favoriser le cyclage de votre eau. L'ajout d'hydroxyde de calcium fera très bien l'affaire. [4]

### I.2.5 La filtration en aquaponie

#### I.2.5.1 Les règles d'or d'une bonne filtration en aquaponie :

Une bonne filtration doit permettre de retirer toutes les matières solides en suspension (MES) de l'eau du système. Les MES étant principalement issues d'aliments piscicoles non-

## Chapitre I : L'Aquaponie

---

consommés par les poissons, de leur déjections mais aussi des matières organique provenant des différentes phases de vie des végétaux (racines mortes, feuilles, ..ect). Une filtration ne sera jamais trop grosse.

Si ces matières solides en suspensions ne sont pas filtrées de l'eau du circuit avant de passer dans les compartiments horticoles, elles risquent de s'agglomérer sur les racines des plants empêchant la bonne assimilation des nutriments et pouvant entraîner des moisissures sur les racines. Ces mêmes matières en suspensions vont aussi s'accumuler progressivement dans les zones de faible débit d'eau provoquant alors l'accumulation de gaz nocifs et une dénitrification. On peut aussi parler de substrat colmaté, d'apparition de zones anaérobies et de hausse du PH du système. Vous l'avez compris, les filtres en aquaponie sont la pierre angulaire d'un système aquaponique réussi. [6]

### **I.2.5.2 Les différentes étapes de filtration :**

#### **La filtration par sédimentation ou décantation :**

La filtration par sédimentation (ou décantation) est une filtration grossière ayant pour effet de filtrer uniquement les particules ayant une densité élevée. Elle est importante malgré tout car elle permet d'enlever facilement une bonne partie des MES y circulant et son gros avantage est qu'il est très facile de nettoyer ces filtres de type **Radial, Swirl, ou RFS**. Pour qu'un filtre à décanter fonctionne de façon optimale, il faut que l'eau qui la traverse mette au moins 30 minutes. En d'autres termes, le temps de rétention de l'eau dans ce filtre soit de 30 minutes pour que la sédimentation se passe au mieux.

#### **La filtration mécanique :**

La filtration mécanique est un processus de filtration effectué à l'aide de mousses, de grille, de brosses ou de médias fixes. Cette filtration peut s'avérer très efficace puisqu'elle permet de filtrer des éléments très fins. C'est dans ces filtres que finissent toutes les matières solides en suspensions qui n'ont pas été filtrées par les filtres à décanter (= filtres à sédimentation). [6]

Voici un exemple de filtre mécanique clé en main issu du commerce :

Le filtre multi-chambres :

## Chapitre I : L'Aquaponie

---



**Figure 8:** Exemple de filtres mécaniques faits maison mais terriblement efficaces aussi



**Figure 9:** Exemple de filtre mécanique à brosses DIY réalisé par Sébastien Ladrage – Aquaponie Réunion



**Figure 10:** Exemple de filtre mécanique à mousses DIY réalisé par Sébastien Ladrage – Aquaponie Réunion

### La filtration biologique :

La filtration biologique n'est pas un filtre mais plutôt un filtre qui transforme. C'est là que vos bactéries vont transformer l'ammoniac ( $\text{NH}_3$  et  $\text{NH}_4^+$ ) en nitrite ( $\text{NO}_2$ ) puis en nitrate ( $\text{NO}_3$ ). Le biofiltre est l'endroit où les bactéries sont les plus présentes, actives et nombreuses d'un système aquaponique. On peut parler de véritable élevage de bactéries dans ce biofiltre (biofiltre pour filtre biologique). Ces bactéries étant en majorité sédentaires, nous devons leur offrir un milieu propice à leur développement et c'est pour cela que le biofiltre est saturé en oxygène au

## Chapitre I : L'Aquaponie

---

moyen d'oxygénateurs, pierres poreuses ou diffuseurs d'air et c'est aussi pour cela qu'on utilise des médias offrant une très grande surface de contact pour que les bactéries puissent s'y développer par millions. On parle de biofiltre sur lit fluidisé dans le cas d'un biofiltre où les bioballs sont brassées par le courant d'eau et par l'air injecté.

On place toujours le biofiltre en fin de ligne de filtration pour que seule de l'eau propre et filtrée passe dans le biofiltre. Si on ne respectait pas cet ordre primordial, les matériaux ou bioballs utilisés dans le biofiltre se colmateraient et feraient office de filtre mécanique ce qui n'est pas du tout le but recherché. [6]



**Figure 11:** Exemple de filtre biologique sur lit fluidisé DIY réalisé par Sébastien Ladrage – Aquaponie Réunion

**CHAPITRE II**

**LES CONDITIONS DE  
CROISSANCES DES  
PLANTES ET DES POISSONS  
ET LES PARAMÈTRES DE  
CONTRÔLE**

## **ChapitreII : Les condition de croissances des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle**

---

### **II.1 Choix des éléments de l'aquaponie : plante-poisson :**

Nous avons choisi de mettre l'accent sur l'élevage d'un poisson dont les conditions de vie sont adéquates aux système aquaponique ; nous parlons de la Tilapia qui fournit des éléments nécessaires dans la constitution d'Angré pour la plante Laitue. Dans la section suivante, nous détaillons exhaustivement les conditions de croissances et d'installation du système aquaponique.

#### **II.1.1 Choix de plante : La Laitue :**

La laitue pousse particulièrement bien en aquaponie en raison des concentrations optimales de nutriments dans l'eau. Quasiment toutes les variétés de laitues peuvent être cultivés en aquaponie .

La laitue est beaucoup consommée ce qui en fait une culture très appropriée à grande échelle dans la production commerciale. [12]

#### **Les caractéristiques générales :**

- PH conseillé : 0 à 7.0
- L'espacement des plants : 18-30 cm (20-25 têtes/m<sup>2</sup>)
- Temps de germination et température : 3-7 jours ; 13 à 21 °C
- Temps de croissance : 24-32 jours (plus pour certaines variétés)
- Température : 15-22 °C (floraison plus de 24°C)
- Exposition à la lumière : plein soleil (léger ombrage à des températures chaudes)
- Hauteur de la plante et largeur : 20-30 cm, 25-35 cm
- Méthode aquaponique recommandée : lit de culture, NFT et DWC. [7]



**Figure 12:** la plante Laitue dans le système aquaponique

## **ChapitreII : Les condition de croissances des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle**

---

### **Condition de croissance :**

La température doit être compris entre 3 et 12 degrés Celsius. Le jour, cette température doit être compris entre 17 et 28 °C. La croissance est influencée par la photopériode et la température. Un excès de lumière et d'humidité peut causer la montée en graine. Une température de l'eau supérieure à 26 °C peut également favoriser la montée en graine et l'amertume des feuilles. La laitue a une faible demande en éléments nutritifs, cependant de bonnes concentrations de calcium dans l'eau aident à prévenir les brûlures des pointes des feuilles lors des cultures d'été. Le PH idéal se situe entre 5.8 et 6.2 mais la laitue pousse tout de même encore bien avec un PH supérieure à 7 car certaines carences en fer peuvent apparaitre en raison de la biodisponibilité réduite de ce nutriment qui est alors neutralisé. [12]

### **Instructions de croissance :**

Les plantes peuvent être intégrés au bout de trois semaines dans un système aquaponique lorsque les plantes possèdent au moins deux ou trois vraies feuilles. Une fertilisation supplémentaire avec du phosphore dès la deuxième et la troisième semaine favorise la croissance des racines et évite à la plante le stress du repiquage. En outre, le durcissement de la plante à travers l'exposition à des températures plus froides et aux rayons directs du soleil pendant trois à cinq jours avant le repiquage donne des taux de survie plus élevés. [7]

### **Coefficient alimentaire :**

Le coefficient alimentaire permet d'estimer la quantité de nourriture qui doit être donnée chaque jour aux poissons, et qui est calculée en tenant compte de la surface de culture disponible.

Ce coefficient dépend du type de plante cultivée : les légumes-fruits (plantes dont les fruits sont récoltés) ont besoin de plus de nutriments (environ un tiers en plus) que les légumes-feuilles (plantes dont les feuilles sont consommées), car ils ont besoin de développer leurs fleurs puis leurs fruits (Tableau 1).

Le type d'alimentation influence également sur le coefficient alimentaire, et tous les calculs fournis ici sont basés sur l'utilisation d'un aliment pour poisson standard (trouvé généralement dans les grands élevages), avec une teneur en protéines de 32 pour cent. [5]

## Chapitre II : Les conditions de croissance des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle

**Tableau 1:** Coefficient alimentaire moyen pour les légumes-feuilles et légumes-fruits (en g d'aliment pour poisson à donner par jour et par m<sup>2</sup> de surface cultivée, g/jour/m<sup>2</sup>)

Légumes-feuilles	Légumes-fruits
40-50 g/jour/m <sup>2</sup>	50-80 /jour/m <sup>2</sup>

### Densité de plantes :

En moyenne, les plantes peuvent être cultivées selon les densités de plantation présentées dans le tableau 4.

Ces densités permettent d'assurer que les plantes ont un apport en nutriments suffisant :

- s'il y a trop de plante (forte densité), il y a des risques de carence et de mauvais développement des cultures, et au contraire s'il y a trop peu de plantes (faibles densité), l'eau ne sera pas bien filtrée.

Ces densités dépendent du type de plante, de la quantité produite ; etc., et les valeurs proposées peuvent donc varier d'un système à l'autre mais peuvent servir de valeur de référence. [5]

**Tableau 2:** Densités moyennes préconisées pour la plantation de légumes-feuilles et légumes-fruit dans un système aquaponique (nombre de plants par m<sup>2</sup> de surface cultivée, plantes/m<sup>2</sup>)

Légumes-feuilles	Légumes-fruits
20-25 plantes/m <sup>2</sup>	4 plantes/m <sup>2</sup>

### II.1.2 Choix de poisson : Tilapia :

Plusieurs types de poissons ont enregistré d'excellents taux de croissance les unités aquaponiques. Une sélection de poissons applicables pour l'aquaponie sont les suivants : Tilapia, Carpe commune, Carpe argentée, Carpe herbivore, Barramundi, Perche jade, Poisson-chat, Truite, Saumon, Morue Murray et Achigan à grande bouche. Certaines espèces de poissons, qui sont disponibles dans le monde entier, poussent particulièrement bien en aquaponie. Notre choix porte sur la Tilapia. [8]

## ChapitreII : Les condition de croissances des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle

---



Figure 13:Le tilapia

### Condition de croissance

- taux de croissance : 600 Grammes en 6-8 mois,

- La qualité d'eau :

- PH = 6-8,5
- Température : vitale : 14-36°C ; optimal : 27-30°C
- Niveaux DO : >4mg/L TAN : <1mg/L
- % de protéines dans l'alimentation (au stade de croissance) : 32%

Originaire d'Afrique de l'Est, le tilapia est l'une des espèces les plus populaires à cultiver dans les systèmes aquacoles dans le monde en grande partie en raison de leur maturité sexuelle tardive, qui conduit à des taux de croissance relativement rapides. C'est aussi la raison pour laquelle ils sont l'une des espèces de poissons préférées pour la production aquaponique. Autre les principales raisons sont les suivantes :

- Le tilapia est résistant à de nombreux agents pathogènes et parasites ;
- Ils peuvent tolérer une large gamme de conditions de qualité de l'eau et des plages de températures chaudes. [8]

Le tilapia tolère des températures de l'eau comprises entre 14 et 36 °C, bien qu'il s'agisse de poissons tropicaux. Pour une croissance optimale, la température quotidienne moyenne doit être comprise entre 27 et 30 °C. les tilapias cessent de se nourrir des températures inférieures à 17-18°C et meurent à des températures inférieures à 12 °C. Par conséquent, il n'est pas possible de stocker du tilapia toute l'année s'il y a une saison hivernale qui amène généralement des températures moyennes en dessous 12°C sauf si les aquariums sont dans une serre ou sont

## ChapitreII : Les condition de croissances des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle

---

chauffés pour maintenir une température au-dessus du seuil de survie. Si les systèmes de chauffage ou les serres ne sont pas possibles, il est suggéré de stocker le tilapia à le début de la saison chaude et la récolte avant la baisse critique des températures et de l'offre le système avec des poissons hivernants (carpes, truites) pour maintenir les productions maraichères toute l'année. Cette stratégie dépend également d'un approvisionnement faible en alevins de tilapia pour réapprovisionner le système au début de la saison chaude.

Les poissons tilapia sont omnivores, ce qui signifie qu'ils mangent à la fois des aliments à base de protéines végétales et animales. Elles vont manger d'autre tilapia qui conviendra dans leur bouche ; lorsqu'ils mesurent plus de 15 cm, ils sont généralement trop lents pour attraper quoi ce soit de plus petit, et cessent d'être un problème à cet égard ils peuvent être agressifs surtout dans les faibles densités, puisque les mâles commencer à devenir territorial. Les tilapias sont des reproducteurs prolifiques, il est donc recommandé d'élever des mâles seulement (qui croissent aussi plus vite que les femelles). Ce sont aussi des éleveurs de bouche. Dans des conditions idéales, le tilapia peut passer de la taille des alevins (10-20 grammes) à 500 grammes en environ 6 mois. [8]

### Taux d'alimentation des poissons :

En moyenne, les poissons consomment 1 à 2 pour cent de leur poids par jour pendant leur phase de croissance. Cette valeur suppose que les poissons font plus de 50g ; en proportion, les petits poissons consomment plus de nourriture (par rapport à leur poids) que les gros poissons. [5]

**Tableau 3:** Taux d'alimentation moyen des poissons d'élevage (pour cent du poids corporel des poissons par jour)

Taux d'alimentation des poissons	1-2 % du poids corporel/jour
----------------------------------	------------------------------

### Densité d'élevage de poissons :

La densité de d'élevage maximale recommandée est de 20 kg de poisson pour un bassin d'élevage contenant 1000 litres d'eau. Les petites unité MBT, NFT ou DWC, contiennent environ 1000 litres d'eau et doivent donc contenir 10 à 20 kg de poisson. Si la densité d'élevage est plus forte, le système d'oxygénation doit alors être amélioré (afin de maintenir un niveau

## ChapitreII : Les condition de croissances des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle

---

d'oxygène dissous suffisant), et le système de filtration doit également être plus performant (afin de filtrer de plus grandes quantités de déchets et plus rapidement). [5]

**Tableau 4:** Densité d'élevage moyenne pour l'élevage des poissons (kg de poisson par m<sup>3</sup> d'eau contenue dans le bassin d'élevage)

Densité d'élevage de poissons	10-20 kg de poisson/ m <sup>3</sup> d'eau
-------------------------------	---

### Alimentation et nutrition des poissons :

#### - Nutrition :

Les granulés d'aliments pour poissons standard sont fortement recommandés, car ils constituent un aliment complet. Ce signifie qu'ils ont le bon équilibre de protéines, de glucides, de graisses, de vitamines et de minéraux nécessaires pour poisson. De tous les nutriments disponibles dans les aliments pour poissons, les protéines sont le composant le plus important pour la construction des poissons Masse. Les poissons omnivores tels que le tilapia et la carpe commune ont besoin d'environ 25 à 35% pendant leur phase de croissance. Protéines dans leur alimentation, tandis que les poissons carnivores ont besoin de jusqu'à 45% de protéines pour se développer à des niveaux optimaux.

En général, les poissons aux stades plus jeunes (alevins et alevins) nécessitent une alimentation plus riche en protéines que le grossissement étape. Concernant le tilapia, le régime initial doit avoir un % de protéines de 40% ou plus.

Il existe des règles générales pour la production aquacole qui appliquer dans la production piscicole aquaponique. Ceux-ci inclus :

- Ne suralimentez jamais vos poissons : les déchets alimentaires non consommés la suralimentation peut consommer une quantité substantielle de l'oxygène lorsqu'il commence à se décomposer. En outre, la décomposition des aliments peut augmenter la quantité de l'ammoniac et les nitrites à des niveaux toxiques dans un délai relativement court période de temps.
- Retirez les aliments non consommés après 30min : en général, les poissons mangent tout ce dont ils ont besoin pour manger dans une période de 30min. après ce laps de temps, retirez tous les aliments non consommés pour l'empêcher de couler au fond et

## **ChapitreII : Les condition de croissances des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle**

---

de se décomposer. Si vous trouvez de la nourriture non consommée, abaissez la quantité de nourriture donnée la prochaine fois. [8]

### **II.2 Les carences et les paramètres d'eau dans un système aquaponique :**

#### **II.2.1 Les carences :**

Les excréments de poissons décomposés par les bactéries constituent un engrais étonnamment complet pour les plantes, cependant, les systèmes aquaponique manquent généralement de nutriments, en particulier de potassium, de calcium et de fer.

Pour la plupart des nouvelles unités aquaponique, des carences dans divers éléments sont constatées au cours des 2-3 premiers mois de fonctionnement. Et parmi les éléments les plus importants qui connaissent une carence notable et influente sur le système, on cite notamment le fer et le calcium, comme suit :

##### **II.2.1.1 Les carences en Fer (Fe) dans un système aquaponique :**

Le fer (Fe) est un nutriment immobile dans les plantes et immobile dans les sols et eaux au PH élevé.

##### **- Contrôler les problèmes de carences en fer :**

Cet élément fer est en effet très important pour les premiers stades de croissance des jeunes plantes et n'est pas présent en quantité suffisante dans l'aliment pour poissons.

C'est pourquoi, il est parfois nécessaire d'ajouter, dès la mise en fonctionnement de l'unité, du fer chélaté (c'est-à-dire du fer soluble sous forme de poudre) dans l'eau du système d'irrigation afin répondre aux exigences des plantes

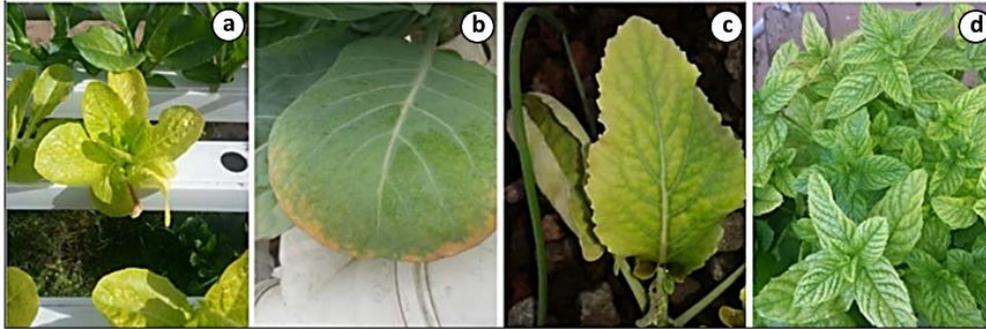
Il est recommandé d'ajouter 1 à 2 mg/litre de fer chélaté pour les trois premiers mois de fonctionnement, puis d'en ajouter à nouveau si des symptômes de carences en fer apparaissent sur les plantes (les carences en fer sont visibles lorsque les feuilles manquent de couleurs, sont très pales voire blanches).

Le fer chélaté (aussi appelé fer séquestré ou Fe\*EDTA) peut être acheté auprès de fournisseurs agricoles sous forme de poudre. [5]

## Chapitre II : Les conditions de croissance des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle

---

Le fer peut également être apporté par l'utilisation d'engrais organiques compatibles avec les systèmes aquaponique (ex : compost, thé d'algues, ect..), étant donné que le fer est abondant dans ces deux types d'amendements. [5]



**Figure 14 :** (a) vieilles feuilles pales : carence en azote(N) ; (b) Taches brunes sur le bout des vieilles feuilles : carence en potassium(K) ; (c) Feuilles recourbées et jaunâtres : carence en soufre ; (d) Feuilles toutes pales et de couleur vert clair : carence en calcium

### II.2.1.2 Les carences en calcium (Ca) dans un système aquaponique :

Le calcium (Ca) est un nutriment immobile important pour les plantes au même titre que l'azote, le phosphore et le potassium (qui sont des nutriments mobiles). Le calcium est très important dans le cycle de croissance des plantes en aquaculture et dans les systèmes aquacoles. C'est un nutriment commun qui n'est généralement pas déficient si le PH est stable.

L'eau est généralement assez dure et permet au calcium de pénétrer dans votre système sous forme de carbonate de calcium. Ces carbonates sont généralement consommés rapidement, laissant le calcium à absorber par les plantes.

#### Traitement de la carence en calcium :

Si vous êtes sûr d'avoir une carence en calcium, vous avez peu d'options de traitement. Si vous souhaitez équilibrer l'apport de calcium dans votre système en tant que solution, vous pouvez ajouter les produits suivants :

- Chaux dans les systèmes à faible PH ((la chaux est aussi appelée hydroxyde de calcium ou chaux éteinte) Phosphate naturel de roche (50% de calcium)). Utilisable en agriculture biologique.

- Carbonate de calcium dans les systèmes à PH extrêmement bas.

## **Chapitre II : Les conditions de croissance des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle**

---

- La chaux magnésienne est aussi appelée dolomie de magnésite
- Chélate de calcium
- Chlorure de calcium
- Les coquilles, les coquilles d'œufs broyées ou les os d'animaux fourniront du calcium et du phosphore à vos plantes
- Engrais végétal riche en calcium
- Lait

Le taux de calcium recommandé dans un système de culture de légumes et de poissons est compris entre 150 et 200 mg/L. [5]

### **II.2.2 Les paramètres importants de la qualité de l'eau à suivre :**

- Ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) : Toxique à des niveaux supérieurs à 1mg/L ;
- Nitrite ( $\text{NO}_2$ ) : Toxique à des niveaux supérieurs à 1mg/L ;
- Nitrate ( $\text{NO}_3$ ) : peut être nocif à des niveaux supérieurs à 400mg/L.
- PH : les poissons peuvent tolérer des niveaux de 6 à 9 , mais prospéreront à des niveaux de 6,5 à 8,5. Changements substantiels de PH sur de courtes périodes des périodes de temps (changements de PH de 0,3 sur une période de 12 à 24 heures) peuvent être problématiques ou même mortelles pour les poissons. Il est donc important de maintenir le PH de votre eau aussi stable que possible.
- Température : Les poissons tropicaux, comme le tilapia, préfèrent 22-32°C ; poissons d'eau tempérée, comme la carpe commune, 4-30°C ; Les poissons d'eau froide, comme la truite, préfèrent 10-18 °C. Les poissons ont le sang-froid et, par conséquent, leur capacité à s'adapter à une large gamme de températures de l'eau est meugler. Une température constante dans leur plage de tolérance correcte maintiendra les poissons dans leurs conditions optimales pour garantir une

Croissance rapide et un excellent FCR. De plus, des températures optimales (et donc moins stress) réduisent le risque de maladies. Isolation thermique (isoler l'aquarium pour le chauffer

## **Chapitre II : Les conditions de croissance des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle**

---

à l'aide d'un isolant), les chauffe-eaux et les refroidisseurs (bien que ceux-ci puissent être coûteux dans les régions où l'énergie est chère) vous aider à atteindre un niveau de température stable. [8]

- Lumière et obscurité : Le niveau de lumière dans l'aquarium doit être réduit pour empêcher la croissance des algues. Cependant, il ne doit pas être complètement sombre car les poissons ressentiront de la peur et du stress lorsque vous exposez un réservoir complètement sombre à la lumière pendant la journée. En termes simples, il devrait y avoir de la lumière naturelle, idéalement grâce à l'ombrage, pour empêcher la croissance des algues et pour garder les poissons sans stress. Aussi, il est recommandé de récolter ou trier le poisson dans l'obscurité pour éviter que le poisson ne soit stressé. [8]

### **II.3 Méthodes de contrôle de PH :**

Vous devez toujours garder à l'esprit qu'une modification de PH doit être progressive.

#### **La gamme de pH idéale : PH de 6.5 à 7 :**

Le maintien du pH optimal est l'un des paramètres les plus importants qui affectent la disponibilité des nutriments pour vos plants. La gamme de PH idéal pour le cycle de l'azote est légèrement alcalin (7,0 à 9,0) tandis que le PH idéal pour la disponibilité des nutriments et oligo-éléments est légèrement acide (5,5 à 6,5). Les bactéries, elles, ne se développent que dans une eau dont le PH est situé entre 6 et 8,5. Et les poissons, eux, préfèrent un PH élevé ou neutre. Stabiliser son PH entre 6,0 à 7,0 est donc primordial dans la gestion de la santé des plantes, des poissons et des bactéries. [7]

#### **II.3.1 Comment baisser le PH en aquaponie :**

Il existe 4 façons simples et naturelles pour diminuer le PH de votre eau ;

Heureusement, il existe de nombreuses façons d'ajuster le pH. Mais le meilleur, bien sûr, est la méthode naturelle, par opposition à la méthode chimique. La modification chimique du pH par l'introduction de produits achetés en magasin peut modifier considérablement le pH, ce qui peut entraîner la maladie ou la mort du poisson.

La méthode naturelle est relativement simple et ne nécessite pas de produits chimiques agressifs. Le milieu aquatique du système rétablira progressivement l'équilibre.

## ChapitreII : Les condition de croissances des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle

---

### Introduire du bois flotté dans le bassin :



**Figure 15:** Tronc d'arbre trempé dans le bassin

L'ajout d'un morceau de bois flotté naturel dans le réservoir aidera à abaisser progressivement le niveau de PH élevé. Nous pouvons également le faire bouillir pour le stériliser afin de nous assurer qu'aucun germe ou maladie ne soit introduit dans le système hydroponique.

Le bois agira comme un filtre naturel tout comme les feuilles d'un arbre sont utilisées pour purifier l'air. Les contaminants externes seront capturés par le bois ce qui empêchera le PH de monter. [10]

### L'ajout de la tourbe :



**Figure 16:** La tourbe

La tourbe est également un excellent moyen d'aider naturellement l'eau à rétablir son niveau de PH optimal.

L'ajout de tourbe au système sous forme de mousse naturelle ou de granulés abaissera progressivement le PH à long terme. Nous sommes censés remarquer beaucoup moins de contraste et minimiser ainsi le changement d'eau.

## ChapitreII : Les condition de croissances des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle

---

Selon la dureté de l'eau, nous devons expérimenter pour trouver la quantité exacte de tourbe nécessaire pour atteindre le niveau de PH optimal. On peut même le retirer par la suit. [10]

### Les feuilles d'amande (Catappa) :



**Figure 17:** Les feuilles d'amande

Les feuilles d'amande aideront à réduire naturellement le pH de votre bassin en filtrant l'eau. Certaines personnes avancent que les feuilles d'amandes seraient une aide naturelle pour vos poissons et pourraient même guérir certaines maladies en agissant comme antioxydant et anti-inflammatoire.

### L'osmoseur inversée :



**Figure 18:**Un osmoseur inversée

Certains aquaponiste ont recours à l'osmose inversée, un processus de purification de l'eau impliquant l'utilisation d'une membrane semi-perméable qui supprime de nombreux types de molécules et d'ions, pour ne laisser passer que l'eau pure.

Le filtre permet aux ions contenus dans l'eau de passer mais retient les plus lourds tels que le plomb, le chlore et les autres polluants.

## **ChapitreII : Les condition de croissances des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle**

---

Cette unité d'osmose inversé fournira un taux constant de PH et filtrera jusqu'à 99% des contaminants de l'eau. C'est une solution à long terme surtout si vous avez de l'eau dure dans laquelle vos poissons ne sont pas très heureux. [10]

### **II.3.2 Comment augmenter le ph en aquaponie :**

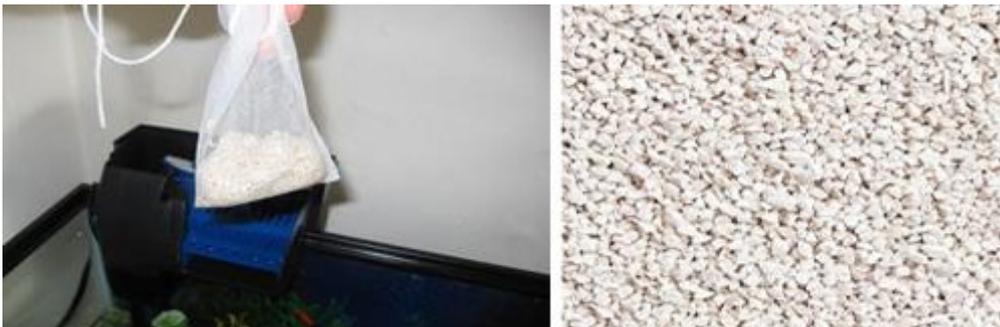
Maintenir un PH équilibré dans votre aquarium est très important pour fournir un environnement sain aux poissons.

Les changements biologiques naturels peuvent faire chuter le PH avec le temps.

Nourriture pour poisson non consommée ou matière organique en décomposition. Il faut constamment vérifier le niveau de PH et faire les ajustements nécessaires en cas de besoin. Il vaut mieux choisir la sécurité et ne pas choisir la solution rapide. La méthode naturelle est certainement la meilleure façon d'augmenter le niveau de PH de l'eau

#### **II.3.2.1 Solutions simples et naturelles :**

##### **L'ajout du corail concassé :**



**Figure 19:** Le corail concassé

Les squelettes de corail et la plupart des coquilles de mollusques telles que les coquilles d'huitres contiennent généralement du carbonate de calcium, qui augmente naturellement le PH. La meilleure façon d'utiliser ces coraux est de les ajouter au filtre. De petits sacs filtrants peuvent être utilisés afin que nous puissions facilement ajuster la taille du corail broyé dans lequel nous voulons le mettre.

Si le niveau de PH est trop élevé, il suffit de retirer un ou deux sacs pour abaisser le PH. L'effet du corail broyé sur le PH de l'étang est progressif. Vous devrez certainement attendre quelques heures avant de constater le changement. [11]

## ChapitreII : Les condition de croissances des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle

---

**L'ajout des éclats de dolomite à votre filtre :**



**Figure 20:** les éclats de dolomite et un modèle d'un filtre

Ces pierres qui ont une texture rugueuse sont faites de dolomite. C'est une sorte de minéral qui se transforme naturellement en pierre ou en gravier au fil du temps. Il est riche en calcium et en magnésium.

Des copeaux de dolomite blancs sont généralement vendus dans des magasins locaux d'aquariophilie pour une utilisation dans des aquariums marins ou d'eau salée pour permettre de stabiliser le PH et l'alcalinité de l'eau. [11]

**Utiliser du calcaire :**



**Figure 21:** Une roche de calcaire

Le calcaire est une roche qui contient des niveaux très élevés de carbonate de calcium, il est donc idéal pour élever naturellement le PH de votre eau.

Cependant, il faut faire attention et le calcaire est utilisé avec modération. Il présente un risque important de trop élever le PH du système et donc de mettre en danger les poissons. Vous

## **ChapitreII : Les condition de croissances des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle**

---

devriez d'abord commencer à expérimenter avec du calcaire moyen et voir comment il affecte le PH dans le système. Vous pouvez ajuster la quantité de calcaire en mesurant régulièrement le niveau de PH de l'eau. [11]

### **Méthode de Macroalgae :**



**Figure 22:** Des algues

La culture d'algues dans le système est considérée comme l'une des méthodes les plus sûres et les moins chères, qui joue un rôle majeur dans la stabilisation et le maintien du PH approprié du système, car elle absorbe les effets absolus du dioxyde de carbone  $CO_2$  dans l'eau et produit de l'oxygène  $O_2$ , et cela rend l'eau plus saine pour les poissons.

Le système fournit de l'eau avec les minéraux nécessaires au système, dont ce dernier a besoin pour obtenir une qualité PH optimal. [9]

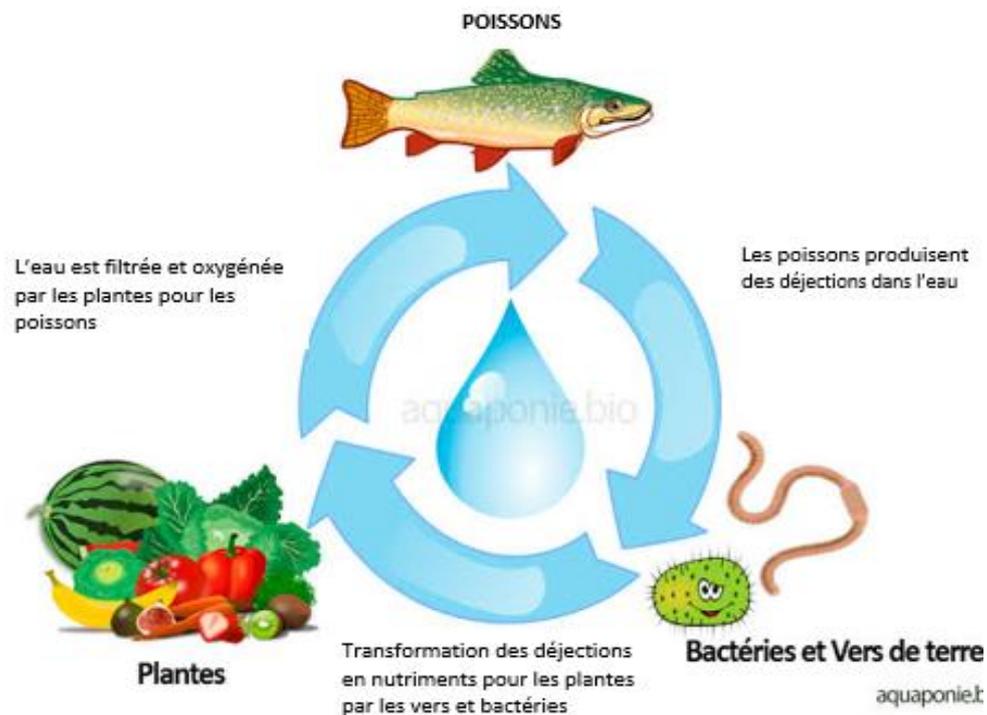
### **Méthodes de Minéralisation, Nitrification et Dénitrification :**

Il existe trois processus très importants dans le système aquaponique, et ils ont un rôle majeur dans le contrôle des composants et des quantités nécessaires au système ; qui sont : la nitrification, la dénitrification et la minéralisation.

#### **La nitrification :**

## Chapitre II : Les conditions de croissance des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle

---



**Figure 23:** le cycle de la nitrification

La nitrification conduit à la formation de nitrate à partir d'ammoniac.

La première étape est la nitrification, c'est-à-dire la transformation de l'ammoniac en nitrite par des bactéries (*Nitrosomas*..) en présence d'oxygène.

La seconde étape est la nitrification, conversion de l'ion nitrite en ion nitrate par des bactéries (*Nitrobacter*..) en présence d'eau.

Il s'agit de mécanismes autotrophes, c'est-à-dire que ces réactions fournissent l'énergie nécessaire à l'assimilation du carbone par les bactéries.

La nitrification est essentielle à la santé des poissons de votre système car elle convertit l'ammoniac ou ammonium en nitrites par oxydation, puis les nitrites en nitrates. Ce processus est seulement possible grâce aux bactéries nitrifiantes (*Nitrosomonas* et *Nitrobacter*) qui vivent dans des conditions aérobies.

La nitrification se produit dans tout le système, sur toutes les surfaces et dans les tuyauteries mais principalement dans le biofiltre et dans le substrat qui leur fournissent un habitat idéal pour vivre et prospérer. [12]

## ChapitreII : Les condition de croissances des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle

---

La nitrification diminue l'alcalinité de l'eau et le PH car le processus produit naturellement de l'acide nitrique. Vous pouvez compenser ces variations de PH en créant un tampon ou en utilisant du calcium. [12]

### La minéralisation :



**Figure 24:**La méthode de la minéralisation

Tout comme la nitrification, la minéralisation est essentielle en aquaponie parce que c'est le processus durant lequel tous les autres minéraux sont générés à partir des déjections des poissons et de restes organiques. On parle de **minéralisation des boues d'aquaponie**. La minéralisation est la décomposition de la matière organique en éléments individuels (macronutriments comme le potassium, le calcium, le sulfate, le phosphore, le magnésium et les micronutriments comme le fer, le cuivre, le molybdène, le zinc ...etc).

La minéralisation des boues se passe de plusieurs manières : en conditions aérobies ou anaérobies. Il faut savoir qu'elle est plus performante en conditions aérobies.

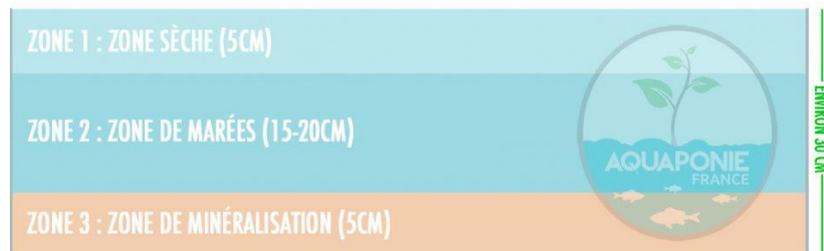
### La dénitrification en aquaponie :

La dénitrification a lieu après la nitrification dans des zones anaérobies. Les bactéries nitrifiantes et hétérotrophes existent partout et font ces mêmes processus, que ce soit dans l'eau ou dans le sol. Au fur et à mesure que s'accumulent les poches de matière en décomposition, la dénitrification commence à se produire, entraînant une augmentation de l'alcalinité et un dégagement d'azote sous forme de gaz. C'est pour cela qu'il est parfois important de bien gérer sa dénitrification. En général la dénitrification est pratiquée dans le même bac que celui servant à la minéralisation, c'est ce qu'on voit le plus généralement même s'il est possible de gérer ces deux processus séparément pour mieux contrôler ses taux d'azote et son PH. Cette

## Chapitre II : Les conditions de croissance des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle

technique est utilisée principalement dans la culture de laitue et salades qui ont tendance à monter en présence d'eau trop azotées. [12]

### DIFFÉRENTES ZONES DU SUBSTRAT DANS LA TABLE À MARÉES



**Figure 25:** Les zones importantes de la table à marées

#### II.3.2.2 Solution non naturelle : le PH up :

Une autre solution mais non naturelle est d'ajouter une toute petite dose de **PH up** dans l'eau de votre système. [11]



**Figure 26:** Le produit du PH up (PH+)

#### II.4 Contrôle de température :

La température joue également un rôle important dans les concentrations d'oxygène dissous (DO), les températures de l'eau plus élevées ayant des valeurs inférieures pour la saturation en DO. La température est contrôlée grâce à l'utilisation de radiateurs immergés, de pompes à chaleur, de refroidisseurs et d'échangeurs de chaleur. Les quatre peuvent être utilisés pour maintenir un système fonctionnant à la température optimale afin de maximiser la production de poisson. [3]

Le maintien en aquarium de poissons dits « tropicaux » requiert la mise en place d'un système de chauffage dans le bac (Thermo-régulation). La température moyenne à maintenir pour un aquarium standard de poissons tropicaux (bac d'ensemble) se situe aux alentours de 25° à 27°C.

## ChapitreII : Les condition de croissances des plantes et des poissons et les paramètres de contrôle

---

Dans le cas de variétés particulières, de traitement ou de reproductions spécifiques, les températures peuvent éventuellement évoluer entre 18° et 33° C selon l'espèce et le biotope originel.

Un chauffage d'aquarium se compose de deux parties : la partie chauffante appelée « résistance » et la partie régulation appelée « thermostat ». Dans la majorité des cas les chauffages possèdent ces deux fonctions intégrées et sont alors appelés « combinés chauffants ».

L'installation dans ce cas sera des plus simples :

1. Régler la température désirée sur le bouton prévu à cet effet
2. Immerger verticalement le combiné en le collant au moyen de ventouses sur la face arrière de l'aquarium ou dans le compartiment d'arrivée d'eau du filtre
3. Bien s'essuyer les mains et mettre enfin l'appareil sous tension. Le thermostat intégré entrera alors automatiquement en fonction et régulera automatiquement la chauffe afin de conserver une température constante dans l'aquarium. Il restera à vérifier quelques heures plus tard la température du bac à l'aide d'un thermomètre précis et, le cas échéant, à affiner le réglage. [13]



**Figure 27:** Chauffage pour aquarium

# **CHAPITRE III**

## **PRÉSENTATION ET MONTAGE DE NOTRE SYSTÈME À RECIRCULATION D'EAU**

## **ChapitreIII : Présentation et montage de notre système à recirculation d'eau**

---

### **Introduction :**

Au cours des trois chapitres précédents , nous avons abordé tous les aspects du système aquaponique depuis ses bases et ses exigences, car nous avons collecté de nombreuses informations pour nous aider à l'appliquer sur le terrain afin d'établir un système aquaponie , à travers cette section , nous montrera comment installer notre système et sa méthodologie de travail ainsi que mentionner les différents outils et moyens utilisés , et comment les connecter et le programmer à l'aide de la carte Arduino en C++.

## **Chapitre III : Présentation et montage de notre système à recirculation d'eau**

---

### **III.1 Notre système aquaponique et son fonctionnement :**

Notre système est divisé en 3 composantes principales, qui sont :

- **Le bac d'élevage du poisson :**

C'est le premier et le fondamental élément du système, doit être pris en compte, car il est choisi très soigneusement en termes de taille pour permettre aux poissons de se déplacer facilement, ainsi qu'en termes de qualité du matériau du le bac, verre ou bien plastique résistant aux rayons ultraviolets (UV).

- **Le système de filtration :**

Le processus de filtration de l'eau de notre système passe par deux étapes successives, qui sont : la filtration mécanique et la filtration biologique.

- La filtration mécanique :

Le filtre mécanique protège les éléments de travail du système, tels que les pompe, empêchant les déchets de s'infiltrer et de ne pas s'y accumuler afin de ne pas obstruer les tuyaux, ainsi que d'empêcher les bactéries dangereuses et les gaz toxiques présents dans les déchets et les résidus alimentaires.

- La filtration biologique :

Dans lequel le processus de nitrification est effectué au moyen de bactéries spécifiques à ce processus des déchets microscopiques présents dans l'eau du système, qui se dissolvent directement dans l'eau et ne sont pas capturé dans le filtre mécanique , où le soufre est converti en nitrite puis en nitrate par ces bactéries vivantes, où il peut être utilisé Bio boules ou couvertures de bouteilles en plastique, pierres volcaniques, éponge ou nylon, où le processus de purification a lieu en premier et puis la biologie deuxièmement.

Les plantes, les poissons ont besoin d'oxygène pour respirer, ainsi que de bactéries nitrifiantes qui en utilisent une quantité appropriée afin d'oxyder l'ammoniac en nitrite puis en nitrate pour

## Chapitre III : Présentation et montage de notre système à recirculation d'eau

faire plus de système, une pompe à air doit être utilisée, qui est connectée aux sorties d'air et connectée au fond de l'aquarium et au bio-filtre.

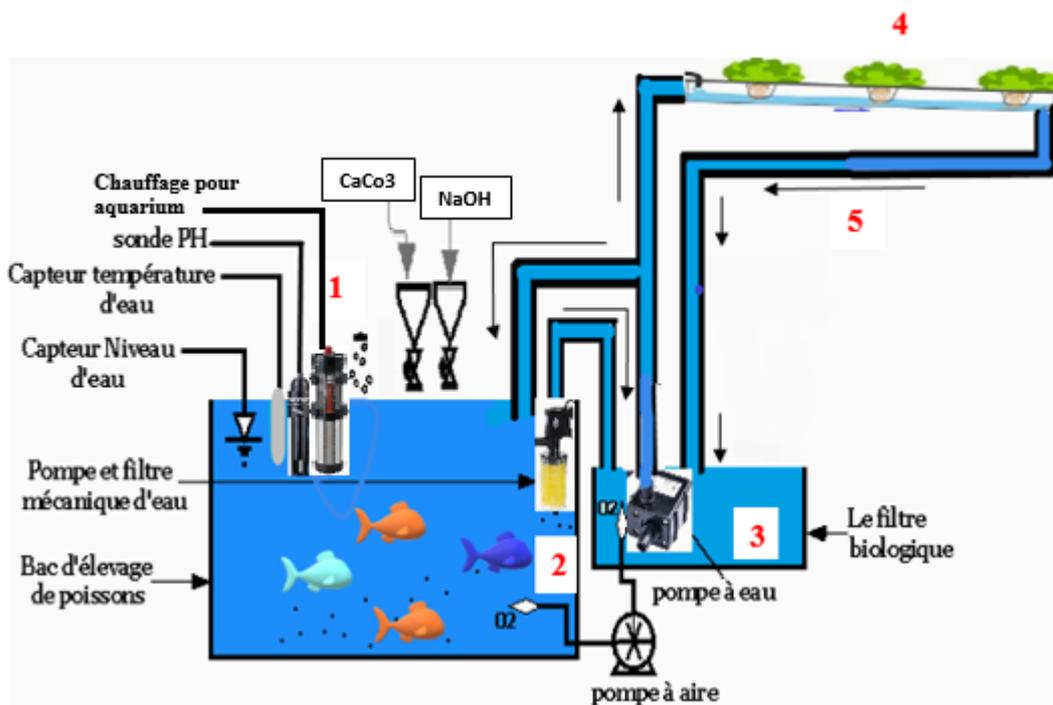
Et après ce processus vient l'étape d'irriguer les plantes avec la technique des nutriments et de recycler le système.

- **La technique de culture sur film nutritif de la plante : 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.

Les plantes sont placées dans des trous percés sur le haut des tuyaux, et leurs racines, protégées de lumière, sont en mesure d'utiliser cette fine pellicule d'eau riche en éléments nutritifs.

La figure suivante montre les étapes du fonctionnement et les composants du système :



**Figure 28:** Les étapes de fonctionnement de notre système aquaponique

1 : Nourriture de poisson

2 : Les déchets alimentaires et de poisson contenant de l'ammoniac passent à travers la pompe et le filtre mécanique.

## Chapitre III : Présentation et montage de notre système à recirculation d'eau

---

3 : Les nitrosomas dans le filtre biologique convertissent l'ammoniac en nitrite ; le nitrite est converti en nitrate par les nitrobacters et nitrospira contenus dans le substrat.

4 : Les plantes assimilent les nitrates, dépolluant ainsi l'eau retirant à l'aquarium.

5 : Le retour d'eau au filtre biologique pour restaurer le processus bactérien et la circulation de l'eau et maintenir le niveau et la quantité d'eau dans le bac de poisson.

### III.2 Le matériel et leurs branchement et programmation :

#### III.2.1 Les caractéristiques de chaque élément :

- **La carte Arduino méga R3 :**

- est une carte microcontrôleur basée sur l'ATmega 2560,
- tension de fonctionnement : 5V
- tension d'entrée (Recommandée) : 7 – 12 V
- Broches E/S Numérique : 54,
- Broches d'entrées Analogique : 16,



Figure 29: Carte Arduino méga 2560

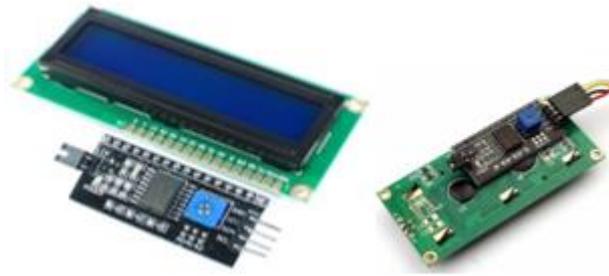
- **Ecran LCD – I2C 20\*4 :**

- Alimentation : 5V,
  - 2004LCD : 20 caractères et 4 lignes,
  - I2C : réduire l'utilisation du port IO sur la carte Arduino
- Pin définition : GND, Vcc, SDA, SCL.

## Chapitre III : Présentation et montage de notre système à recirculation d'eau

---

Adresses : 0x20 , 0x24 , 0x27 .



**Figure 30:** Ecran LCD 4\*20 avec I2C

- **Une sonde PH :**

Sonde PH économique avec interface compatible Arduino idéale pour une utilisation générale ;

Alimentation : 5 Vcc,

Plage de mesure de PH : 0 à 14 ,

Température de fonctionnement : 0 à 60 °C ?

Précision : +- 0,1 PH (25 °C),

Dimensions : sonde 20 x 150 mm, Cette sonde délivre une tension analogique en fonction PH ; ce module se raccorde sur une entrée analogique au repos et électriquement neutre.



**Figure 31:** Capteur (Sonde) PH

- **Une sonde température DS18B20 :**

Alimentation : 3 à 5 Vcc,

Précision : 0.5% de -10 à 85 °C,

Plage de mesure : -55 à +125 °C,

## Chapitre III : Présentation et montage de notre système à recirculation d'eau

---

Dimensions sonde : 6 x 35 mm,

Longueur cordon : 90 cm,

Se raccorde sur une entrée digitale.



**Figure 32:** Capteur température DS18B20 « modèle Sonde »

- **Un capteur niveau d'eau :**

Ce module didactique délivre une tension analogique en fonction du niveau d'eau grâce à ses pistes imprimées. Le capteur délivre « 700 » lorsque le niveau est au maximum et « 450 » lorsque le niveau est au plus bas.

Application : capteur de pluie, détecteur de fuites, capteur de niveau.

Ce module se raccorde sur une entrée analogique d'une carte Arduino ou compatible.

Alimentation : 5 Vcc,

Sorties : Signal, Vcc , GND ,

Dimensions : 60 x 21 x 7 mm .



**Figure 33:** Capteur niveau d'eau

## Chapitre III : Présentation et montage de notre système à recirculation d'eau

---

- **La pompe à eau :**

On a deux pompes à eau :

- Alimentation : 220V,
- Sorties : Vcc, GND



**Figure 34 :** Une pompe à eau et filtre mécanique intégré : (pompe aquarium) : 220 V

- Une pompe à eau 12 V :
- Plage de tension : 12 Vcc,
- Débit max : 240 L/H



**Figure 35:** pompe à eau 12 V

- **Pompe aire :**

- Alimentation : 220V,
- Sorties : Vcc, GND



**Figure 36:** Pompe aire

- **Les électrovannes :**

- Alimentation : 5V,
- Sorties : Vcc, GND



**Figure 37:** Mini électrovanne

- **Un relai de quatre canaux :**

- Tension d'alimentation : 5V DC,
- Courant Max AC : 10 à 250V ,

## Chapitre III : Présentation et montage de notre système à recirculation d'eau

---

- Courant Max DC : 10 à 30V,
- 3 sorties :
  - Vcc vers 5V Arduino,
  - GND vers Ground ,
  - IN1 : est le signal du premier relai, à raccorder vers le pin que nous avons choisi sur notre arduino ,
  - IN2 : est le signal du second relai, à raccorder vers le pin que nous avons choisi sur notre arduino ,
  - IN3 : est le signal du troisième relai, à raccorder vers le pin que nous avons choisi sur notre arduino ,
  - IN4 : est le signal du quatrième relai, à raccorder vers le pin que nous avons choisi sur notre arduino ,

Ce relai est typiquement utilisé pour actionner des accessoires de tension élevé, en DC ou AC .



**Figure 38:** Relai à 4 canaux

- Une résistance (chauffage pour aquarium) :  
Alimentation : 220V,  
Sorties : Vcc,Gnd.

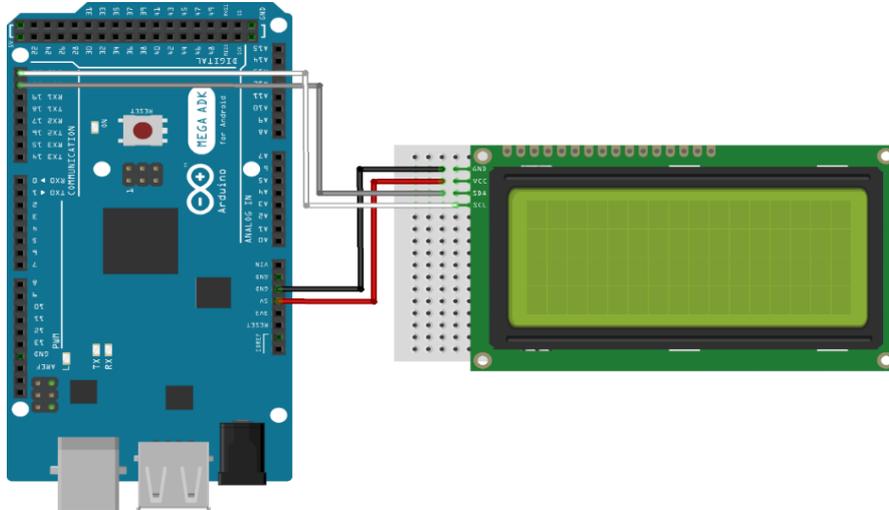


**Figure 39 :** Une résistance (chauffage pour aquarium)

# Chapitre III : Présentation et montage de notre système à recirculation d'eau

## III.2.2 Le branchement et la programmation :

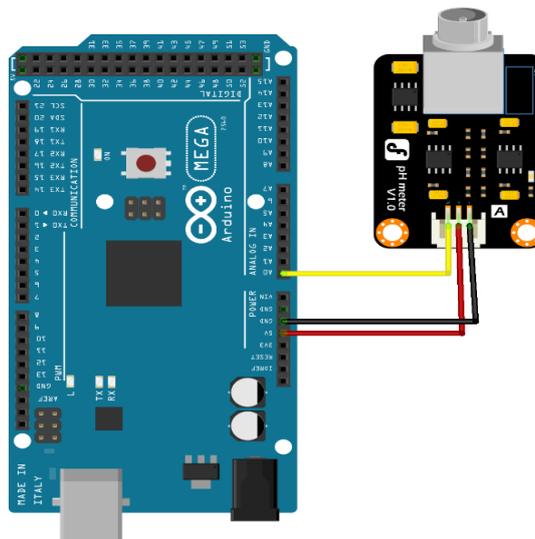
- Ecran LCD-I2C :



fritzing

Figure 40: Branchement écran lcd-i2c avec arduino

- Sonde PH :



fritzing

Figure 41: Branchement sonde PH

# Chapitre III : Présentation et montage de notre système à recirculation d'eau

```
PH | Arduino 1.8.13
Fichier Édition Croquis Outils Aide
PH
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
float calibration_value = 21.34+0.5;
int phval = 0;
unsigned long int avgval;
int buffer_arr[10], temp;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();
  lcd.begin(20, 4);
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print(" Welcome to ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(" Circuit Digest ");
  delay(2000);
  lcd.clear();
}
void loop() {
  for(int i=0;i<10;i++)
  {
    buffer_arr[i]=analogRead(A0);
    delay(30);
  }
  for(int i=0;i<9;i++)
  {
    for(int j=i+1;j<10;j++)
    void loop() {}
    for(int i=0;i<10;i++)
    {
      buffer_arr[i]=analogRead(A0);
      delay(30);
    }
    for(int i=0;i<9;i++)
    {
      for(int j=i+1;j<10;j++)
      {
        if(buffer_arr[i]>buffer_arr[j])
        {
          temp=buffer_arr[i];
          buffer_arr[i]=buffer_arr[j];
          buffer_arr[j]=temp;
        }
      }
    }
    avgval=0;
    for(int i=2;i<8;i++)
    avgval+=buffer_arr[i];
    float volt=(float)avgval*5.0/1024/6;
    float ph_act = -5.70 * volt + calibration_value;
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("pH Val:");
    lcd.setCursor(8, 0);
    lcd.print(ph_act);
    delay(1000);
  }
}
```

Figure 42: Code Arduino du capteur PH

- Capteur température DS18B20 :

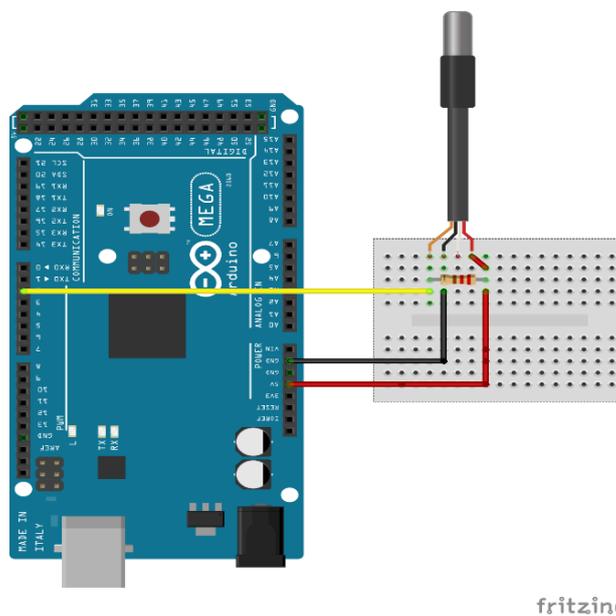


Figure 43: Branchement capteur de température DS18B20

## Chapitre III : Présentation et montage de notre système à recirculation d'eau

```
Temperature | Arduino 1.8.13
Fichier Edition Croquis Outils Aide

Temperature
// Include the required Arduino libra
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
// Define to which pin of the Arduino
#define ONE_WIRE_BUS 2
// Create a new instance of the oneWi
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
// Pass the oneWire reference to Dall
DallasTemperature sensors(&oneWire);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
// Degree symbol:
byte Degree[] = {
  B00111,
  B00101,
  B00111,
  B00000,
  B00000,
  B00000,
  B00000,
  B00000,
  B00000,
  B00000
};
void setup() {
  // Start up the library:
  sensors.begin();
  // Start the LCD and turn on the bac
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  // Create a custom character:
  lcd.createChar(0, Degree);
}

void loop() {
  // Send the command for all devices on t
  sensors.requestTemperatures();
  // Fetch the temperature in degrees Cel
  float tempC = sensors.getTempCByIndex(0);
  // Print the temperature on the LCD;
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Temperature:");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(tempC);
  lcd.write(0); // print the custom charac
  lcd.print('C');
  // Wait 1 second:
}

```

Figure 44: Code Arduino capteur de température DS18B20

- Capteur niveau d'eau :

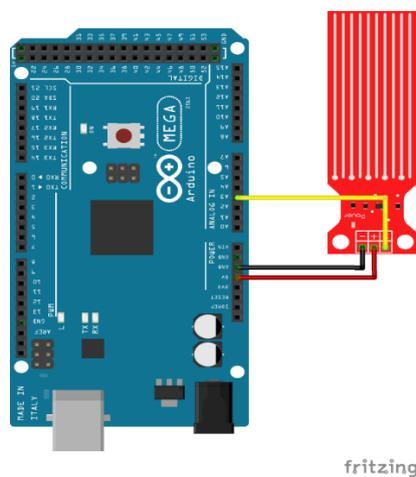


Figure 45: Branchement capteur niveau d'eau

## Chapitre III : Présentation et montage de notre système à recirculation d'eau

```
CAPTEUR_niveau_d_eau | Arduino 1.8.13
Fichier Édition Croquis Outils Aide
Nouveau
CAPTEUR_niveau_d_eau
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
}
void loop() {
  int value = analogRead(A0);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Value :");
  lcd.print(value);
  lcd.print(" ");
  Serial.println(value);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("W Level :");

  if (value == 0) {
    lcd.print("Empty ");
  } else if (value > 1 && value < 350) {
    lcd.print("LOW ");
  } else if (value > 350 && value < 510) {
    lcd.print("Medium");
  } else if (value > 510) {
    lcd.print("HIGH ");
  }
}
}
```

Figure 46: Code Arduino du capteur niveau d'eau

- Les actionneurs :
  - pompes d'eau 12V :

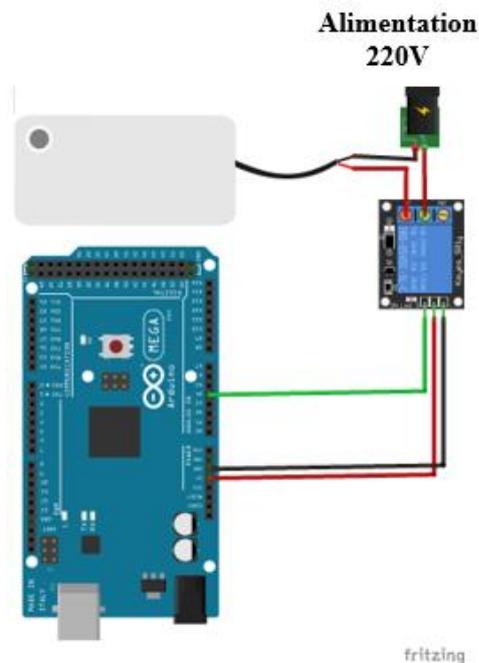


Figure 47: Branchement d'une pompe 12V

# Chapitre III : Présentation et montage de notre système à recirculation d'eau

```
pump12V | Arduino 1.8.13
Fichier Édition Croquis Outils Aide

pump12V
// constants won't change
const int RELAY_PIN1 = A3; // the
const int RELAY_PIN2 = A4;
const int RELAY_PIN3 = A5;
const int RELAY_PIN4 = A6;
const int RELAY_PIN5 = A7;
const int RELAY_PIN6 = A8;
int phval
// the setup function runs once when
void setup() {
  pinMode(RELAY_PIN1, OUTPUT);
  pinMode(RELAY_PIN2, OUTPUT);
  pinMode(RELAY_PIN3, OUTPUT);
  pinMode(RELAY_PIN4, OUTPUT);
  pinMode(RELAY_PIN5, OUTPUT);
  pinMode(RELAY_PIN6, OUTPUT);
  pinMode(phval, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and
void loop() {
  digitalWrite(RELAY_PIN1, HIGH);
  digitalWrite(RELAY_PIN2, HIGH);
  digitalWrite(RELAY_PIN3, HIGH); //
  digitalWrite(RELAY_PIN4, HIGH);
  if(phval>7){
    digitalWrite(RELAY_PIN4, HIGH);
  }
  else if (phval=7){
    digitalWrite(RELAY_PIN4, LOW);
  }
}
```

Figure 48: code Arduino pour tous les actionneurs

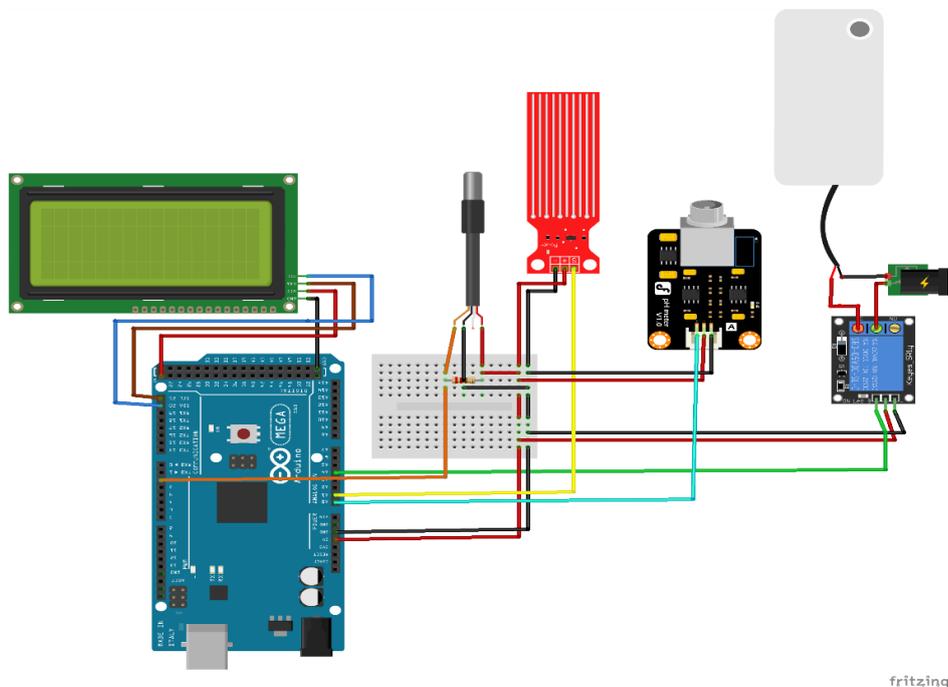


Figure 49: Branchement générale du notre système aquaponique

### Chapitre III : Présentation et montage de notre système à recirculation d'eau

---



**Figure 50:** Le montage générale du notre système à recirculation d'eau

## **Conclusion Générale :**

Nous avons conçu un control à base d'Arduino d'un système aquaponique. Le contrôle des paramètres physiques tels que la température et l'acidité permet d'améliorer les conditions de croissances des plantes et des poissons. Ce système a des résultats positifs sur l'économie nationale locale et même sur l'environnement et la santé humaine.

Nous mentionnons, par exemple, fournir et assurer l'autosuffisance alimentaire à partir de la richesse halieutique ainsi que des aliments végétaux, réduire la pollution de l'environnement Assurer la qualité naturelle des plantes, Réduire les coûts de transport et contrôler les prix, Réduire la consommation d'énergie dans les fermes traditionnelles pour éviter la pollution ainsi que réduire la surpêche pour maintenir la diversité et l'abondance des pêcheries.

Et donc notre projet sera rentable et économiquement 100% à long terme. Enfin, cette étude nous a permis de comprendre le travail d'intégration du système piscicole afin d'en faire un excellent et principal pôle de l'économie nationale.

Afin d'améliorer et de compléter notre travail, il sera important d'intégrer le système d'éclairage et la carte Wifi dans l'Arduino, ce qui permettra la communication, la supervision et le contrôle à distance du système, ainsi que dans le but de rationaliser la consommation d'énergie.

Il est recommandé d'intégrer une source d'énergie renouvelable (l'énergie solaire : des panneaux solaires et ses batteries), pour rendre le projet 100% plus économique.

## Liste des références

- [5] FAO, Gestion des systèmes aquaponiques, Février 2016, N° ID : 8633
- [8] FAO, guide: Small Scale aquaponic food production, pdf, pages: 103,105; 2013
- [13] Groupe Zolux, le chauffage de l'aquarium, 20 février 2019.
- [3] [https://stringfixer.com/fr/Recirculating\\_aquaculture\\_system](https://stringfixer.com/fr/Recirculating_aquaculture_system)
- [2] Nirmal Bhowmick, Recirculation Aquaculture system, septembre 2020.
- [9] Pierre Harlaut, Article : Tous savoir sur le PH de son eau en aquaponie, 21 Juillet 2015 ,  
[www.Aquaponie.fr](http://www.Aquaponie.fr)
- [10] Pierre Harlaut, Article : 4 façons simples et naturelles de diminuer le PH de votre eau, 18  
Septembre 2015, [www.Aquaponie.bio](http://www.Aquaponie.bio)
- [12] Pierre Harlaut, Article : Minéralisation, Nitrification et dénitrification explications ! 10  
Octobre 2017, [www.Aquaponie.fr](http://www.Aquaponie.fr)
- [6] Pierre Harlaut, Article : Les règles d'or d'une bonne filtration en aquaporine, 30 Octobre  
2021, [www.Aquaponie.fr](http://www.Aquaponie.fr)
- [7] Pierre Harlaut, Tous savoir sur l'aquaponie, pages 161,162 [www.aquaponie.biz](http://www.aquaponie.biz) pdf
- [4] **Pierre** Harlaut, Article : Cycle de l'azote de son système aquaponique, 10 Février 2015,  
[www.Aquaponie.fr](http://www.Aquaponie.fr)
- [1] Société 1H2O3, Article, aquaculture, l'aquaculture et la pisciculture,